

**Technologische und qualitative Auswirkungen von
Fettaustauschstoffen auf Proteinbasis und
Transglutaminase bei der Herstellung von
Brühwurstherzeugnissen**

Von der Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

zur Erlangung des Grades
Doktor der Naturwissenschaften
Dr. rer. nat.

genehmigte Dissertation
von

Dipl.-Berufspäd. Kevin Schmeelke
geboren am 27.09.1983 in Kreuztal

2010

Referentin: Frau Prof. Dr.-Ing. Brita Maria Watkinson

Korreferent: Herr Prof. Dr. vet. med. Bernhard Nowak

Tag der Promotion: 12.11.2010

Meiner Mutter gewidmet

Diese Arbeit wurde aus Mitteln der Fritz Ahrberg Stiftung gefördert.

Kurzzusammenfassung

Das Ziel der Arbeit war die Herstellung energiereduzierter Brühwurstzeugnisse. Die Energiereduktion erfolgte durch die Herabsetzung des Fettgehaltes bei gleichzeitiger Erhöhung des Wasser- und teilweise des Magerfleischanteils. Zudem wurde der Fettaustauschstoff auf Proteinbasis Simplese® 100 und partiell der Verarbeitungshilfsstoff Transglutaminase eingesetzt.

Als Standard wurden Brühwurstzeugnisse nach Art einer norddeutschen Mortadella gemäß den Leitsätzen für Fleisch und Fleischerzeugnisse (LS 2.222.1) produziert. Im Rahmen der ersten Vorversuchsreihe erfolgte der Fettaustausch ausschließlich mit Simplese® 100, während die zweite Vorversuchsreihe eine Substitution des Fettgehaltes durch die Verarbeitung von Simplese® 100 und einer erhöhten Wassermenge (Verhältnis 1:2) umfasste. Auf der Grundlage der Ergebnisse der beiden Vorversuchsreihen erfolgte der Fettaustausch in der ersten Hauptversuchsreihe mit Simplese® 100 und einer erhöhten Wassermenge in einem Verhältnis von 1:1. Die Substitution des Fettgehaltes in der zweiten Hauptversuchsreihe erfolgte durch den Einsatz von Simplese® 100 sowie einer Erhöhung des Wasser- (Verhältnis 1:1) und Magerfleischanteiles. In der dritten Hauptversuchsreihe wurde der Fettgehalt ebenfalls durch den Einsatz von Simplese® 100 sowie einer Erhöhung des Wasser- (Verhältnis 1:1) und Magerfleischanteiles ausgetauscht, zudem wurde der Verarbeitungshilfsstoff Transglutaminase eingesetzt. Im Rahmen der zweiten und der dritten Hauptversuchsreihe wurde jeweils bei einer fettreduzierten Brühwurstcharge der Anteil an tierischem Fettgewebe durch Rapsöl ersetzt.

Zur Überprüfung der Haltbarkeit erfolgte die Lagerung (max. +7 °C) der Brühwurstchargen als Stückware in Zellulosehüllen für sieben Tage und als Aufschnittware unter modifizierter Atmosphäre (70 % N₂, 30 % CO₂) für 23 Tage. Die Qualität der Brühwurstzeugnisse wurde mittels sensorischer Profilanalyse, instrumenteller Textur-Profil-Analyse, instrumenteller Farbmessung sowie in physikalischen, chemischen und mikrobiologischen Untersuchungen bestimmt.

Es konnten fettreduzierte Brühwurstzeugnisse hergestellt werden, die eine Energiereduktion gegenüber dem Standard von 32,7 % aufwiesen und zudem über eine akzeptable sensorische Qualität verfügten. Diese Produkte wurden im Rahmen der zweiten Hauptversuchsreihe produziert (H2 C1). Dabei wurde deren Rezeptur gegenüber der Rezeptur des Standards wie folgt modifiziert: der Magerfleischanteil wurde um 10 % erhöht, auf die Verarbeitung der Schweinebacke verzichtet, der Anteil an Rückenspeck vom Schwein um 10 % reduziert und der Fettaustauschstoff Simplese® 100 in Höhe von 4,5 % verarbeitet. Zudem erfolgte eine Steigerung der Schüttwassermenge in einem Verhältnis zu dem eingesetzten Fettaustauschstoff von 1:1, sodass die Schüttwassermenge 25,5 % der Brühwurstrezeptur ausmachte. Zudem konnten zahlreiche weitere fettreduzierte Mortadellchargen hergestellt werden, die Energiereduktionen zwischen 4,7 % und 65,2 % aufwiesen, deren sensorische Qualität jedoch oftmals mehr oder weniger stark von dem Standard abwich. Die Einflüsse der Verarbeitung von Simplese® 100 und Transglutaminase auf die Bewertung der sensorischen Eigenschaften der fettreduzierten Brühwurstzeugnisse konnten aufgrund der Vielzahl an Rezepturmodifikationen nicht explizit festgestellt werden, wobei die Zugabe von Transglutaminase Auswirkungen auf die Bewertung der textuellen Eigenschaften (Erhöhung der Härte, Kohäsivität, Elastizität, Kaubarkeit, Bissfestigkeit) besaß. Die Versuche ergaben, dass bei der Herstellung der Brühwurstzeugnisse, die unter Verwendung des Enzymes Transglutaminase produziert wurden, der Herstellerempfehlung in Bezug auf die Erhöhung der Fremdwassermenge Folge geleistet werden sollte. Diese beträgt für eine kostenneutrale Rezeptur etwa 1 – 2 %. Hierdurch kann dem starken Glanz- und Feuchtigkeitseindruck, der aus einer zu hohen Schüttwassermenge resultiert, entgegnet werden. Für die Stückware konnte eine Haltbarkeit von mindestens sieben Tagen nachgewiesen werden, während die Haltbarkeit der Aufschnittware oftmals nicht die gewünschte Dauer von 23 Tagen besaß.

Aufgrund der erzielten Ergebnisse kann geschlussfolgert werden, dass durch die Verarbeitung des Fettaustauschstoffes Simplese® 100 in Verbindung mit anderen Rezepturmodifikationen die Möglichkeit besteht, fettreduzierte Brühwurstzeugnisse zu produzieren, die gegenüber dem Standard eine Energiereduktion von über 30 % aufweisen und zudem über eine akzeptable sensorische Qualität verfügen. Durch den Verzehr solcher fettreduzierten Brühwurstzeugnisse, anstelle hochkalorischer Produkte, kann dem Übergewicht und der Adipositas sowie der Entstehung weiterer ernährungsbedingter Erkrankungen entgegengewirkt werden.

Schlüsselwörter: Fettreduzierte Brühwurstzeugnisse, Fettaustauschstoff auf Proteinbasis, Transglutaminase

Abstract

The objective was production of scalded sausage products with a reduced energy content. The energy content was reduced by lowering the fat content, at the same time raising the water and in some cases the low-fat meat content levels. The protein-based fat substitute Simplesse® 100, and in some cases the processing additive transglutaminase, were also used.

As the standard reference, scalded sausage products in the form of North German mortadella were manufactured in accordance the Regulations for Meat and Meat Products (LS 2.222.1). Within the framework of the first preliminary test series, only Simplesse® 100 was substituted for the fat, whereas in the second preliminary test series the fat content was replaced by working in Simplesse® 100 plus an increased amount of water (ration 1:2). Based on the results of the two preliminary test series, fat substitution in the first main test series was realized using Simplesse® 100 and an increased amount of water at a ratio of 1:1. Substitution of the fat content in the second main test series was realized using Simplesse® 100 and increased volumes of water (ratio 1:1) and low-fat meat. In the third main test series, the fat content was also substituted by using Simplesse® 100, increased volumes of water (ratio 1:1) and low-fat meat, plus use of the processing agent transglutaminase. Within the framework of the second and third main test series, the volume of animal fatty tissue was replaced in one fat-reduced scalded sausage charge by rapeseed oil.

To check storage stability, the scalded sausage charges were stored as piece-goods in cellulose wraps for seven days (max. +7°C) and as sliced goods under a modified atmosphere (70% N₂, 30% CO₂) for 23 days. The quality of the scalded sausage products was determined using sensory profile analysis, instrumental texture profile analysis, instrumental colour measurement and in physical, chemical and microbiological analyses.

It proved possible to manufacture scalded sausage products with energy content reductions exceeding 30% 32,7 % compared to the standard that still showed acceptable sensory product quality. These products were manufactured in the second main trial series (H2 C1), whereby their recipe was modified as follows compared to the recipe for the standard: The proportion of low-fat meat was raised by 10%, no pork jowl was used, the proportion of pork back fat used was reduced by 10% and 4.5% fat substitute Simplesse® 100 was used. Also, the ingredient water amount was increased in a ratio to the fat substitute used of 1:1, so that the ingredient water volume accounted for 25.5% of the scalded sausage recipe. Numerous other fat-reduced mortadella charges were manufactured with energy content reduction levels of between 4.7% and 65.2%, whereby however the sensory quality often deviated to a greater or lesser extent from the standard. The influence of use of Simplesse® 100 and transglutaminase on assessment of the sensory properties of the reduced-fat scalded sausage products could not be determined explicitly due to the large number of recipe modifications involved, whereby the addition of transglutaminase did affect assessment of the textural properties (raised levels of hardness, cohesiveness, elasticity, chewability, bite firmness). On the basis of the results obtained, the conclusion can be drawn that when manufacturing scalded sausage products using the enzyme transglutaminase, it is advisable to follow the manufacturer's recommendation with regard to increasing the amount of external water, which is within a range of about 1-2% for a cost-neutral recipe, in order to reduce the pronounced impression of shininess and moisture resulting from an excessive ingredient water volume. A storage stability of at least seven days was determined for the piece-goods, whereas the storage stability of the sliced product often did not reach the desired period of 23 days.

On the basis of the results obtained, the conclusion can be drawn that it is possible, by processing the fat substitute Simplesse® 100 in combination with other recipe modifications, to produce fat-reduced scalded sausage products with an energy content reduction exceeding 30% compared to the standard and with acceptable sensory quality. Consumption of such fat-reduced scalded sausage products instead of high-calorie products can help reduce overweight, adiposity and the development of other nutrition-related diseases.

Keywords: Fat-reduced scalded sausage products, protein-based fat substitutes, transglutaminase

Abkürzungsverzeichnis

A	Aufschnittware
Abb.	Abbildung
Abs.	Absatz
ATP	Adenosintriphosphat
Art.	Artikel
a_w	Activity of Water/Wasseraktivität
a*-Wert	Rot-/Grün-Wert
α	Alpha
α -Wert	Signifikanzniveau
BE	Bindegewebeseiweiß
BEFFE	Bindegewebeseiweißfreies Fleischeiweiß
BMI	Body Mass Index
BTG	Bakterielle Transglutaminase
b*-Wert	Blau-/Gelb-Wert
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
β	Beta
C	fettreduzierte Brühwurstcharge
°C	Grad Celsius
ca.	circa
CIELAB	Commission Internationale de l'Eclairage
CO ₂	Kohlendioxid
DFD	Dark Firm Dry
DGE	Deutsche Gesellschaft für Ernährung
DGHM	Deutsche Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie
DIN	Deutsches Institut für Normung
div.	diverse
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
Δ	Delta (Differenz)
EC	Klassifizierung von Enzymen
EG	Europäische Gemeinschaft

et al.	et alii (und andere)
EU	Europäische Union
EWA	Eigenwasseranteil
Fa.	Firma
FDA	U. S. Food and Drug Administration
FE	Fleischeiweiß
FrE	Fremdeiweiß
FWA	Fremdwasseranteil
g	Gramm
GKZ	Gesamtkeimzahl
GRAS	Generally Recognized As Safe
Gln	Glutamin
H	Hauptversuch/Hauptversuchsreihe
HCl	Salzsäure
H ₂ CO ₃	Dihydrogencarbonat (Kohlensäure)
H ₂ O	Wasser
HP	Hydroxyprolin
ISO	International Organization for Standardization
K	Kontrolle
Kap.	Kapitel
KbE	Koloniebildende Einheit
kcal	Kilokalorie
kDa	Kilodalton
kg	Kilogramm
KH	Kohlenhydrate
kPa	Kilopascal
L	Lagerungstag
LFGB	Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuch
LM	Lebensmittel
LMKV	Lebensmittel-Kennzeichnungsverordnung

lg	Logarithmus zur Base 10
LLM	Landesstelle für landwirtschaftliche Marktkunde
LUH	Leibniz Universität Hannover
L*-Wert	Helligkeitswert
Lys	Lysin
LS	Leitsätze
MAP	Modified Atmosphere Packaging
max.	maximal
mg	Milligramm
min	Minute
mind.	mindestens
ml	Milliliter
mJ	Megajoule
mm	Millimeter
Mol	Stoffmenge
Mrd.	Milliarde
MRS	deMan, Rogosa und Sharpe
MTG	Mikrobielle Transglutaminase
μl	Mikroliter
μg	Mikrogramm
μmol	Mikromol
n	Stichprobenumfang
N	Newton
N ₂	Stickstoff
NaCl	Natriumchlorid
NO	Stickstoffmonoxid
NPN	Nicht Protein-Stickstoff-Verbindungen
Nr.	Nummer
Ns	Newtonsekunde
NVS	Nationale Verzehrsstudie
O ₂	Sauerstoff
ONF	Organisches Nichtfett
o. ä.	oder ähnliches

p	Irrtumswahrscheinlichkeit
PC	Plate Count
PCR	Polymerase Chain Reaction
PET	Polyethylenterephthalat
pH	potentia Hydrogenii
PP-copo	Polypropylen-Co-Polymer
PSE	Pale Soft Exudative
PVC	Polyvinylchloride
PVDC	Polyvinylidenchlorid
QDA	Quantitative-Deskriptive-Analyse
r	Pearson-Korrelationskoeffizient
r_s	Ranglistenkoeffizient nach Spearman
S	Stückware
SB	Selbstbedienung
SD	Standardabweichung
s. o.	siehe oben
Σ	Summe
Tab.	Tabelle
TG	Transglutaminase
TiHo	Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover
TPA	Textur-Profil-Analyse
u. a.	unter anderem
U. K.	United Kingdom
U/min	Umdrehungen pro Minute
U. S.	United States
US \$	US Dollar
UV	Ultraviolett
V	Vorversuch/Vorversuchsreihe
v. a.	vor allem
VNGA	Verordnung über nährwert- und gesundheitsbezogene Angaben

Abkürzungsverzeichnis

VO	Verordnung
Vol.-%	Volumenprozent
VRBD	Violet Red Bile Dextrose
WHO	World Health Organization
z. B.	zum Beispiel
ZMP	Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle
z. T.	zum Teil
Ø	Durchmesser
%	Prozent

Inhaltsverzeichnis

<u>1.</u>	<u>Einleitung.....</u>	<u>1</u>
1.1	Problemstellung	1
1.2	Zielsetzung der Arbeit.....	1
1.3	Versuchsdurchführung	3
1.4	Gliederung der Arbeit	4
<u>2.</u>	<u>Schrifttum.....</u>	<u>6</u>
2.1	Brühwursttechnologie	6
2.1.1	Rezeptur von Brühwurstserzeugnissen	6
2.1.1.1	Fleisch.....	6
2.1.1.2	Fettgewebe.....	7
2.1.1.3	Wasser.....	7
2.1.1.4	Zutaten und Zusatzstoffe	8
2.1.2	Herstellungstechnologie von Brühwurstserzeugnissen	9
2.1.2.1	Zerkleinerung und Mischung.....	10
2.1.2.2	Pökeln/Umrötung.....	11
2.1.2.3	Abfüllung.....	12
2.1.2.4	Erhitzung und Kühlung.....	12
2.1.2.5	Convenience-Grade von Brühwurstserzeugnissen	12
2.2	Ernährungsphysiologische Bedeutung von Brühwurstserzeugnissen	13
2.2.1	Verbrauch von Brühwurstserzeugnissen in der Bundesrepublik Deutschland.....	13
2.2.2	Nahrungsfett	13
2.2.2.1	Fettsäurezusammensetzung	14
2.2.2.2	Cholesterol.....	15
2.2.2.3	Fettkonsum und ernährungsbedingte Erkrankungen	15
2.2.3	Protein.....	16
2.2.4	Kohlenhydrate.....	17
2.2.5	Vitamine	17
2.2.6	Mineralstoffe.....	17
2.3	Fettreduzierte Brühwurstserzeugnisse.....	18
2.3.1	Fettreduzierte Brühwurstserzeugnisse als funktionelle Lebensmittel	20
2.3.2	Fettaustauschstoffe und Fettersatzstoffe	22
2.3.2.1	Fettaustauschstoffe	24

2.3.2.1.1	Fettaustauschstoffe auf der Basis von Proteinen	24
2.3.2.1.1.1	Simplese® 100	25
2.3.2.1.1.2	Weitere Fettaustauschstoffe auf der Basis von Protein.....	33
2.3.2.1.2	Fettaustauschstoffe auf der Basis von Kohlenhydraten	34
2.3.2.2	Fettersatzstoffe.....	36
2.3.3	Verarbeitung erhöhter Wassermengen.....	37
2.3.4	Verarbeitung erhöhter Magerfleischmengen	38
2.3.5	Auswirkungen erhöhter Wasser- und/oder Magerfleischmengen auf die Qualitätsparameter von fettreduzierten Brühwurstzeugnissen	38
2.3.5.1	Sensorische Gesamtqualität	39
2.3.5.1.1	Textureigenschaften.....	39
2.3.5.1.2	Farbeigenschaften	40
2.3.5.2	Chemisch- und physikalische Eigenschaften.....	41
2.3.5.3	Mikrobiologische Eigenschaften	42
2.3.6	Fazit: Möglichkeiten zur Herstellung fettreduzierte Brühwurstzeugnisse.....	42
2.4	Substitution von tierischem Fettgewebe durch pflanzliche Öle.....	44
2.4.1	Pflanzliche Öle.....	44
2.4.1.1	Rapsöl	44
2.4.2	Auswirkungen pflanzlicher Öle auf die Qualitätsparameter von Wurstprodukten.....	45
2.4.2.1	Sensorische Gesamtqualität	45
2.4.2.1.1	Textureigenschaften.....	46
2.4.2.1.2	Farbeigenschaften	46
2.4.2.2	Chemisch- und physikalische Eigenschaften.....	47
2.4.2.3	Mikrobiologische Eigenschaften	47
2.5	Transglutaminase in der Brühwursttechnologie.....	48
2.5.1	Wirkungsweise und Texturstabilisierung von Transglutaminase	48
2.5.2	Anwendungsgebiete der Transglutaminase in der Lebensmittelindustrie	51
2.5.2.1	Anwendungsgebiete der Transglutaminase in Fleisch- und Wurstwaren.....	52
2.5.3	Gesundheitliche Unbedenklichkeit und Bioverfügbarkeit.....	55
2.6	Verpackung und Lagerung von Brühwurstzeugnissen	57
2.6.1	Verpackung von Brühwurstzeugnissen	57
2.6.1.1	Verpackung von Brühwurstzeugnissen unter modifizierter Atmosphäre	57
2.6.1.1.1	Stickstoff.....	58
2.6.1.1.2	Kohlendioxid	58
2.6.1.1.3	Gasgemische	59
2.6.1.1.4	Auswirkungen auf die Farbqualität.....	59
2.6.2	Lagerung von Brühwurstzeugnissen.....	61

2.6.3	Hürdentechnologie für Brühwurstzeugnisse.....	63
2.7	Brühwurstzeugnisse im Lebensmittelrecht.....	64
2.7.1	Simplese® 100 in Brühwurstzeugnissen.....	64
2.7.2	Transglutaminase in Brühwurstzeugnissen	65
2.7.3	Rapsöl in Brühwurstzeugnissen.....	66
2.7.4	Erhöhte Fremdwasserzugabe zu Brühwurstzeugnissen.....	66
2.7.5	Funktionelle Lebensmittel	66
2.7.6	Beachtung der VO (EG) Nr. 1924/2006 und der VO (EG) Nr. 258/97	66
2.7.7	Mikrobiologische Kriterien.....	67
2.8	Methoden zur Beurteilung der Qualitätsparameter von Brühwurstzeugnissen	69
2.8.1	Definition des Qualitätsbegriffes	69
2.8.2	Sensorische Analyse	69
2.8.2.1	Profilprüfung (Deskriptive Prüfung)	72
2.8.2.1.1	Methoden zur deskriptiven Prüfung	72
2.8.2.1.1.1	Flavour-Profil-Methode (FPM) (ISO 6564)	73
2.8.2.1.1.2	Quantitative-Deskriptive-Analyse (QDA).....	73
2.8.2.1.1.3	Sensorische Textur-Profil-Analyse (TPA) (ISO 11036).....	74
2.8.2.1.1.3.1	Phasen des Kauvorganges.....	75
2.8.2.1.1.3.2	Texturattribute der sensorischen Textur-Profil-Analyse (TPA)	75
2.8.2.1.1.4	Konventionelles Profil (DIN 10967-1)	78
2.8.2.1.1.5	Free-Choice-Profil (DIN 10967-3)	79
2.8.2.1.1.6	Spektrum-Deskriptive-Analyse	79
2.8.2.1.1.7	Zeit-Intensitäts-Analyse (DIN 10970).....	79
2.8.2.1.1.8	Verdünnungs-Profil-Analyse	79
2.8.2.1.1.9	Einfach beschreibende Profilprüfung (DIN 10964).....	79
2.8.2.1.1.10	Prüfbestimmungen der Deutschen-Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG)	80
2.8.2.2	Skalentypen für die sensorische Analyse.....	80
2.8.3	Instrumentelle Texturmessung.....	81
2.8.3.1	Prinzipien der instrumentellen Texturmessung	82
2.8.3.1.1	Kompressionsmessungen.....	83
2.8.3.1.2	Instrumentelle Textur-Profil-Analyse (TPA).....	84
2.8.4	Korrelation zwischen sensorisch und instrumentell ermittelten Texturdaten	86
2.8.5	Instrumentelle Farbmessung mit dem L*a*b*-Farbsystem	87
2.8.6	Physikalische und chemische Analyse	89
2.8.6.1	Physikalische Analyse	89
2.8.6.2	Chemische Analyse	89
2.8.7	Mikrobiologische Untersuchung.....	89

3.	<u>Eigene Untersuchungen</u>	<u>91</u>
3.1	Material	91
3.1.1	Brühwurstrezeptur	91
3.1.1.1	Standardmortadella	91
3.1.1.2	Erste Vorversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100)	92
3.1.1.3	Zweite Vorversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100 und einer Erhöhung der Wassermenge (Verhältnis 1:2)).....	92
3.1.1.4	Erste Hauptversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100 und einer Erhöhung der Wassermenge (Verhältnis 1:1)).....	93
3.1.1.5	Zweite Hauptversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100 sowie einer Erhöhung der Wasser- und Magerfleischmenge)	94
3.1.1.6	Dritte Hauptversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100 sowie einer Erhöhung der Wasser- und Magerfleischmenge in Kombination mit dem Einsatz von Transglutaminase)	95
3.1.2	Brühwurstproduktion	96
3.1.2.1	Zerkleinern und Mischen	96
3.1.2.1.1	Wolfen	96
3.1.2.1.2	Kuttern	96
3.1.2.1.2.1	Standardmortadella	96
3.1.2.1.2.2	Erste Vorversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100)	97
3.1.2.1.2.3	Zweite Vorversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100 und einer Erhöhung der Wassermenge (Verhältnis 1:2)).....	97
3.1.2.1.2.4	Erste Hauptversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100 und einer Erhöhung der Wassermenge (Verhältnis 1:1)).....	98
3.1.2.1.2.5	Zweite Hauptversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100 sowie einer Erhöhung der Wasser- und Magerfleischmenge)	98
3.1.2.1.2.6	Dritte Hauptversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100 sowie einer Erhöhung der Wasser- und Magerfleischmenge in Kombination mit dem Einsatz von Transglutaminase)	99
3.1.2.2	Abfüllen	99
3.1.2.3	Brühen.....	99
3.1.2.4	Abkühlen.....	99
3.1.2.5	Verpacken	99
3.1.2.6	Transport und Lagerung.....	100

3.2	Methoden.....	101
3.2.1	Sensorische Analyse	102
3.2.1.1	Prüfpersonen	102
3.2.1.2	Prüfraum	102
3.2.1.3	Erarbeitung der Deskriptoren.....	103
3.2.1.4	Prüfbogen.....	104
3.2.1.5	Panelschulung	105
3.2.1.6	Vorbereitung und Darbietung der Prüfproben	105
3.2.1.7	Erstellung des Produktprofils.....	105
3.2.2	Instrumentelle Textur-Profil-Analyse (TPA).....	107
3.2.3	Instrumentelle Farbmessung (L*a*b*)	108
3.2.4	Physikalische Untersuchung	109
3.2.4.1	Bestimmung des pH – Wertes	109
3.2.4.2	Bestimmung des a _w -Wertes	109
3.2.5	Chemische Analyse	110
3.2.5.1	Probenvorbereitung.....	110
3.2.5.2	Chemische Vollanalyse.....	110
3.2.5.2.1	Bestimmung des Wassergehaltes.....	110
3.2.5.2.2	Bestimmung des Aschegehaltes.....	111
3.2.5.2.3	Bestimmung des Gesamtfettgehaltes	112
3.2.5.2.4	Bestimmung des Rohproteingehaltes.....	112
3.2.5.3	Bestimmung des Hydroxyprolinegehaltes.....	113
3.2.5.4	Bestimmung des Gehaltes an Nichtprotein-Stickstoffsubstanz	114
3.2.5.5	Berechnung weiterer Grunddaten	114
3.2.6	Berechnung des Energiegehaltes	115
3.2.7	Mikrobiologische Untersuchung.....	115
3.2.7.1	Probenvorbereitung.....	116
3.2.7.2	Bestimmung der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl	116
3.2.7.3	Bestimmung der <i>Enterobacteriaceae</i>	117
3.2.7.4	Bestimmung der aerob wachsenden Milchsäurebakterien.....	118
3.2.7.5	Bestimmung der Anzahl von Hefen und Schimmelpilze.....	118
3.2.8	Bestimmung des Restgasgehaltes	119
3.2.9	Statistische Auswertung.....	119
4.	<u>Ergebnisse und Diskussion</u>	<u>121</u>
4.1	Einführung	121
4.2	Diskussion Material	122

4.2.1	Brühwurstrezeptur	122
4.2.1.1	Erste Vorversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100)	122
4.2.1.2	Zweite Vorversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100 und einer Erhöhung der Wassermenge (Verhältnis 1:2)).....	122
4.2.1.3	Erste Hauptversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100 und einer Erhöhung der Wassermenge (Verhältnis 1:1)).....	123
4.2.1.4	Zweite Hauptversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100 sowie einer Erhöhung der Wasser- und Magerfleischmenge)	124
4.2.1.5	Dritte Hauptversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100 sowie einer Erhöhung der Wasser- und Magerfleischmenge in Kombination mit dem Einsatz von Transglutaminase)	125
4.2.2	Brühwurstproduktion	126
4.2.2.1	Zerkleinern und Mischen	126
4.2.2.1.1	Kuttern und Mischen der fettreduzierten Brühwurstchargen.....	127
4.2.2.2	Abfüllen	128
4.2.2.3	Brühen.....	128
4.2.2.4	Abkühlen.....	129
4.2.2.5	Verpacken	129
4.2.2.5.1	Eingesetztes Schutzgasgemisch	130
4.2.2.6	Transport und Lagerung.....	130
4.3	Diskussion Methoden.....	132
4.3.1	Sensorische Analyse	132
4.3.2	Instrumentelle Textur-Profil-Analyse (TPA).....	133
4.3.3	Instrumentelle Farbmessung (L*a*b*)	134
4.3.4	Physikalische Untersuchung	134
4.3.5	Chemische Analyse	135
4.3.6	Berechnung des Energiegehaltes	135
4.3.7	Mikrobiologische Untersuchung.....	135
4.3.8	Bestimmung des Restgasgehaltes	136
4.4	Erste Vorversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100)	137
4.4.1	Ergebnisse.....	137
4.4.2	Diskussion.....	137
4.4.3	Fazit	137
4.5	Zweite Vorversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100 und einer Erhöhung der Wassermenge (Verhältnis 1:2)).....	139

4.5.1	Ergebnisse.....	139
4.5.2	Diskussion.....	139
4.5.3	Fazit	139
4.6	Erste Hauptversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100 und einer Erhöhung der Wassermenge (Verhältnis 1:1)).....	140
4.6.1	Sensorische Analyse	140
4.6.1.1	Ergebnisse.....	140
4.6.1.2	Diskussion.....	145
4.6.2	Instrumentelle Textur-Profil-Analyse (TPA).....	148
4.6.2.1	Ergebnisse.....	148
4.6.2.2	Diskussion.....	154
4.6.3	Instrumentelle Farbmessung	156
4.6.3.1	Ergebnisse.....	156
4.6.3.1.1	Berechnung des Gesamtfarbabstandes (Δ Gesamt)	160
4.6.3.2	Diskussion.....	161
4.6.4	Physikalische Untersuchung	163
4.6.4.1	Ergebnisse.....	163
4.6.4.2	Diskussion.....	165
4.6.5	Chemische Analyse	166
4.6.5.1	Chemische Vollanalyse.....	167
4.6.5.1.1	Ergebnisse.....	167
4.6.5.1.2	Diskussion.....	169
4.6.5.2	Weitere Ergebnisse der chemischen Analyse	170
4.6.6	Berechnung des Energiegehaltes	171
4.6.6.1	Ergebnisse.....	171
4.6.6.2	Diskussion.....	172
4.6.7	Mikrobiologische Untersuchung.....	172
4.6.7.1	Ergebnisse.....	172
4.6.7.2	Diskussion.....	174
4.6.8	Bestimmung des Restgasgehaltes	176
4.6.8.1	Ergebnisse.....	176
4.6.8.2	Diskussion.....	178
4.6.9	Lebensmittelrecht	178
4.6.10	Fazit der ersten Hauptversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100 und einer Erhöhung der Wassermenge (Verhältnis 1:1))	180
4.7	Zweite Hauptversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100 sowie einer Erhöhung der Wasser- und Magerfleischmenge)	181

4.7.1	Sensorische Analyse	181
4.7.1.1	Ergebnisse.....	181
4.7.1.2	Diskussion.....	186
4.7.2	Instrumentelle Textur-Profil-Analyse (TPA).....	189
4.7.2.1	Ergebnisse.....	189
4.7.2.2	Diskussion.....	194
4.7.3	Instrumentelle Farbmessung	196
4.7.3.1	Ergebnisse.....	196
4.7.3.1.1	Berechnung des Gesamtfarbabstandes (Δ Gesamt)	200
4.7.3.2	Diskussion.....	201
4.7.4	Physikalische Untersuchung	203
4.7.4.1	Ergebnisse.....	203
4.7.4.2	Diskussion.....	205
4.7.5	Chemische Analyse	206
4.7.5.1	Chemische Vollanalyse.....	206
4.7.5.1.1	Ergebnisse.....	206
4.7.5.1.2	Diskussion.....	208
4.7.5.2	Weitere Ergebnisse der chemischen Analyse	209
4.7.6	Berechnung des Energiegehaltes	210
4.7.6.1	Ergebnisse.....	210
4.7.6.2	Diskussion.....	211
4.7.7	Mikrobiologische Untersuchung.....	212
4.7.7.1	Ergebnisse.....	212
4.7.7.2	Diskussion.....	214
4.7.8	Bestimmung des Restgasgehaltes	215
4.7.8.1	Ergebnisse.....	215
4.7.8.2	Diskussion.....	217
4.7.9	Lebensmittelrecht	218
4.7.10	Fazit der zweiten Hauptversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese [®] 100 sowie einer Erhöhung der Wasser- und Magerfleischmenge).....	219
4.8	Dritte Hauptversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese[®] 100 sowie einer Erhöhung der Wasser- und Magerfleischmenge in Kombination mit dem Einsatz von Transglutaminase).....	221
4.8.1	Sensorische Analyse	221
4.8.1.1	Ergebnisse.....	221
4.8.1.2	Diskussion.....	226
4.8.2	Instrumentelle Textur-Profil-Analyse (TPA).....	229

4.8.2.1	Ergebnisse.....	229
4.8.2.2	Diskussion.....	234
4.8.3	Instrumentelle Farbmessung.....	237
4.8.3.1	Ergebnisse.....	237
4.8.3.1.1	Berechnung des Gesamtfarbabstandes (Δ Gesamt)	240
4.8.3.2	Diskussion.....	242
4.8.4	Physikalische Untersuchungen	243
4.8.4.1	Ergebnisse.....	243
4.8.4.2	Diskussion.....	246
4.8.5	Chemische Analyse	247
4.8.5.1	Chemische Vollanalyse.....	247
4.8.5.1.1	Ergebnisse.....	247
4.8.5.1.2	Diskussion.....	249
4.8.5.2	Weitere Ergebnisse der chemischen Analyse	250
4.8.6	Berechnung des Energiegehaltes	251
4.8.6.1	Ergebnisse.....	251
4.8.6.2	Diskussion.....	252
4.8.7	Mikrobiologische Untersuchung.....	252
4.8.7.1	Ergebnisse.....	252
4.8.7.2	Diskussion.....	255
4.8.8	Bestimmung des Restgasgehaltes	256
4.8.8.1	Ergebnisse.....	256
4.8.8.2	Diskussion.....	258
4.8.9	Lebensmittelrecht	259
4.8.10	Fazit der dritten Hauptversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese [®] 100 sowie einer Erhöhung der Wasser- und Magerfleischmenge in Kombination mit dem Einsatz von Transglutaminase).....	260
4.9	Korrelationen zwischen sensorischen und instrumentellen Messergebnissen	262
4.10	Vergleich der Ergebnisse der drei Hauptversuchsreihen	265
4.11	Ausblick	268
<u>5.</u>	<u>Zusammenfassung und Schlussfolgerungen</u>	<u>269</u>
<u>6.</u>	<u>Quellenverzeichnis.....</u>	<u>276</u>
6.1	Literaturverzeichnis	276
6.2	Gesetze und Normen.....	298

7.	Anhang.....	300
7.1	Tabellenanhang.....	300
7.1.1	Erste Vorversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese [®] 100).....	300
7.1.2	Zweite Vorversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese [®] 100 und einer Erhöhung der Wassermenge (Verhältnis 1:2)).....	304
7.1.3	Erste Hauptversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese [®] 100 und einer Erhöhung der Wassermenge (Verhältnis 1:1)).....	308
7.1.4	Zweite Hauptversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese [®] 100 sowie einer Erhöhung der Wasser- und Magerfleischmenge)	313
7.1.5	Dritte Hauptversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese [®] 100 sowie einer Erhöhung der Wasser- und Magerfleischmenge in Kombination mit dem Einsatz von Transglutaminase)	318
7.1.6	Signifikanztabellen	323
7.2	Verbrauchsmaterialien und Geräte	335
7.2.1	Produktspezifikationen	338
7.3	Prüfbogen der sensorischen Prüfung.....	351
7.4	Tabellenverzeichnis	354
7.5	Abbildungsverzeichnis.....	356
7.6	Danksagung	360
7.7	Eidesstattliche Erklärung.....	362
7.8	Lebenslauf	363
7.9	Veröffentlichungen	364

1. Einleitung

1.1 Problemstellung

Mit einem Anteil von 24,2 % waren die Brühwurstherzeugnisse im Jahr 2008 die Gruppe der Wurst und Fleischerzeugnisse, die in Deutschland am häufigsten verzehrt wurde. Daraus resultierte ein jährlicher Pro-Kopf-Verbrauch von 7,4 Kilogramm, wobei der Brühwurstverzehr tendenziell leicht zunimmt (DFV 2009).

Brühwurstherzeugnisse besitzen einen hohen Fettgehalt und daraus resultierend eine beträchtliche Energiemenge (NOWAK et al. 2007). Der Verzehr solcher hochkalorischen Lebensmittel kann dazu beitragen, dass der Anteil an übergewichtigen und adipösen Menschen in der Bevölkerung der westlichen Industrienationen zunimmt (RKI 2003). Gesundheitsorganisationen empfehlen eine gesunde Ernährungsweise, die unter anderem die Reduzierung der Aufnahme des Gesamtfettgehaltes beinhaltet. Dem Fettgehalt wird jedoch ein großer Stellenwert bei der Ausbildung der sensorischen Produktqualität von Fleischerzeugnissen zugesprochen, wie z. B. für das Aussehen, das Mundgefühl und das Flavour (HOMER et al. 2000). Wenn der Fettanteil, beispielsweise in Brühwurstherzeugnissen, durch einfaches Auslassen reduziert wird, führt dies zu einem trockeneren, geschmacksärmeren, gummiartigeren und weniger saftigen Produkt (KEETON 1994; CÁCERES et al. 2004). Es muss demzufolge ein adäquater Ersatz für den Austausch von Fett gefunden werden, der den Kaloriengehalt des Lebensmittels reduziert und die sensorischen Qualitätseinbußen kompensiert. Neben zahlreichen Rezepturmodifikationen, wie beispielsweise der Erhöhung der Zugabemenge an Magerfleisch und/oder Wasser, kann dieses Ziel durch den Einsatz eines Fettaustauschstoffes auf Proteinbasis und/oder des Enzymes Transglutaminase (in Verbindung mit der Verarbeitung einer gesteigerten Wassermenge) erreicht werden.

1.2 Zielsetzung der Arbeit

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es, fett- und kalorienreduzierte Brühwurstherzeugnisse nach Art einer norddeutschen Mortadella (LS 2.222.1) zu produzieren, unter Beibehaltung der sensorischen, mikrobiologischen und physikalisch-chemischen Qualitätseigenschaften über den gesamten Lagerungszeitraum. Um eine Kalorienreduzierung bei Minderung der sensorischen Verluste zu erzielen, wurden die technologischen und qualitativen Auswirkungen eines Fettaustauschstoffes auf Proteinbasis (Simplese[®] 100) und des Verarbeitungshilfsstoffes Transglutaminase bei der Herstellung von Brühwurstprodukten analysiert.

Bislang liegen keine Untersuchungsergebnisse zu dem Einsatz von Fettaustauschstoffen auf der Basis von Proteinen in Brühwurstzeugnissen vor. Im Rahmen dieser Arbeit sollte daher diese Möglichkeit der Fettsubstitution analysiert werden. Exemplarisch wurde der wohl bekannteste Fettaustauschstoff auf Proteinbasis, Simplese[®] 100, eingesetzt. Dieser Fettaustauschstoff eignet sich aufgrund seiner Eigenschaften (s. u.) zur Verarbeitung in Brühwurstzeugnissen.

Zudem bot sich der kombinierte Einsatz des Fettaustauschstoffes mit dem Verarbeitungshilfsstoff Transglutaminase an, da die Transglutaminase zu einer Festigkeitszunahme der Brühwurstzeugnisse führen kann, die bei fettreduzierten Produkten oftmals vermindert ist.

Der erste kommerziell hergestellte Fettaustauschstoff auf Proteinbasis, Simplese[®], konnte als toxikologisch unbedenklich eingestuft werden. Im Gegensatz zu den Fettersatzstoffen (synthetische Substanzen) bedürfen Fettaustauschstoffe (natürliche Ausgangsprodukte) in Europa keiner besonderen lebensmittelrechtlichen Zulassung und werden bereits in vielen Ländern eingesetzt. Durch ein spezielles patentiertes Verfahren (Mikropartikulation), können aus Molkenproteinkonzentraten durch Scherung Kugeln mit einem Durchmesser von 0,1 bis 3 μm und fettähnlichen Eigenschaften produziert werden (LIESKE et al. 1994). Der physiologische Energiewert von Simplese[®] 100 liegt mit 3,8 kcal/g deutlich unter dem von Fett mit 9 kcal/g (ZUNFT und RAGOTZKY 1997). Zudem ermöglicht der Einsatz als hydratisiertes Gel eine beträchtliche Energiereduktion (AKOH 1998). Mikropartikulierte Proteine werden als physikalisch modifizierte Proteine klassifiziert und daher als „Generally Recognized As Safe“ durch die US Food and Drug Administration (FDA) eingestuft. Ernährungsphysiologisch werden sie wie Proteine verdaut und absorbiert (LUCCA und TEPPER 1994).

Bei Transglutaminase (EC 2.3.2.13) handelt es sich um einen „Verarbeitungshilfsstoff“ im Sinne der Richtlinie des Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der europäischen Mitgliedstaaten über Zusatzstoffe, die in Lebensmitteln verwendet werden dürfen (89/107/EWG). Transglutaminase kommt natürlich in Geweben und Körperflüssigkeiten von Säugetieren und Menschen vor und ist ein Enzym, das die Ausbildung von kovalenten ϵ -(γ -Glutamyl)-Lysin-Bindungen katalysiert und somit die Gelbildung und die viskoelastischen Eigenschaften von Lebensmitteln positiv beeinflussen kann (SEKI et al. 1990; SAKAMOTO et al. 1995; SEGURO et al. 1995). Anstelle des Fettes wirkt Transglutaminase durch die Ausbildung der kovalenten Bindungen texturverbessernd. Die Auswirkungen der Transglutaminase auf das Brühwurstbrät sind bereits während des Kutterprozesses feststellbar. Das Brät ist elastischer und höher viskos (HAMMER 1998). Das gebrühte Produkt zeichnet sich durch eine verbesserte Bindung und Schnittfestigkeit aus (WEBER 2003b).

In Kombination mit dem Einsatz der genannten Ingredienzien wurden Modifikationen an der Brühwurstrezeptur vorgenommen, die u. a. eine Erhöhung des Magerfleischanteiles und/oder des Fremdwassergehaltes sowie den Austausch des tierischen Fettgewebes durch Rapsöl umfassten.

1.3 Versuchsdurchführung

Die Versuchsdurchführung orientierte sich an der Zielsetzung dieser Arbeit, fettreduzierte Brühwusterzeugnisse zu produzieren, die den sensorischen, mikrobiologischen und physikalisch-chemischen Qualitätsanforderungen der Standardmortadella entsprachen. Die Energie-reduktion erfolgte durch die Herabsetzung des Fettgehaltes bei gleichzeitiger Erhöhung des Wassergehaltes und teilweise auch des Magerfleischanteils. Zudem wurde der Fettaustauschstoff Simplese[®] 100 und partiell der Verarbeitungshilfsstoff Transglutaminase verwendet. Die auf diese Weise modifizierten Brühwusterzeugnisse wurden sensorisch, mikrobiologisch und physikalisch-chemisch gegen eine nach Standardrezeptur hergestellte Brühwurst analysiert.

Die Untersuchungen der vorliegenden Arbeit umfassten fünf Versuchsreihen. Im Rahmen jeder Versuchsreihe wurden als Standard Brühwusterzeugnisse nach Art einer norddeutschen Mortadella gemäß den Leitsätzen für Fleisch und Fleischerzeugnisse (LS 2.222.1) hergestellt. Die zwei Vorversuchsreihen hatten einen orientierenden Charakter für die Gestaltung der Brühwurstrezeptur der drei Hauptversuchsreihen. Im Rahmen der ersten Vorversuchsreihe (n = 1) erfolgte der Fettaustausch ausschließlich mit Simplese[®] 100 (5 – 20 %), während die zweite Vorversuchsreihe (n = 1) eine Substitution des Fettgehaltes durch die Verarbeitung von Simplese[®] 100 (3 – 12 %) und einer zusätzlichen Wassermenge (Verhältnis 1:2; 6 – 24 %) umfasste. Auf der Grundlage der Ergebnisse der beiden Vorversuchsreihen fand der Fettaustausch in der ersten Hauptversuchsreihe (n = 3) statt. Dabei erfolgte die Fettsubstitution durch die Verarbeitung des Fettaustauschstoffes Simplese[®] 100 und einer erhöhten Schüttwassermenge in einem Verhältnis von 1:1. Die zugesetzte Menge des Fettaustauschstoffes und der Mehrmenge an Schüttwasser betrug jeweils zwischen 4,5 und 16,5 %. Die Substitution des Fettgehaltes der rezepturmodifizierten Brühwusterzeugnisse der zweiten Hauptversuchsreihe (n = 3) erfolgte ebenfalls durch den Einsatz von Simplese[®] 100 sowie einer Erhöhung des Wasser- (Verhältnis 1:1; jeweils 4,5 – 8,5 %) und Magerfleischanteiles (10 – 16 %). In der dritten Hauptversuchsreihe (n = 3) fand der Fettaustausch im Rahmen der Produktion der fettreduzierten Brühwusterzeugnisse ebenfalls durch die Verarbeitung von Simplese[®] 100 sowie einer Erhöhung des Wasser- (Verhältnis 1:1; jeweils 4,5 – 8,5 %) und Magerfleischanteiles (4 – 10 %) statt. Zudem wurde den rezepturmodifizierten Brühwuster-

zeugnissen der dritten Hauptversuchsreihe das Enzym Transglutaminase (0,05 %) zugesetzt, in Kombination mit einer weiteren Erhöhung der Schüttwassermenge von 12 %. Im Rahmen der zweiten und der dritten Hauptversuchsreihe wurde jeweils bei einer der rezepturmodifizierten Brühwurstchargen der Anteil des reduzierten tierischen Fettgewebes durch Rapsöl (11 % und 2 %) substituiert.

Die Brühwurstherzeugnisse wurden als Stückware in Zellulosehüllen für sieben Lagerungstage und als Aufschnittware unter modifizierter Atmosphäre für 23 Lagerungstage, jeweils bei max. +7 °C, gelagert.

Zur Bewertung der sensorischen Produktqualität wurde eine analytische Profilprüfung mit einer numerischen Skala durchgeführt. Diese Skala wurde in drei Qualitätsklassen eingeteilt, die einen Aufschluss darüber gaben, ob die fettreduzierten Brühwurstherzeugnisse die sensorischen Qualitätsanforderungen erfüllten. Die Texturprüfung erfolgte mit einer instrumentellen Textur-Profil-Analyse (TPA). Die Farbe wurde anhand einer instrumentellen Farbmessung ($L^*a^*b^*$) bewertet. Bezüglich der mikrobiologischen Lagerungsstabilität wurden folgende Parameter gemäß der amtlichen Methoden nach § 64 LFGB, oder in Anlehnung an diese, untersucht: aerobe mesophile Gesamtkeimzahl, *Enterobacteriaceae*, aerob wachsende Milchsäurebakterien sowie Hefen und Schimmelpilze. Die physikalisch-chemischen Untersuchungen umfassten die Messung des pH- und a_w -Wertes, die Bestimmung des Restgasgehaltes im Kopfraum der MAP-Verpackungen sowie die Ermittlung der chemischen Zusammensetzung der Brühwurstherzeugnisse bezüglich deren Gehälter an Wasser, Asche, Fett, Protein, Hydroxyprolin (BE, FE, BEFFE, FE) und Nichtprotein-Stickstoffsubstanz (NPN).

1.4 Gliederung der Arbeit

Die vorliegende Arbeit ist gegliedert in die Abschnitte „Schrifttum“ (**siehe Kap. 2**), „Eigene Untersuchungen“ (**siehe Kap. 3**) sowie „Ergebnisse und Diskussion“ (**siehe Kap. 4**). Darauf folgend werden die Ergebnisse zusammengefasst und geschlussfolgert (**siehe Kap. 5**). Die abschließenden Kapitel stellen das Quellenverzeichnis (**siehe Kap. 6**) und der Anhang (**siehe Kap. 7**) dar.

Das „Schrifttum“ behandelt die Brühwursttechnologie (**siehe Kap. 2.1**) und die ernährungsphysiologische Bedeutung von Brühwurstherzeugnissen (**siehe Kap. 2.2**), das Forschungsgebiet der fettreduzierten Brühwurstherzeugnisse (**siehe Kap. 2.3**), die Substitution von tierischem Fettgewebe durch pflanzliche Öle (**siehe Kap. 2.4**), den Einsatz von Transglutaminase in der Brühwursttechnologie (**siehe Kap. 2.5**), die Verpackung und Lagerung von Brühwurstherzeugnissen (**siehe Kap. 2.6**), die für diese Arbeit relevanten Themen des Lebensmittelrechts (**siehe Kap. 2.7**) und die Methoden zur Beurteilung der Qualitätsparameter von Brühwursther-

zeugnissen (**siehe Kap. 2.8**). Das Kapitel „Eigene Untersuchungen“ umfasst die Darstellung der verwendeten Materialien (**siehe Kap. 3.1**) und Methoden (**siehe Kap. 3.2**). Im Kapitel „Ergebnisse und Diskussion“ erfolgt nach einer Einführung (**siehe Kap. 4.1**) zunächst eine Diskussion der verwendeten Materialien (**siehe Kap. 4.2**) und Methoden (**siehe Kap. 4.3**) bevor die Ergebnisse der einzelnen Versuchsreihen dargestellt und diskutiert sowie Fazits gezogen werden (**siehe Kap. 4.4 - 4.8**). Ebenfalls diesem Kapitel sind die Korrelationsrechnungen zwischen den sensorischen und instrumentellen Messergebnissen (**siehe Kap. 4.9**), der Vergleich der Ergebnisse der drei Hauptversuchsreihen (**siehe Kap. 4.10**) und der Ausblick (**siehe Kap. 4.11**) zu entnehmen.

2. Schrifttum

2.1 Brühwursttechnologie

2.1.1 Rezeptur von Brühwurstereugnissen

Die Basis der Brühwurstrezeptur bildet ein feinzerkleinertes Gemenge aus Fleisch, Fettgewebe und Wasser. Diesem werden während der Herstellung diverse Zutaten und Zusatzstoffe zugefügt (WIRTH 1985).

2.1.1.1 Fleisch

Die Herstellung von Brühwurstereugnissen kann aus dem Fleisch verschiedener Tierarten erfolgen (LAUTENSCHLÄGER und TROEGER 2007), wobei in den Leitsätzen für Fleisch und Fleischerzeugnisse als Ausgangsmaterial überwiegend Fleisch vom Schwein und vom Rind vorgegeben wird.

Um Brühwurstereugnisse mit einer hohen Qualität zu erhalten, sollte das verwendete Fleisch eine hohe Wasserbindekapazität und einen geringen Ausgangskeimgehalt aufweisen. Zudem sollte für eine optimale Farbentwicklung ein ausgeklügeltes Fleischverhältnis vorliegen (BRAUER 2004; KOCH und FUCHS 2004).

Zur Brühwurstproduktion kann Warm-, Kühl- und Gefrierfleisch herangezogen werden, jedoch weisen diese Zustandsformen unterschiedliche Wasserbindekapazitäten auf. Warmfleisch besitzt, im Vergleich zu Kühl- und Gefrierfleisch, eine wesentlich höhere Wasserbindekapazität. Diese wird insbesondere durch das vorhandene Adenosintriphosphat (ATP) bedingt. Das ATP führt dazu, dass die kontraktilen Proteine Aktin und Myosin getrennt vorliegen und dadurch im Laufe der Zerkleinerung des Fleisches eine maximale Wassermenge zwischen den Eiweißkörpern gebunden werden kann (LAUTENSCHLÄGER und TROEGER 2007). Der Einsatz von Warmfleisch führt zu einer sehr festen Textur der Brühwurstprodukte (BRAUER 2004). Die Zustandsform des Warmfleisches hält bei Schweinefleisch annähernd eine Stunde und bei Rindfleisch etwa vier bis fünf Stunden nach der Schlachtung an (SCHWÄGELE 2007). Während dessen sinkt der Phosphatgehalt von 5 $\mu\text{mol/g}$ Muskelgewebe auf $\sim 1 \mu\text{mol/g}$. In der Folge kommt es zur Ausbildung des Rigor mortis und eines Aktomyosinkomplexes (Rigorkomplex) (SILBERNAGL und DESPOPOULOS 2003; SCHWÄGELE 2007). Der pH-Wert befindet sich beim Übergang in die Totenstarre in einem Bereich von pH 6,0-5,9 und kann bis auf einen pH-Wert von 5,4 abfallen (BRAUER 2004; LAUTENSCHLÄGER und TROEGER 2007). Der Abbau von Adenosintriphosphat und die darauffolgende Ausbildung des Aktomyosinkomplexes führen zu einem schlechteren Wasserbindevermögen (PETERS und SIELAFF 1996). Diese Zustandsform des Fleisches wird als

Kühlfleisch bezeichnet. Neben dem Einsatz von Warm- und Kühlfleisch kann im Rahmen der Brühwurstherstellung auch Gefrierfleisch Verwendung finden (BRAUER 2004). Gefrierfleisch bietet den Vorteil, dass durch das Gefrieren die Aktivität von Mikroorganismen und Enzymen größtenteils unterbunden wird und somit eine längere Haltbarkeit des Fleisches erreicht wird. Darüber hinaus eignet sich der Einsatz von Gefrierfleisch als Temperaturreserve während des Kutterprozesses, wodurch dieser verlängert werden kann und infolgedessen technologische Vorteile (beispielsweise eine größere Homogenität der Brätmasse) ausgemacht werden können.

Negative Abweichungen in der Fleischqualität resultieren maßgeblich aus einer zu starken Belastung sowie aus Stresssituationen für die Tiere im Vorfeld und während des Schlachtprozesses (VON LENGERKEN et al. 2007). Dabei können Fleischfehler wie PSE- (engl.: pale, soft, exudative) oder DFD-Fleisch (engl.: dark, firm, dry) auftreten.

2.1.1.2 Fettgewebe

Brühwurstherzeugnisse gelten als Lebensmittel mit einem hohen Fettgehalt. In der Literatur wird für Brühwurstherzeugnisse nach Art einer Mortadella ein durchschnittlicher Fettgehalt von 20 bis 30 % angegeben (MARQUEZ et al. 1989; KEETON 1994; NOWAK et al. 2007). Dem Fettgehalt wird eine wichtige Rolle bei der Ausbildung von Struktur, Farbe, Geschmack und Mundgefühl der Brühwurstherzeugnisse zugesprochen (HOMER et al. 2000; BALTES 2000). Die strukturbildenden Eigenschaften ergeben sich aus der Ausbildung eines Eiweiß-Wasser-Fett-Gemisches (LAUTENSCHLÄGER und TROEGER 2007). Der Fettgehalt ist zudem für eine anhaltende Sättigungswirkung verantwortlich und dient als Lieferant von Energie und essentiellen Fettsäuren (SIELAFF 1996).

2.1.1.3 Wasser

Während des Kutterprozesses wird dem Brühwurstbrät Wasser zugeführt, das den Anforderungen der Trinkwasser-Verordnung entsprechen muss (WEBER 2003a). Die Wasserzugabe erfolgt häufig in Form von Eis (Schüttung), um die Brättemperatur auf einem niedrigen Niveau zu halten und infolgedessen eine Verlängerung der Kutterzeit zu erzielen und ein ganzheitliches Aufschließen des Eiweißes zu erreichen (LAUTENSCHLÄGER und TROEGER 2007). Die zugegebene Wassermenge tritt mit den Proteinen, Lipiden, Polysacchariden und Salzen in Wechselwirkung und beeinflusst dementsprechend die Textur von Brühwurstherzeugnissen (KALLWEIT 1988; OELKER 1996; SOUCI et al. 2000). Daneben bestimmt die Höhe des Wassergehaltes das Wachstum der Mikroorganismen. Der optimale a_w -Wert, der ein

Maß für das verfügbare Wasser im Lebensmittel darstellt, liegt für meisten Mikroorganismen bei $a_w > 0,98$ (KRÄMER 2002).

2.1.1.4 Zutaten und Zusatzstoffe

Unter Zutaten für die Brühwurstherstellung werden gemäß LAUTENSCHLÄGER und TROEGER (2007) alle Lebensmittel außer Fleisch, Fett und Wasser verstanden. Lebensmittel-Zusatzstoffe sind dagegen laut § 2 (3) des LFGB definiert als „Stoffe mit oder ohne Nährwert, die in der Regel weder selbst als Lebensmittel verzehrt noch als charakteristische Zutat eines Lebensmittels verwendet werden und die einem Lebensmittel aus technologischen Gründen beim Herstellen oder Behandeln zugesetzt werden, wodurch sie selbst oder ihre Abbau- oder Reaktionsprodukte mittelbar oder unmittelbar zu einem Bestandteil des Lebensmittels werden oder werden können“. Als Zutaten und Zusatzstoffe werden Brühwurstherzeugnisse bei der Herstellung in den meisten Fällen Kutterhilfsmittel, Umrötemittel und Umrötehilfsmittel, Zucker sowie Gewürze zugegeben.

Kutterhilfsmittel dienen der Erhöhung des pH-Wertes sowie der Ionenstärke und besitzen eine spezifische Wirkung auf das myofibrilläre Eiweiß, womit sie das Quellen bzw. Aufschließen des Muskeleiweißes bewirken und somit zu einer Erhöhung des Wasserbindevermögens führen (REICHERT 1984; EBERHARD et al. 2009). Am häufigsten finden Kutterhilfsmittel mit Phosphat Verwendung (BRAUER 2004). Diese wirken unmittelbar auf den Aktomyosinkomplex ein, indem sie die Bindung von Aktin und Myosin lösen. Folglich wird das Wasserbinde- bzw. Wasserhaltevermögen erhöht (Warmfleisch-Effekt) (KRETZSCHMANN 1996). Zudem verringert Phosphat den unerwünschten Geleeabsatz und beeinflusst die sensorischen Merkmalseigenschaften von Brühwurstherzeugnissen positiv. So weisen Brühwurstherzeugnisse, die mit Phosphat produziert wurden, einen festen und knackigen Biss auf (BRAUER 2004). Phosphat besitzt keine toxischen Eigenschaften, wird aber wegen des vielfältigen Phosphateinsatzes in der Lebensmittelindustrie und der daraus resultierenden Gefahr der Überdosierung, die zu Ungleichmäßigkeiten im Mineralstoffhaushalt führen kann, als kritischer Zusatzstoff betrachtet (KRETZSCHMANN 1996). Aus diesem Grund werden zunehmend andere Kutterhilfsmittel wie Citrat, Acetat oder Laktat eingesetzt. Diese weisen einen neutralen Geschmack auf, erhöhen die Ionenstärke und führen zur Quellung des Muskeleiweißes, wodurch das Wasserbindungsvermögen ebenfalls erhöht wird. Allerdings besitzen diese Kutterhilfsmittel gegenüber Phosphat den entscheidenden technologischen Nachteil, dass das gequollene Muskeleiweiß ein geringeres Wasserbinde- bzw. Wasserhaltevermögen als das aufgeschlossene Muskeleiweiß aufweist (BRAUER 2004).

Umrötemittel und Umrötehilfsmittel unterstützen die Farbqualität und Farberhaltung von Brühwurstherzeugnissen (BRAUER 2004). Als Umrötemittel wird vorwiegend Natriumnitrit (NaNO_2) eingesetzt, dessen Zugabe in Form von Nitritpökelsalz erfolgt (SCHWEDT 1999; BRAUER 2004). Nitritpökelsalz stellt eine Mischung aus Kochsalz (NaCl) und Natriumnitrit (NaNO_2) dar (SCHWEDT 1999), wobei überwiegend ein Mischverhältnis von 99,4-99,6 % NaCl und 0,4 – 0,6 % NaNO_2 vorliegt (LAUTENSCHLÄGER 2007). Neben der Umrötefunktion besitzt das Nitritpökelsalz konservierende, wasserbindende und sensorische (v. a. Farbe, Aroma) Aufgaben (SIELAFF 1996; BRAUER 2004). Insbesondere der Kochsalzgehalt dient der Wasser- und Fettbindung sowie der mikrobiellen Stabilität und der Geschmacksgebung der Produkte (FISCHER 1988).

Durch die Zugabe von Zucker wird die Ausbildung eines brühwursttypischen Aromas erzielt (SIELAFF 1996). Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Zugabe von Zucker zu einer verstärkten Säuerung des Produktes führt und zudem ein ideales Nährsubstrat für Milchsäurebakterien darstellt (WEBER 2003a).

Gewürze dienen der Geschmacksverbesserung und individuellen Geschmacksgebung von Brühwurstherzeugnissen. Zudem enthalten sie bakterizide Substanzen wie Knoblauch, Pfeffer sowie Muskat und haben einen Einfluss auf die Ausbildung der Farbe des Produktes (SIELAFF 1996). Trotz keimhemmender Eigenschaften können Gewürze auch als Überträger von Mikroorganismen fungieren, weshalb auf einen hygienischen Umgang mit diesen während der Lagerung und Verarbeitung geachtet werden muss (WEBER 2003a).

2.1.2 Herstellungstechnologie von Brühwurstherzeugnissen

Das technologische Ziel während der Herstellung von Brühwurstherzeugnissen besteht darin, die nicht miteinander mischbaren Phasen Fett, Wasser und Eiweiß zu einer homogenen Emulsion zu verarbeiten (GRUNDHÖFER und GLATZ 2006). Dabei zählen die Wasser- und die Fettbindung zu den entscheidenden technologischen Zielen.

Die Wasserbindung ist die hitzestabile Bindung des gewebeeigenen und des zugesetzten Wassers durch das Fleischeiweiß (WIRTH 1985). Während des Kutterprozesses werden die in den Zellen befindlichen Eiweißstoffe Aktin und Myosin bzw. Aktomyosin herausgelöst und durch Quellung und Lösung wird ein Wasser-Eiweiß-Gel ausgebildet (GRUNDHÖFER und GLATZ 2006). Allerdings machen nur etwa 8 % des Fleisches Aktin und Myosin aus (WIRTH 1985). Um die Wasserbindung zu garantieren und große Gewichtsverluste sowie einen Fettabsatz während der Lagerung zu vermeiden, muss während des Verarbeitungsprozesses Fleisch mit einem hohem Wasserbindungs- und Emulgiervermögen und/oder Kutterhilfsmittel bzw. Emulgatoren eingesetzt werden (FRANZKE 1998). Für eine optimale Was-

serbindung eignet sich vor allem Warmfleisch, bei dem durch das vorhandene Adenosintri-phosphat der Eiweißkomplex Aktin und Myosin in einem getrennten Zustand vorliegt und dementsprechend ein erheblicher Teil an Wasser in die relativ großen Bereiche zwischen den nur locker verbundenen Eiweißkörpern eingelagert werden kann (WIRTH 1985). Die Bindung von Schüttwasser nimmt mit einem steigenden Fettgehalt der Brätmasse zu, und zwar bis zu einem Fett/Protein-Verhältnis von 2,8:1, wofür als Ursache die Erhöhung der Speisesalzkonzentration gilt (FRANZKE 1998). Die quellende Wirkung der während des Kutterprozesses zugesetzten Salze beruht auf einer Erhöhung des pH-Wertes der Masse und auf der Bindung von entquellend wirkenden bivalenten Kationen (BELITZ et al. 2001).

Da eine zu starke Temperaturerhöhung der Brätmasse während des Kutterprozesses mit einer Abnahme des Wasserbindevermögens, bedingt durch eine thermisch induzierte Denaturierung der Eiweißstoffe, einhergehen kann, sollte diese auf möglichst niedrigen Werten von maximal +13 °C gehalten werden (BELITZ et al. 2001; GRUNDHÖFER und GLATZ 2006).

Mit der Fettbindung ist die Fettaufnahme in das netzartig ausgebildete Eiweiß-Gerüst aus Muskeleiweiß und Wasser gemeint. Dafür sind grundlegend die Quellung und die Lösung der Eiweiße verantwortlich. Durch das Zerkleinern und Vermischen des Fettgewebes im Magerbrät, wird der Einbau von Fett und Fettgewebeteilchen in das Netzwerk aus dem Aktin-Myosin-Gel ermöglicht (WIRTH 1985). Unterstützend dazu umhüllen gelöste Eiweiße einen Teil des beim Zerkleinern freigesetzten Fettes emulsionsartig mit einem Eiweißfilm, wodurch ein Zusammenfließen der Fetttropfen während der Erhitzung verhindert oder erschwert wird (WIRTH 1985; GRUNDHÖFER und GLATZ 2006).

Die während des Kuttervorganges entstehende zähe und pastenartige Masse wird im Laufe der anschließenden Hitzebehandlung verfestigt (koaguliert) (WIRTH 1985).

2.1.2.1 Zerkleinerung und Mischung

Die für das Grundbrät benötigten Fleisch- und Fettanteile werden separat mit einem Fleischwolf vorzerkleinert. Anschließend erfolgt der intensive Zerkleinerungs- und Mischvorgang in einem Kutter. In der Literatur werden nach dem jeweiligen Produktionsziel, Zeit- und Arbeitsaufwand drei Kutterverfahren unterschieden (KEIM und FRANKE 2007). Bei der Brätherstellung im „Ein-Phasen-Verfahren“ („All-In-Verfahren“; „Gesamtbrätverfahren“) werden alle Zutaten des Brätes zeitgleich gekuttert. Beim „Zwei-Phasen-Verfahren“ („Zukutterverfahren“; „Magerbrätverfahren“) wird das Magerfleisch mit einer portionsweisen Schüttwassermenge auf Bindung zerkleinert, bevor das Fettgewebe zur Emulgierung der Magerbrätmasse zugekuttert wird. Das „Drei-Phasen-Verfahren“ („Fettbrätverfahren“) wird durch zwei Phasen eingeleitet, in denen das Magerfleisch und das Fettgewebe getrennt zerkleinert wer-

den, bevor in der dritten Phase beide Bestandteile zum Mischbrät zusammen gekuttert werden (SIELAFF 1996; BRAUER 2004; KEIM und FRANKE 2007; LAUTENSCHLÄGER und TROEGER 2007). Die Zugabe der übrigen Rezepturbestandteile erfolgt gemäß der Rezeptur.

Die Kerntemperatur des Brühwurstbrätes wird oftmals als Referenzwert für die Kutterzeit herangezogen (POULANNE et al. 1983; KLETTNER 1985). KLETTNER (1985) gibt als optimale Brätendtemperatur +13 °C an. Bei dieser Temperatur wird ein optimales Wasserbindevermögen erzielt. Bei einer zu hohen Brätendtemperatur (> +15 °C) nimmt das Wasserbindevermögen stark ab, der Geleeabsatz steigt an und die Festigkeit des Brätes lässt nach (KLETTNER 1985).

Darüber hinaus bestimmt die Kutterdauer die technologischen Eigenschaften und die spätere Produktqualität. Die Kutterzeit kann durch verschiedene Faktoren, wie beispielsweise durch den Einsatz gefrorener Rezepturbestandteile (KLETTNER 1985) oder der Verwendung eines Stickstoffkutters hinausgezögert werden (BRAUER 2004). Durch die verlängerte Kutterdauer nimmt der Grad der Homogenisierung des Brätes zu.

Während des Kutterprozesses sollte unter dem Ausschluss von Sauerstoff gearbeitet werden, wozu sich der Einsatz eines Vakuumkutters anbietet (ZWEIG und SIELAFF 1996; BRAUER 2004; KEIM und FRANKE 2007; LAUTENSCHLÄGER und TROEGER 2007). Dadurch werden die negativen Einflüsse des Sauerstoffes auf Farbe und Geschmack gemindert und eine festere Textur der Produkte erzielt (WIRTH 1970; KLETTNER 1985; LAUTENSCHLÄGER und TROEGER 2007).

Durch den Zusatz von Kutterhilfsmitteln (bspw. Phosphat, Citrat, Acetat, Lactat) wird der Zerkleinerungs- und Mischvorgang unterstützt und eine Erhöhung des pH-Wertes, der Ionenstärke und der Wasserbindekapazität erzielt (REICHERT 1984; EBERHARD et al. 2009).

2.1.2.2 Pökeln/Umrötung

Durch die Zugabe von Nitritpökelsalz, während des Kutterprozesses, werden die Farbe und das Aroma der Brühwurstzeugnisse positiv beeinflusst und konservierende sowie antioxidative Wirkungen erzielt (OELKER 1996; BRAUER 2004; LAUTENSCHLÄGER und TROEGER 2007). Der Pökelprozess beginnt mit der mikrobiellen Reduktion von Nitrat (NO_3^-) zu Nitrit (NO_2^-). Um diese zeitintensive, bakterielle Umsetzung zu überspringen, erfolgt die direkte Beigabe von Nitrit in Form von Nitritpökelsalz. Das Nitrit wird chemisch zu Stickoxid (NO) umgesetzt. Das Stickoxid lagert sich an das zentrale Eisen des Myoglobins an, in dessen Folge Stickoxid-Myoglobin entsteht, das wiederum unter Wärmeeinwirkung zum hitzestabilen Nitrosomyochromogen denaturiert wird. Am Ende des Pökelprozesses weist das Produkt

die charakteristische Rotfärbung von Brühwurstzeugnissen („Pökelrot“) auf (OELKER 1996).

Die Reaktion zwischen dem Pökelstoff und dem Myoglobin ist temperatur- und zeitabhängig (LAUTENSCHLÄGER und TROEGER 2007). Gemäß BRAUER (2004) sollten die Brühwurstzeugnisse auf eine Kerntemperatur von mindestens +72 °C erhitzt werden, bei der sich eine sichere und stabile Umrötung mit einer langen Farbhaltung bewährt hat.

2.1.2.3 Abfüllung

Nach dem Zerkleinerungs- und Mischprozess im Kutter wird das Brühwurstbrät in geeignete Därme bzw. Hüllen abgefüllt. Als Hüllen für Brühwürste eignen sich sowohl Natur- als auch Kunstdärme mit Kalibern von 20 – 120 mm (OELKER 1996).

Zum Abfüllen des Brühwurstbrätes bietet sich, wie beim Kutterprozess, das Arbeiten unter Ausschluss des Sauerstoffes an. Zu diesem Anlass empfiehlt sich die Verwendung einer Vakuum-Füllmaschine.

2.1.2.4 Erhitzung und Kühlung

Das Erhitzen (Brühen/Garen) von Brühwurstzeugnissen erfolgt im Wasserbad oder –dampf, wobei die optimale Kerntemperatur der Brühwurst bei mindestens +72 °C liegt (BRAUER 2004). Der Erhitzungsprozess führt zu einer Verfestigung des Brätes durch die Ausbildung eines charakteristischen Eiweißgerüsts. Zudem werden bei den hohen Temperaturen die Mikroorganismen in ihrem Wachstum eingeschränkt und/oder abgetötet, die fleischeigenen Enzyme inaktiviert und die charakteristischen, sensorischen Eigenschaften von Brühwürsten entwickelt (LAUTENSCHLÄGER und TROEGER 2007).

Das Abkühlen der Brühwurstzeugnisse muss umgehend nach dem Erhitzungsprozess erfolgen, um das Wachstum der überlebenden Mikroorganismen, vor allem in einem Temperaturbereich von +37 °C, zu unterbinden (OELKER 1996).

2.1.2.5 Convenience-Grade von Brühwurstzeugnissen

„Convenience Food“ bedeutet so viel wie „bequemes Essen“. BRANSCHIED (2004) spricht dem Convenience-Segment von Fleisch und Fleischerzeugnissen eine hohe Bedeutung zu.

Für Brühwurstzeugnisse liegen unterschiedliche Convenience-Grade vor. So handelt es sich bei Brühwurst, die als Stückware angeboten wird, um ein küchenfertiges Lebensmittel, während die Angebotsform der Aufschnittware als verzehrfertig gilt. Die Aufschnittware verfügt dementsprechend über einen höheren Convenience-Grad als die Stückware und entspricht, vor allem als SB-verpacktes Produkt, den derzeit vorherrschenden Markterfordernissen (**siehe Kap. 2.6.1**).

2.2 Ernährungsphysiologische Bedeutung von Brühwursterzeugnissen

Fleisch und Fleischerzeugnisse sind Lebensmittel, die teilweise eine sehr hohe ernährungsphysiologische Qualität aufweisen. Sie können, im Rahmen einer vielseitig zusammengestellten Kost, ein Produkt darstellen, das aufgrund seiner hohen Nährstoffdichte als bedarfsdeckendes Lebensmittel fungieren kann. Fleisch und Fleischerzeugnisse zeichnen sich in erster Linie durch ihren hohen Proteingehalt mit einer hohen biologischen Wertigkeit aus, aber auch durch ihren Gehalt an wichtigen Mineralstoffen sowie an diversen Vitaminen (ENDER 2002; ARNETH 2003; SEUß-BAUM 2007). Indes muss im Rahmen der ernährungsphysiologischen Betrachtungsweise der hohe Brennwert zahlreicher Fleisch und Fleischerzeugnisse (z. B. Brühwursterzeugnisse) berücksichtigt werden sowie die mit dem Konsum einhergehende Aufnahme von gesättigten Fettsäuren, Cholesterol und Purinen (HONIKEL 2005; SEUß-BAUM 2007).

2.2.1 Verbrauch von Brühwursterzeugnissen in der Bundesrepublik Deutschland

Gemäß dem Geschäftsbericht des Deutschen Fleischer-Verbandes e.V. (DFV) von 2009 ist im Jahr 2008 der Verzehr an Fleischerzeugnissen in der Bundesrepublik Deutschland leicht angestiegen. Der durchschnittliche Pro-Kopf-Verzehr von Fleischerzeugnissen betrug 30,6 kg/Jahr (84 g/Tag), wovon Brühwursterzeugnisse mit 7,4 kg/Jahr den größten Anteil (24,2 %) ausmachten.

Der jährliche Produktionswert dieser Erzeugnisgruppe belief sich laut des Berichtes der Zentralen Markt- und Preisberichtsstelle (ZMP) im Jahr 2005 auf etwa 3,1 Milliarden Euro (LAUTENSCHLÄGER und TROEGER 2007). Entsprechend der Prognose des DFV (2009) wird der Brühwurstverzehr in den nächsten Jahren weiter ansteigen.

2.2.2 Nahrungsfett

Nahrungsfette sind Ester des dreiwertigen Alkoholes Glycerol mit Fettsäuren unterschiedlicher Kettenlänge (BALTES 2000). Sie stellen Energieträger mit einer hohen Energiedichte dar, deren physiologischer Brennwert mit 37 kJ (9 kcal) pro Gramm mehr als doppelt so hoch ist, als der Brennwert von Proteinen und Kohlenhydraten mit jeweils 17 kJ (4 kcal). Nahrungsfette sind für einen gesunden Körper lebensnotwendig und übernehmen eine Vielzahl von wichtigen Funktionen in der menschlichen Ernährung. So tragen sie unter anderem zur Energieversorgung des Organismus bei, dienen der Aufnahme von fettlöslichen Vitaminen und fungieren als Strukturelemente von Zellmembranen (COLMENERO 2000; HAHN et al. 2005).

Da die Aufnahme eines überhöhten Gesamtfettgehaltes mit zahlreichen ernährungsbedingten Krankheiten in Verbindung gebracht wird, sollte gemäß der Deutschen Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE) die tägliche Energieaufnahme durch den Fettanteil in der Ernährung nicht mehr als 30 % der Gesamtenergieaufnahme betragen (SCHMID 2007). Indes führen etwa 10 % der Bevölkerung dem menschlichen Organismus über 40 % der Gesamtenergie in Form von Fetten zu (MENSINK et al. 2002). Aber auch insgesamt wird der Fettkonsum in der Bundesrepublik Deutschland als zu hoch beschrieben (LLM SCHWÄBISCH GMÜND 2007). Fleischwaren, wie Brühwurstzeugnisse, werden in Bezug auf ihren Fettgehalt deutlich unterschätzt (SCHMID 2007). Deren Fettanteil wird in der Literatur mehrheitlich mit 20 – 30 % angegeben (WIRTHS 1977; NOVELLI et al. 1998; HONIKEL 2005; NOWAK et al. 2007; SCHMID 2007). Gemäß HONIKEL (2005) entstammen den Verzehrsgewohnheiten der Männer und Frauen in der Bundesrepublik Deutschland entsprechend 29 % bzw. 26 % des aufgenommenen Nahrungsfettes aus Fleisch und Fleischerzeugnissen. Damit zählt diese Lebensmittelgruppe zu den relevanten Quellen für Nahrungsfett und -energie (ELLROTT et al. 2006). Wurstwaren liegen nach MENSINK et al. (2002) als Fettlieferanten bei Männern an zweiter Stelle. Eine höhere Fettaufnahme erfolgt nur durch Milchprodukte.

Neben der ernährungsphysiologischen Bedeutung des Fettanteiles, ist dieser in einem Lebensmittel an der Ausbildung der sensorischen Produktqualität beteiligt (HOMER et al. 2000).

2.2.2.1 Fettsäurezusammensetzung

Aus ernährungsphysiologischer Sicht ist nicht nur die Menge des zugeführten Nahrungsfettes bedeutend, sondern auch dessen Fettsäurezusammensetzung. Im Fleischfett sind zwischen 30 und 50 % der Fettsäuren gesättigt, wovon die Myristinsäure (C14:0), die Palmitinsäure (C16:0) und die Stearinsäure (C18:0) den größten Anteil ausmachen. Daneben liegen einfach ungesättigte Fettsäuren mit einem Anteil von etwa 40 bis 50 % vor, von denen die Ölsäure (C18:1 ω -9) die nicht nur am stärksten vertretene einfach ungesättigte Fettsäure darstellt, sondern auch die am häufigsten vorkommende Fettsäure im gesamten Fettsäurespektrum des Fleischfettes ist. Der Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren im Fleischfett beträgt nur etwa 10 – 20 % (SCHMID 2007).

Vergleicht man die Relation der Fettsäuren des Fleischfettes mit den Ernährungsempfehlungen der DGE (max. 1/3 gesättigten; mind. 1/3 einfach ungesättigten; max. 1/3 mehrfach ungesättigten Fettsäuren), so wird deutlich, dass bei Fleisch und Fleischerzeugnissen diese Ernährungsempfehlung nicht erfüllen. Daraus ergibt sich ein ernährungsphysiologischer Nachteil, da in dem Konsum von gesättigten Fettsäuren ein bedeutender Risikofaktor für die Entste-

hung von kardiovaskulären Erkrankungen und Atherosklerose gesehen wird (HAHN et al. 2005).

2.2.2.2 Cholesterol

Cholesterol ist das bedeutendste Sterin in Fleisch und Fleischerzeugnissen (ROGOWSKI 1981). Es wird dem menschlichen Organismus ausschließlich über Lebensmittel tierischer Herkunft zugeführt (HAHN et al. 2005). Ein Großteil der zugeführten Cholesterolmenge stammt dabei unter anderem aus Wursterzeugnissen (BALTES 2000). Cholesterol galt lange Zeit als Verursacher hoher Blutcholesterolspiegel. Mittlerweile ist dagegen bekannt, dass der Einfluss des Nahrungscholesterols auf den Blutcholesterolspiegel nur geringfügige Auswirkungen besitzt (SCHMID 2007). Bei einer hohen Cholesterolaufnahme über die Nahrung wird bei normalgewichtigen und gesunden Personen die körpereigene Cholesterolsynthese über einen Rückkopplungsmechanismus gedrosselt und die Plasmacholesterolkonzentration nur geringfügig beeinflusst (SEUß-BAUM 2007). Dieser, als Cholesterol-Homöostase bezeichnete Regelorganismus des Körpers, ist jedoch bei etwa 15 bis 20 % der Bevölkerung in einem nicht ausreichenden Maß funktionstüchtig (ARNETH 2003), weshalb bei diesen Personen eine erhöhte Zufuhr des Nahrungscholesterols, vor allem als Risikofaktor von atherosklerotischen Erkrankungen, außerordentlich kritisch beurteilt werden muss. Gemäß HAHN et al. (2005) sowie den Empfehlungen der DGE zufolge, sollte die Aufnahme von Cholesterol auf 300 mg/Tag begrenzt werden. Tatsächlich nehmen Deutsche ca. 340 mg/Tag auf, wovon der Verzehr von Fleisch und Fleischerzeugnissen einen Anteil von etwa 30 % ausmacht (SEUß-BAUM 2007).

2.2.2.3 Fettkonsum und ernährungsbedingte Erkrankungen

Gemäß der Ergebnisse der Nationalen Verzehrsstudie II (NVS II), sind in der Bundesrepublik Deutschland 66 % der Männer und 51 % der Frauen übergewichtig, jeder fünfte Erwachsene ist adipös. Dabei gelten Personen, die einen Body-Mass-Index (BMI) von mehr als 25 kg/m² aufweisen, als übergewichtig. Übergewicht ist die Bezeichnung für ein im Vergleich zu der Körpergröße erhöhtes Körpergewicht, das durch einen gesteigerten Körperwassergehalt, durch eine stark ausgeprägte Muskulatur oder durch einen erhöhten Körperfettanteil begründet sein kann. Indessen werden Personen mit einem BMI von über 30 kg/m² als adipös eingestuft. Adipositas ist die Bezeichnung für die Zunahme des Körpergewichtes, wenn diese ausschließlich durch eine Erhöhung des Körperfettanteiles entstanden ist. Als Krankheit gilt Übergewicht erst dann, wenn es als Adipositas angesehen wird (WHO 2000).

Die weite Verbreitung und der rasche Anstieg an übergewichtigen und adipösen Menschen in der Bundesrepublik Deutschland werden in der Literatur durch mannigfaltige Ursachen begründet. In den meisten Fällen liegen dem Übergewicht und der Adipositas, verglichen mit dem eigentlichen Energiebedarf, eine zu hohe Nahrungsenergiezufuhr zugrunde (HAHN et al. 2005). Verantwortlich hierfür sind vor allem eine Überernährung, der häufige Verzehr von hochkalorischen Lebensmitteln und eine zu geringe körperliche Aktivität der betroffenen Personen (MENSINK et al. 2002; HAHN et al. 2005; LLM SCHWÄBISCH GMÜND 2007; STEHLE 2007; DGE 2008). Aber auch ein übermäßiger Alkoholkonsum und genetische Dispositionen kommen als mögliche Ursachen in Frage (HAHN et al. 2008).

Übergewicht wird von vielen Personen als ein ausschließlich kosmetisches Problem betrachtet. Allerdings stellt Übergewicht in vielen Fällen den Auslöser diverser Folgeerkrankungen und gesundheitlicher Probleme dar. Gemäß HAHN et al. (2005) ist Übergewicht das zentrale Gesundheitsproblem in der Bundesrepublik Deutschland. Als typische Folgeerkrankungen werden Hypertonie, Diabetes mellitus Typ 2, Fettstoffwechselstörungen und Herz-Kreislauf-Erkrankungen genannt. Das gemeinsame Auftreten von Adipositas, Hypertonie, Fettstoffwechselstörungen und Diabetes mellitus Typ 2 wird auch als metabolisches Syndrom bezeichnet, das wiederum mit einem extrem hohen Atheroskleroserisiko einhergeht (HAHN et al. 2005). Aufgrund der möglichen Folgeerkrankungen und der gesundheitlichen Probleme stellt Übergewicht auch aus volkswirtschaftlichen Gesichtspunkten ein immenses Problem dar, indem es das deutsche Gesundheitswesen mit hohen Krankheitskosten stark belastet (HAHN et al. 2005; DGE 2008).

2.2.3 Protein

Proteine (Eiweiße) sind aus α -Aminocarbonsäuren (Aminosäuren) aufgebaute Makromoleküle, die Struktur- und Funktionsträger aller Lebensvorgänge sind (HAHN et al. 2005). So stehen sie dem Körper als Energieträger (17 kJ bzw. 4 kcal) und Bausubstanz zur Verfügung, fungieren als Trägermaterial im Rahmen diverser Stofftransporte, sind in Form von Enzymen als Katalysatoren im Zellstoffwechsel tätig, beteiligen sich als Hormone an der Regulation des Zellstoffwechsels und können im menschlichen Organismus als Antikörper für die Immunabwehr auftreten (KAMMERLEHNER 1993; BALTES 2000; HAHN et al. 2005).

Proteine von Schlachttieren ähneln in ihrer Zusammensetzung stark dem menschlichen Eiweiß, wodurch den tierischen Proteinen eine deutlich höhere biologische Wertigkeit zugesprochen wird, als den pflanzlichen Proteinen (ARNETH 2003). Generell ist die biologische Wertigkeit von Muskelfleischeiweiß als besonders hoch anzusehen (Schweinefleisch = 86; Rindfleisch = 83), was aus ernährungsphysiologischer Sicht, trotz der mehr als ausreichenden

Proteinversorgung in der Bundesrepublik Deutschland, positiv zu beurteilen ist (ROGOWSKI 1981; KOFRANYI und WIRTHS 1987; SEUß-BAUM 2007).

Fleischproteine werden grob in Muskelproteine (myofibrilläre und sarkoplasmatische Proteine) und Bindegewebsproteine (Kollagen und Elastin) eingeteilt. Dabei weist das Kollagen, das im Muskelfleisch in Mengen von durchschnittlich 0,5 – 3 % vorliegt, eine relativ ungünstige biologische Wertigkeit auf (SEUß-BAUM 2007).

2.2.4 Kohlenhydrate

Kohlenhydrate sind im Fleisch nur in sehr geringen Mengen enthalten (ca. 0,2 %). Je nach technologisch notwendigen Zusätzen, wie beispielsweise Zucker, kann der Kohlenhydratanteil in Fleischerzeugnissen bis zu 3 % betragen (SEUß-BAUM 2007).

2.2.5 Vitamine

Vitamine stellen essentielle Verbindungen dar, die für das Wachstum, die Aufrechterhaltung der Körperfunktionen und die Gesundheit notwendig sind und katalytische sowie steuernde Funktionen im Stoffwechsel übernehmen (SCHWEDT 1999; HAHN et al. 2005). Die Zufuhr muss regelmäßig über Lebensmittel erfolgen, da sie vom Organismus nicht oder nicht in ausreichender Menge synthetisiert werden können (HAHN et al. 2005).

Fleisch und Fleischerzeugnisse gelten als vitaminreiche Lebensmittel (ROGOWSKI 1981). Brühwurstzeugnisse können ansehnliche Mengen an Vitamin C aufweisen, da während der Produktion häufig Ascorbinsäure als Kutterhilfsmittel zugesetzt wird (SEUß-BAUM 2007). Auch die Vitamine der B-Gruppe (B₁, B₂, B₆, B₁₂) kommen in größeren Mengen vor (ARNETH 2003). Brühwurstzeugnisse nach Art einer Mortadella weisen gemäß SEUß-BAUM (2007) 100 µg Vitamin B₁, 150 µg Vitamin B₂, 120 µg Vitamin B₆, 1,5 µg Vitamin B₁₂ und 24 mg Vitamin C auf.

2.2.6 Mineralstoffe

Mineralstoffe sind essentielle, anorganische Nährstoffe, die der Körper nicht eigenständig synthetisieren kann und deren Aufnahme demzufolge über Nahrungsmittel erfolgen muss (SCHWEDT 1999). Fleisch und Fleischerzeugnisse gelten als reich an Mineralstoffen und sind sowohl in Bezug auf die Mengenelemente als auch auf die Spurenelemente den meisten Gemüsearten überlegen und den Getreideerzeugnissen (z. B. Brot) ebenbürtig (ROGOWSKI 1981). Von ernährungsphysiologischer Bedeutung sind vor allem Eisen, Zink und Selen (ARNETH 2003; HAHN et al. 2005; SEUß-BAUM 2007).

2.3 Fettreduzierte Brühwurstzeugnisse

Eine zu hohe Energieaufnahme, die vor allem mit dem Konsum fetthaltiger Lebensmittel einhergeht, hat bis dato zu einem Anstieg des Anteiles an übergewichtigen und adipösen Personen in der Bundesrepublik Deutschland geführt. Dieser Entwicklung kann durch eine verminderte Aufnahme von Nahrungsfett entgegengewirkt werden. In diesem Zusammenhang sind Fleisch und Fleischerzeugnisse häufig Gegenstand lebensmitteltechnologischer und ernährungsphysiologischer Diskussionen. Obgleich diese Produkte grundsätzlich als nährwertreich gelten, sollte deren teilweise hoher Gehalt an Fett reduziert werden.

Die Lebensmittelvermarktung ist ein hart umkämpfter Bereich und infolgedessen äußerst empfindlich in Bezug auf Kundenwahrnehmungen und -ansprüche. Der Fleischsektor wurde durch die negative Öffentlichkeitsarbeit betreffs der Korrelation zwischen fetthaltigen Fleischerzeugnissen und dem Auftreten diverser ernährungsbedingter Erkrankungen sehr hart getroffen (COLMENERO 1996). So mutierte Fett im Laufe der Zeit zu einem Schmähwort und fettreiche Produkte wurden zunehmend gemieden (GIESE 1992). Zwar hat mittlerweile in den Diäten ein Paradigmenwechsel stattgefunden, wobei Fett durchaus wieder toleriert wird und indessen Kohlenhydrate gemieden bzw. reduziert werden sollen, dennoch führte dieser Umstand zu einer gesteigerten Nachfrage an fettreduzierten und gesundheitsverbessernden, funktionellen Lebensmitteln (COLMENERO 2000; ORDONEZ et al. 2001; RUUSUNEN et al. 2003).

Bei der Herstellung von fettreduzierten Fleischerzeugnissen sind vor allem die Produkte von großem Interesse, die gewöhnlich einen hohen Fettgehalt aufweisen. Dabei handelt es sich überwiegend um Erzeugnisse, deren Rezeptur auf einer Fleischmischung unter Zugabe von Fett basiert, wie dies beispielsweise bei Brühwürsten der Fall ist (CHIZZOLINI et al. 1999). In der Literatur wird für Brühwurstzeugnisse nach Art einer Mortadella ein durchschnittlicher Fettgehalt von 20 bis 30 % angegeben (MARQUEZ et al. 1989; KEETON 1994; NOWAK et al. 2007).

Gemäß der Europäischen Verordnung VO (EG) Nr. 1924/2006 gilt ein Lebensmittel als energiereduziert, wenn der physiologische Brennwert um mindestens 30 % verringert ist. Als fettarm wird ein festes Lebensmittel bezeichnet, wenn dieses weniger als 3 g Fett/100 g Gesamtgewicht aufweist. Der Verzehr von fettreduzierten und fettarmen Lebensmitteln führt zu einer geringeren Fettaufnahme und folglich zu einem verringerten Energiekonsum, wodurch sich der Konsum dieser Lebensmittel zu einer langfristigen Gewichtskontrolle eignen kann (SEPPELT et al. 1996). Diese Produkte können einen Beitrag zur Vorbeugung ernährungsbedingter Erkrankungen leisten (YOO et al. 2005) und jeder Betrieb, der fettreduzierte Lebensmittel

produziert und vertreibt, kann dementsprechend einen Anteil zur Gesundheit der Bevölkerung leisten (WIRTH 1991).

Neben dem ernährungsphysiologischen Aspekt müssen fettreduzierte Lebensmittel akzeptable Qualitätsparameter aufweisen. Aus diesem Grund geht die maximal mögliche Reduktion des Fettgehaltes von Brühwurstwaren mit den damit verbundenen Auswirkungen auf die qualitative Beschaffenheit des Produktes einher. Für fettreduzierte Erzeugnisse gelten die gleichen Ansprüche an die Qualitätsparameter wie für die äquivalenten Produkte mit einem hohen Fettgehalt (WIRTH 1991; BYERS et al. 1993; COLMENERO 2000). Die Auswirkungen auf die Qualitätsparameter werden zum Einen durch das Ausmaß des Fettaustausches bedingt und zum Anderen durch die in diesem Zusammenhang stattfindende Veränderung der Produktzusammensetzung (COLMENERO 2000). Bei einer Reduktion des Fettgehaltes in Brühwurstzeugnissen sind vor allem Auswirkungen auf die sensorische Produktqualität zu verzeichnen (DREWNOWSKI 1987; COLMENERO 1996; PANERAS et al. 1996; ADAM et al. 1999). Nach MITTAL und BARBUT (1994) lässt sich die Bewertung der sensorischen Gesamtakzeptanz von fettreduzierten Brühwurstzeugnissen vor allem mit der Bewertung einzelner Texturparameter in Verbindung bringen. Aus diesem Grund wird im Rahmen der sensorischen Beurteilung von fettreduzierten Brühwurstzeugnissen vor allem der Textur dieser Produkte eine große Aufmerksamkeit zugesprochen. Daneben spielt auch der Geschmack eine wichtige Rolle. Dabei gestaltet sich die Reduktion des Fettgehaltes als umso schwieriger, desto größer und komplexer der Einfluss des Fettes auf die sensorischen Produkteigenschaften ist (COLMENERO 2000).

Um die Auswirkungen der Fettreduktion auf die Qualitätsparameter von Brühwurstzeugnissen bestimmen zu können ist eine angemessene Methodik notwendig. Diese bietet die Möglichkeit, sich ein klares Bild über die Eigenschaften sowie über die Akzeptanz des Produktes zu schaffen und zudem die Eignung der Herstellungstechnologie beurteilen zu können (BERIAIN et al. 2000; COLMENERO 2000).

Darüber hinaus muss die Preisgestaltung von fettreduzierten Lebensmitteln vertretbar sein (CHAMBERS et al. 1996; COLMENERO 2000). Der Preis orientiert sich zunächst am Standard. Je nach erlaubter Auslobung (z. B. energiereduziert, fettarm) muss der vom Verbraucher für diesen Mehrwert akzeptierte Preiszuschlag ermittelt werden. Vor allem die Verarbeitung großer Mengen an Magerfleisch und der Einsatz diverser Ingredienzien zum Fettaustausch können die Produktionskosten von fettreduzierten Fleischerzeugnissen in die Höhe treiben (WIRTH 1991; KEETON 1994; COLMENERO 2000).

2.3.1 Fettreduzierte Brühwurstherzeugnisse als funktionelle Lebensmittel

Mit einem steigenden Gesundheitsbewusstsein bzw. mit dem Wissen um die krankmachende Wirkung einer falschen Ernährungsweise entstand eine regelrechte Wellness- und Präventionswelle, auf die die Pharma- und Lebensmittelindustrie entsprechend reagierten (Functional Food, Novel Food, „Light“-Produkte, Nahrungsergänzungsmittel, Arzneimittel).

Die essentielle Funktion eines Lebensmittels ist die Sättigung des Hungers und die Versorgung des Körpers mit allen lebensnotwendigen Nährstoffen (BELLISLE et al. 1998). Funktionelle Lebensmittel sollen darüber hinaus einen positiven und nachweisbaren Einfluss auf die Gesundheit und das Wohlbefinden des Menschen ausüben und zudem das Risiko für bestimmte ernährungsbedingte Erkrankungen mindern (FERNÁNDEZ-GINÉS et al. 2005; MAIER et al. 2008). Dies kann durch die Reduzierung des Anteiles unerwünschter Inhaltsstoffe (z. B. Fett) und/oder durch die Zugabe von gesundheitsfördernden Ingredienzien (z. B. sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe oder Ballaststoffe) geschehen.

Das Konzept der funktionellen Lebensmittel hat seine Wurzeln in Japan, wo in den 1980er Jahren ein Regelwerk erstellt worden ist, das die Einführung von speziellen Lebensmitteln erlaubte. Seit den 1990er Jahren ist dieser Trend auch in Deutschland zu vernehmen (MAIER et al. 2008), weshalb im Laufe dieser Entwicklung, im Jahr 1996, von der Europäischen Union eine gemeinsame Aktion über die Wissenschaft funktioneller Lebensmittel mit der Bezeichnung Functional Food Science in Europe (FUFOSE) eingerichtet worden ist. Die Koordination dafür übernahm das International Life Sciences Institute (ILSI) Europe. Hieraus resultierte eine Arbeitsdefinition, die besagt, dass ein Lebensmittel dann als funktionell gilt, wenn nachgewiesen wurde, dass es neben seiner produktspezifischen Ernährungswirkung weitere Zielfunktionen im menschlichen Organismus positiv beeinflusst, die sowohl in einer Verbesserung der Gesundheit und des Wohlbefindens, als auch in der Reduktion von Krankheitsrisiken liegen können. Bei allem muss das Lebensmittel ein solches bleiben und seine Wirkung in verzehrblichen Mengen entfalten. Ein funktionelles Lebensmittel muss Bestandteil einer herkömmlichen Ernährungsweise sein und darf nicht in Form von Pillen oder Kapseln vorliegen (DIPLOCK et al. 1999). Basierend auf den von der FUFOSE aufgestellten Prinzipien wurde im Jahr 2005 das Projekt Process for the Assessment of Scientific Support for Claims on Foods (PASSCLAIM) initiiert (AGGETT et al. 2005), dessen Ergebnisse unter anderem in die Health-Claims-Verordnung eingeflossen sind.

Der europäische Markt für funktionelle Lebensmittel ist verglichen mit den Wirtschaftsräumen in Japan (11,7 Mrd. US \$ in 2003) und in den USA (10,5 Mrd. US \$ in 2003) weniger stark entwickelt. Dieser Umstand wird vorwiegend darauf zurückgeführt, dass die Gesetzge-

bung für gesundheitsbezogene Angaben, innerhalb und zwischen den europäischen Ländern nur eingeschränkt bzw. uneinheitlich ist (BECH-LARSEN und SCHOLDERER 2007). Das Marktvolumen für funktionelle Lebensmittel in der Bundesrepublik Deutschland betrug nach BECH-LARSEN und SCHOLDERER (2007) im Jahr 2003 2,4 Mrd. US \$.

Das Konzept der funktionellen Lebensmittel erstreckt sich vor allem auf die Bereiche der alkoholfreien Getränke, der Süßwaren, der Milchprodukte und der Säuglingsnahrung (MENRAD 2003). Der Sektor der Fleisch- und Wurstwaren gilt hingegen als unterentwickelt. So fielen in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2001 nur 3,8 % des Umsatzes der funktionellen Lebensmittel auf Fleisch- und Wurstwaren inkl. Eier (MÜNCH 2006). Nach MÜNCH (2006) bestehen aufgrund des positiven Entwicklungstrends von funktionellen Lebensmitteln auf dem deutschen Markt gute Etablierungschancen für Fleischerzeugnisse, die diesem Konzept entsprechen.

Das negative Image von Fleisch und Fleischerzeugnissen beruht hauptsächlich auf deren oftmals hohem Gehalt an Fett, gesättigten Fettsäuren sowie Cholesterin (HIGGS 2000). Diese Komponenten werden in Verbindung mit diversen ernährungsbedingten Krankheiten gebracht (FERNÁNDEZ-GINÉS et al. 2005). Den veränderten Lebens- und Essgewohnheiten entsprechend, sollte bei der Produktion funktioneller Fleischerzeugnisse neben der Verringerung der Energiedichte eine Aufwertung der Fettfraktion erfolgen (JIMÉNEZ-COLMENERO et al. 2001), die u. a. aus der Zugabe von Ballaststoffen, ω -3-Fettsäuren, sekundären Pflanzeninhaltsstoffen oder prä- sowie probiotischer Komponenten erfolgen kann (MÜNCH et al. 2007). Die Herstellung solcher funktionellen Produkte eröffnet den Herstellern im Bereich der Fleisch und Fleischerzeugnisse die Möglichkeit, den Nährwert der Produkte zu optimieren sowie den Gesundheitsaspekt des Lebensmittels zu verbessern (FERNÁNDEZ-GINÉS et al. 2005). In der Folge kann durch funktionelle Fleischerzeugnisse das Image von Fleischwaren aufgebessert werden und dadurch eine neue Käuferschichten dazu gewonnen werden (MÜNCH 2006). Als Zielgruppe kommen alle Altersklassen beider Geschlechter in Frage, wobei insbesondere die Konsumenten angesprochen werden, die viel Fleisch- und Wurstwaren verzehren. Aufgrund der neuen Produkteigenschaften kämen als Klientel zudem (übergeordnete) Kinder sowie Senioren in Frage (TROEGER et al. 2005).

Zur Abgrenzung von funktionellen Lebensmitteln sollen im Folgenden kurz die Begrifflichkeiten „Novel Food“ und „Nahrungsergänzungsmittel“ erläutert werden. Novel Food-Erzeugnisse sind neuartige Lebensmittel und neuartige Lebensmittelzutaten. Die Verordnung über neuartige Lebensmittel und neuartige Lebensmittelzutaten (VO (EG) Nr. 258/97; Novel-Food-Verordnung) findet entsprechend Art. 1 Abs. 2 c) auf das Inverkehrbringen von Le-

bensmitteln und Lebensmittelzutaten in der Gemeinschaft Anwendung, die vor 1997 noch nicht in nennenswertem Umfang für den menschlichen Verzehr verwendet wurden und die eine neue oder gezielt modifizierte primäre Molekularstruktur aufweisen. Die Nahrungsergänzungsmittel sind rechtlich im EU-Recht durch die Richtlinie 2002/46/EG geregelt. In der hierauf basierenden Nahrungsergänzungsmittelverordnung ist ein Nahrungsergänzungsmittel „ein Lebensmittel, das

1. dazu bestimmt ist, die allgemeine Ernährung zu ergänzen,
2. ein Konzentrat von Nährstoffen oder sonstigen Stoffen mit ernährungsspezifischer oder physiologischer Wirkung allein oder in Zusammensetzung darstellt und
3. in dosierter Form, insbesondere in Form von Kapseln, Pastillen, Tabletten, Pillen und anderen ähnlichen Darreichungsformen, Pulverbeuteln, Flüssigampullen, Flaschen mit Tropfeinsätzen und ähnlichen Darreichungsformen von Flüssigkeiten und Pulvern zur Aufnahme in abgemessenen kleinen Mengen, in den Verkehr gebracht wird.“

2.3.2 Fettaustauschstoffe und Fettersatzstoffe

Durch den Verzehr hochkalorischer Lebensmittel kann der Anteil an übergewichtigen und adipösen Menschen in der Bevölkerung der westlichen Industrienationen anwachsen (RKI 2003). Aus diesem Grund empfehlen Gesundheitsorganisationen eine gesunde Ernährung, die unter anderem die Reduzierung der Aufnahme des Gesamtfettgehaltes beinhaltet. Allerdings werden dem Fett, neben seinen ernährungsphysiologischen Funktionen, vor allem wesentliche sensorische und küchen- bzw. lebensmitteltechnologische Eigenschaften zugesprochen (**siehe Tab. 1**) (ZUNFT und RAGOTZKY 1997; ZUNFT 1999; ADAM et al. 2000).

Tabelle 1: Die wesentlichen Eigenschaften des Nahrungsfettes im Überblick (modifiziert nach ZUNFT und RAGOTZKY 1997; ZUNFT 1999).

<u>Ernährungsphysiologisch</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Energielieferant • Bereitstellung essentieller, mehrfach ungesättigter Fettsäuren • Träger fettlöslicher Vitamine
<u>Sensorisch</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung von Aussehen, Mundgefühl und Textur • Träger von Aromastoffen
<u>Küchentechnisch, lebensmitteltechnologisch</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Wärmeübertragung bei Brat- und Frittierprozessen • Vermittlung von Hitze- und Lagerstabilität • Beitrag zu qualitätsbestimmenden Produkteigenschaften wie Aussehen (z. B. Träger von Farbstoffen) und Textur

Mit fettreduzierten Lebensmitteln lässt sich die Energieaufnahme verringern, ohne dass auf diese Weise eine wesentliche und qualitative Änderung der individuellen Verzehrsgewohnheiten erfolgen muss (ZUNFT und RAGOTZKY 1997; ZUNFT 1999). Voraussetzung dafür ist, dass durch die Fettreduktion zwar eine Reduktion des Energiegehaltes erfolgt, die positiven Eigenschaften des Fettes allerdings erhalten bleiben bzw. anderweitig ersetzt werden (MI-

RAGLIO 1995). Da eine einfache Reduktion des Fettgehaltes eines Lebensmittels vor allem mit Einbußen in der sensorischen Qualität einhergeht, bietet sich der Einsatz von Fat-Replacern an, deren wichtigste Anforderung in der Äquivalenz der sensorischen Eigenschaften mit dem Nahrungsfett gesehen wird (DREWNOWSKI 1987; MENDEN 1991; ZUNFT und RAGOTZKY 1997; ZUNFT 1999). Neben den sensorischen Eigenschaften weisen Fat-Replacer diverse funktionelle und physikalische Eigenschaften auf, die den Eigenschaften des Nahrungsfettes möglichst nahe kommen sollen (AKOH 1998). **Tabelle 2** stellt die Eigenschaften eines idealen Fat-Replacers dar.

Tabelle 2: Eigenschaften eines idealen Fat Replacers (modifiziert nach MENDEN 1991).

<u>Ernährungsphysiologisch</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Deutlich geringerer physiologischer Energiegehalt als Fett; nach Möglichkeit keinen Energiegehalt - Keine Störung der Resorption fettlöslicher Vitamine - Cholesterolarm
<u>Toxikologisch-pathogen</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Nicht toxisch - Den Forderungen der GRAS-Liste entsprechen - Nicht pathogen - Keine Störungen von Stoffwechselfunktionen
<u>Sensorisch</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Als Fett wahrnehmbar, ohne unnatürlich „fettig“ zu wirken - Keine geschmacklichen Verfälschungen
<u>Technologisch</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Mit möglichst vielen Fetteigenschaften versehen, insbesondere hinsichtlich der Textur - Mischbar mit anderen Lebensmitteln - Keine Bildung unerwünschter Stoffe bei der Verarbeitung, Lagerung und Zubereitung - Möglichst unkompliziert in den Herstellungsprozess integrierbar
<u>Ökologisch</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Biologisch abbaubar - Keine zusätzlichen Belastungen für die Umwelt

Lebensmittel, die mit Fat-Replacern hergestellt werden, stellen Alternativen zu Lebensmitteln mit einem hohen Fettgehalt dar (AKOH 1998). Durch die Auswahl dieser alternativen Lebensmittel ist der gesundheitsbewusste Verbraucher in der Lage, die grundlegende Lebensmittelauswahl beizubehalten und in dessen Folge eine fettreduzierte Diät einfacher einzuhalten (CCC 1996, zitiert nach AKOH 1998).

Fat-Replacer basieren überwiegend auf Lipiden, Proteinen oder Kohlenhydraten, wobei deren Einsatz alleine oder auch als Gemisch der einzelnen Basisstoffe erfolgen kann (ADAM et al. 2000; JOHNSON 2000).

Prinzipiell erfolgt eine Unterteilung der Fat-Replacer in zwei Gruppen, und zwar in die Fettaustauschstoffe (engl. „Fat Mimetics“), die nur partiell fettähnliche Eigenschaften aufweisen und in die Fettersatzstoffe (engl. „Fat Substitutes“), die imstande sein sollen, das Nahrungsfett in all seinen Eigenschaften zu ersetzen (AKOH 1998; HOFFMANN und BUCHHEIM 1999; JOHNSON 2000).

2.3.2.1 Fettaustauschstoffe

Die überwiegende Anzahl an Fettaustauschstoffen basiert auf der Grundlage von Proteinen oder Kohlenhydraten. Sie weisen im Vergleich zu den herkömmlichen Nahrungsfetten eine geringere Energiedichte auf, die üblicherweise zwischen 0 und 4 kcal/g beträgt (AKOH 1998; WEBER et al. 2002). Fettaustauschstoffe simulieren in erster Linie die sensorischen Eigenschaften des fehlenden Fettanteiles in einem fettreduzierten Lebensmittel (ZUNFT und RAGOTZKY 1997; ZUNFT 1999; WEBER et al. 2002). Dabei sollen die Fettaustauschstoffe in Verbindung mit den übrigen Lebensmittelbestandteilen insbesondere das Mundgefühl (Cremigkeit) und die Textur des energiehaltigeren Vorbildes nachahmen (HOFFMANN und BUCHHEIM 1999). Daneben werden als weitere positive Eigenschaften von Fettaustauschstoffen deren toxikologische Unbedenklichkeit, die Eignung zur Reduktion des Körpergewichts und das Wissen um deren physiologischen Effekte angesehen. Als Nachteile können deren metabolisierbare Energie sowie deren veränderten technologischen Eigenschaften wie die oftmalige Nichteignung zum Braten, Frittieren und Backen genannt werden (ZUNFT und RAGOTZKY 1997; ZUNFT 1999). Die Ausprägung der Vor- und Nachteile sind für jeden Fettaustauschstoff spezifisch (ZANARDI et al. 2000). Aus diesem Grund kann der Einsatz einzelner oder mehrerer Fettaustauschstoffe in fettreduzierten Lebensmitteln erfolgen (JOHNSON 2000).

2.3.2.1.1 Fettaustauschstoffe auf der Basis von Proteinen

Proteine weisen die Hälfte der physiologischen Energie (~ 4 kcal/g) von Fetten auf und eignen sich demzufolge zu einer Minimierung des physiologischen Brennwertes eines Lebensmittels, vorausgesetzt der Einsatz der Proteine erfolgt im Austausch mit dem Fettanteil. Bis zu der Änderung der Fleisch-Verordnung am 15.12.1995 war der Zusatz fleischfremder Proteine zu Fleischerzeugnissen verboten. Seit dieser Änderung können den Fleischerzeugnissen neben Fleischproteinen auch Proteine anderer Herkunft zugesetzt werden (MÜLLER 1998). Die verschiedenen Fettaustauschstoffe auf der Basis von Proteinen können aus verschiedenen Quellen hervorgehen, wie beispielsweise aus Ei, Milch, Molke, Soja, Gelatine und Weizen gluten (AKOH 1998; WEBER et al. 2002), wobei vornehmlich Molken-, Milch- und Ei-proteine Verwendung finden (LUCCA und TEPPER 1994).

Der Ersatz des Fettes durch Austauschstoffe auf Proteinbasis kann in einem Lebensmittel vollständig oder partiell erfolgen (AKOH 1998; JOHNSON 2000). Dabei gehen die Fettaustauschstoffe im Lebensmittel hochgradig systemspezifische Reaktionen ein, für die nicht nur die Herkunft und die Art der Proteine entscheidend ist, sondern auch das Lebensmittel an sich (Rezeptur, Herstellungsart o. ä.) (LUCCA und TEPPER 1994).

Der Zusatz von Fettaustauschstoffen auf Proteinbasis wertet Fleischerzeugnisse ernährungsphysiologisch auf. Der wohl bekannteste Fettaustauschstoff auf Proteinbasis ist Simplese[®] 100 (ZUNFT und RAGOTZKY 1997; ZUNFT 1999). Daneben existieren eine Reihe weiterer Fettsimulatoren auf der Basis von Proteinen, wie beispielsweise Trailblazer[®], Lita[®], Nutrifat[®] oder Dairy-Lo[™]. Des Weiteren eignen sich zum Fettaustausch in Lebensmittel auch Pflanzenproteine aus der Lupine.

Trotz erheblicher Anstrengungen seitens der Hersteller konnten die Fettaustauschstoffe auf Proteinbasis bislang nicht den erwarteten Durchbruch erzielen, weshalb sie zum größten Teil wieder vom Markt verschwunden sind. Bereits Anfang der 1990er Jahre wurde deutlich, dass der Einsatz von mikropartikulierten Proteinen in Lebensmitteln nicht zu den gewünschten Ergebnissen führt (HOFFMANN und BUCHHEIM 1999; WEBER et al. 2002). HOFFMANN und BUCHHEIM (1999) begründen diesen Umstand dahingehend, dass die Fettaustauschstoffe auf Proteinbasis nur einen partiellen Fettersatz darstellen. Zudem weisen sie teilweise einen hohen Preis auf, der verglichen mit ihren ernährungsphysiologischen und vor allem sensorischen Eigenschaften den Konsumenten offensichtlich nicht überzeugen konnte (HOFFMANN und BUCHHEIM 1999).

2.3.2.1.1.1 Simplese[®] 100

Simplese[®] (CP Kelco Co., San Diego, USA) ist der erste im Handel befindliche Fettaustauschstoff, der auf der Basis von Proteinen den Geschmack und die Textur von Fetten imitieren kann und gilt dementsprechend als Prototyp seiner Art (MENDEN 1991; HOFFMANN und BUCHHEIM 1999). Es handelt sich um ein Molkenproteinkonzentrat, das 1988 auf dem amerikanischen Markt erschienen ist und 1990 von der FDA (Food and Drug Administration) den GRAS-Status (Generally Recognized As Safe) erhielt (MENDEN 1991; ZUNFT und RAGOTZKY 1997; AKOH 1998; CLARK 1998; ZUNFT 1999).

Das Basisprodukt der Simplese[®] Reihe stellt das Simplese[®] 100 dar. Simplese[®] 100 ist zwar kein akalorischer Fettaustauschstoff, weist aber mit 3,8 kcal/g einen physiologischen Energiegehalt auf, der gegenüber dem von Fett um über die Hälfte geringer ist (LUCCA und TEPPER 1994). Zudem ermöglicht der Einsatz als hydratisiertes Gel eine deutliche Energie-reduktion (AKOH 1998). In seiner grundlegenden Form stellt Simplese[®] 100 ein sprühgetrocknetes, schüttfähiges Pulver dar, für dessen Anwendung im Lebensmittel kein spezieller Prozess von Nöten ist, sondern meist ein Hydratisieren unter leichtem Rühren ausreicht (CLARK 1998; CP KELCO 2010). Neben der Variante in Pulverform (auch als „Dry Simplese[®] 100“ bezeichnet), kann das Produkt als opake, hoch-viskose, cremefarbige Flüssigkeit hergestellt werden, die ein sahniges Aussehen und einen leichten Kochgeschmack aufweist

(KAMMERLEHNER 1993). Die Ausführungen im Rahmen dieser Arbeit beziehen sich auf ein mikropartikulierte Pulver.

Die weiteren Produkte der Simplese® Reihe werden weitaus weniger intensiv vertrieben als das Simplese® 100 und sind zu einem Großteil nur in Nordamerika erhältlich. Ein Beispiel hierfür ist die Simplese® 700 Serie, die eingesetzt werden kann, um die Zubereitung von fettreduzierten und fettfreien Backwaren zu erleichtern (CLARK 1998). Die Produkte der Simplese® 700 Serie weisen gegenüber dem Simplese® 100 eine veränderte Zusammensetzung auf, was sich in einem geringeren Gehalt an Feuchtigkeit, Proteinen, Rohasche und Kohlenhydraten sowie einem höheren Fettanteil ausdrückt. Dabei stellen die einzelnen Produkte überwiegend Molkenproteinkonzentrate dar, die produktspezifisch Monoglyceride, Laktate, Propylenglycole, Mono- und Diglyceride, Laktosesäureester von Monoglyceriden sowie Lecithin enthalten können (CLARK 1998). Nach den Erkenntnissen des Autors dieser Arbeit war von der Simplese® Reihe im Jahr 2008 in der Bundesrepublik Deutschland ausschließlich das Simplese® 100 (in Pulverform) kommerziell verfügbar (RABE, persönliche Mitteilung, 27.08.2008).

Durch den Einsatz von Simplese® 100 in Lebensmitteln kann eine Aufwertung diverser Eigenschaften und Qualitätsparameter erfolgen: Verbesserung der Textur, Schaffung eines cremigen und weichen Mundgefühls, Stabilisierung von Emulsionen, Verbesserung der Bindung und Verteilung von Wasser, Erschaffung eines ausgeglichenen Flavours, Reduktion des Kalorien- und Fettgehaltes, Aufweichen von Gelen und von Teig, Emulgieren ohne eine Zunahme der Viskosität, Verbesserung der Aufschäumeigenschaften von Sahne, Unterbinden des Eiskristallwachstums, Erhöhung der Temperaturstabilität, Verbesserung der Streichfähigkeit von Butterzubereitungen und sonstiger Brotaufstriche sowie Förderung der Dispersion trockener Lebensmittelbestandteile (KAMMERLEHNER 1993; CLARK 1998; CP KELCO 2000).

In Dispersionen sind die kugelförmigen Proteinmikropartikel sehr fein verteilt (CP KELCO 2000). Dispersionen aus Simplese® sind über einen großen Temperaturbereich bis zum Siedepunkt hitzestabil und behalten ihre Funktionalität. Aufgrund der geringen Partikelgröße und in Verbindung mit Wasser wird, wie bereits erwähnt, ein cremig, glattes Mundgefühl erlangt und sensorisch der Geschmack von Fett vermittelt (RAGOTZKY 1997). Die Geschmacksnoten werden durch die mikropartikulierten Proteine in ähnlicher Weise wie durch Fett bedeckt. Durch diesen Film gelangen Aromastoffe nur langsam und kontinuierlich zu den Rezeptoren, zudem werden bestimmte bittere und adstringierende Verbindungen maskiert, die

gerade bei fettreduzierten Produkten verstärkt hervortreten können (LUCCA und TEPPER 1994).

Herstellungsverfahren von Simplese[®] 100

Die Herstellung von Simplese[®] 100 erfolgt durch die Erhitzung und Mikropartikulation von Molkenproteinkonzentraten (MENDEN 1991; KAMMERLEHNER 1993; CP KELCO 2006; CP KELCO 2010). Simplese[®] 100 weist in seiner Zusammensetzung und in seinem ernährungsphysiologischen Wert keine Abweichungen zu dem als Ausgangsmaterial fungierenden Molkenproteinkonzentrat auf (CP KELCO 2006), da im Laufe des Herstellungsprozess weder weitere Ingredienzien zugefügt werden, noch neuartigen Proteinverbindungen entstehen, sondern vielmehr eine Änderung der physikalischen Strukturen der Molkenproteine erfolgt (KAMMERLEHNER 1993). Aus diesem Grund ist auch kein Verlust des natürlichen Status zu verzeichnen (CP KELCO 2006).

Molke gilt als der wichtigste Reststoff, der bei der Milchverarbeitung zu Käse, Quark oder Kasein entsteht (LIESKE und KONRAD 1993). Zur Herstellung von Simplese[®] 100 wird speziell die Süßmolke, zumeist aus konzentrierter Goudamolke, herangezogen (KAMMERLEHNER 1993; ADAM et al. 1999; CP KELCO 2006). Die Süßmolke wird als Überstand des durch Auslabung und milder Säuerung gewonnenen Käsebruches erhalten und ist verglichen mit der Sauermolke quantitativ der bedeutsamere Rohstoff. Das auf diese Weise gewonnene Milchserum enthält die nicht durch die Gallerte gebundenen, also wasserlöslichen, Milchbestandteile (BARTH und BEHNKE 1997).

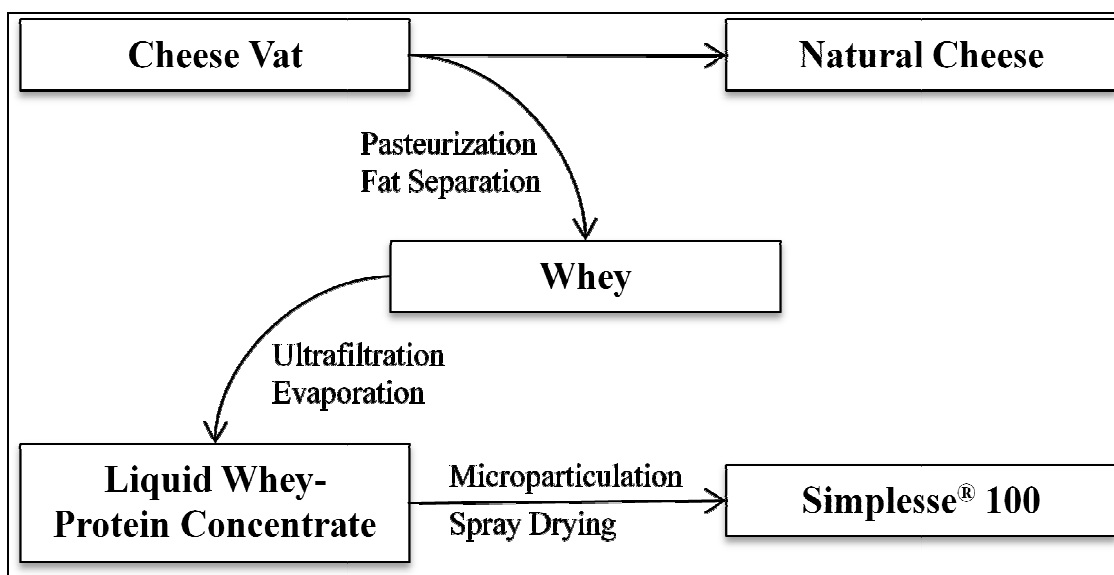


Abbildung 1: Schema zum Herstellungsverfahren von Simplese[®] 100 (modifiziert nach CP KELCO 2006).

Das süße Molkenprotein wird aus dem Käsebottich entnommen, pasteurisiert und einer Fettseparation unterzogen. Anschließend erfolgt eine Ultrafiltration und eine Evaporation der Molke, bis ein flüssiges Protein-Konzentrat entsteht. Dieses wird im Anschluss bei erhöhten Temperaturen mikropartikuliert und einer Sprühtrocknung ausgesetzt, woraus letztendlich das fertige Produkt Simplese[®] 100 hervorgeht (**siehe Abb. 1**). Während der Mikropartikulation erfolgt der Einsatz hoher Scherkräfte, ohne die sich während des Abkühlungsprozesses eine Gelstruktur ausbilden würde (KAMMERLEHNER 1993; HOFFMANN und BUCHHEIM 1999; CP KELCO 2006). Im Anschluss an die Herstellung weist das Produkt bei kühlen und trockenen Lagerbedingungen eine Haltbarkeitsdauer von mindestens 18 Monaten auf (CP KELCO 2006).

Die Mikropartikulation, ein patentiertes Verfahren, übernimmt eine Schlüsselfunktion für die multifunktionalen Eigenschaften von Simplese[®] 100. Dabei werden die Molkenproteine in globuläre Mikroproteinpartikel umgeformt, die in Bezug auf ihre Größe und Form in etwa mit Fettkügelchen übereinstimmen und sehr ähnlich wie diese im Lebensmittel agieren (KAMMERLEHNER 1993; LIESKE und KONRAD 1993; CP KELCO 2006). Die Mikropartikel weisen durchschnittlich einen Durchmesser von 1 Mikrometer auf (CP KELCO 2010), was bedeutet, dass die einzelnen Simplese[®] 100-Mikropartikel derartig klein sind, dass $5 \cdot 10^9$ dieser Teilchen in einem Teelöffel Platz finden, und das, obwohl jeder einzelne Mikropartikel aus mehreren Millionen lose aggregierten Eiweißmolekülen zusammengesetzt ist (KAMMERLEHNER 1993). Die geringe Größe der Proteinmikropartikel ist deshalb so entscheidend, weil die unterschiedlichen Durchmesser von Proteinteilchen mit einem abweichenden Empfinden während des Verzehrs einhergehen. So werden Proteinmikropartikel mit einem Durchmesser von größer als 8 μm als sandig, im Bereich von 3 bis 8 μm als pudrig, von 0,1 bis 3 μm als cremig und von kleiner als 0,1 μm als wässrig empfunden (LUCCA und TEPER 1994; ZUNFT und RAGOTZKY 1997; ZUNFT 1999; BELITZ et al. 2001). **Abbildung 2** gibt die Größenverteilung der Simplese[®] 100 Partikel im Anschluss an die Mikropartikulation wieder.

Die Größe der mikropartikulierten Molkenproteine von Simplese[®] 100 ist ausreichend, um eine effektive dispergierte Phase auszubilden, jedoch nicht groß genug, um als individuelle Partikel im Mund wahrgenommen zu werden (MENDEN 1991; ADAM et al. 1999; ADAM et al. 2000). Zudem binden sie aufgrund ihrer gleichmäßigen Verteilung das Wasser innerhalb der Lebensmittelmatrix (MILLER 1994; CP KELCO 2000; CP KELCO 2006). Diese Umstände und die Tatsache, dass sich die Mikropartikel aufgrund ihrer Größe und globulären Form leicht gegeneinander verschieben lassen (Kugellagereffekt), bedingen, dass mit Hilfe

ihres Einsatzes Produkte hervorgehen, die ein cremiges Mundgefühl mit einer fettähnlichen Textur vermitteln (MENDEN 1991; KAMMERLEHNER 1993; LIESKE und KONRAD 1993; LUCCA und TEPPER 1994; MILLER 1994; HOFFMANN und BUCHHEIM 1999; WEBER et al. 2002).

Des Weiteren wird durch den Prozess der Mikropartikulation die Ausbildung großer Proteinagglomerate verhindert (CP KELCO 2010).

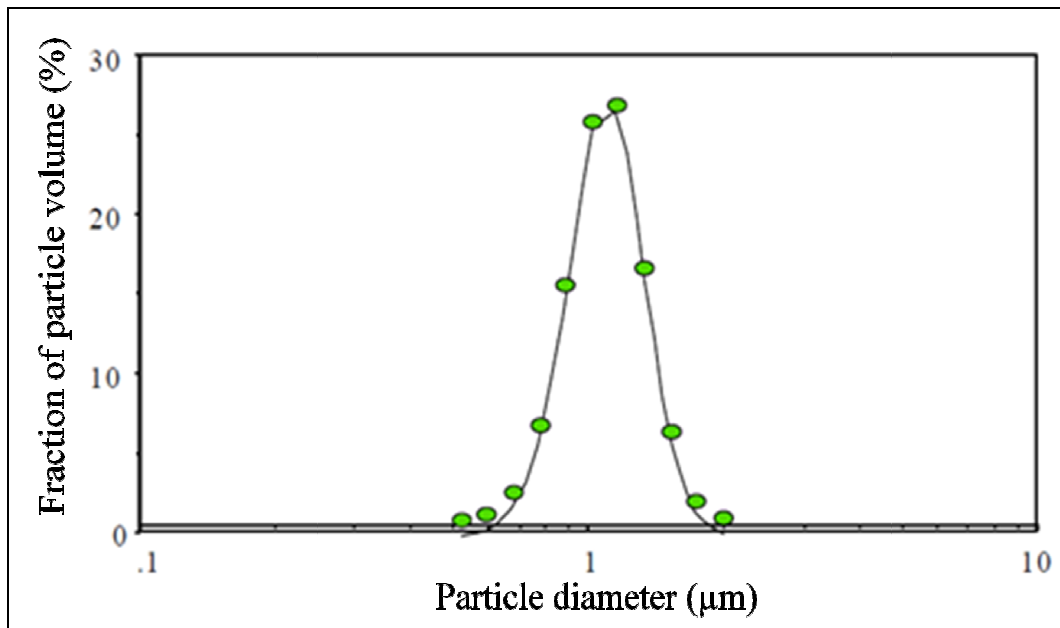


Abbildung 2: Größenverteilung der Simplese® 100 Partikel nach der Mikropartikulation (modifiziert nach CP KELCO 2006).

Molkenproteine

Molkenproteine (~ 20 %) zählen neben den Kaseinproteinen (~ 80 %) zu den beiden großen Proteinfractionen der Milchproteine (LUCCA und TEPPER 1994). Die Molkenproteine liegen in der Regel kompakt strukturiert und in einer überwiegend molekular-dispersen Form vor. Sie weisen in roher Kuhmilch einen Durchmesser von ca. 0,005 µm auf, können jedoch durch thermomechanische Behandlung zur Aggregation veranlasst werden und damit die gewünschte Struktur annehmen (HOFFMANN und BUCHHEIM 1999).

Molkenproteine sind amphiphil. In Lösung befinden sich die hydrophilen Gruppen an der Oberfläche, wohingegen die hydrophoben Gruppen so ausgerichtet sind, dass sie innerhalb der gewendelten Moleküle verdeckt liegen. Diese Ausrichtung verleiht den Molekülen nicht nur einen Anstieg der Wasserlöslichkeit, sondern auch eine exzellente Oberflächenaktivität und Eigenschaften, die die Stabilität von Emulsionen fördern (LUCCA und TEPPER 1994).

Während der Ausbildung von Emulsionen sind die Molkenproteine in der Grenzfläche zwischen Öl und Wasser weit zerstreut und richten sich neu aus, indem eine Ausbreitung der hydrophoben Segmente in die Ölphase und der hydrophilen Segmente in die wässrige Phase er-

folgt. Hierdurch wird die Grenzflächenspannung herabgesetzt und die Emulsion stabilisiert (N.N. 1989, zitiert nach LUCCA und TEPPER 1994). Demzufolge eignet sich der Einsatz von Simplese[®] 100 zur Stabilisierung von Emulsionen (CP KELCO 2000).

Aufgrund seiner Eigenschaften bezeichnen ROMEIH et al. (2002) Simplese[®] 100 als einen Hydrokolloid-Fettaustauschstoff. Proteine fungieren als Hydrokolloide, wenn diese in Wasser als Kolloide (Teilchen oder Tröpfchen, die im Dispersionsmedium fein verteilt sind) in Lösung gehen und eine hohe Fähigkeit zur Gelbildung aufzeigen (PHILLIPS und WILLIAMS 2000). Gele stellen disperse Systeme aus mindestens zwei Komponenten dar, in denen die disperse Phase im Dispersionsmittel ein kohäsives Netzwerk ausbildet (BELITZ et al. 2001).

Ernährungsphysiologische Aspekte von Simplese[®] 100

Nach Herstellerangaben setzt sich Simplese[®] 100 aus Eiweiß (53 %), Laktose (36 %), Fett (< 4,5 %) und Wasser (< 4 %) zusammen (CP KELCO 2006).

Simplese[®] 100 enthält überwiegend Molkeneiweiß, das fast ausschließlich eine Kombination aus Albuminen und Globulinen darstellt. Einen geringen Anteil machen die Minorproteine aus (KAMMERLEHNER 1993; BALTES 2000). Innerhalb der beiden erstgenannten Fraktionen stellen das β -Laktoglobulin (mittlerer Gehalt der Molkenprotein-Fraktion: 56 %) und das α -Laktalbumin (21 %) die beiden bedeutsamsten Proteine dar, daneben weisen sie Serumalbumin (7 %), Immunglobulin G (14 %) und Laktoferin (2 %) auf (CHEFTEL et al. 1992; KAMMERLEHNER 1993; BARTH und BEHNKE 1997). β -Laktoglobulin und α -Laktalbumin sind fast gänzlich aus Aminosäuren aufgebaut, wenige minore Fraktionen können Kohlenhydrate enthalten (KAMMERLEHNER 1993). Minorproteine sind verschiedene Proteine aus der Fraktion der Molkenproteine und der Fettkügelchenmembran, die vor allem Immunglobuline IgA und IgM sowie zahlreiche Enzyme enthalten. Ein bekanntes Minorprotein ist das antimikrobiell wirkende Lysozym (KAMMERLEHNER 1993).

Laktose ist das dominierende Kohlenhydrat in Milch, Molke und Simplese[®] 100 (BARTH und BEHNKE 1997; CP KELCO 2006). Die Verdaulichkeit von Laktose ist häufig begrenzt. Bei einer Vielzahl von Menschen in Deutschland (15 – 20 %) liegt sogar eine Laktoseintoleranz vor, unter der man das Unvermögen versteht, eine bestimmte Menge an Laktose ohne gastrointestinale Beschwerden zu tolerieren. Die Laktoseintoleranz ist auf eine abnehmende Synthese des Enzyms Laktase zurückzuführen, das Laktose in Glukose und Galaktose aufspaltet (HAHN et al. 2005; TERJUNG und LAMMERT 2007). Demzufolge gilt es bei der Verwendung von Simplese[®] 100 zu bedenken, dass aufgrund dessen relativ hohen Gehaltes an Laktose das Produkt für Menschen, die eine Laktoseintoleranz aufweisen, nicht geeignet ist (CLARK 1998).

Die Süßmolke enthält aufgrund ihres Gewinnungsmechanismus die wasserlöslichen Milchbestandteile. Aus diesem Grund sind in ihr vor allem die Mineralstoffe Calcium, Phosphor, Kalium und Natrium sowie die Milchvitamine (B₂, B₁₂, B₁, B₆, Pantothensäure und Biotin) zu finden, während die fettlöslichen Milchbestandteile in die fetthaltigen Fraktionen, vor allem in den Käse, wandern (BARTH und BEHNKE 1997).

Der Einsatz von Simplese[®] 100 in Lebensmitteln bietet diverse ernährungsphysiologische Vorteile. Die Molkenproteine zählen aufgrund ihrer Aminosäure-Zusammensetzung zu den hochwertigsten Proteinen für die Ernährung und sind wegen ihres erheblichen Gehaltes an essentiellen α -Aminosäuren (z. B. Lysin und Methionin) hervorragend dazu geeignet, andere Proteine, vor allem pflanzlicher Herkunft, durch entsprechende Mischung aufzuwerten (MORRIS 1992; KAMMERLEHNER 1993; BARKER und CAUVAIN 1994; BARTH und BEHNKE 1997). Die biologische Wertigkeit von Molkenproteinen wird mit ~ 104 angegeben und ist aus diesem Grund als sehr hoch einzustufen. Im Vergleich dazu weist Kasein eine biologische Wertigkeit von 77 auf (KAMMERLEHNER 1993). Zudem hat sich erwiesen, dass mikropartikulierte Proteine bekömmlicher sind als andersartige Proteine (CP KELCO 2010).

Generell wird das gesundheitliche Risiko bei dem Konsum von Simplese[®] 100 als gering eingestuft, da an den Eiweißstoffen keine chemischen Veränderungen vorgenommen wurden (ADAM et al. 1999). Ein Risiko besteht indes für Personen mit einer Hühnereiweiß- oder Milchallergie (ADAM et al. 1999; SIMONNE und GOLLUB 2007). Aus diesem Grund muss eine entsprechende Kennzeichnung der Produkte erfolgen (**siehe Kap. 2.7.1**). Da Simplese[®] 100 von der FDA (Food and Drug Administration) den GRAS-Status (Generally Recognized As Safe) erhielt, gilt dieses Produkt allgemein als sicher. Zudem wurde die Verträglichkeit von Simplese[®] für den Menschen in den Studien von HARRIS et al. (1992) und WIDHALM et al. (1994) bestätigt, bei denen das mikropartikulierte Protein in Eiscreme oder gefrorenen Süßspeisen einem Versuchspanel (Erwachsene und Kinder) gereicht wurde.

Einsatz von Simplese[®] 100 in Lebensmitteln

Der Einsatz von Simplese[®] 100 kann in einer Vielzahl von Lebensmitteln erfolgen (KAMMERLEHNER 1993). Simplese[®] 100 wird vor allem in fettreduzierten Lebensmitteln eingesetzt, in denen die Eigenschaften von Fetten und Ölen ersetzt werden sollen (CLARK 1998). Nach KAMMERLEHNER (1993) ist der Einsatz von Simplese[®] 100 aber auch in Nahrungsmitteln denkbar bei denen der Fettgehalt unverändert bleibt, um bei diesen Produkten eine Anhebung des Qualitätsniveaus zu erzielen.

In der Literatur wird darauf hingewiesen, dass mikropartikulierte Proteine bei höheren Temperaturen instabil sind und koagulieren, weshalb sie nur in bestimmten Lebensmitteln einge-

setzt werden können (MENDEN 1991; AKOH 1998; ZUNFT und RAGOTZKY 1997; ADAM et al. 1999; ZUNFT 1999). Der mikropartikulierte Fettaustauschstoff Simplese® 100 weist hingegen auch bei hohen Temperaturen eine beträchtliche Stabilität auf, da während des Herstellungsprozesses die löslichen Proteinmoleküle unter gründlichen und kontrollierten Bedingungen bereits denaturiert und aggregiert worden sind (HOFFMANN und BUCHHEIM 1999; CP KELCO 2000). Aus diesem Grund stellen diese Mikropartikel eine sehr stabile Form von Molkenproteinen dar, die nicht mehr in der Lage sind, während des Erhitzens starke Gele oder Aggregate auszubilden. In dessen Folge bewahren sie ihre Eigenschaften, wenn sie hohen Temperaturen während des Kochens oder aseptischer Verfahren ausgesetzt werden (CLARK 1998; CP KELCO 2000; CP KELCO 2006).

Simplese® 100 bleibt bei nahezu allen pH-Werten, die in einem Lebensmittel auftreten, stabil und bewahrt seine Eigenschaften (CLARK 1998; HOFFMANN und BUCHHEIM 1999; CP KELCO 2000; CP KELCO 2010). Gleiches gilt für die Verarbeitung in Lebensmitteln, bei deren Herstellung hohe Schereinflüsse eingesetzt werden (CP KELCO 2010).

Simplese® 100 ist trotz denaturierender thermischer Behandlung gut löslich und verdaulich (LIESKE und KONRAD 1993, 1994). Allerdings sollte das Pulver, wenn es fettbasierten Systemen zugegeben wird, zunächst in der wässrigen Phase hydratisiert werden, bevor es mit dem Fett- oder Ölanteil in Kontakt kommt. Dazu ist es bedeutsam, dass in dem Lebensmittel eine ausreichende Menge Wasser vorliegt und der Feststoffanteil vorzugsweise weniger als 40 % beträgt (CP KELCO 2006).

Bedingt durch seine Herstellungstechnologie, Zusammensetzung und Eigenschaften empfiehlt sich der Einsatz von Simplese® 100 vor allem in Milcherzeugnissen, Eiscremes, tiefgekühlten Desserts, Käseprodukten, Backwaren, Puddings, Salatdressings, Zuckerguss, Sahne, Kaffeesahne, Joghurt, Dips, Margarinen und Brotaufstrichen, Suppen und Saucen, Milchgetränken sowie in Getränken, die der Nahrungsergänzung dienen (MENDEN 1991; KAMMERLEHNER 1993; CLARK 1998; HOFFMANN und BUCHHEIM 1999; CP KELCO 2000).

In zahlreichen Publikationen wurden die Einsatzmöglichkeiten und Auswirkungen von Simplese® 100 in Lebensmitteln untersucht, wie beispielsweise in diversen Eiscremesorten (SCHMIDT et al. 1993; OHMES et al. 1998; WELTY et al. 2001; CHUNG et al. 2004; YILSAY et al. 2006 LIOU und GRÜN 2007; AYKAN et al. 2008; KARACA et al. 2009), in Käseerzeugnissen (MCMAHON et al. 1996; ROMEIH et al. 2002; THEOPHILOU und WILBEY 2007; SAHAN et al. 2008), in Backwaren (ZOULIAS et al. 2002; GALLAGHER et al. 2003; O'BRIEN et al. 2003), in Mayonnaise (CHEUNG et al. 2002), in fettarmer Milch (PHILLIPS und BARBANO 1997), in Joghurt (YAZICI und AKGUNG 2004) und in Roh-

wurst (YILDIZ-TURP und SERDAOĞLU 2008). Die Autoren kamen zumeist zu dem Ergebnis, dass der Einsatz von Simplese® 100 hauptsächlich Auswirkungen auf die Ausbildung der Textur von Lebensmitteln besitzt (SCHMIDT et al. 1993; MCMAHON et al. 1996; SANCHEZ und PAQUIN 1997; OHMES et al. 1998; GALLAGHER et al. 2003; YILSAY et al. 2006; SAHAN et al. 2008; KARACA et al. 2009), die Entfaltung des Flavours der Produkte jedoch kaum beeinflusst wird (SANCHEZ und PAQUIN 1997; OHMES et al. 1998; YILSAY et al. 2006). Dieses Fazit aus den Untersuchungen deckt sich mit den Aussagen von AKOH (1998). Demzufolge weisen Fettaustauschstoffe generell ein geringeres Flavour als Fett auf, was durch den Umstand bedingt wird, dass die Fettaustauschstoffe die wasserlöslichen und nicht die lipidlöslichen Flavourkomponenten tragen (AKOH 1998).

Mehrheitlich ist der Einsatz von Simplese® 100 in Lebensmitteln in einer Dosis zwischen 1 und 3 % (z. B. Hart- und Weichkäse) üblich, selten werden Mengen von bis zu 15 % (z. B. tiefgekühlter Käsekuchen) verarbeitet (KAMMERLEHNER 1993). CP KELCO (2006) gibt eine Einsatzmenge im Lebensmittel (Eiscreme; Käse; Soßen und Suppen; Backwaren; aseptisch abgepackte Lebensmittel; Getränke zur Nahrungsergänzung; Dressings; Margarinen und Aufstricherzeugnisse; Fleischwaren) von 0,5 bis 5 % Simplese® 100 an.

Simplese® 100 eignet sich auch zur Einarbeitung in Fleischwaren, bei denen vor allem die Textureigenschaften positiv beeinflusst werden sollen (CP KELCO 2000). Untersuchungsergebnisse zum Einsatz von Simplese® 100 in Brühwurstzeugnissen lagen zum Versuchsbeginn nicht vor (RABE, persönliche Mitteilung, 27.08.2008). Auch im Jahr 2010 sind diesbezüglich keine neuen Erkenntnisse bekannt. In den Untersuchungen von YILDIZ-TURP und SERDAOĞLU (2008) wurde Simplese® 100 in Rohwurst (Sucuk) eingearbeitet, allerdings beschränkten sich die Untersuchungen auf die Funktionsweise als Emulgator des gleichzeitig eingesetzten Haselnussöles. HUGHES et al. (1998) kamen in ihren Untersuchungen zu dem Ergebnis, dass der Einsatz von Molkenproteinen in fettreduzierten Brühwurstzeugnissen die Stabilität der Emulsion erhöht, die Kochverluste minimiert und die textuellen Eigenschaften positiv beeinflusst. Die Auswirkungen auf das Flavour waren zu vernachlässigen.

2.3.2.1.1.2 Weitere Fettaustauschstoffe auf der Basis von Protein

Wie bereits erwähnt, existieren neben Simplese® 100 eine Reihe weiterer Fettaustauschstoffe auf der Basis von Proteinen, wie beispielsweise Dairy-Lo™, Trailblazer®, Nutrifat® oder Lita®. Zudem eignen sich zum Fettaustausch in Lebensmittel auch Pflanzenproteine aus der Lupine. Mit Ausnahme des Einsatzes von Lupinen bei der Herstellung von Brüh- und Kochwurstzeugnissen (s. u.) sind dem Autor dieser Arbeit keine Untersuchungen bekannt, bei

denen Fettaustauschstoffe auf der Basis von Proteinen zur Energiereduktion von Brühwurst-erzeugnissen eingesetzt wurden.

Dairy-Lo™ ist ein Fettaustauschstoff, der aus Molkenproteinen (35 %), Laktose (52 %) und Fett (max. 5 %) zusammengesetzt ist (YAZICI und AKGUNG 2004). Trotz der dem Simplese® 100 ähnelnden Zusammensetzung weist Dairy Lo™, bedingt durch einen abweichenden Herstellungsprozess, eine divergente Mikrostruktur zum Simplese® 100 auf. Die Molkenproteine liegen zwar ebenfalls in aggregierter Form vor, die Aggregate sind allerdings von unregelmäßiger Form, locker strukturiert und weisen einen Durchmesser von bis zu 1 µm auf (HOFFMANN et al. 1997, zitiert nach HOFFMANN und BUCHHEIM 1999; HOFFMANN und BUCHHEIM 1999).

Einen weiteren Fettaustauschstoff auf Proteinbasis stellt das durch Behandlung des Maisproteins Zein hergestellte Produkt Lita® dar, dessen globulären Proteinmikropartikel hydrophob sind und mehrheitlich einen Durchmesser von 0,3 und 3 µm aufweisen (HOFFMANN und BUCHHEIM 1999). Nach HOFFMANN und BUCHHEIM (1999) ist das enthaltene Protein (87 %) sehr dicht gepackt, sodass die Kugeln nur etwa 7 % Wasser enthalten und somit kaum deformierbar sind, begründet durch ihre Form aber dennoch den sogenannten Kugellager-effekt einstellen, der das Mundgefühl von emulgiertem Fett erzeugt. Damit eine Aggregation der Zeinkugeln verhindert wird, werden diese mit Polysacchariden, wie beispielsweise Gummi arabicum oder Carboxymethylcellulose, die während der Kugelbildung in der wässrigen Phase verweilen, bedeckt (CHEFTEL und DUMAY 1993; MILLER 1994). Lita® stellt ein Beispiel für einen Fettaustauschstoff dar, der auf der Interaktion zwischen Proteinen mit Polysacchariden beruht (SANCHEZ und PAQUIN 1997).

Trailblazer® ist ein Fettaustauschstoff auf Proteinbasis, der auf einer Mischung aus mikropartikuliertem Ei- und Molkenprotein sowie Xanthangummi basiert, wohingegen Nutrifat® neben seiner Proteinbasis zusätzlich auf Kohlenhydraten stützt (ZUNFT 1999).

Des Weiteren ist der Fettaustausch durch den Einsatz von Pflanzenproteinen aus Lupinen möglich. Diese eignen sich aufgrund ihres funktionellen Profils als Fettaustauschstoffe, mit denen Produkten von besonderes cremiger Textur hergestellt werden können, wie die Untersuchungen von MÜLLER (1998, 2006) an Brüh- und Kochwurst-erzeugnissen aufzeigten.

2.3.2.1.2 Fettaustauschstoffe auf der Basis von Kohlenhydraten

Fettaustauschstoffe auf der Basis von Kohlenhydraten werden seit vielen Jahren zum partiellen oder vollständigen Austausch des Fettanteiles von diversen Nahrungsmitteln eingesetzt (LUCCA und TEPPER 1994; AKOH 1998).

Dabei basieren die Fettaustauschstoffe entweder auf verdaulichen oder unverdaulichen Kohlenhydraten. Verdauliche Kohlenhydrate weisen einen physiologischen Energiegehalt von 4 kcal/g auf, während die unverdaulichen komplexen Kohlenhydrate, die Ballaststoffe, einen deutlich geringeren physiologischen Energiegehalt besitzen und deshalb bevorzugt als Fettaustauschstoffe eingesetzt werden (ZUNFT und RAGOTZKY 1997; AKOH 1998; ZUNFT 1999; BELITZ et al. 2001; HAHN et al. 2005). Die Ballaststoffe lassen sich weiterhin unterteilen in solche, die im Dickdarm mikrobiell abgebaut werden (z. B. Inulin, Hemicellulose, Polydextrose, resistente Stärke; < 2 kcal/g) und in solche, die sich der mikrobiellen Degradation entziehen (z. B. mikrokristalline Cellulose; 0 kcal/g) (ZUNFT und RAGOTZKY 1997; ZUNFT 1999).

Fettaustauschstoffe auf der Basis von Kohlenhydraten, speziell die Ballaststoffe, besitzen die Fähigkeit zur Bindung von Wasser und sind vor allem dadurch in der Lage, die Viskosität, die Textur und das Mundgefühl von fettreduzierten Lebensmitteln aufzuwerten (GLICKSMAN 1991; YACKEL und COX 1992; ADAM et al. 1999; HOFFMANN und BUCHHEIM 1999; WEBER et al. 2002). Dabei variiert die Fähigkeit zur Wasserbindung der Ballaststoffe stark, wobei die zugrundeliegenden Kohlenhydratstrukturen dazu führen, dass sie zum Teil beträchtliche Mengen an Wasser binden können. So besitzt vor allem die Gruppe der Quellstoffe, die einen unbedeutend geringeren physiologischen Brennwert aufweist, eine extreme Fähigkeit zur Wasserbindung (z. B. Gelbildner wie Alginat, Carrageen, Xanthan oder Dickungsmittel wie Gummi arabicum, Johannisbrotkernmehl, Guarkernmehl) (ZUNFT und RAGOTZKY 1997; ZUNFT 1999).

Neben den bereits erwähnten Gelbildnern und Dickungsmitteln können beispielsweise Stärke, modifizierte Stärke, Dextrin, Maltodextrin, Cellulose, Gelan, β -Glucan, Erbsenballaststoff, Hemicellulose, Inulin, Konjak-Gelee oder Pektin als Fettaustauschstoffe auf der Basis von Kohlenhydraten fungieren (LUCCA und TEPPER 1994; MATHEIS 1995; ZUNFT und RAGOTZKY 1997; AKOH 1998; ZUNFT 1999; ADAM et al. 2000; WEBER et al. 2002). Dabei kommen als Einsatzbereiche unter anderem Backwaren aller Art, extrudierte Produkte und Teigwaren, Salatcremes, Dips, Süßwarenprodukte, Eiscremes, Desserts, Wurstwaren und Fleischerzeugnisse sowie Suppen und Saucen in Frage (ZUNFT und RAGOTZKY 1997; ADAM et al. 1999; ZUNFT 1999; ADAM et al. 2000).

Für den Einsatz von Fettaustauschstoffen auf Kohlenhydratbasis sprechen sowohl ihre toxikologische Unbedenklichkeit als auch der Umstand, dass deren physiologischen Effekte weitgehend bekannt sind (ZUNFT und RAGOTZKY 1997; ZUNFT 1999; WEBER et al. 2002).

Fettaustauschstoffe auf der Basis von Kohlenhydraten eignen sich, wie bereits oben erwähnt, aufgrund ihrer Eigenschaften zum Einsatz in Fleischerzeugnissen (AKOH 1998; ADAM et al. 2000). Dabei finden überwiegend Pflanzengummis, Inulin, Oatrim[®] (hydrolysiertes Hafermehl) und Stärken Einsatz (TOKUSGLU und ÜNAL 2003). Fleisch und Fleischerzeugnisse enthalten generell keine Ballaststoffe, weshalb dieser Mangel durch den Einsatz von Fettaustauschstoffen auf der Basis von Ballaststoffen ausgeglichen werden kann (SEUß-BAUM 2007). Eine erhöhte Zufuhr, vor allem bei der Aufnahme übermäßiger Mengen an Ballaststoffen, kann indes zu einer Diarrhoe führen (ADAM et al. 2000).

NOWAK et al. (2007) setzten den Ballaststoff Inulin als Fettaustauschstoff in Brühwurstzeugnissen nach Art einer norddeutschen Mortadella ein. Dabei konnte die Forschergruppe sensorisch akzeptable Produkte herstellen, in denen Inulin in Mengen von bis zu 6 % verarbeitet wurde und die eine Energiereduktion von etwa 22 % gegenüber herkömmlichen Erzeugnissen dieser Art aufwiesen. Ähnliche Versuchsergebnisse im Rahmen des Fettaustausches mit dem Ballaststoff Inulin konnten an diversen fettreduzierten Wurstzeugnissen MENDOZA et al. (2001), SELGAS et al. (2005), CÁCERES et al. (2004) und GARCÍA et al. (2006) erzielen. Allerdings wurde in den Untersuchungen dieser Autoren die Energiereduktion, neben der Verarbeitung von Inulin, durch den Fettaustausch mit erhöhten Wasser- und/oder Magerfleischanteilen erzielt.

2.3.2.2 Fettersatzstoffe

Fettersatzstoffe können praktisch in allen Lebensmitteln eingesetzt werden (HOFFMANN und BUCHHEIM 1999). Sie eignen sich vor allem zum Backen, Braten und Frittieren, bieten ein fettähnliches Mundgefühl, sind energetisch größtenteils ineffizient und können zu einer Reduktion des Körpergewichts führen (ZUNFT und RAGOTZKY 1997; ZUNFT 1999). Infolgedessen sind sie dem Fett in ihren technologischen, physikalischen, sensorischen und thermischen Eigenschaften sehr ähnlich und können den Fettgehalt in einem Lebensmittel partiell oder gänzlich ersetzen (LUCCA und TEPPER 1994; RAGOTZKY 1997; ZUNFT und RAGOTZKY 1997; HOFFMANN und BUCHHEIM 1999; ZUNFT 1999; BALTES 2000; WEBER et al. 2002).

Gegen den Einsatz der meisten synthetischen Fettersatzstoffe sprechen diverse Nachteile, wie Verdauungsprobleme infolge des Verzehrs, eine herabgesetzte Bioverfügbarkeit fettlöslicher Vitamine und ein Ausbleiben von Beweisen für eine langfristige gesundheitliche Unbedenklichkeit (MENDEN 1991; HOFFMANN und BUCHHEIM 1999; ADAM et al. 2000; WEBER et al. 2002). Auch aus ökologischer Sicht stellen die Fettersatzstoffe ein Problem dar, da

ihr biologischer Abbau in den meisten Fällen nicht gegeben ist oder nur über einen längeren Zeitraum stattfindet (ZUNFT und RAGOTZKY 1997; ZUNFT 1999).

Die wohl gebräuchlichste Klassifizierung der Fettersatzstoffe geschieht nach deren Verhalten im Gastrointestinaltrakt. Dabei erfolgt die Differenzierung in für den Körper metabolisch nicht verwertbare synthetische Fettersatzstoffe (z. B. Olestra[®]) und in Triglyceride mit einem verminderten physiologischen Brennwert (z. B. MCT – Fette) (ZUNFT und RAGOTZKY 1997; ZUNFT 1999; WEBER et al. 2002).

Die für den Körper metabolisch nicht verwertbaren synthetischen Fettersatzstoffe stellen in den meisten Fällen „Nicht-Triglyceride“ dar (ZUNFT und RAGOTZKY 1997; ZUNFT 1999). Ihre energetische Ineffizienz beruht darauf, dass sie im Gastrointestinaltrakt weder in wesentlichem Maße resorbiert noch enzymatisch hydrolysiert werden können, da sie resistent gegen gastrointestinale Enzymsysteme wie Lipasen oder Carboanhydrasen sind (ZUNFT und RAGOTZKY 1997; RAGOTZKY 1997; ADAM et al. 1999; ZUNFT 1999; WEBER et al. 2002). Demzufolge passieren sie den Verdauungstrakt größtenteils unverändert und können als akalorisch bezeichnet werden (WEBER et al. 2002).

Den vermutlich bekanntesten synthetischen Fettersatzstoff stellt das Saccharosepolyester Olestra[®] dar. Olestra[®] darf in den USA im Rahmen der Produktion bestimmter Produkte (Kartoffelchips) verwendet werden, in Europa ist der Einsatz in Lebensmitteln allerdings untersagt (ZUNFT und RAGOTZKY 1997; ZUNFT 1999; WEBER et al. 2002). Der Grund hierfür liegt in den gesundheitlichen Bedenken begründet, die mit dem Einsatz von Olestra[®] einhergehen können. Werden mehr als 30 % des Nahrungsfettes durch Olestra[®] ersetzt, kann dies zu abdominellen Krämpfen, Blähungen, Durchfall und Stuhlinkontinenz führen (MENDEN 1991; ADAM et al. 1999; ADAM et al. 2000; WEBER et al. 2002).

2.3.3 Verarbeitung erhöhter Wassermengen

Eine Reduktion des Fettgehaltes von Brühwurstzeugnissen geht in den meisten Fällen mit einer Erhöhung des Wassergehaltes einher (STOCKWELL 2001). Die Verarbeitung einer möglichst großen Wassermenge erscheint sowohl aus ernährungsphysiologischer (Verminderung des physiologischen Energiegehaltes), als auch aus wirtschaftlicher Sichtweise (Kostenreduzierung) als sinnvoll. Indes kann eine veränderte Schüttwassermenge Auswirkungen auf die sensorische Qualität von Brühwurstzeugnissen ausüben. Die Schüttwassermenge korreliert dabei vorwiegend mit der Härte (Festigkeit) des Produktes (BRAUER 2004). Der Einsatz von Wasser kann, im Austausch gegen Fett, ein weichliches Mundgefühl bedingen und zu einem höheren Gehalt an nicht gebundenem, freiem Wasser führen (MITTAL und BARBUT 1994). Eine Erhöhung des a_w -Wertes führt auch zu einer Begünstigung des mikrobiellen

Wachstumes. Der optimale a_w -Wert der meisten Mikroorganismen liegt bei $a_w > 0,98$ (KRÄMER 2002). Besonders die *Enterobacteriaceae* und die Laktobazillen wachsen bei hohen a_w -Werten schneller (BABEL 2001). Dabei liegt der minimale a_w -Wert für das Wachstum der meisten *Enterobacteriaceae* und Laktobazillen bei etwa 0,94 – 0,95 (KRÄMER 2002).

2.3.4 Verarbeitung erhöhter Magerfleischmengen

Eine Komponente im Rahmen der Fettreduktion von Brühwurstzeugnissen kann die Erhöhung des Magerfleischanteiles darstellen. Generelle Aussagen über die Auswirkungen des Magerfleischanteiles auf die Produktqualität von Brühwurstzeugnissen zu treffen, gestaltet sich jedoch zumeist als schwierig. Tierisches Gewebe weicht in Bezug auf dessen Gehalt an Feuchtigkeit, Fett und Proteinen sowie in dessen Pigmentierung und Bindefähigkeit für Wasser und Fett stark voneinander ab (FORREST et al. 1975). Die Erhöhung des Magerfleischanteiles führt im Austausch gegen Fett zu einer Reduktion der Kalorien und zu einer Erhöhung des Anteiles an Fleischproteinen. Ein hoher Anteil an Fleischproteinen in Fleischerzeugnissen wird mit Produkten hoher Qualität in Verbindung gebracht. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass eine Erhöhung des Magerfleischanteiles mit einem Anstieg der Produktionskosten einhergeht (WIRTH 1991). Zudem muss mit einer negativen Beeinflussung der sensorischen Produkteigenschaften gerechnet werden, die sich vor allem Abweichungen in den textuellen (v. a. Zunahme der Härte, Bissfestigkeit, Kohäsivität, Kaubarkeit) und farblichen (dunklere Farbe und intensivere Rotfärbung) Produkteigenschaften ausdrücken können (REAGAN et al. 1983; CLAUS et al. 1989; MARQUEZ et al. 1989; KLETTNER und SAKATA et al. 2004). Der Einsatz einer erhöhten Magerfleischmenge wird in den meisten Fällen mit der Verarbeitung einer erhöhten Fremdwassermenge kombiniert.

2.3.5 Auswirkungen erhöhter Wasser- und/oder Magerfleischmengen auf die Qualitätsparameter von fettreduzierten Brühwurstzeugnissen

Auswirkungen eines erhöhten Wassergehaltes auf die Qualitätsparameter von fettreduzierten Brühwurstzeugnissen wurden an Fleischwürsten (REAGAN et al. 1983; AHMED et al. 1990), an Wiener Würstchen (SOFOS und ALLEN 1977), an Frankfurter Würstchen (LEE et al. 1987; MITTAL und BARBUT 1994) und an Mortadella (CLAUS et al. 1990; COLMENERO et al. 1997) untersucht.

Des Weiteren wurden die Auswirkungen eines erhöhten Magerfleischanteiles auf die Qualität von fettreduzierten Frankfurter Würstchen (MARQUEZ et al. 1989) und von fettreduzierter Mortadella (CARBALLO et al. 1995) analysiert.

Untersuchungen bezüglich der Veränderungen der Qualitätsparameter, die sowohl durch einen erhöhten Magerfleischanteil, als auch durch eine erhöhte Fremdwassermenge bedingt wurden, erfolgten an fettreduzierten Frankfurter Würstchen (ST. JOHN et al. 1986; PARK et al. 1990; PANERAS et al. 1996) und an fettreduzierter Mortadella (CLAUS et al. 1989).

2.3.5.1 Sensorische Gesamtqualität

In Folge einer Erhöhung der Fremdwasserzugabe und/oder einer Erhöhung des Magerfleischanteiles konnten fettreduzierte Brühwurstherzeugnisse (10 und 16 % Fettgehalt) hergestellt werden, deren sensorische Gesamtqualität bzw. -akzeptanz als positiv beurteilt (überwiegend deskriptive Untersuchungsmethoden) wurde (LEE et al. 1987; CLAUS et al. 1989; MARQUEZ et al. 1989; AHMED et al. 1990; PARK et al. 1990; MITTAL und BARBUT 1994).

2.3.5.1.1 Textureigenschaften

In zahlreichen Untersuchungen (größtenteils instrumentelle und sensorische TPA sowie instrumentelle Kompressionstests) wurden die Auswirkungen eines erhöhten Magerfleisch- und/oder Fremdwasseranteiles auf die textuellen Eigenschaften von fettreduzierten Brühwurstherzeugnissen untersucht. Dabei war vor allem das Vorliegen eines bestimmten Verhältnisses von Fetten, Proteinen und Wasser für die unterschiedlichen Ausprägungen der einzelnen Texturmerkmale der Produkte verantwortlich (CLAUS et al. 1989; MARQUEZ et al. 1989; AHMED et al. 1990; CAVESTANY et al. 1994; MITTAL und BARBUT 1994; CARBALLO et al. 1996; COLMENERO 1996).

Die Untersuchungen (instrumentelle und sensorische TPA) von CLAUS et al. (1989), in denen sowohl der Magerfleisch- als auch der Fremdwasseranteil von fettreduzierten Brühwurstherzeugnissen nach Art einer Mortadella erhöht wurde, ergaben, dass in Folge einer Zunahme des Proteingehaltes die Härte, Elastizität und Kohäsivität der Proben anstiegen. Ähnliche Ergebnisse erzielten MARQUEZ et al. (1989) in ihren Untersuchungen (subjektiver multipler Vergleichstest und instrumentelle TPA) an fettreduzierten Frankfurter Würstchen. Zudem ermittelten sie einen in Verbindung mit der Erhöhung des Proteinanteiles stehenden Anstieg der Kaubarkeit. In beiden Untersuchungen ging die Erhöhung des Magerfleischanteiles mit einem Anstieg des Proteingehaltes einher. Die Ergebnisse der genannten Untersuchungen lassen sich vor allem mit der Zunahme der hochgradigen Protein-Protein Interaktionen erklären, durch die die molekularen Bindungen innerhalb des Produktes verstärkt wurden.

In Brühwurstherzeugnissen, die mit einem erhöhten Wasseranteil im Austausch gegen Fett produziert wurden, konnte dagegen eine Abnahme der Härte festgestellt werden (CLAUS et al. 1989). Ähnliche Ergebnisse erzielten AHMED et al. (1990) in Untersuchungen an fettre-

duzierten Fleischwürsten mit einem erhöhten Fremdwassergehalt. Die Untersuchungsergebnisse von CLAUS et al. (1989) und AHMED et al. (1990) machen deutlich, dass durch eine verminderte Fettkonzentration und einen erhöhten Wassergehalt, bei einer gleichbleibenden Menge an Proteinen, die „effektive“ Konzentration an Proteinen, die an der Ausbildung der Gel/Emulsions-Struktur beteiligt sind, vermindert ist (CAVESTANY et al. 1994; CARBALLO et al. 1996). Hieraus resultiert eine weniger rigide Produktstruktur, da in diesen Brühwürsten eine größere Anzahl der verfügbaren hydrophilen Bindungen des Proteins mit dem Wasser verbunden ist, anstelle intermolekulare Quervernetzungen zwischen den Proteinen einzugehen, wie dies generell bei festeren Produkte der Fall ist (CLAUS et al. 1989). Nach CAVESTANY et al. (1994) führt eine Reduktion des Fettgehaltes bei einem gleichzeitigen Anstieg des Wassergehaltes zu einer Mikrostruktur, die eine geringere Dichte aufweist und eine größere Anzahl an Kapillaren umfasst, woraus geringere Scher- und Penetrationskräfte resultieren.

2.3.5.1.2 Farbeigenschaften

Die Farbe von Brühwurstherzeugnissen stellt ein wichtiges Qualitätskriterium bei der Produktauswahl seitens des Konsumentens dar (COLMENERO 1996). Dieser Umstand wird vor allem durch die Tatsache begründet, dass der Verkauf der Produkte überwiegend in einem transparenten Verpackungsmaterial erfolgt (MITTAL und BARBUT 1994). Aus diesem Grund sollte der Farbentwicklung bei der Produktion fettreduzierter Brühwurstherzeugnisse eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Die Reduktion des Fettgehaltes von Brühwurstherzeugnissen führt oftmals zu einer dunkleren Farbe (niedrigere L*-Werte) des Produktes. Dieser Zusammenhang und ein damit im Einklang stehender Anstieg der Intensität des Rot-Wertes (höhere a*-Werte) wurde in zahlreichen Untersuchungen an fettreduzierten Brühwurstherzeugnissen belegt (REAGAN et al. 1983; HAND et al. 1987; MARQUEZ et al. 1989; AHMED et al. 1990; MITTAL und BARBUT 1994; CARBALLO et al. 1995; COLMENERO 1996; PANERAS et al. 1996). Dabei wird die Farbgestaltung durch die Menge des Magerfleischanteiles und/oder durch das Verhältnis zwischen dem Fettgehalt, der Wassermenge und dem Magerfleischanteil beeinflusst (REAGAN et al. 1983; HAND et al. 1987; CLAUS et al. 1989; AHMED et al. 1990; HAMMER 1992). Mit einem erhöhten Magerfleischanteil geht eine erhöhte Konzentration an Pigmenten (Myoglobin) einher, wodurch die Produkte ihre dunklere Farbe und intensivere Rotfärbung erhalten (REAGAN et al. 1983; MARQUEZ et al. 1989; KLETTNER und SAKATA 2004). Steigt der Wasseranteil des Produktes im Vergleich zu der Magerfleischkonzentration stark an, so wird

folglich die Konzentration der Pigmente gemindert, was sich in einer weniger intensiven Rotfärbung ausdrückt (AHMED et al. 1990; CARBALLO et al. 1995).

Zudem besitzt auch das Verhältnis der eingesetzten Fleischsorten untereinander einen großen Einfluss auf die Ausbildung der Farbe. Untersuchungen von PANERAS et al. (1996) ergaben, dass der Anstieg des Schweinefleischanteiles in einem Gemisch von Schweine- und Rindfleisch zu einer schwächeren Farbintensität (höhere L^* -Werte und niedrigere a^* -Werte) der Proben führten. Die Ergebnisse lassen sich auf die Unterschiede in der Pigmentierung der Fleischsorten zurückführen, da Schweinefleisch (130 - 180 mg pro 100 g Fleisch) eine schwächere Pigmentierung als Rindfleisch (250 - 350 mg pro 100 g Fleisch) aufweist. Die Erhöhung des Rindfleischanteiles in einem derartigen Fleischgemisch führt demzufolge zu einem Anstieg der Farbintensität (HAAM 1975; BRAUER 2004; HONIKEL 2007). Neben der unterschiedlichen Pigmentierung beider Fleischsorten muss auch deren pH-Wert berücksichtigt werden. So führt der höhere pH-Wert des Schweinefleisches gegenüber dem des Rindfleisches zu einer weniger intensiven Umrötung (WIRTH 1984).

Der Gelb-Wert (b^* -Wert) von Brühwurstzeugnissen wird in erster Linie durch deren Wasser- und Fettgehalt beeinflusst. Die Erhöhung beider Komponenten führt zu einem Anstieg des Gelb-Wertes (AHMED et al. 1990).

Zudem kann eine erhöhte Wassermenge eine verstärkte Glanzbildung auf der Produktoberfläche des Fleischerzeugnisses bedingen, wodurch der Farbeindruck verändert werden kann.

2.3.5.2 Chemisch- und physikalische Eigenschaften

Veränderungen im Fett-, Protein- und Wassergehalt haben zumeist keine oder nur geringfügige Auswirkungen auf den pH-Wert von Fleischemulsionen (CLAUS und HUNT 1991; BLOUKAS und PANERAS 1993; GREGG et al. 1993; PANERAS et al. 1996; YOO et al. 2005).

Geht die Reduktion des Fettgehaltes mit einer Erhöhung des Wasseranteiles in den Brühwurstzeugnissen einher, so ist mit einer Zunahme des a_w -Wertes zu rechnen.

Zahlreiche chemische Analysen zeigten, dass im Rahmen der Herstellung fettreduzierter Brühwurstzeugnisse die Verarbeitung eines gesteigerten Magerfleischanteiles zu einer erhöhten Proteinmenge, der Einsatz einer erhöhten Schüttwassermenge zu einem gesteigerten Wassergehalt und eine größere Menge an verarbeitetem Fettgewebe zu einer Erhöhung des Fettgehaltes führten (AHMED et al. 1990; PARK et al. 1990; CARBALLO et al. 1995; CARBALLO et al. 1996; PANERAS et al. 1996).

2.3.5.3 Mikrobiologische Eigenschaften

Die mikrobiologischen Eigenschaften von fettreduzierten Brühwurstherzeugnissen werden vor allem von der Menge des Schüttwassers und dem daraus resultierenden Gehalt an freiem Wasser der Produkte beeinflusst. Eine gesteigerte Wasserzugabe führt zu einer erhöhten Wasseraktivität (a_w -Wert) im Produkt, die mit einem Anstieg des mikrobiologischen Wachstums einhergehen kann und infolgedessen die Haltbarkeit herabsetzt (BRADFORD et al. 1993).

2.3.6 Fazit: Möglichkeiten zur Herstellung fettreduzierte Brühwurstherzeugnisse

Eine einfache Reduktion des Fettgehaltes von Lebensmitteln geht vor allem mit Einbußen in der sensorischen Qualität einher. Aus diesem Grund bietet sich der Einsatz von Fat-Replacern an, deren wichtigste Anforderung in der Äquivalenz der sensorischen Eigenschaften mit dem Nahrungsfett gesehen wird (DREWNOWSKI 1987; MENDEN 1991; ZUNFT und RAGOTZKY 1997; ZUNFT 1999).

Prinzipiell erfolgt eine Unterteilung der Fat-Replacer in Fettaustauschstoffe und in Fettersatzstoffe (AKOH 1998; HOFFMANN und BUCHHEIM 1999; JOHNSON 2000).

Fettaustauschstoffe weisen partiell fettähnliche Eigenschaften auf (AKOH 1998; HOFFMANN und BUCHHEIM 1999; JOHNSON 2000) und sollen in erster Linie die sensorischen Funktionen des fehlenden Aromas in einem fettreduzierten Lebensmittel simulieren (ZUNFT und RAGOTZKY 1997; ZUNFT 1999; WEBER et al. 2002). Sie basieren zumeist auf der Grundlage von Kohlenhydraten oder Proteinen und besitzen einen Energiegehalt zwischen 0 und 4 kcal/g (AKOH 1998; WEBER et al. 2002). Als bekanntester Fettaustauschstoff auf der Basis von Proteinen gilt Simplese[®] 100 (3,8 kcal/g). Allerdings konnten Fettaustauschstoffe auf Proteinbasis bis heute nicht den gewünschten Durchbruch erzielen, weshalb die meisten Produkte wieder vom Markt verschwunden sind (HOFFMANN und BUCHHEIM 1999; WEBER et al. 2002). Fettaustauschstoffe auf Kohlenhydratbasis basieren entweder auf verdaulichen (4 kcal/g) oder auf unverdaulichen komplexen Kohlenhydraten (Ballaststoffe; überwiegend zwischen 0 und 2 kcal/g) (ZUNFT und RAGOTZKY 1997; AKOH 1998; ZUNFT 1999; BELITZ et al. 2001; HAHN et al. 2005). Fettaustauschstoffe auf der Basis von Kohlenhydraten eignen sich, wie die Fettaustauschstoffe auf Proteinbasis, zum Einsatz in Fleischerzeugnissen (AKOH 1998; ADAM et al. 2000).

Fettersatzstoffe sollen imstande sein, das Nahrungsfett in all seinen Eigenschaften zu ersetzen und können praktisch in allen Lebensmitteln eingesetzt werden (AKOH 1998; HOFFMANN und BUCHHEIM 1999; JOHNSON 2000). Gegen den Einsatz der meisten synthetischen Fettersatzstoffe sprechen diverse Nachteile, wie Verdauungsprobleme infolge des Verzehr, eine herabgesetzte Bioverfügbarkeit fettlöslicher Vitamine, das Ausbleiben von Bewei-

sen für eine langfristige gesundheitliche Unbedenklichkeit und das deren biologischer Abbau oftmals nicht gegeben ist (MENDEN 1991; ZUNFT und RAGOTZKY 1997; HOFFMANN und BUCHHEIM 1999; ZUNFT 1999; ADAM et al. 2000; WEBER et al. 2002). Den vermutlich bekanntesten synthetischen Fettersatzstoff stellt das Saccharosepolyester Olestra[®] dar, das in den USA im Rahmen der Produktion bestimmter Produkte (Kartoffelchips) verwendet werden darf, deren Einsatz in Europa in Lebensmitteln allerdings aufgrund der gesundheitlichen Bedenken untersagt ist (ZUNFT und RAGOTZKY 1997; ZUNFT 1999; WEBER et al. 2002). Die Verarbeitung einer möglichst großen Wassermenge als Substituent für das tierische Fettgewebe erscheint sowohl aus ernährungsphysiologischer (Verminderung des physiologischen Energiegehaltes), als auch aus wirtschaftlicher Sichtweise (Kostenreduzierung) als sinnvoll. Allerdings kann ein Fettaustausch mittels einer erhöhten Wassermenge zu Nachteilen in der sensorischen Produktqualität führen. Diese drücken sich vor allem veränderten Textureigenschaften, sowie eines erhöhten Glanzes und einer gesteigerten Feuchtigkeit aus.

Eine weitere Komponente im Rahmen der Fettreduktion von Brühwurstzeugnissen kann die Erhöhung des Magerfleischanteiles darstellen. Die Verarbeitung eines gesteigerten Magerfleischanteiles führt im Austausch gegen Fett zu einer Reduktion der Kalorien. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass eine Erhöhung des Magerfleischanteiles mit einem Anstieg der Produktionskosten einhergeht (WIRTH 1991). Zudem muss mit einer negativen Beeinflussung der sensorischen Produkteigenschaften gerechnet werden. Hierbei sind vor allem Abweichungen in den textuellen (v. a. Zunahme der Härte, Bissfestigkeit, Kohäsivität, Kaubarkeit) und farblichen (dunklere Farbe und intensivere Rotfärbung) Produkteigenschaften zu erwarten (REAGAN et al. 1983; CLAUS et al. 1989; MARQUEZ et al. 1989; KLETTNER und SAKATA et al. 2004).

2.4 Substitution von tierischem Fettgewebe durch pflanzliche Öle

2.4.1 Pflanzliche Öle

Pflanzliche Öle sind reich an ernährungsphysiologisch wertvollen einfach sowie mehrfach ungesättigten Fettsäuren. Mit dem Verzehr von Pflanzenölen erfolgt die notwendige Zufuhr essentieller Fettsäuren (DÄHLER und SANER 2007). Im Gegensatz zu Landtierfetten, enthalten sie weder die mehrfach ungesättigte Arachidonsäure noch das Cholesterin (HAHN et al. 2005). Beide Substanzen werden aus ernährungsphysiologischer Sicht kritisch betrachtet.

2.4.1.1 Rapsöl

Rapsöl weist nahezu alle ernährungsphysiologischen Anforderungen auf, die an ein Öl gestellt werden. Die Gewinnung erfolgt aus der Nutzpflanze Raps (*Brassica napus*), die der Familie der Kreuzblütengewächse (*Brassicaceae*) angehört und in Europa seit dem Mittelalter angebaut wird (DÄHLER und SANER 2007).

Aus ernährungsphysiologischer Sicht wird dem Rapsöl besonders in Bezug auf dessen hohen Gehalt an ungesättigten Fettsäuren Beachtung geschenkt. Hierbei macht die einfach ungesättigte Ölsäure (C18:1), die einen positiven Effekt auf den Plasmacholesterinpiegel ausübt, den größten Anteil aus (HAHN et al. 2005). Daneben liegen im Rapsöl relativ hohe Gehalte der essentiellen, zweifach ungesättigten ω -6-Fettsäure Linolsäure (C18:2) und der ebenfalls essentiellen, dreifach ungesättigten ω -3-Fettsäure α -Linolensäure (C 18:3; auch als Linolensäure bezeichnet) sowie des Vitamin E vor (SCHWEDT 1999; HAHN et al. 2005; DÄHLER und SANER 2007). In **Tabelle 3** sind die wichtigsten Eigenschaften und die Fettsäurezusammensetzung des Rapsöles im Vergleich zu den Depotfetten von Schwein und Rind aufgeführt.

Tabelle 3: Überblick über die wichtigsten Eigenschaften und die Fettsäurezusammensetzung von Rapsöl im Vergleich zu den Depotfetten von Schwein und Rind (modifiziert nach FRANZKE 1998; BALTES 2000).

	<i>Rapsöl</i>	<i>Schwein</i>	<i>Rind</i>
Erstarrungspunkt/Schmelzpunkt (°C)	< 0	28-40	32-48
Verseifungszahl	185-195	193-202	190-202
Jodzahl	105-120	46-70	32-48
Myristinsäure (C14:0)	---	0,9-2,1	3-6
Palmitinsäure (C16:0) (%)	3-5	22,4-31	25-37
Palmitoleinsäure (C16:1) (%)	0,5-2,5	1-3	0,5-2,5
Stearinsäure (C18:0) (%)	1-3	16,5-23,7	15-30
Ölsäure (C18:1) (%)	55-65	38,5-44,4	26-50
Linolsäure (C18:2) (%)	20-30	4,5-8,8	1-2,5
Linolensäure (C18:3) (%)	7-12	0,5-2,5	1
Icosensäure (C20:1) (%)	bis 1	---	---
Erucasäure (C22:1) (%)	bis 2	---	---

2.4.2 Auswirkungen pflanzlicher Öle auf die Qualitätsparameter von Wurstprodukten

Durch die Substitution von tierischem Fettgewebe gegen pflanzliche Öle können Wurstprodukte eine ernährungsphysiologische Aufwertung erfahren. Es liegt eine Vielzahl an Untersuchungen vor, in denen die Auswirkungen der Substitution von tierischem Fettgewebe durch diverse pflanzliche Öle auf die Qualitätsparameter von Brühwurstherzeugnissen untersucht wurden, darunter die von Rapsöl (AYDOGDU 2005), von einer Kombination aus Raps- und Leinöl (MÜNCH et al. 2005), von Olivenöl (HAMMER 1992; PAPPA et al. 2000), Sonnenblumenöl (HAMMER 1992; AYDOGDU 2005), Erdnussöl (MARQUEZ et al. 1989) und Wallnussöl (AYDOGDU 2005). Gleiches Untersuchungsziel wurde bei dem Einsatz von Haselnussöl in Rohwurst (YILDIZ-TURP und SERDAOĞLU 2008), Sonnenblumenöl in Kochwurst (YILMAZ et al. 2002) und Olivenöl in diversen fermentierten Wurstherzeugnissen (BLOUKAS et al. 1997; MUGUREZA et al. 2001; SEVERINI et al. 2003) verfolgt. Im Rahmen der genannten Untersuchungen wurden unterschiedliche Mengenanteile des herkömmlichen tierischen Fettgewebes gegen das jeweilige pflanzliche Öl ausgetauscht und verschiedenartige Rezepturen und Herstellungstechnologien angewendet.

2.4.2.1 Sensorische Gesamtqualität

Eine Vielzahl an Untersuchungsergebnissen zeigt auf, dass im Rahmen einer Substitution von tierischem Fettgewebe durch pflanzliche Öle die Herstellung von Produkten mit einer akzeptablen sensorischen Gesamtqualität möglich ist (MARQUEZ et al. 1989; PARK et al. 1990; SEVERINI et al. 2003; YILMAZ et al. 2005).

In den sensorischen Untersuchungen von HAMMER (1992), die keine Angaben zu der methodischen Durchführung der Prüfungen machten, wurden Brühwurstherzeugnisse, die mit Olivenöl hergestellt wurden, analysiert. Diese wurden als sehr gut gebunden beschrieben und übten zu keinem Zeitpunkt einen öligen oder fettigen Eindruck aus. Allerdings waren die Brühwürste mit Olivenöl trockener im Biss als die Vergleichswürste, deren Produktion ausschließlich mit tierischem Fettgewebe erfolgte. Zudem wurden sie als krümelig zerbrechlich beschrieben und blieben auch nach längerem Kauen partikulär. Den krümeligen Eindruck erklärt HAMMER (1992) damit, dass die ölhaltigen Würste, im Vergleich zu den Würsten, die mit tierischem Fett produziert wurden, eine kompaktere Matrix besaßen, die aus einer größeren Ordnung bzw. einer feineren Verteilung der Lipide resultierte.

Im Rahmen der sensorischen Untersuchungen (Beliebtheitsprüfung, bewertende Prüfung, Dreiecksprüfung) an Brühwurstherzeugnissen, die mit pflanzlichen Ölen (Walnuss-, Sonnenblumen- und Rapsöl) hergestellt wurden, konnte AYDOGDU (2005) negative Auswirkungen auf die sensorische Gesamtqualität ab einer Substitution von 50 % des tierischen Fettgewebes

durch pflanzliches Öl ermitteln. Die Würste wurden mit einem zunehmenden Anteil an Öl als weicher und kürzer im Biss beurteilt.

2.4.2.1.1 Textureigenschaften

Durch den Einsatz unterschiedlicher pflanzlicher Öle in Wursterzeugnissen, im Austausch gegen das tierische Fettgewebe, wurden in verschiedenen Untersuchungen (instrumentelle TPA, Penetrationstests, Scherkraft-Messung) keine Unterschiede ermittelt, die die instrumentell gemessene Härte und Festigkeit betrafen (MARQUEZ et al. 1989; HAMMER 1992; BLOUKAS et al. 1997; MUGUREZA et al. 2002). Dabei erfolgte die Substitution des tierischen Fettgewebes durch Erdnuss-, Oliven- und Sonnenblumenöl in Konzentrationen zwischen 10 % und 60 %. Trotz ähnlich hoher Austauschmengen und diverser eingesetzter Pflanzenöle, stellten Autoren in anderen Untersuchungen (instrumentelle TPA, Kompressionstests) hingegen einen Zusammenhang zwischen dem Anstieg des Gehaltes an Pflanzenölen und dem Absinken der Texturparameter Härte, Festigkeit, Gummiartigkeit und/oder Kaubarkeit der Wursterzeugnisse fest (MUGUREZA et al. 2001; YILMAZ et al. 2002; SEVERINI et al. 2003; MÜNCH et al. 2005; YILDIZ-TURP und SERDAOĞLU 2008). SEVERINI et al. (2003) führten die verminderte Festigkeit auf den Austausch eines festen Anteiles (tierisches Fettgewebe) gegen einen flüssigen Anteil (pflanzliches Öl) zurück.

2.4.2.1.2 Farbeigenschaften

In einer Vielzahl instrumenteller Farbmessungen konnte ermittelt werden, dass die Substitution von tierischem Fettgewebe gegen diverse Pflanzenöle zu einer Produktaufhellung der Wursterzeugnisse führte (HAMMER 1992; BLOUKAS et al. 1997; MUGUERZA et al. 2002; AYDOGDU 2005; MÜNCH et al. 2005) und/oder zu einer Minderung der Intensität des Rottones beitrug (HAMMER 1992; AYDOGDU 2005). Zudem konnte eine Erhöhung der Intensität der Gelb-Werte ermittelt werden (BLOUKAS et al. 1997; MUGUERZA et al. 2002). Im Vorfeld der instrumentellen Farbmessung wurde das tierische Fettgewebe der Wursterzeugnisse durch mindestens 10 % diverser pflanzlicher Öle (Erdnuss-, Oliven-, Walnuss- und Rapsöl) substituiert.

HAMMER (1992) führt die Veränderung der Farbe auf eine unterschiedliche Dispergierung des tierischen Fettgewebes bzw. des pflanzlichen Öles im Brät zurück, wobei das Licht im Anschnitt der Proben, die mit pflanzlichem Öl hergestellt werden, stärker gebrochen wird und daraus ein intensiverer Helligkeitseindruck resultiert.

2.4.2.2 Chemisch- und physikalische Eigenschaften

Die Substitution von tierischem Fettgewebe gegen pflanzliches Öl führt in Brühwurstherzeugnissen zu einem höheren Gesamtfettgehalt und infolgedessen auch zu einem erhöhten physiologischen Energiewert (HAMMER 1992; AYDOGDU 2005). Neben der Bestimmung des Gesamtfettgehaltes sind Untersuchungen zu der Veränderung des Fettsäureprofils von großem Interesse (ST. JOHN et al. 1986; PANERAS und BLOUKAS 1994), da sich je nach Art des zugesetzten pflanzlichen Öles das Fettsäurespektrum der Brühwurstherzeugnisse verändert. Dabei wird zumeist der Anteil an gesättigten Fettsäuren zu Gunsten der ungesättigten Fettsäuren erhöht (HAMMER 1992; AYDOGDU 2005; YILMAZ et al. 2005). Darüber hinaus kann durch den Zusatz pflanzlicher Öle der Cholesterolgehalt der Produkte vermindert werden (MARQUEZ et al. 1989; MUGUERZA et al. 2001).

2.4.2.3 Mikrobiologische Eigenschaften

In den mikrobiologischen Untersuchungen von AYDOGDU (2005) wurde die Verkehrsfähigkeit von Brühwurstherzeugnissen, denen unterschiedliche Mengen an pflanzlichen Ölen zugesetzt wurden, mit mindestens 4 Wochen angegeben. Dabei wurden die Produkte auf die aerobe mesophile Gesamtkeimzahl, die *Enterobacteriaceae*, die aerob wachsenden Milchsäurebakterien sowie die Hefen und Schimmelpilze untersucht. Die Brühwurstherzeugnisse wurden als Aufschnittware unter modifizierter Atmosphäre (80 % N₂, 20 % CO₂) bei 2 – 3 °C gelagert.

2.5 Transglutaminase in der Brühwursttechnologie

2.5.1 Wirkungsweise und Texturstabilisierung von Transglutaminase

Seit mehreren Jahrzehnten wird die Möglichkeit der Proteinmodifikation durch den Einsatz von Transglutaminasen in Lebensmitteln untersucht. Zu Beginn erfolgte vorwiegend die detaillierte Untersuchung von Transglutaminasen, die aus der Leber und dem Blut von Säugetieren isoliert wurden (KURAIISHI et al. 1998). Hierbei wurden häufig die aus der Meer-schweinchenleber gewonnene Transglutaminase und der Faktor XIII eingesetzt. Der kommerzielle Einsatz und die Produktion in großen Mengen blieben jedoch zunächst aus, was durch die diffizile Aufbereitung, durch die Aktivität in einem begrenzten pH- und Temperaturbereich sowie durch die Abhängigkeit der Transglutaminase von reduzierenden Substanzen und Calcium-Ionen begründet wurde.

Im Jahr 1989 wurde erstmals von einer calciumunabhängigen mikrobiellen (MTG) bzw. bakteriellen Transglutaminase (BTG) berichtet (ANDO et al. 1989; MOTOKI und SEGURO 1998; EBERHARD et al. 2009), deren Gewinnung durch Fermentation von Stärke und weiteren Substraten aus nicht gentechnisch veränderten Mikroorganismen (*Streptovercillium morabaraense*) erfolgte (TSAI et al. 1996; AJINOMOTO 2009d). Das Molekulargewicht von mikrobieller Transglutaminase ist geringer als das von Transglutaminasen tierischer Herkunft (MOTOKI und SEGURO 1998). Die mikrobielle Transglutaminase besteht aus 331 Aminosäuren mit einem Cysteinrest im aktiven Zentrum (AJINOMOTO 2009d). Das japanische Unternehmen Ajinomoto konnte dabei eine Methode entwickeln, mit der die Massenproduktion und Vermarktung der Transglutaminase möglich wurde (KURAIISHI et al. 1998). Der kommerzielle Einsatz und die Nutzung dieser Transglutaminase erfolgt seit 1993 (NIELSEN 1995). Das Enzym Transglutaminase wird vorwiegend in der Fleisch-, Fisch- und Milchverarbeitung eingesetzt (MOTOKI und NIO 1983; MATHEIS und WITHAKER 1987; KATO et al. 1991; NILESEN 1995).

Transglutaminase kommt natürlich in Geweben und Körperflüssigkeiten von Säugetieren und Menschen vor und ist ein natürlicher Bestandteil des Blutgerinnungsfaktor XIII im humanen Blut. Transglutaminasen nehmen im Körper sehr vielseitige Funktionen wahr, so sind sie beispielsweise an der Blutgerinnung und am Gewebeaufbau beteiligt (EBERHARD et al. 2009). Hohe Gehalte sind in Innereien wie Herz und Leber zu finden. Demzufolge kommt Transglutaminase in vielen tierischen Rohstoffen in Konzentrationen von 3,77 – 68,7 $\mu\text{mol } 100\text{g}^{-1}$ Protein vor (SEGURO 1999).

Transglutaminasen (TGase; Protein-Glutamin γ -Glutamyltransferase, EC 2.3.2.13) sind Enzyme, die die Möglichkeit der Veränderung der physikalischen Eigenschaften von eiweißrei-

chen Lebensmitteln bietet (AJINOMOTO 2009a). Sie gehören zu der Gruppe der Transferasen und katalysieren die Acyl-Transfer-Reaktion zwischen γ -Carboxylamidgruppen von peptid- oder proteingebundenen Glutaminylresten und primären Aminen (NIELSEN 1995; HAMMER 1998; KURAISHI et al. 1998; PASTERNAK 1998; MOTOKI und SEGURO et al. 1998; ENGEL et al. 2000). Die Spezifität für den Donor ist sehr hoch, allerdings können diverse Substanzen als Akzeptorsubstrate dienen, wie verschiedene primäre Amine, Diamine, Polyamine sowie freies und peptidgebundenes Lysin (SCHRODE und FOLK 1978; FOLK 1980; FOLK et al. 1980; IKURA et al. 1985; MATHEIS und WITHAKER 1987; SEGURO 1999). Fungiert die Seitenkette eines proteingebundenen Lysinrestes als Akzeptor, so führt dies zu inter- und intramolekularen Vernetzungen der Proteinmoleküle durch die Bildung kovalenter ϵ -(γ -Glutamyl)-Lysin-Bindungen (**siehe Abb. 3 (b)**) (FOLK 1980; MATHEIS und WITHAKER 1987; ANDO 1989; SAKAMOTO et al. 1995; SEGURO et al. 1995). Aus der Funktion des Verarbeitungshilfsstoffes Transglutaminase ergibt sich dessen Bedeutung für die Lebensmittelindustrie. Diese beruht auf der Polymerisierung und Vernetzung der Proteinmoleküle durch stabile kovalente Bindungen, die zu erheblichen Veränderungen in der Beschaffenheit proteinreicher Lebensmittel führen. Die technologische Wirkung des Enzyms auf das Endprodukt wird durch die im Verlauf der Verarbeitungsphase gebildeten zusätzlichen Isopeptidbindungen bestimmt (ENGEL et al. 2000). Die Vernetzung von Nahrungsproteinen führt in Lebensmitteln zu einer Texturverfestigung, einer Erhöhung der Gel- und Bruchfestigkeit und ihrer Temperaturstabilität, der Stabilisierung von Emulsionen sowie der Verbesserung des Wasserbindungs- und -haltevermögens (MOTOKI und NIO 1983; MATHEIS und WHITAKER 1987; KATO et al. 1991; NIELSEN 1995; SEGURO et al. 1995; SAKAMOTO et al. 1995; ZHU et al. 1995; FUCHSBAUER und PASTERNAK 1996; LEE et al. 1997; KURAISHI et al. 1997; HAMMER et al. 1998; FÆRGEMAND et al. 1999; ZELLNER 2000; GÓMEZ-GUILLÉN et al. 2001).

In **Abbildung 3** ist der von der Transglutaminase katalysierte Acyl-Transfer zwischen der γ -Carboxylamidgruppe von peptid- oder proteingebundenen Glutaminresten (Acyl Donatoren) und verschiedenen primären Aminen (Acyl Akzeptoren), einschließlich der ϵ -Aminogruppe von Lysinseitenresten bestimmter Proteine, dargestellt. In Abwesenheit von Trägern der Amine katalysiert Transglutaminase die Desaminierung von Glutaminresten, wobei Wassermoleküle als Acylakzeptoren genutzt werden (MOTOKI und SEGURO 1998).

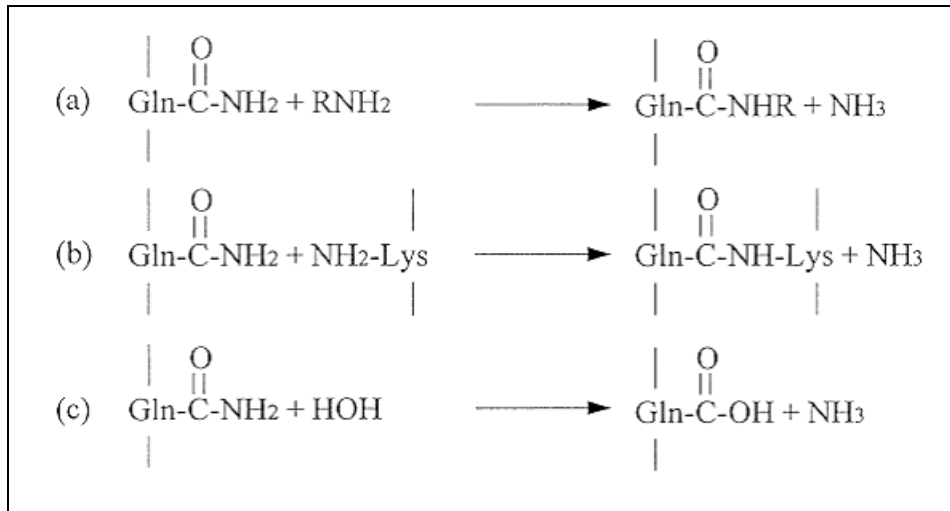


Abbildung 3: Von Transglutaminase katalysierte Reaktionen: (a) Reaktion des Acyl-Transfers; (b) Reaktion der Vernetzung zwischen Glutamin (Gln) und Lysin (Lys) und Resten von Proteinen oder Peptiden. Die daraus resultierende Verbindung wird als ϵ -(γ -Glutamyl)-Lysin-Bindung bezeichnet. (c) Desaminierung (modifiziert nach Motoki und Seguro 1998).

Die von der Transglutaminase katalysierte Acyl-Transfer-Reaktion zwischen γ -Carboxylamidgruppen von peptid- oder proteingebundenen Glutaminylresten und primären Aminen verläuft über einen für Transferasen üblichen Ping-Pong-Mechanismus (siehe Abb. 4) (PASTERNAK 1998).

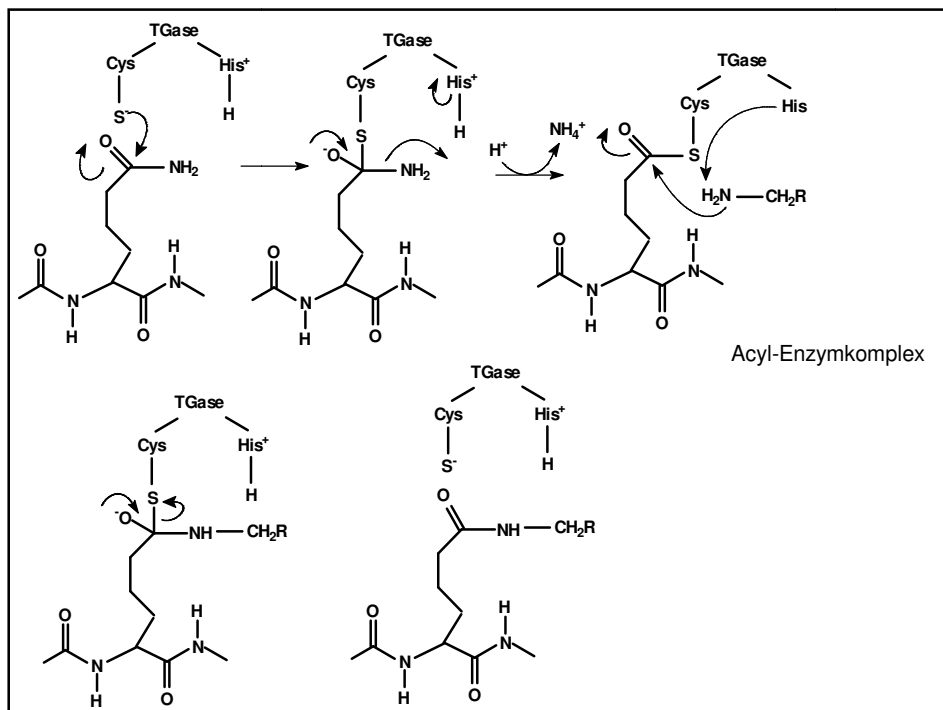


Abbildung 4: Reaktion der Transglutaminase: Bildung des Enzymintermediates und dessen Reaktion mit einem primären Amin (modifiziert nach PASTERNAK 1998).

Einleitend wird ein binärer Komplex zwischen dem Glutaminendonorprotein und der Transglutaminase gebildet (Acyl-Enzymkomplex), unter Freisetzung von Ammoniak, das zu einem Ammoniumion protoniert wird. Hierbei entscheidet die Konformation und die dem Glutamin

benachbarten Aminosäuren über die Substratakzeptanz. Anschließend reagiert der intermediäre Acyl-Enzymkomplex mit einem primären Amin. Alternativ können hier die ϵ -Aminofunktion eines Lysins, ein natürliches Polyamin oder synthetische Alkylamine als Akzeptor fungieren (**siehe Abb. 4**) (PASTERNAK 1998). An der katalytischen Reaktion der Transglutaminase ist die S-H Gruppe (Thiol-Gruppe) des Cysteines beteiligt (KANAJI et al. 1993).

2.5.2 Anwendungsgebiete der Transglutaminase in der Lebensmittelindustrie

Der Einsatz von Transglutaminase in der Lebensmittelindustrie erstreckt sich über eine Vielzahl von Produktgruppen, wie beispielsweise in Fleisch- und Wurstwaren (**siehe Kap. 2.5.2.1**), Fischprodukten, Backwaren, Milchprodukten, Nudeln und Pasta sowie in Soja-Erzeugnissen. Dabei führt die Verarbeitung des Enzymes zu einer Verbesserung der physikalischen Eigenschaften proteinhaltiger Lebensmittel, wie beispielsweise zu einer Texturverbesserung von Backwaren und Milchprodukten, einer verbesserten Textur und Bindung von emulgierten Wursterzeugnissen und gekochtem Schinken oder zu einer Verbindung von Fleisch- und Fischprodukten zu qualitativ hochwertigen Stücken.

In Fischprodukten eignet sich die Anwendung der Transglutaminase vor allem bei der Herstellung von Produkten aus Konzentraten von Fischmuskelproteinen (Surimi) und für die Produktion von geformten Fischfilets aus kleinen Abschnitten (Restrukturaten) (KURAISHI et al. 1996; MOTOKI und SEGURO 1998; KURAISHI et al. 2001). KÜTEMEYER (2005) untersuchte den Einsatz von Transglutaminase zur Texturstabilisierung und Verbesserung der Verarbeitungseigenschaften an ganzen Fischfilets. Dabei konnte sie am Beispiel des Schwarzen Heilbutts aufzeigen, dass infolge des Enzymzusatzes eine Senkung der Verarbeitungs- und Transportverluste erfolgte. Hierdurch konnten zum einen die Herstellungskosten gesenkt und zum anderen zu einer Schonung der Ressource Fisch beigetragen werden. HEMMY (2007) zeigte, dass mit dem Einsatz des Transglutaminase-Präparates ACTIVA® WM eine Verfestigung der Textur von rohen Lachsfilets durchaus möglich ist. Eine solche Texturverfestigung von Fischprodukten ist sinnvoll, da diese Produkte vielmals eine empfindliche Textur aufweisen und dies zu Schwierigkeiten bei der Verarbeitung und Zubereitung führen kann. So kann es bei dem Fischconvenienceprodukt frische, marinierte Lachsfiletportionen beim Mischvorgang mit der Marinade zu einem Aufbrechen der Struktur und bei der Zubereitung zu einem Zerfallen der Filets kommen. Matjesfilets nordischer Art können nach der Reifung, v. a. beim Einsatz sehr fetter Rohware, eine zu weiche, teilweise zerstörte Textur aufweisen (HEMMY 2007).

2.5.2.1 Anwendungsgebiete der Transglutaminase in Fleisch- und Wurstwaren

Die Fleisch- und Wurstwarenindustrie stellt ein großes Anwendungsbiet für die Transglutaminase dar (KURAIISHI et al. 1997, 1998 und 2001; HAMMER 1998; COLMENERO et al. 2004; AHMED et al. 2007; EBERHARD et al. 2009). Der Einsatz der Transglutaminase im Fleischwaren produzierenden Sektor erfolgt neben der Wurstwarenproduktion vor allem bei der Herstellung von restrukturiertem Fleisch und der Schinkenherstellung. Im Rahmen der Herstellung von restrukturiertem Fleisch ermöglicht der Einsatz von Transglutaminase die wirtschaftliche Nutzung kleiner Fleischstücke, aus denen durch den Zusatz von Transglutaminase und Kaseinaten uniforme Produkte hergestellt werden können, die beim Schneiden, Gefrieren und Erhitzen stabil bleiben. Vor kurzem wurden in den deutschen Medien restrukturierte Schinken identifiziert, die offensichtlich suggerierten, dass das zu verkaufende Fleischprodukt aus einem gewachsenen Stück bestünde, obwohl diese Produkte unter dem Einsatz von Transglutaminase hergestellt wurden. Dies führte zum Unmut der Verbraucher und Einzelhändler. Das Unternehmen Ajinomoto gab im Anschluss daran eine Meinungsumfrage in Auftrag, auf deren Ergebnissen basierend das Unternehmen vorschlägt, dass Fleisch- und Fleischendprodukte, die mit Transglutaminase hergestellt wurden, verpflichtend als „zusammengefügte Fleisch- bzw. Fischstücke“ gekennzeichnet werden.

Daneben kann durch die Zugabe der Transglutaminase zur Pökellake im Laufe der Schinkenherstellung die Schnittfestigkeit der Produkte verbessert werden.

Eigens für die Brühwurstproduktion wurde von dem Unternehmen Ajinomoto das Transglutaminase-Präparat ACTIVA® WM entwickelt, das die standardisierte Herstellung von Brühwurstherzeugnissen ermöglicht (KURAIISHI et al. 1998). Der Einsatz der Transglutaminase in der Brühwursttechnologie dient der Texturverbesserung der Produkte, indem die Ausbildung einer Quervernetzung zwischen den schweren Myosinketten, die sich in den Muskelproteinen des Fleisches befinden, begünstigt wird. Durch die Verbindung der Proteine Glutamin und Lysin entsteht ein Netzwerk aus Eiweißen, das zu einer deutlichen Zunahme der physikalischen Eigenschaften wie Härte, Festigkeit, Elastizität und Deformation führt (HAMMER 1998; KURAIISHI et al. 1998; ENGEL et al. 2000; AJINOMOTO 2009e). Hierdurch kann der sensorische Eindruck von Brühwurstherzeugnissen, vor allem in Bezug auf deren Textureigenschaften, positiv beeinflusst werden (KURAIISHI et al. 1998). Zudem zeichnet sich das gegarte Produkt neben einer besseren Bindung durch eine erhöhte Schnittfestigkeit aus (WEBER 2003b).

Die Zusatzmenge, die Art der Applikation (Einarbeitung in die Rezeptur), die Reaktionszeit, die Temperatur und andere Parameter sind wichtige Steuerungsgrößen, um die gewünschte

Textur und Struktur von Brühwurstprodukten zu erzielen (KURASHI et al. 1998). Laut Herstellerangaben sollte die Einsatzmenge von ACTIVA® WM für die Produktion von Brühwurstzeugnissen zwischen 0,05 und 0,1 % betragen. Die Wirksamkeit in geringen Dosen ist durch den Umstand bedingt, dass die Transglutaminase in ihrer Funktion als Enzym bis zu ihrer Denaturierung oder bis zur Erschöpfung ihres Substrates ständig die gleiche Reaktion beschleunigt und dabei selbst nicht verbraucht wird (AJINOMOTO 2009a). Die Transglutaminase trägt bereits nach Vermischung mit den anderen Rezepturbestandteilen während des Kutturvorganges zur Proteinvernetzung im Brät bei, da das Enzym besonders mit den Eiweißen des Magerfleisches arbeitet (HAMMER 1998). Es ist eine möglichst frühzeitige Zugabe des Verarbeitungshilfsstoffes zu empfehlen, um eine optimale Verteilung der geringen Zugabemenge in der Brätmasse zu gewährleisten.

Das Wirkungsoptima von ACTIVA® WM liegt in einem Temperaturbereich von etwa +45 °C (AJINOMOTO 2009b), wobei das Wirkungsminimum etwa +40 °C und das Wirkungsmaximum etwa +50 °C beträgt. Ab Temperaturen von > +50 °C verringert sich die Aktivität graduell. Beim Brühvorgang sollte der Temperaturbereich um +45 °C daher langsam durchschritten werden (AJINOMOTO 2009c). Zudem zeigt die Transglutaminase bei pH-Werten von pH 5 bis 8 eine hohe Aktivität, das Optimum liegt bei pH 7 (ENGEL et al. 2000; AJINOMOTO 2009c; EBERHARD et al. 2009). Die Transglutaminase wird im Laufe des Brühprozesses inaktiviert, weshalb die verzehrfertigen Brühwurstzeugnisse kein aktives Enzym mehr enthalten (HAMMER 1998; KURASHI et al. 1998). Die Rückstände im Endprodukt sind gesundheitlich unbedenklich und haben aufgrund der Denaturierung oder des Substratmangels keine technologische Wirkung im Endprodukt (ENGEL et al. 2000).

Laut den Aussagen von Ajinomoto liegt durch den Einsatz von ACTIVA® WM ein erhöhtes Wasserhaltevermögen vor, das für eine kostenneutrale Rezeptur eine Größenordnung zwischen 1 und 2 % an zusätzlichem Wasser annimmt (WILLE, persönliche Mitteilung, 15.07.2009). Aufgrund eigener Vorversuche zum Einsatz von Transglutaminase in fettreduzierten Brühwurstzeugnissen konnte ermittelt werden, dass durch die Zugabe von 0,05 % Transglutaminase die Möglichkeit besteht, eine zusätzliche Wassermenge von 12 % im Austausch gegen tierisches Fettgewebe zu verarbeiten, ohne dabei Einbußen in der instrumentell gemessenen Textur der Produkte zu erhalten (WORTMANN 2007).

Die Verarbeitung von Transglutaminase in Brühwurstzeugnissen dient ferner der Verbesserung der technologischen Eigenschaften bei dem Einsatz von Hochleistungsslicern.

Derzeit werden laut Herstellerangaben in der Bundesrepublik Deutschland jährlich etwa 300.000 Tonnen an Brühwurstherzeugnissen unter dem Zusatz von Transglutaminase (ACTIVA® WM) produziert (WILLE, persönliche Mitteilung, 13.08.2010).

HAMMER (1998) führte Untersuchungen zum Einsatz von mikrobieller Transglutaminase bei feinzerkleinerten Brühwürsten durch. Dabei wurde eine Dosierung von maximal 0,20 % des verwendeten Transglutaminase-Präparates zusammen mit den Geweben, dem Eis, dem Nitritpökelsalz und dem Ascorbat in den Kutter gegeben. Die Kutterendtemperatur der mit mikrobieller Transglutaminase hergestellten Brühwurstherzeugnisse betrug +12 °C und die Kernendtemperatur während des Erhitzungsprozesses +70 °C. Zur Analyse der veränderten Eigenschaften der Brühwursttextur wurde unter anderem eine instrumentelle Textur-Profil-Analyse mit dem Texture Analyser XT 2 durchgeführt. Als Versuchsergebnisse konnten ein Anstieg der Bruchfestigkeit und der Härte unter der Wirkung von Transglutaminase ermittelt werden. Bereits die rohen Bräte gestalteten sich gegenüber den Kontrollwürsten als elastischer und viskoser. Elektronenmikroskopische Untersuchungen ergaben, dass die Bräte, die mit mikrobieller Transglutaminase hergestellt wurden, feinmaschiger waren. Auswirkungen der Transglutaminaseverarbeitung auf den Rotton der Ware konnten nicht ermittelt werden, während der Gelbton der Würste mit einer steigenden Dosierung des Zusatzes an Transglutaminase linear abnahm (HAMMER 1998). Gemäß HAMMER (1998) eignet sich der Einsatz von mikrobieller Transglutaminase demzufolge vor allem in Brühwurstherzeugnissen (insbesondere auch bei der Dosenwürstchenherstellung), die einen unerwünscht weichen Biss aufweisen.

EBERHARD et al. (2009) untersuchten den Einsatz von Transglutaminase als Phosphatersatz in Brühwürsten (Lyoner). Dabei kamen die Autoren zu dem Ergebnis, dass durch die Verarbeitung von 1 g/kg Transglutaminase und unter Berücksichtigung einer entsprechenden Temperaturführung während des Brühprozesses eine annähernd vergleichbare Textur erreicht werden kann, wie bei der Verwendung von Phosphat. Die Untersuchungsergebnisse in Bezug auf die Textur wurden einerseits durch instrumentelle Messverfahren (Zwick-Universalprüfgerät und Warner-Bratzler-Apparatur) anhand der Attribute Gesamtarbeit (mJ) und Max. Kraft (N) ermittelt und andererseits durch ein Degustationspanel anhand der Deskriptoren Festigkeit und Knackigkeit bestimmt. Zudem erfolgte eine Bestimmung der Auswirkungen des Zusatzes von Transglutaminase auf die Farbentwicklung der Brühwürste, ebenfalls mittels instrumenteller Messverfahren (Konica Minolta 3500d; L*a*b*) und eines Degustationspanels (Attribut: Farbe in Bezug auf Helligkeit). Eine Erhöhung der Transglutaminase-Konzentration führte zu einer Zunahme der Helligkeit und einer Abnahme des Rotwertes (EBERHARD et al. 2009).

BRAUER (2004) führte ebenfalls Untersuchungen zu dem Einsatz von Transglutaminase bei der Herstellung von Brühwurstherzeugnissen durch. Dabei stellte der Autor zwei Brühwurstchargen her. Eine Charge produzierte der Autor ohne den Zusatz von Transglutaminase und eine weitere Charge mit dem Zusatz von 0,5 g Transglutaminase. Diese beiden Chargen wurden von einem geschulten Panel sensorisch beurteilt (genauere Angaben zur sensorischen Untersuchungsmethode fehlen). Das Ergebnis dieser sensorischen Untersuchung lautete, dass die Brühwurstcharge, die mit Transglutaminase hergestellt wurde, im Gegensatz zu der Brühwurstcharge, die ohne Transglutaminase produziert wurde, einen festeren Biss besaß, während für die weiteren beurteilten Qualitätsmerkmale wie den Gelee- und Fettabsatz, die Farbe, den Geruch und den Geschmack keine Unterschiede festgestellt wurden (BRAUER 2004).

Die lebensmittelrechtliche Situation um den Einsatz von Transglutaminase in (fettreduzierten) Brühwurstherzeugnissen wird in **Kapitel 2.7.2** dargestellt.

2.5.3 Gesundheitliche Unbedenklichkeit und Bioverfügbarkeit

Die durch den Einsatz von mikrobieller Transglutaminase bedingte Proteinmodifikation führt weder zu toxischen Nebenprodukten, noch zu einer Minderung des Nährwertes oder zu einem Off-Flavour der Nahrungsmittel (DICKINSON 1997).

In Lebensmitteln konnte eine natürliche Verbreitung der ϵ -(γ -Glutamyl)-Lysin-Bindungen nachgewiesen werden, deren Konzentration in einem Bereich von 0,2 - 135 $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ Protein lag und mit der Erhitzung des Lebensmittels zunahm (SAKAMOTO et al. 1995). Laut SAKAMOTO et al. (1995) resultierten die Bindungen aus einer chemischen Kondensationsreaktion oder Aminolyse während der Erhitzung und der Wirkung endogener Transglutaminasen. Aufgrund der natürlichen Verbreitung der Transglutaminase in Lebensmittelrohstoffen und der Tatsache, dass der einzige Unterschied zwischen nativen und mit Transglutaminase modifizierten Proteinen in der Anzahl der ϵ -(γ -Glutamyl)-Lysin-Bindungen liegt, wird von MOTOKI und SEGURO (1998), SEGURO (1999) sowie MOTOKI und KUMAZAWA (2000) auf eine gesundheitliche Unbedenklichkeit geschlossen. Zudem gilt das toxische Potential von Enzymen im Allgemeinen als sehr gering. Das Enzym wurde als GRAS (generally registered as safe) eingestuft (BERNARD et al. 1998; MOTOKI und KUMAZAWA 2000; KURAISHI et al. 2001).

Isopeptidbindungen können nicht durch die normalen Verdauungsenzyme von Säugetieren abgebaut werden. Aufgrund dessen wurde bereits in den 70er Jahren die Bioverfügbarkeit von ϵ -(γ -Glutamyl)-Lysin-Dipeptiden anhand von Tierversuchen untersucht (WAIBEL und CARPENTER 1972; RACZYNSKI et al. 1975; FRIEDMANN und FINOT 1990). Heutzutage ist

bekannt, dass der Abbau der Isopeptidbindungen über die γ -Glutamyl-Amin-Cyclo-transferase in der Niere sowie die γ -Glutamyl-Transpeptidase in der Darmschleimhaut, der Niere und dem Blut zu Lysin und 5-oxo-Prolin bzw. Glutaminsäure erfolgt (FINK 1980, SEGURO et al. 1995). Gemäß ENGEL et al. (2000) kommen diese Enzyme auch in der Leber und der Bauchspeicheldrüse vor. Diverse Tierversuche bestätigten, dass keine Einschränkungen in der Proteinverdaulichkeit durch die Behandlung mit Transglutaminase zu erwarten sind (SEGURO et al. 1996; ROOS et al. 1999).

Anhand einer im Jahr 2001 von der FAO/WHO empfohlenen Entscheidungsbaummethode wurde festgestellt, dass Transglutaminase aus *Streptoverticillium mobaraense* über kein allergenes Potential verfügt und daher keine Sicherheitsbedenken hinsichtlich des Einsatzes in Lebensmitteln bestehen (PEDERSEN et al. 2004; POULSEN 2004). Allerdings kann Transglutaminase bei Personen, die an Zöliakie (Glutenunverträglichkeit) erkrankt sind, zu Immunreaktionen führen (EBERHARD et al. 2009).

Die Produktion der Transglutaminase für ACTIVA® WM-Präparate erfolgt durch einen Nicht-GVO (GVO = genetisch veränderter Organismus). Gemäß der EU Gesetzgebung handelt es sich um Nicht-GV-Produkte (GV = genetisch verändert) (AJINOMOTO).

2.6 Verpackung und Lagerung von Brühwursterzeugnissen

2.6.1 Verpackung von Brühwursterzeugnissen

Der Verkauf von SB-verpackten Fleischerzeugnissen wächst stetig. Im Jahr 2008 entfielen 66 % der gesamten Einkaufsmenge auf das Segment von folienverpackter Wurst. Vergleichsweise lag der Anteil im Jahr 1990 noch bei 30,4 %. Auch die Brühwursterzeugnisse tragen einen Teil zu dieser Entwicklung bei (DFV 2009). Gemäß des DFV (2009), der eine Erhebung zu den Einkaufsmengen privater Haushalte an Fleischwaren und Wurst durchführte, fielen von der gesamten Einkaufsmenge an Brühwurst 29,4 % auf lose Ware, 67,4 % auf folienverpackte Produkte und 3,1 % auf Erzeugnisse in Konserven.

Die Verpackung von Lebensmitteln übernimmt eine Schutzfunktion, um deren erwünschten Eigenschaften beim Vertrieb und während der Lagerung bis zum Verzehr zu erhalten (HAACK 2002). So schützt sie das Produkt vor atmosphärischen Einflüssen, Licht, hält Aromakomponenten des Produktes zurück, sorgt für eine stabile Wasseraktivität des Nahrungsmittels und kann als Werbefläche sowie Kennzeichnungselement fungieren (HAACK 2002). Bei transparenten Verpackungen wirbt das Produkt für sich selbst. Zusätzlich zu den genannten Funktionen werden Brühwursterzeugnisse zur Portionierung und Handelsfähigkeit verpackt (ANDRAE 1996). Zudem werden Convenience-Aspekte mit SB-Wurst in Verbindung gebracht, die z. B. eine Einzelentnahme aus wiederverschließbaren Verpackungen oder die Bevorratung im Kühlschrank wären (DFV 2009). Negative Einflüsse auf die Lebensmittelqualität können durch Migrationsvorgänge bedingt werden, die zwischen dem Verpackungsmaterial und dem Produkt bzw. umgekehrt stattfinden können.

Die gebräuchlichsten Verpackungsarten im Bereich der SB-verpackten Brühwursterzeugnisse sind die Vakuum- und die MAP-Verpackung (SMITH et al. 1990; LAUTENSCHLÄGER und TROEGER 2007).

2.6.1.1 Verpackung von Brühwursterzeugnissen unter modifizierter Atmosphäre

Die Verpackung unter modifizierter Atmosphäre wird definiert als die Umhüllung von Lebensmitteln mit gasbegrenzten Verpackungen, in denen die natürliche Gasumgebung der Luft verändert wurde (YOUNG et al. 1988). Dabei unterliegt die Gasatmosphäre im Kopfraum der Verpackung diversen Veränderungen, wie der Gasundurchlässigkeit des Verpackungsmaterials, dem Vorhandensein biologisch aktiver Lebensmittel, dem mikrobiellen Verderb des Produktes, dem Kontakt der modifizierten Atmosphäre mit dem Lebensmittel (z. B. Lösung von CO₂) oder der Zellatmung im Inneren des Produktes. So laufen zwischen dem Headspace und dem Lebensmittel verschiedene Interaktionen ab, die die Gasatmosphäre verändern können. Im Rahmen der MAP-Technologie werden vorwiegend Sauerstoff, Stickstoff und Koh-

lendioxid eingesetzt (FARBER 1990; CHURCH und PARSONS 1995), wobei der MAP-Verpackung die Luft durch Evakuieren entzogen wird und durch die erwähnten reaktionsarmen Gase ersetzt wird. Der Einsatz einer Verpackung unter modifizierter Atmosphäre dient vor allem der Haltbarkeitsverlängerung von Lebensmitteln, in dessen Folge eine längere Verkaufsphase erfolgen kann, bevor die ersten Qualitätsabweichungen des Produktes stattfinden (FELLOWS 2000). Diese Art des Verpackens eignet sich dementsprechend für leicht verderbliche Lebensmittel (YOUNG et al. 1988), wobei die Lagerung in den meisten Fällen unter normalen atmosphärischen Druckverhältnissen erfolgt und infolgedessen zu einer hohen Produktqualität beiträgt (FARBER 1990; LAUTENSCHLÄGER und TROEGER 2007). Die optimale Atmosphäre, unter der ein Lebensmittel verpackt wird, ist von verschiedenen intrinsischen Faktoren des Produktes wie dem pH-Wert, dem a_w -Wert, dem Fettgehalt und der Art des Fettes abhängig (DEVLIEGHERE et al. 2004).

2.6.1.1.1 Stickstoff

In modifizierten Atmosphären wird Stickstoff als Füll- und Stützgas verwendet, um einem Kollabieren der Packung entgegenzuwirken und die oxidativen Abläufe im Produkt zu hemmen, wodurch die Haltbarkeit der Lebensmittel verlängert wird (INNS 1987). Stickstoff ist inert, geschmacks- und geruchsneutral und weist eine sehr geringe Löslichkeit sowohl in Fett, als auch in Wasser auf (ATKINS und BERAN 1998). Dem Stickstoff selber konnten keine Einflüsse auf die Fleischfarbe nachgewiesen werden und auch nur geringe bzw. keine eigenständigen Wirkungen auf das Wachstum von Mikroorganismen (FARBER 1990; LAMPERT et al. 1991; CHURCH und PARSONS 1995). Stickstoff weist eine höhere Dichte als die von Sauerstoff auf und legt sich als Schutzschicht über das Produkt.

2.6.1.1.2 Kohlendioxid

Kohlendioxid ist ein farb- und geruchloses Gas, das in beiden Phasen (Wasser und Fett) des Lebensmittels löslich ist (ATKINS und BERAN 1998; FELLOWS 2000). Der mit dem Wachstum der Mikroflora in Verbindung stehende Verderb lässt sich, im Vergleich zu aeroben Bedingungen, durch die Verwendung einer mit Kohlendioxid angereicherten Atmosphäre verzögern (STANBRIDGE und DAVIS 1998). Der Einsatz von Kohlendioxid in MAP-Verpackungen sollte in Verbindung mit einer Kaltlagerung der Lebensmittel erfolgen, da die Löslichkeit des Gases in einem kalten Milieu deutlich höher ist als in einem warmen Milieu und mit der Löslichkeit der bakterizide Effekt zunimmt (FELLOWS 2000). Daneben steht die Löslichkeit des Gases in Abhängigkeit von dem pH-Wert, dem a_w -Wert, dem Fettgehalt und der Fettzusammensetzung eines Lebensmittels, der CO_2 -Konzentration im Inneren der Verpa-

ckung sowie dem Verhältnis zwischen Gas- und Produktvolumen (GILL 1988). Voraussetzung ist eine wässrige Phase. Die Löslichkeit von Kohlendioxid führt in einem Lebensmittel gleichzeitig zu einer pH-Wert-Absenkung, weshalb eine Penetration des Gases durch die bakteriellen Zellwände stattfindet, was zu einer intrazellulären pH-Wert-Senkung führt und die Enzymaktivität einschränken kann (EKLUND und JARMUND 1983; FARBER 1990). Ein weiterer inhibitorischer Effekt des Kohlendioxids liegt in der Beeinflussung der Membraneigenschaften des Bakteriums (DIXON und KELL 1989).

Nach BUCHNER (1999) weisen diverse Mikroorganismen unterschiedliche Empfindlichkeiten gegenüber Kohlendioxid auf. Hefen und Schimmelpilze gelten als widerstandsfähig gegenüber Kohlendioxid, sodass zu ihrer Hemmung Konzentrationen von mindestens 20 % notwendig sind, während Laktobazillen, die ebenfalls als unempfindlich gegenüber Kohlendioxid gelten, in der Lage sind, unter kohlendioxidreicher Atmosphäre Milchsäure zu bilden. Eine hohe Empfindlichkeit gegenüber Kohlendioxid weisen gramnegative psychrophile Bakterienarten auf (BUCHNER 1999). CHURCH und PARSONS (1995) nennen als übliche Kohlendioxidkonzentrationen bei der Verpackung von frischen Produkten im Rotfleischbereich Werte von bis zu 40 Vol.-%. Der Einsatz größerer Mengen führt zu einer starken Ansäuerung des Produktes, was mit einer Vergrauung der Fleischfarbe einhergehen kann (CHURCH und PARSONS 1995). Aufgrund seiner antimikrobiellen und fungistatischen Wirkung kann das Kohlendioxid als das wichtigste Schutzgas bei der Verpackung von Brühwurstzeugnissen angesehen werden (CARLIN et al. 1996).

2.6.1.1.3 Gasmische

Die Dosierung bei der Verwendung eines Gasmisches sollte den Lebensmitteleigenschaften entsprechen und so exakt wie möglich erfolgen. Bei einem Gasmisch würde ein erhöhter Stickstoffanteil bei einer unzureichenden Kohlendioxidzufuhr eine Verminderung der Haltbarkeit bedingen (s. o.). Ein zu hoher Kohlendioxidanteil führt dagegen zu einer Säurebildung auf dem Produkt, da das Kohlendioxid auf der Fleischoberfläche unter Bildung von Carbonäuren mit Wasser reagiert ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$), was eine Vergrauung der Fleischfarbe zur Folge hat (FEINER 2006).

2.6.1.1.4 Auswirkungen auf die Farbqualität

Die Farbe sollte nicht nur beim Kauf des Produktes einen positiven Eindruck vermitteln, sondern auch bis zum Mindesthaltbarkeitsdatum bzw. Verbrauchsdatum erhalten bleiben. Bei Brühwurstzeugnissen favorisiert der Verbraucher einen Farbbereich von schwach rosa bis kräftig rot, abhängig von der jeweiligen Herstellungstechnologie und Sorte (BRAUER 2004).

Dem Muskelfarbstoff Myoglobin wird eine zentrale Rolle bei der Ausbildung der Farbe von Fleisch und Fleischerzeugnissen zugesprochen.

Myoglobin kann in drei Formen vorliegen, als purpurrotes reduziertes Myoglobin, als leuchtend-rotes Oxymyoglobin und als grau-braunes Metmyoglobin. Die Farbe wird durch das Verhältnis von Oxymyoglobin zu Metmyoglobin beeinflusst. Durch einen zu geringen Sauerstoffgehalt bei der Lagerung in der Verpackung oder bei einem zu starken Absinken des Sauerstoffgehaltes in der Muskulatur während des Schlachtens bildet sich Metmyoglobin, das zu einer graubraunen Färbung des Produktes führt. Der Reaktionsschritt vom Myoglobin zum Metmyoglobin ist irreversibel, da das Eisen-II-Ion bei einem niedrigen Sauerstoffpartialdruck zum Eisen-III-Ion oxidiert (HONIKEL 2007). Man könnte auf den Umstand, dass die Metmyoglobinbildung durch Oxidation des zweiwertigen zum dreiwertigen Eisen erfolgt, zurückführen, dass die Bildung von Metmyoglobin mit einem Anstieg des Sauerstoffpartialdrucks einhergeht. Dies ist jedoch nicht der Fall, da bei einer Abnahme des Sauerstoffpartialdrucks über dem Muskelgewebe die Geschwindigkeit der Bildung von Metmyoglobin zunächst langsam, bei niedrigen Drücken stärker ansteigt, wobei bei einem Sauerstoffpartialdruck von $\sim 0,4$ kPa ein ausgeprägtes Maximum erreicht wird (siehe Abb. 5) (HAMM 1975; SIELAFF 1996).

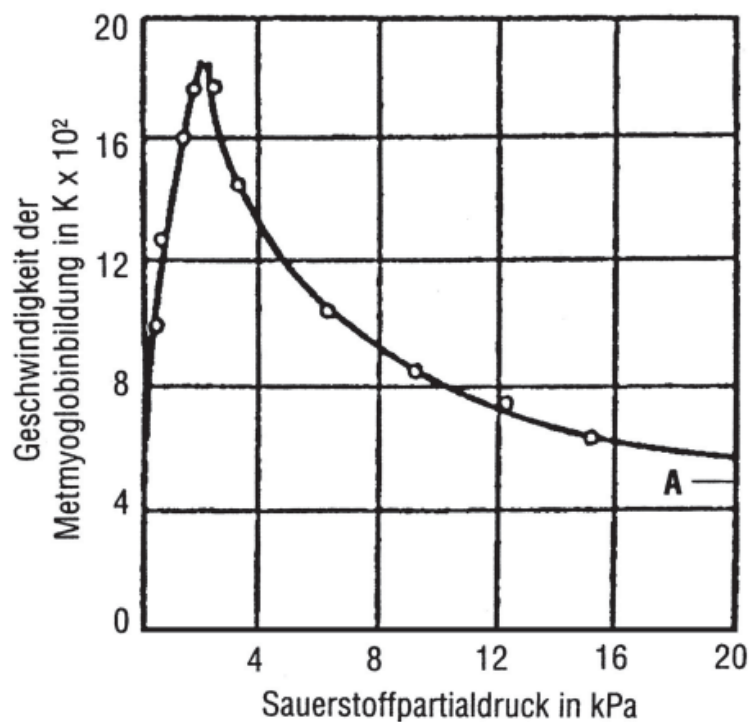


Abbildung 5: Beziehung zwischen dem Sauerstoffpartialdruck (kPa) und der Geschwindigkeit der Oxidation von Myoglobin zu Metmyoglobin ($K \cdot 10^{-2}$) (SIELAFF 1996).

A = Wert beim Sauerstoffpartialdruck der Atmosphäre,
K = Geschwindigkeitskonstante.

Nimmt der Sauerstoffpartialdruck weiterhin ab ($< \sim 0,4$ kPa), erfolgt ein Absinken der Metmyoglobinbildung. Ist der Sauerstoff in einer nicht mehr ausreichenden Menge verfügbar, bleibt die Metmyoglobinbildung aus (**siehe Abb. 5**) (HAMM 1975; SIELAFF 1996). Nach HAMM (1975) lässt sich der in der **Abbildung 5** dargestellte Kurvenverlauf darauf zurückführen, dass das Oxymyoglobin weniger leicht zu Metmyoglobin oxidiert wird als Myoglobin und demzufolge die Bindung des Sauerstoffes die Oxidation des Eisens hemmt. Wenn bei einem sinkenden Sauerstoffpartialdruck das Oxymyoglobin seinen Sauerstoff abgibt, wird das entstehende Myoglobin unter dem Einfluss des Sauerstoffes rasch zu Metmyoglobin oxidiert. Ist allerdings eine nicht ausreichende Menge an Sauerstoff verfügbar, unterbleibt die Metmyoglobin-Bildung (HAMM 1975). Aus diesem Grund sollte der Sauerstoff-Partialdruck im Laufe der Lagerung deutlich geringere oder höhere Werte als $\sim 0,4$ kPa annehmen (**siehe Abb. 5**). Hierzu kann der Sauerstoff in Verpackungen unter Schutzgasatmosphäre angereichert oder aber durch Vakuum bzw. Inertgas vollständig verdrängt werden (CHATELAIN 2007).

2.6.2 Lagerung von Brühwursterezeugnissen

Brühwursterezeugnisse gelten als sehr verderbanfällige Lebensmittel (KRÄMER 2002), die durch Erhitzen auf eine Kerntemperatur von etwa $+72$ °C begrenzt haltbar gemacht werden (WEBER 2003a; BRAUER 2004). Die Verkaufsfähigkeit von angeschnittenen oder aufgeschnittenen Brühwursterezeugnissen ist auf sehr kurze Zeit (1 – 3 Tage) begrenzt, da bereits nach wenigen Stunden auf den Anschnittflächen die Ausbildung von Farbveränderungen, eine Abtrocknung und ein Geschmacksabbau erfolgt (LAUTENSCHLÄGER und TROEGER 2007). Die Haltbarkeitsdauer für frische Brühwursterezeugnisse wird in der Literatur mit zehn Tagen und für vakuumverpackte Brühwursterezeugnisse mit drei Wochen angegeben, vorausgesetzt, die Ware wird bei Temperaturen von max. $+7$ °C gelagert (KRÄMER 2002; LAUTENSCHLÄGER und TROEGER 2007). NOWAK et al. (2007), die Brühwursterezeugnisse nach Art einer Mortadella unter Schutzgasatmosphäre (70 % N_2 und 30 % CO_2) bei $+7$ °C lagerten, ermittelten eine mikrobiologische Haltbarkeit der Produkte von mindestens 23 Tagen.

Die Lagerungsbedingungen haben einen großen Einfluss auf die Haltbarkeit von Brühwursterezeugnissen (SINELL 1992; KRÄMER 2002). Dabei stellt die Kühlung eine der wichtigsten Hürden bei der Hemmung des Wachstums von Mikroorganismen dar. Der Verderb kann durch eine Absenkung der Produkttemperatur nicht gänzlich ausgeschlossen, jedoch deutlich verlangsamt werden. Eine Lagerungstemperatur von Brühwursterezeugnissen zwischen $+4$ und $+7$ °C gilt als allgemein akzeptiert (HILSE 1984; FRIES 2003). Eine erhöhte

Lagertemperatur von +7 °C gegenüber +0 °C weist keine nachteiligen Auswirkungen auf die Farbstabilität der Brühwurstprodukte auf (CARBALLO et al. 1991). Daneben wird die Haltbarkeit von Brühwurstherzeugnissen durch den Lichteinfluss bedingt. Licht wirkt insbesondere schädigend auf die Farbe und die Fettqualität von aufgeschnittener Brühwurstware (STIEBING und KLETTNER 1980; LAUTENSCHLÄGER und TROEGER 2007). Aus diesem Grund sollte der Lichteinfluss möglichst gering gehalten werden.

Für den mikrobiologischen Verderb von Brühwurst sind unter anderem *Enterobacteriaceae*, Milchsäurebakterien sowie Hefen und Schimmelpilze verantwortlich (FRIES 2003; WEBER 2003a). Die Gruppe der *Enterobacteriaceae* kommt als potentieller Lebensmittelvergifter in Frage (KUNZ 1994), wobei ein Verderb durch diese Familie vorwiegend auf eine mangelnde Herstellungshygiene zurückzuführen ist. Eine besondere Bedeutung für den Verderb von SB-verpackten Brühwurstherzeugnissen wird den Milchsäurebakterien zugesprochen, da diese zu der dominierenden Flora in Vakuum- und Schutzgasverpackungen zählen (BLICKSTAD und MOLIN 1983). Da generell die weitgehend anaeroben Bedingungen das Wachstum von Milchsäurebakterien begünstigen und dass der Eiweiß zersetzenden Mikroorganismen unterdrücken, verdirbt ein SB-verpacktes Brühwurstherzeugnis vorwiegend durch eine übermäßige Säuerung und nicht durch Fäulnis (LAUTENSCHLÄGER und TROEGER 2007). Erfolgt während des Brühprozesses eine nicht ausreichende Garung (K_T s. o.) der Würste, können Milchsäurebakterien überleben, die aufgrund der Reaktion des von ihnen gebildeten Wasserstoffperoxids mit dem Myoglobin zu einer Grünfärbung des Produktes führen (KRÄMER 2002). Hefen und Schimmelpilze spielen als Verderbserreger nur bei den Produkten eine Rolle, die über einen längeren Zeitraum gelagert werden. Dieser Sachverhalt wird durch den, im Vergleich zu den Bakterien, deutlich langsameren Vermehrungsprozess begründet (LÜCKE und TRÖGER 2007). Genaue Angaben für den Lagerungszeitraum in Bezug auf das Wachstum von Hefen und Schimmelpilzen sind nicht möglich, da dieser ein produkt-, herstellungs- und lagerungsspezifischer Faktor ist. Ein gesundheitliches Risiko für den Verbraucher besteht nur dann, wenn es im Rahmen des Schimmelbefalles eines Lebensmittels zur Bildung von Mykotoxinen kommt (SOFOS 2005).

Infolge des mikrobiologischen und sensorischen Verderbs können nach WEBER (2003) diverse Qualitätsminderungen der Brühwurstherzeugnisse die Folge sein, wie eine Schleimbildung auf der Produktoberfläche, eine Übersäuerung durch Milchsäurebildner, eine durch Laktobazillen verursachte Grünverfärbung, und/oder ein CO₂-Geschmack.

2.6.3 Hürdentechnologie für Brühwurstzeugnisse

In Fleischerzeugnissen können durch Milieufaktoren und technologische Maßnahmen das Wachstum und die Vermehrung von Mikroorganismen im positiven wie auch im negativen Sinne beeinflusst werden. Nach LEISTNER (1978) empfiehlt sich der Einsatz einer Hürdentechnologie. Der Begriff „Hürdentechnologie“ beziehungsweise „Hürden-Effekt“ meint, dass mit mehreren Faktoren (Hürden) eine Hemmung des Wachstums der Mikroorganismen in Fleisch und Fleischerzeugnissen erfolgt. Die Summe aller Hürden erhöht die mikrobiologische Qualität der Brühwurstzeugnisse. Je nach An- und Abwesenheit bzw. nach der unterschiedlichen Ausprägung der einzelnen Hürden, kann die mikrobiologische Sicherheit des Produktes variieren (LEISTNER 1978; BRAUER 2004). Als Hürden, die in das Produkt bzw. in die Produkttechnologie integriert werden können, um ein mikrobiologisch sicheres Lebensmittel zu produzieren, werden eine möglichst hohe Kerntemperatur beim Erhitzen, eine ununterbrochene und sachgemäße Kühlung, ein möglichst niedriger a_w -Wert und pH-Wert, die Verpackung unter Vakuum/Schutzgas, der Einsatz von Nitrit und Frischhaltern (Zutaten von Frischhaltern sind beispielsweise Säureregulatoren, Salz, Stabilisatoren, etc.) sowie ein möglichst hoher Hygienestandard angegeben (LEISTNER 1978; SIELAFF 1996; WEBER 2003a; BRAUER 2004).

2.7 Brühwursterzeugnisse im Lebensmittelrecht

2.7.1 Simplese® 100 in Brühwursterzeugnissen

Grundsätzlich gilt, dass es für den Zusatz von Molkenproteinen in Brühwursterzeugnissen keine gesetzlich festgelegte Obergrenze gibt, was in Bezug auf die Zugabemenge des Molkenproteinkonzentrates Simplese® 100 von Bedeutung ist.

Die Kennzeichnung einer fettreduzierten Brühwurst mit einem Fettaustauschstoff ist davon abhängig, ob das Brühwursterzeugnis noch als „Brühwursterzeugnis“ deklariert werden darf. Nach §§ 3 Abs. 1 Nr. 1, 4 Abs. 1 der Verordnung über die Kennzeichnung von Lebensmitteln (Lebensmittelkennzeichnungsverordnung; LMKV) ist ein Lebensmittel mit der Verkehrsbezeichnung zu kennzeichnen. Die Verkehrsbezeichnung ist gemäß § 4 Abs. 1 LMKV grundsätzlich die in Rechtsvorschriften festgelegte Bezeichnung. Eine gesetzlich vorgeschriebene Bezeichnung gibt es für Brühwursterzeugnisse allerdings nicht.

Fehlt eine in Rechtsvorschriften festgelegte Bezeichnung, so ist die Verkehrsbezeichnung gemäß § 4 Abs. 1 LMKV:

1. die nach allgemeiner Verkehrsauffassung übliche Bezeichnung oder
2. eine Beschreibung des Lebensmittels und erforderlichenfalls seine Verwendung, die es dem Verbraucher ermöglicht, die Art des Lebensmittels zu erkennen und von verwechselbaren Erzeugnissen zu unterscheiden.

Die Leitsätze für Fleisch und Fleischerzeugnisse, bei denen es sich um keine verbindliche Rechtsvorschrift handelt, können einen wesentlichen Anhaltspunkt auf die Frage geben, was die nach allgemeiner Verkehrsauffassung übliche Bezeichnung ist (Nr. 1). Nach 2.222.1 der Leitsätze für Fleisch und Fleischerzeugnisse wird für fein zerkleinerte Brühwürste nach Art einer norddeutschen Mortadella als Ausgangsmaterial grob entsehtes Rindfleisch, grob entfettetes Schweinefleisch, fettgewebereiches Schweinefleisch und Speck angegeben. Als Analysewerte werden ein Gehalt von nicht weniger als 8 % bindgewebseiweißfreiem Fleischeiweiß sowie histometrisch nicht unter 65 Vol.-% und chemisch nicht unter 75 % bindgewebseiweißfreiem Fleischeiweiß im Fleischeiweiß genannt. Werden diese Vorgaben in Folge des Einsatzes eines Fettaustauschstoffes nicht erfüllt, ist die allgemein übliche Bezeichnung „Brühwurst nach Art einer norddeutschen Mortadella“ nicht mehr zutreffend. In diesem Fall ist die Verkehrsbezeichnung nach § 4 Abs. 1 Nr. 2 LMKV eine verständliche Beschreibung des Lebensmittels, wie beispielsweise „brühwurstartiges Erzeugnis mit einem Fettaustauschstoff“.

Mit Änderung der Richtlinie 2000/13/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. März 2000 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Etikettierung und Aufmachung von Lebensmitteln sowie die Werbung hierfür durch die Richtlinie 2003/89/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 10. November 2003 zur Änderung der Richtlinie 2000/13/EG hinsichtlich der Angabe der in Lebensmitteln enthaltenen Zutaten wurde EU-weit eine verpflichtende Kennzeichnung von allen Zutaten, unter anderem auch von Stoffen, die allergische Reaktionen oder Unverträglichkeiten auslösen können (siehe Anhang III a der Richtlinie 2000/13/EG) eingeführt. Die Umsetzung der Richtlinie 2003/89/EG erfolgte in der Bundesrepublik am Ende des Jahres 2004 durch die 3. Verordnung zur Änderung der Lebensmittel-Kennzeichnungsverordnung (LMKV) und anderer lebensmittelrechtlicher Vorschriften vom 10. November 2004. Dabei wurde der Anhang III a der Richtlinie 2003/89/EG eingefügt. § 3 Abs. 1 Nr. 3, § 5 Abs. 3 und § 6 i. V. mit Anlage 3 der Lebensmittel-Kennzeichnungsverordnung sehen die Verpflichtung der Kennzeichnung von Zutaten, die allergische oder andere Unverträglichkeitsreaktionen auslösen können, wie beispielsweise glutenhaltige Getreide, Milch und Soja sowie der daraus hergestellten Erzeugnisse vor.

2.7.2 Transglutaminase in Brühwurstherzeugnissen

Für Enzyme (EC 2.3.2.13) wie Transglutaminase findet die Verordnung (EG) Nr. 1333/2008 Anwendung. Nach dem Erwägungsgrund der Verordnung müssen Lebensmittelenzyme grundsätzlich als Zutat gekennzeichnet werden. Das gilt jedoch dann nicht, wenn die Enzyme keine technologische Funktion im Enderzeugnis erfüllen und nur wegen ihrer Verwendung als Verarbeitungshilfsstoff im Lebensmittel vorhanden sind. Ein Verarbeitungshilfsstoff ist ein Stoff, der nicht selbst als Zutat eines Lebensmittels verzehrt wird, jedoch aus technologischen Gründen während der Be- oder Verarbeitung von Lebensmitteln verwendet wird und unbeabsichtigte, technisch unvermeidbare Rückstände in gesundheitlich unbedenklichen Anteilen hinterlässt, die sich technologisch nicht auf das Lebensmittel auswirken (§ 2 Abs. 2 Nr. 1 LFGB). Soweit die Transglutaminase als Verarbeitungshilfsstoff eingesetzt wird, muss das Enzym gemäß §§ 6, 5 Abs. 2 Nr. 3 LMKV nicht im Zutatenverzeichnis aufgeführt werden. Bei der Transglutaminase im ACTIVA® WM-Präparat handelt es sich gemäß Richtlinie 2000/13EG um kein Allergen. Zudem sind die Transglutaminasen in ACTIVA® WM-Präparaten gemäß der EU Gesetzgebung Nicht-GV-Produkte (GV = genetisch verändert).

2.7.3 Rapsöl in Brühwurstherzeugnissen

Rapsöl kann gemäß § 6 Abs. 4 Nr. 1 i. V. m. Anlage 1 LMKV im Zutatenverzeichnis angegeben werden. Zulässig ist die Bezeichnung „pflanzliches Öl“.

2.7.4 Erhöhte Fremdwasserzugabe zu Brühwurstherzeugnissen

Für die Zugabemenge von Fremdwasser gibt es keine gesetzlich bindende Vorgabe. In den Leitsätzen für Fleisch und Fleischerzeugnisse findet sich unter 2.22 lediglich der Hinweis, dass die Menge des verwendeten Trinkwassers bei den einzelnen Wurstsorten verschieden ist. Für die Etikettierung gilt, dass im Zutatenverzeichnis die Zutat „Wasser“ gemäß § 6 Abs. 1 LMKV grundsätzlich aufgeführt werden muss. Die Angabe „Wasser“ darf nur dann entfallen, wenn im Enderzeugnis weniger als 5 % Wasser vorhanden sind, wobei sich der Anteil des zugefügten Wassers durch Abzug der Summe der Gewichtsanteile aller anderen verwendeten Zutaten von der Gesamtmenge des Enderzeugnisses ergibt (§ 6 Abs. 1 LMKV).

Sollten mehr als 5 % Wasser im Endprodukt vorhanden sein, so ist für das Zutatenverzeichnis zu beachten, dass die Zutaten gemäß § 6 Abs. 1 LMKV entsprechend ihres Gewichtsanteils in absteigender Reihenfolge angegeben werden.

2.7.5 Funktionelle Lebensmittel

Sowohl in der Bundesrepublik Deutschland, als auch in der Europäischen Union, liegt für funktionelle Lebensmittel keine lebensmittelrechtliche Definition vor. Dennoch befinden sich diese Nahrungsmittel nicht in einem rechtsfreien Raum. Es gelten die allgemeinen Bestimmungen für das Inverkehrbringen von Lebensmitteln. Für Angaben bezogen auf den Nährwert und die Gesundheit gilt die Verordnung (EG) Nr. 1924/2006, auch bekannt als „Health-Claims-Verordnung“. Darüber hinaus muss die Auslobung eines funktionellen Zusatznutzens den Bestimmungen des § 11 (Schutz vor Täuschung) und § 12 (Verbot vor krankheitsbezogener Werbung) des Gesetzes zur Neuordnung des Lebensmittel- und Futtermittelrechts (LFGB) entsprechen. Gegebenenfalls muss zudem die Verordnung (EG) Nr. 258/97 (Novel-Food-Verordnung) oder die Anreicherungs-Verordnung (EG) Nr. 1925/2006 (Verordnung über den Zusatz von Vitaminen und Mineralstoffen sowie bestimmter anderer Stoffe zu Lebensmitteln) herangezogen werden.

2.7.6 Beachtung der VO (EG) Nr. 1924/2006 und der VO (EG) Nr. 258/97

Bei Verordnungen tritt, im Gegensatz zu Richtlinien, die Regelung unmittelbar in allen Mitgliedsstaaten der europäischen Union in Kraft und muss nicht erst durch die nationalen Gesetzgeber umgesetzt werden.

Die Verordnung über nährwert- und gesundheitsbezogene Angaben (Verordnung EG 1924/2006; VNGA; Health-Claims-Verordnung) regelt nährwert- und gesundheitsbezogene Angaben. Demnach gilt ein Lebensmittel als „energiereduziert“, wenn der physiologische Brennwert um mindestens 30 % verringert ist. Dabei sind die Eigenschaften anzugeben, die zu der Reduktion des physiologischen Gesamtbrennwertes geführt haben. Hingegen wird ein festes Lebensmittel dann als „fettarm“ bezeichnet, wenn dieses weniger als 3 g Fett/100 g Gesamtgewicht aufweist. Die Angabe, dass ein Lebensmittel eine „Proteinquelle“ darstellt, ist nur dann zulässig, wenn auf den Proteinanteil mindestens 12 % des gesamten Brennwertes des Lebensmittels entfallen. Darüber hinaus ist die Angabe, dass ein Lebensmittel einen „hohen Proteingehalt“ aufweist, nur zulässig, wenn auf den Proteinanteil mindestens 20 % des gesamten Brennwertes des Lebensmittels entfallen.

Die Verordnung über neuartige Lebensmittel und neuartige Lebensmittelzutaten (VO (EG) Nr. 258/97; Novel-Food-Verordnung) findet entsprechend Art. 1 Abs. 2 c) auf das Inverkehrbringen von Lebensmitteln und Lebensmittelzutaten in der Gemeinschaft Anwendung, die vor 1997 noch nicht in nennenswertem Umfang für den menschlichen Verzehr verwendet wurden und die eine neue oder gezielt modifizierte primäre Molekularstruktur aufweisen. Ein klassisches Brühwurstherzeugnis stellt kein Novel Food dar. Auch durch den Einsatz von Fettaus-tauschstoffen wie Simplese[®] 100 in fettreduzierten Brühwurstherzeugnissen tritt die VO (EG) Nr. 258/97 für diese Lebensmittel nicht in Kraft, da es niemals ein Zulassungsverfahren für Simplese[®] 100 als Novel-Food gegeben hat. Der Grund hierfür ist vermutlich, dass Fettaus-tauschstoffe auf Proteinbasis schon vor 1997 in der EU in einem nennenswerten Umfang verwendet wurden. Simplese[®] 100 kann aber gleichwohl in der EU in Verkehr gebracht werden.

2.7.7 Mikrobiologische Kriterien

Für bestimmte, meist leicht verderbliche Lebensmittel existieren in Bezug auf deren hygienisch-mikrobiologischen Beschaffenheit rechtsverbindliche Anforderungen, die in der VO (EG) 2073/2005 (Verordnung über mikrobiologische Kriterien für Lebensmittel) festgehalten sind.

Daneben stellt die Fachgruppe Lebensmittelmikrobiologie und –hygiene der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM) für eine Vielzahl von Lebensmitteln mikrobiologische Richt- und Warnwerte auf. Hierdurch soll eine objektive Grundlage zur Beurteilung der hygienisch-mikrobiologischen Beschaffenheit der Produkte gegeben werden. Die Werte sind rechtlich nicht bindend, geben aber sowohl den Herstellern und Inverkehrbringern als auch der amtlichen Lebensmittelüberwachung Anhaltspunkte hinsichtlich der Zuordnung zu allgemeinen rechtlichen Anforderungen. Die Richtwerte geben eine Orientierung darüber,

welches produktspezifische Mikroorganismenspektrum zu erwarten ist und welche Mikroorganismengehalte in den jeweiligen Lebensmitteln bei Einhaltung einer guten Hygienepraxis akzeptabel sind. Demzufolge gelten Lebensmittelproben, die einen Keimgehalt unter oder gleich dem Richtwert aufweisen, mikrobiologisch als verkehrsfähig. Indessen geben die Warnwerte Mikroorganismengehalte an, deren Überschreitung anzeigt, dass die Prinzipien einer guten Hygiene- und/oder Herstellungspraxis verletzt wurden. Bei einer Warnwertüberschreitung von pathogenen Mikroorganismen (z. B. Salmonellen oder *Listeria monocytogenes*) ist eine Gesundheitsgefährdung des Verbrauchers nicht auszuschließen.

Die **Tabelle 4** gibt einen Überblick über die von der DGHM zur Beurteilung von Brühwurst aufgestellten mikrobiologischen Richt- und Warnwerte.

Tabelle 4: Mikrobiologische Richt- und Warnwerte für Brühwurst (DGHM 2010) (St = vakuumverpackte Stückware; A = Aufschnittware; KbE/g = Kolonie bildende Einheiten pro Gramm).

	<u>Ware</u>	<u>Richtwert</u> <u>(KbE/g)</u>	<u>Warnwert</u> <u>(KbE/g)</u>
Aerobe mesophile Gesamtkeimzahl	St	$5 * 10^4$	---
	A	$5 * 10^6$	---
<i>Enterobacteriaceae</i>	St	$1 * 10^2$	$1 * 10^3$
	A	$1 * 10^3$	$1 * 10^4$
Milchsäurebakterien	St	$5 * 10^4$	---
	A	$1 * 10^6$	---
Hefen	A	$1 * 10^4$	---

2.8 Methoden zur Beurteilung der Qualitätsparameter von Brühwurstzeugnissen

2.8.1 Definition des Qualitätsbegriffes

An dieser Stelle soll zunächst eine Definition des Qualitätsbegriffes erfolgen, bevor auf die einzelnen Methoden, die zur Beurteilung der Qualitätsparameter von Brühwurstzeugnissen herangezogen werden können, eingegangen wird.

Nach DIN EN ISO 9000 ist die Qualität definiert als der „Grad, in dem ein Satz inhärenter Merkmale Anforderungen erfüllt“. Merkmale werden dabei als „kennzeichnende Eigenschaften“ definiert. Eine Anforderung wird dagegen als „Erfordernis oder Erwartung, das oder die festgelegt, üblicherweise vorausgesetzt oder verpflichtend ist“ umschrieben.

Demnach ist die Qualität die Erfüllung der vorher festgelegten Eigenschaften. Wenn die festgelegten oder vorausgesetzten Forderungen an ein Produkt erfüllt sind, ist es qualitativ hochwertig und man spricht von „Qualität“. Im Falle der Nichterfüllung spricht man von einer „Nicht-Qualität“. Damit repräsentiert Qualität nicht das Außergewöhnliche, sondern das Normale.

Die Lebensmittelqualität setzt sich aus dem Eignungswert (Nutzwert, Marktwert, ökonomischer Wert, Handlungswert, Verwendungswert, technologischer Wert, Gebrauchswert), dem Genusswert (sensorische Qualität, „äußerer Wert“) und dem Gesundheitswert (ernährungsphysiologischer Wert, Nährwert, biologischer Wert, „innerer Wert“) zusammen (LEITZMANN und SICHERT-OEVERMANN 1990).

2.8.2 Sensorische Analyse

Die Wissenschaft der sensorischen Analyse beschäftigt sich mit der Qualitätsbestimmung der sensorischen Merkmalseigenschaften von Lebensmitteln, unter Zuhilfenahme der menschlichen Sinne (DIN EN ISO 5492:2009).

Die Lebensmittelsensorik wird auf vielfältige Art und Weise bei der Produktentwicklung und -auswahl, der Wareneingangskontrolle, der Untersuchung der Haltbarkeit, der Kostenreduzierung sowie bei der Grundlagenforschung von Lebensmitteln eingesetzt. Zudem eignet sie sich zu der Untersuchung der Verbraucherakzeptanz (BUSCH-STOCKFISCH 2002). Insofern nimmt die Lebensmittelsensorik einen hohen Stellenwert bei der Produkt-, Zutaten- und Prozessentwicklung und -optimierung ein. Hierbei gilt es, den Genusswert des Lebensmittels zu erfassen, der sich aus diversen Einflüssen, wie beispielsweise aus der Rezeptur und der Verarbeitungstechnologie, einschließlich der Lagerung und der Verpackung, zusammensetzt (PAULUS und KOCH 2000).

Die ersten Entwicklungsschritte der Lebensmittelsensorik fanden während der 1940er Jahre in den skandinavischen Ländern statt, bevor in den 1950er Jahren intensive Studien in den USA und in diversen europäischen Ländern folgten (FLIEDNER und WILHELM 1993). Die fortschreitende Entwicklung dieses eigenständigen Wissensgebietes fand vornehmlich in den hochindustrialisierten Ländern statt, in denen die Wünsche der Konsumenten nach Erzeugnissen mit einem hohen Qualitätsstandard existierten (NEUMANN und MOLNAR 1991). In der Gegenwart gehört die sensorische Produktforschung zu den allgemein anerkannten Forschungsgebieten und bildet eine Schnittstelle zwischen der experimentellen Psychologie, der Lebensmittelwissenschaft und der Marketingforschung (SCHARF 2000). Ein weiterer Fortschritt für die Lebensmittelsensorik ist durch die Fülle der mittlerweile vorliegenden nationalen (DIN) und internationalen (ISO) Normen zu verbuchen, die zu einer nachvollziehbaren Standardisierung der Methodik führen.

Die sensorischen Prüfmethode werden in analytische (objektive) und hedonische (subjektive) Methoden unterteilt (**siehe Tab. 5**) (LIPTAY-REUTER und PTACH 1998; SCHARF 2000; BUSCH-STOCKFISCH 2002; DERNDORFER 2006).

Analytische Prüfverfahren werden von einem selektierten und teilweise trainierten Panel in einem Testlabor durchgeführt. Dabei müssen die persönlichen Meinungen und Einflüsse weitestgehend ausgeschlossen werden und die Untersuchung erfolgt nach besonderen Vorgaben (v. a. die Prüftechnik betreffend). Die analytischen Prüfverfahren werden unterteilt in Unterschiedsprüfungen oder Diskriminationstests und in die beschreibenden oder deskriptiven Prüfungen (Profilprüfung). Die Unterschiedsprüfungen oder Diskriminationstest sind Verfahren zur Identifizierung sensorischer Produktunterschiede, wozu sensorische Methoden wie die Dreiecksprüfung, Schwellenwertprüfung oder Rangordnungsprüfung zählen. Dagegen sind die beschreibenden oder deskriptiven Prüfungen Verfahren zur Identifizierung und Quantifizierung sensorischer Produkteigenschaften, wozu die einfach beschreibende Prüfung oder die Profilprüfung zählen.

Hedonische oder affektive Prüfmethode werden an verschiedenen Testorten und mit ungeschulten Konsumenten durchgeführt. Hierbei wird vor allem der Einstellung und der Meinung der Prüfpersonen zu den Prüfproben bzw. Attributen Beachtung geschenkt und es stehen die Vorlieben und Bedürfnisse der Panelisten im Vordergrund. Die hedonischen Prüfmethode werden unterteilt in Präferenz- und in Akzeptanztests. Die Präferenztests sind Verfahren zur Ermittlung sensorischer Präferenzurteile, während die Akzeptanztest Verfahren zur Ermittlung sensorischer Akzeptanzurteile darstellen. Zu den Präferenztests zählen unter anderem der einfache Paarvergleich und die Präferenzrangfolge, während den Akzeptanztests beispielsweise

se die sensorischen Methoden der Neun-Punkte-Hedonik-Skala und der „Just-right“ Skalen zugeordnet werden.

Tabelle 5: Überblick über die sensorischen Prüfmethoden (modifiziert nach LIPTAY-REUTER und PTACH 1998; SCHARF 2000; BUSCH-STOCKFISCH 2002; DERNDORFER 2006).

<u>Sensorische Prüfmethoden</u>			
Analytische Prüfmethoden (Verfahren zur <u>Produktwahrnehmung</u>)		Hedonische oder affektive Prüfmethoden (Verfahren zur Messung der <u>Produktbeurteilung</u>)	
<ul style="list-style-type: none"> • Objektiv • Testort: Labor • Testpersonen: selektiert, z.T. trainiert • Persönliche Meinungen & Einflüsse werden weitestgehend ausgeschlossen • Untersuchung nach bestimmten Vorgaben • Mögliche Fragestellungen: <ul style="list-style-type: none"> - Besteht ein Unterschied zwischen Proben? - Ab welchen Konzentrationen werden Reize wahrgenommen/erkannt? - Rangordnung nach Intensität eines Attributes - Beschreibung von Proben & Bewertung der Intensivität von Attributen 		<ul style="list-style-type: none"> • Subjektiv • Testort: unterschiedlich • Testpersonen: ungeschulte Konsumenten • Persönliche Einstellung & Meinung zu Prüfproben bzw. Attributen • Prüfpersonen mit ihren Vorlieben & Bedürfnissen stehen im Vordergrund • Mögliche Fragestellungen: <ul style="list-style-type: none"> - Akzeptanz - Präferenz 	
Unterschiedsprüfungen oder Diskriminationstests (Verfahren zur Identifizierung sensorischer Produktunterschiede)	Beschreibende Prüfungen oder Deskriptive Prüfungen (Profilprüfungen) (Verfahren zur Identifizierung und Quantifizierung sensorischer Produkteigenschaften)	Präferenztests (Verfahren zur Ermittlung sensorischer Präferenzurteile)	Akzeptanztests (Verfahren zur Ermittlung von sensorischen Akzeptanzurteilen)
<ul style="list-style-type: none"> • Dreiecksprüfung oder Triangeltest (DIN EN ISO 4120) • Duo-Trio-Prüfung (DIN EN ISO 10399) • Paarweise Vergleichsprüfung oder Duo-Test (DIN EN ISO 5495) • Schwellenwertprüfung (DIN 10959) • Rangordnungsprüfung (DIN ISO 8587) • A not A Test (DIN 10972) • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • Einfach beschreibende Prüfung (DIN 10964) • Profilprüfung (div. normative Vorschriften) • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • Einfacher Paarvergleich • Präferenzrangfolgen • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • Neun-Punkte-Hedonik-Skala • „Just-right“-Skalen • ...

2.8.2.1 Profilprüfung (Deskriptive Prüfung)

Die Profilprüfung ist eine deskriptive sensorische Analyse (analytisches Prüfverfahren) und zählt dementsprechend zu den anspruchsvollsten und fortschrittlichsten Prüfverfahren der Lebensmittelsensorik (NEUMANN und MOLNÁR 1991; LIPTAY-REUTER und PTACH 1998; LAWLESS und HEYMANN 1998). Sie wird vorwiegend dann eingesetzt, wenn Unterschiede zwischen zwei oder mehreren Proben existieren und analysiert werden sollen (LIPTAY-REUTER und PTACH 1998). Durch die deskriptive sensorische Analyse können qualitative (charakteristische Parameter des Produktes), quantitative (Intensität der Merkmalseigenschaften) und zeitliche (Merkmalsveränderungen während des Kauvorganges) Aspekte des Prüfgutes bestimmt werden (FLIEDNER und WILHELMI 1993; LIPTAY-REUTER und PTACH 1998; STONE und SIDEL 2004). FLIEDNER und WILHELMI (1993) benennen zudem den Gesamteindruck eines Prüfgutes als eine weitere Komponente der Profilprüfung. Die Merkmalseigenschaften werden von Testpersonen beschrieben und die Intensitätsbeurteilung erfolgt mittels Skalen. Daraus resultieren sogenannte Produktprofile, die den Vergleich zwischen den einzelnen Prüfproben ermöglichen und zudem ein detailliertes sensorisches Ergebnis darstellen, woraus wiederum Beziehungen zwischen den chemisch-physikalischen Komponenten des Produktes und den durch sie ausgelösten sensorischen Eigenschaften zuverlässig aufgedeckt werden können (SCHARF 2000; DERNDORFER 2006).

Laut SCHARF (2000) lassen sich, trotz der Vielzahl an Methoden im Bereich der deskriptiven Verfahren, drei Untersuchungsschritte differenzieren. So unterscheidet er die Phasen der Auswahl (Screening) der Prüfpersonen, die Schulung der Panelmitglieder und der eigentlichen Messung (Profiling). Während der Auswahlphase wird eine größere Anzahl an potentiellen Teilnehmern durch geeignete Testverfahren auf geeignete Panelisten reduziert. Die Schulungsphase bringt dem Panel die Besonderheiten der Aufnahme und Verarbeitung sensorischer Produktinformationen näher. Im Rahmen der Phase der Messung werden die Testprodukte von den geschulten Prüfern einer sensorischen Analyse unterzogen (SCHARF 2000). Die Vorgehensweise bei der Erstellung eines Produktprofiles ist abhängig von der eingesetzten Prüfmethode und der verwendeten Vorschrift. Anschließend erfolgen die statistische Auswertung und die grafische Darstellung der Ergebnisse (LAWLESS und HEYMANN 1998; MEILGAARD et al. 1999).

2.8.2.1.1 Methoden zur deskriptiven Prüfung

Als Methoden zur deskriptiven Prüfung werden in der Literatur unter anderem die Flavour-Profil-Methode, die Quantitative-Deskriptive-Analyse, die Textur-Profil-Analyse, das konventionelle Profil, das Free-Choice-Profil, die Spektrum-Deskriptive-Analyse, die Zeit-

Intensitäts-Analyse, die Verdünnungs-Profil-Analyse, die einfach beschreibende Prüfung und die Prüfbestimmungen der DLG ab 1974 genannt (FLIEDNER und WILHELMI 1993; LIPTAY-REUTER und PTACH 1998; SCHARF 2000; PIPER und SCHARF 2001a; DERNDORFER 2006).

2.8.2.1.1.1 Flavour-Profil-Methode (FPM) (ISO 6564)

Die Flavour-Profil-Methode dient zur Bestimmung des Flavours von Lebensmitteln. Der Begriff „Flavour“ wird gemäß der DIN EN ISO 5492:2009 als die „Gesamtheit der komplexen olfaktorischen, gustatorischen und trigeminalen Sinneseindrücke, die beim Verkosten wahrgenommen werden“ definiert. Diese Prüfmethode gilt als der Ursprung für die Entwicklung der Verfahren zur objektiven Beschreibung der sensorischen Produktwahrnehmung (SCHARF 2000; DERNDORFER 2006). Die meist hochqualifizierten Panelisten arbeiten in einem Team, um ein Konsens zu erzielen (DERNDORFER 2006). Anhand von Beispielen lernen die Panelisten möglichst viele Merkmalseigenschaften zu beschreiben, die Intensitätsunterschiede zwischen Produkten anzugeben und den Gesamteindruck zu bewerten, bevor im Anschluss eine Einzelbewertung des Prüfgutes erfolgt und die individuellen Ergebnisse in einer offenen Sitzung diskutiert werden. Das Gruppenurteil führt zu einem endgültigen Profil (LIPTAY-REUTER 1998). Flavour-Profile werden oftmals mittels halbkreisförmiger Diagramme abgebildet, bei denen im Uhrzeigersinn die Aromaeindrücke qualitativ sowie quantitativ in der Reihenfolge des Auftretens eingezeichnet sind (FLIEDNER und WILHELMI 1993). Die Länge der Strahlen gibt eine Auskunft über die Intensität der Merkmale (LIPTAY-REUTER 1998).

2.8.2.1.1.2 Quantitative-Deskriptive-Analyse (QDA)

Für die Quantitative-Deskriptive-Analyse liegen aktuell keine normativen Vorschriften vor. Sie besitzt gegenwärtig von allen deskriptiven Methoden die größte Relevanz (SCHARF 2000; DERNDORFER 2006). Im Rahmen der Quantitativen-Deskriptiven-Analyse können sämtliche sensorischen Merkmale einer Probe erfasst werden (STONE et al. 1974; FLIEDNER und WILHELMI 1993; SCHARF 2000). Neben der Bestimmung der qualitativen und quantitativen Eigenschaften soll dabei der Gesamteindruck des Prüfgutes aufgeschlüsselt werden (LIPTAY-REUTER und PTACH 1998). Die Prüfmethode der Quantitativen-Deskriptiven-Analyse eignet sich zur Durchführung von Multi-Produkt-Analysen (STONE et al. 1974).

2.8.2.1.1.3 Sensorische Textur-Profil-Analyse (TPA) (ISO 11036)

Der Texturbegriff umfasst alle Eigenschaften eines Lebensmittels, die durch Kraft- und Berührungssinne im Mund wahrgenommen werden (TILGNER 1979). Die DIN EN ISO 5492 (2009) definiert den Texturbegriff (im Mund) als sämtliche mechanische, geometrische, oberflächen- und körperbezogenen Merkmalseigenschaften eines Prüfmateri als, die vom ersten Biss bis zum abschließenden Schlucken über kinästhetische und somästhetische Rezeptoren sowie (gegebenenfalls) über visuelle und auditive Rezeptoren wahrnehmbar sind.

Neben dem Aroma, Aussehen, Geschmack und ernährungsphysiologischem Wert gehört die Textur zu den primären Qualitätsfaktoren bei Beurteilung der Gesamtqualität eines Lebensmittels (LUGINBÜHL 1996; BOURNE 2002). ESCHER (1993) sieht die Bedeutung der Textur in ihrer Nachhaltigkeit, die durch den intensiven Kauvorgang und das Abschlucken des Speisebreis entsteht.

Aufgrund der Erkenntnis, dass die Textur von Lebensmitteln einen immer höheren Stellenwert bei der Verbraucherakzeptanz erlangte und zudem lange Zeit ausschließlich instrumentelle Analysen zur Texturbestimmung existierten, wurde die Entwicklung einer sensorischen Methode zur Texturbeurteilung von Lebensmitteln vorangetrieben (SZCZESNIAK 1975). Die Methode wurde erstmals von SZCZESNIAK (1963) beschrieben. Bei der sensorischen Textur-Profil-Analyse sollen die Intensitäten aller die Textur eines Produktes betreffenden Eigenschaften vom Panel systematisch und reproduzierbar erfasst werden (SCHARF 2000).

FLIEDNER und WILHELMI (1993) definieren die sensorische Textur-Profil-Analyse als eine Methode, bei der die Texturparameter qualitativ und quantitativ sowie in der Reihenfolge in der sie auftreten, vom ersten Biss bis zur vollständigen Zerkleinerung, klassifiziert werden. Spezifische Attribute müssen auf das jeweilige Produkt abgestimmt werden und umfassen mechanische, geometrische, feuchtigkeits- und fettbezogene Aussagen (FLIEDNER und WILHELMI 1993). Das Lebensmittel wird von einem geschulten Panel anhand standardisierter Referenzskalen und definierter Verbalattribute beurteilt (ROHM und VEITS 1989), wobei die Attribute sowohl vom Panel ermittelt, als auch vom Pannelleiter vorgegeben werden können (SCHARF 2000).

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die Prüfpersonen, die für die sensorische Textur-Profil-Analyse eingesetzt werden, nach Möglichkeit ein vollständiges und intaktes Gebiss mit einem hohen Gesundheitszustand aufweisen sollten, damit einheitliche und aussagekräftige Ergebnisse ermittelt werden können. Verschiedene Materialien, die im Rahmen des Zahnersatzes verwendet werden, könnten zu einer unterschiedlichen Texturwahrnehmung (v. a. in Bezug auf die Adhäsion) der Prüfpersonen führen.

2.8.2.1.1.3.1 Phasen des Kauvorganges

Während des Kauvorganges werden mehrere Phasen differenziert, in deren Verlauf unterschiedliche Texturwahrnehmungen stattfinden. **Abbildung 6** stellt den Bewertungsablauf während der sensorischen Textur-Profil-Analyse dar. Dabei werden die Abschnitte des ersten Bisses, der Kauphase und der Resteindrücke unterschieden (ROHM und VEITS 1989). Während dieser Abschnitte können verschiedenartige Parameter und Texturattribute festgestellt werden.

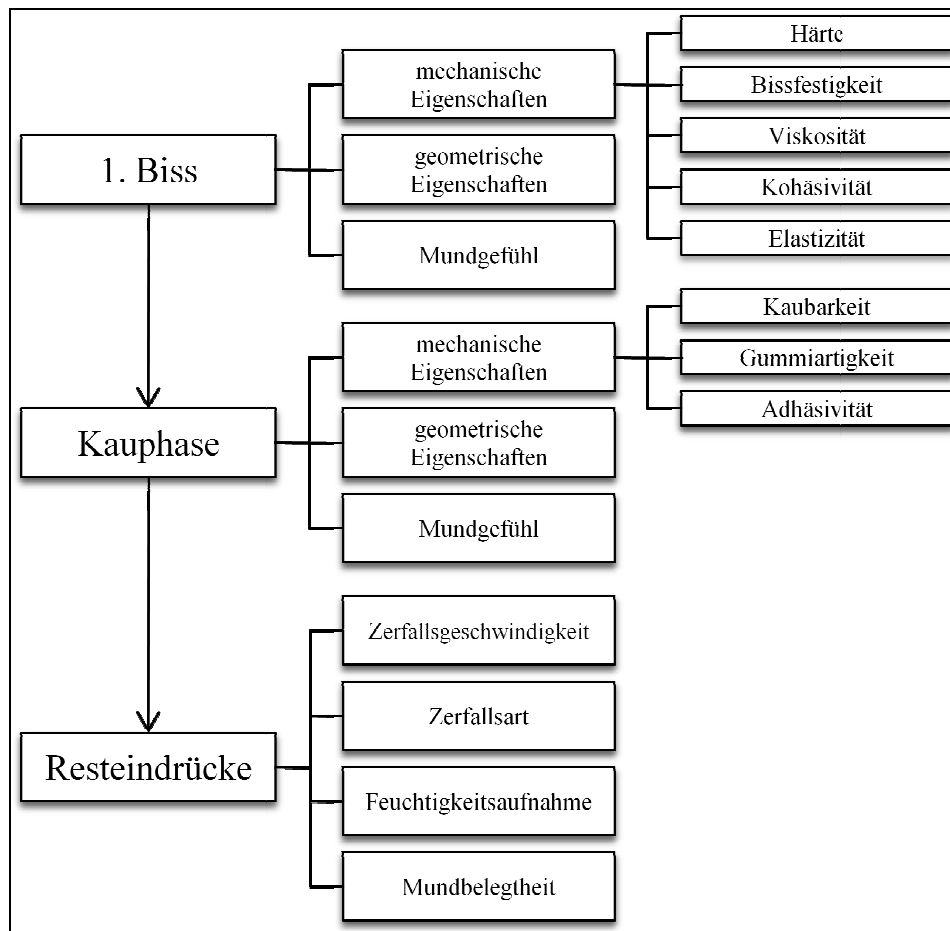


Abbildung 6: Bewertungsablauf während der sensorischen Textur-Profil-Analyse (modifiziert nach ROHM und VEITS 1989).

2.8.2.1.1.3.2 Texturattribute der sensorischen Textur-Profil-Analyse (TPA)

Im Folgenden werden die Texturattribute theoretisch behandelt, die sowohl im Rahmen der sensorischen als auch der instrumentellen Textur-Profil-Analyse dieser Arbeit untersucht wurden. In Verbindung mit einer Reduktion des Fettgehaltes von Brühwurstzeugnissen sind Veränderungen bei diesen Texturmerkmalen zu erwarten.

Die mechanischen Texturattribute werden für feste und halbfeste Lebensmittel in die vier primären Kenngrößen Härte, Adhäsion, Kohäsivität und Elastizität und in die drei sekundären Kenngrößen Bissfestigkeit, Kaubarkeit und Gummiartigkeit eingeteilt (ISO 11036:1994).

Härte (Festigkeit)

Die Härte wird als der Widerstand, den die Probe einer Deformation während der ersten Kompression entgegensetzt, definiert (SZCZESNIAK et al. 1963; BOURNE 1978; MUÑOZ 1986; ROHM und VEITS 1989; ISO 11036:1994). Nach DIN EN ISO 5492 ist die Härte die mechanische Merkmalseigenschaft der Textur, die auf die Kraft bezogen ist, die zum Erreichen einer bestimmten Verformung, eines Eindringens oder eines Bruches des Prüfmaterials erforderlich ist. Für eine gute Vergleichbarkeit von verschiedenartigen Lebensmitteln muss die Probe zügig und gleichmäßig verformt werden (MÜHLE 2003). Hierzu ist das Prüfgut zwischen die Backenzähne zu nehmen und möglichst zügig und gleichmäßig zusammen zu pressen. Der Prüfer muss dabei den Widerstand messen, den die Probe einer Deformation entgegensetzt (ISO 11036:1994).

Adhäsion (Klebrigkeit)

Die Adhäsion ist die mechanische Merkmalseigenschaft der Textur, die sich auf die erforderliche Kraft bezieht, die notwendig ist, um an einem Trägermaterial (bzw. Mund) haftendes Prüfmaterial zu entfernen (SZCZESNIAK et al. 1962; MUÑOZ 1986; ROHM und VEITS 1989; ISO 11036:1994; DIN EN ISO 5492:2009). Aus diesem Grund wird die Adhäsion als die Arbeit definiert, die zur Überwindung von Anziehungskräften zwischen Lebensmittel und Kontaktoberfläche notwendig ist (SZCZESNIAK et al. 1962; MUÑOZ 1986; ROHM und VEITS 1989; ISO 11036:1994; DIN EN ISO 5492:2009). Zur Beurteilung der Adhäsion muss der Prüfer die Probe auf der Zunge positionieren und gegen den Gaumen pressen. Dabei wird der Arbeitsaufwand gemessen, der notwendig ist, um die Probe vollständig vom Gaumen zu entfernen (ISO 11036:1994). Nach MUÑOZ (1986) kann die Messung der Adhäsion daneben an der bereits zerstörten Probe während des Kauvorganges erfolgen. Die Adhäsion wird dabei entweder am Gaumen oder aber mit den Zähnen beurteilt. Vielmals weisen Lebensmittel einen hohen Grad der Adhäsion auf, wenn sie einen erhöhten Fett- und Ölgehalt besitzen (MÜHLE 2003).

Kohäsivität (Bindekraft)

Die Kohäsivität wird als die Stärke der inneren Bindung eines Lebensmittels und das Ausmaß der möglichen Deformation eines Produktes im Vorfeld der Zerstörung umschrieben (BOURNE 1978; MUÑOZ 1986; ISO 11036:1994). Gemäß DIN EN ISO 5492 ist die Kohäsivität die mechanische Merkmalseigenschaft der Textur, die sich auf den Grad bezieht, bis zu dem eine Substanz verformt werden kann, ohne zu brechen, einschließlich der Eigenschaften Sprödigkeit, Kaubarkeit und Klebrigkeit. Lebensmittel, die einen hohen Grad an Kohäsivität

aufweisen, werden als plastisch bezeichnet, Lebensmittel, die hingegen einen geringen Grad an Kohäsivität aufweisen sind brüchig oder bröckelig (MÜHLE 2003). Die Bestimmung der Kohäsivität erfolgt durch die Wahrnehmung der Stärke der inneren Bindung und dem Ausmaß der möglichen Deformation eines Lebensmittels, bevor dieses zerstört wird (BOURNE 1978; MUÑOZ 1986; ISO 11036:1994). Der Prüfer muss dazu die Probe zwischen die Backenzähne nehmen, diese möglichst langsam zusammen beißen und die Deformation bewerten, bevor die Probe bricht/sich zerteilt (ISO 11036:1994).

Elastizität (Spannkraft, Nachgiebigkeit)

Die Messung der Elastizität erfolgt im Anschluss an die Kraftanwendung, an dem Rückverformungsgrad deformierter Proben in den undeformierten Zustand (BOURNE 1978; MUÑOZ 1986; ISO 11036:1994). Gemäß DIN EN ISO 5492 ist die Elastizität die mechanische Merkmalseigenschaft der Textur, die sich auf die Schnelligkeit der Erholung von der Einwirkung einer verformenden Kraft bezieht und auf das Maß, bis zu dem ein verformtes Material nach der Entfernung der verformenden Kraft in seinen Ausgangszustand zurückkehrt. Nahrungsmittel mit einer geringen Elastizität sind u. a. brüchig oder bröckelig (MÜHLE 2003). Die Prüfperson muss die Probe zwischen die Zunge und den Gaumen platzieren und diese bis zu einem bestimmten Grad zusammenpressen. Anschließend wird der Druck gelöst und der Grad sowie die Schnelligkeit, mit denen sich die Probe zurückformt, gemessen (ISO 11036:1994). Zur Elastizitätsbestimmung muss das Lebensmittel eine gewisse Höhe besitzen, da ansonsten der Rückverformungsgrad nur schwer beurteilbar ist (MUÑOZ 1986).

Bissfestigkeit (Brüchigkeit)

Die Bissfestigkeit ist durch den notwendigen Kraftaufwand gekennzeichnet, der zum Zerschneiden eines Lebensmittels aufgebracht werden muss (SZCZESNIAK et al. 1962; MUÑOZ 1986; ROHM und VEITS 1989; ISO 11036:1994). Bei dem Texturattribut Bissfestigkeit handelt es sich um einen sekundären Parameter, der die primären Eigenschaften Kohäsivität und Härte einbezieht (ROHM und VEITS 1989). Nahrungsmittel, die eine hohe Intensität des Deskriptors Bissfestigkeit aufweisen, sind krümelig, spröde, bröckelig, knackig oder knusprig. Sie weisen eine geringe Kohäsivität auf und eine niedrige bis hohe Härte (MÜHLE 2003). Zur Wahrnehmung der Bissfestigkeit wird die Energie gemessen, die notwendig ist, um die Probe zu zerbrechen (SZCZESNIAK et al. 1962; MUÑOZ 1986; ROHM und VEITS 1989; ISO 11036:1994). Dazu muss der Prüfer die Probe zwischen die Backenzähne nehmen, diese bis zum Bruch oder Zerfall gleichmäßig zusammen beißen und die Kraft bewerten, mit der sich das Lebensmittel von den Zähnen wegbewegt (ISO 11036:1994).

Kaubarkeit (Kaufähigkeit)

Die Kaubarkeit zeichnet sich durch die aufzuwendende Energie aus, um ein festes Lebensmittel soweit zu zerkleinern, bis dieses in einem abschluckfähigen Zustand vorliegt (SZCZNIAK et al. 1962; ROHM und VEITS 1989; ISO 11036:1994). Nahrungsmittel mit einer hohen Kaubarkeit sind kohäsiv und können zudem elastisch sein (SZCZNIAK et al. 1962). Nachdem die Probe in den Mund geführt worden ist, muss die Energie, die zum Zerkleinern der Probe in einen zum Abschlucken geeigneten Zustand notwendig ist, von einer Prüfperson beurteilt werden (ISO 11036:1994).

In der Literatur werden die Texturattribute Kaubarkeit und Gummiartigkeit vielfach überinterpretiert und/oder nicht richtig wiedergegeben (BOURNE und SZCZESNIAK 1998). Der Deskriptor Kaubarkeit ist für die Texturbestimmung von festen Lebensmitteln zu verwenden (SZCZNIAK et al. 1962; ROHM und VEITS 1989; ISO 11036:1994, WINOPAL 2009b), wohingegen bei der Beurteilung von halbfesten Proben das Attribut Gummiartigkeit Anwendung findet. Daher ist eine synonyme Verwendung beider Begrifflichkeiten im Rahmen der sensorischen und instrumentellen Textur-Profil-Analyse von Lebensmitteln nicht möglich (WINOPAL 2009b).

Neben den genannten Deskriptoren existiert ein breites Spektrum an Texturattributen in der wissenschaftlich-technischen und in der populär-wissenschaftlichen Sprache, auf die jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht näher eingegangen werden soll (DLG 2000; MÜHLE 2003).

2.8.2.1.1.4 Konventionelles Profil (DIN 10967-1)

Mit dem Einsatz der Methode des konventionellen Profils kann die Ausprägung produktrelevanter Merkmalseigenschaften ermittelt werden, wobei diese getrennt voneinander und in der Reihenfolge ihrer Wahrnehmung erfasst werden. Die Intensität wird anhand einer vorgegebenen Intensitätsskala (**siehe Kap. 2.8.2.2**) bestimmt.

Zum Erstellen eines charakteristischen Merkmalsprofils zählen die Sammlung von beschreibenden Begriffen für ein umfassendes Merkmalsprofil, das Vorsortieren der Begriffe durch Eliminieren hedonischer Deskriptoren, die Zusammenfassung ähnlicher Begriffe, die Auswahl mehrfach genannter charakteristischer Merkmalseigenschaften, die Reduzierung der Attribute auf eine praktikable Anzahl von Begriffen und die Bewertung in Einzelprüfungen. Dabei können die Ausprägungen der charakteristischen Merkmalseigenschaften tabellarisch zusammengefasst und zur Charakterisierung der Prüfmuster graphisch dargestellt werden (DIN 10967-1:1999).

2.8.2.1.1.5 Free-Choice-Profil (DIN 10967-3)

Die Besonderheit des Free-Choice-Profiles gegenüber den restlichen deskriptiven Verfahren ist, dass die ausgewählten Testpersonen die Anzahl und die Bedeutung der sensorischen Deskriptoren eigenständig wählen können (SCHARF 2000). Das bedeutet, dass jeder Prüfer sein eigenes Vokabular generiert (DERNDORFER 2006).

2.8.2.1.1.6 Spektrum-Deskriptive-Analyse

Für die Spektrum-Deskriptive-Analyse liegt gegenwärtig keine normative Vorschrift vor. Unabhängig und frei voneinander wählen die Prüfpersonen im Rahmen der Spektrum-Deskriptiven-Analyse aus einer umfangreichen Liste an Attributen die für eine Probe erkannten Deskriptoren in Hinblick auf die einzelnen sensorischen Produkteigenschaften aus (FLIEDNER und WILHELMI 1993; SCHARF 2000; DERNDORFER 2006).

Die Spektrum-Deskriptive-Analyse wird vor allem zur Entwicklung eines Panels eingesetzt (FLIEDNER und WILHELMI 1993). Das Panel wird mittels Referenzproben kalibriert (DERNDORFER 2006), wobei SCHARF (2000) davon ausgeht, dass eine Kalibrierung nicht gelingen kann.

2.8.2.1.1.7 Zeit-Intensitäts-Analyse (DIN 10970)

Bei der Zeit-Intensitäts-Analyse werden die Merkmalseigenschaften eines Produktes im Zeitverlauf verfolgt (DERNDORFER 2006). Der Grundgedanke dieser sensorischen Prüfmethode basiert auf der Tatsache, dass die Wahrnehmung der Intensität bestimmter sensorischer Produkteigenschaften in Abhängigkeit vom Messzeitpunkt variiert (SCHARF 2000). Die Zeit-Intensitäts-Analyse kann in drei Varianten unterteilt werden, jeweils abhängig von den Messzeitpunkten (differenziert nach Verzehrphasen, Zeitabschnitten, kontinuierliche Messung mittels computerisierter Datenerfassung) (DERNDORFER 2006).

2.8.2.1.1.8 Verdünnungs-Profil-Analyse

Für die Verdünnungs-Profil-Analyse liegt gegenwärtig keine normative Vorschrift vor. Bei der Verdünnungs-Profil-Analyse sollen maskierte sensorische Merkmalseigenschaften von Lebensmitteln analysiert werden, die im herkömmlichen Zustand der Proben nicht identifiziert werden können. Hierzu muss das Produkt durch Verdünnung chemisch-physikalisch verändert werden (SCHARF 2000).

2.8.2.1.1.9 Einfach beschreibende Profilprüfung (DIN 10964)

Das Probenmaterial soll im Rahmen der einfach beschreibenden Profilprüfung von dem Panel mit frei gewählten Begrifflichkeiten möglichst exakt beschrieben werden, wobei alle sensori-

schen Kriterien und Merkmalseigenschaften berücksichtigt werden müssen, vorausgesetzt die Fragestellung fordert nichts anderes (LIPTAY-REUTER und PTACH 1998).

2.8.2.1.1.10 Prüfbestimmungen der Deutschen-Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG)

Die DLG-Prüfmethode gehört zu den bewerteten Prüfungen mit Skale (DIN 10952). Sie hat ihre Ursprünge in Karlsruhe (Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Karlsruhe) und wurde deshalb auch als Karlsruher Bewertungsschema bezeichnet. Wichtigste Charakteristika dieser Methode sind die qualitative und quantitative produktspezifische Bewertung des Produktes.

Die Prüfbestimmungen der DLG zielen in erster Linie darauf ab, den Genusswert (sensorische Qualität) eines Produktes zu überprüfen und zu bewerten (PIPER und SCHARF 2001b). Der Mensch dient als Messinstrument, das im Vorfeld mittels Schulungen geeicht wird.

Eine Prüfung nach DLG erfolgt mit standardisierten Schemata anhand sechsstufiger Skalen, die sowohl verbal als auch numerisch verankert sind (PIPER und SCHARF 2001b). Zur Auswertung der Prüfung wird ein sensorisches Gesamturteil über die Aggregation der gewichteten Mittelwerte der sensorischen Teilqualitäten gebildet (GEIDEL und WEBER 1987). Auf diese Weise werden Qualitätszahlen ermittelt, woraufhin die DLG Prämierungen vergibt, mit denen die ausgezeichneten Hersteller ihre Produkte bewerben können. Allerdings wird durch die Verbalisierung der Skalenpunkte deutlich, dass es sich bei den DLG-Qualitätsprüfungen vorwiegend um eine Suche nach sensorischen Fehlern handelt und weniger um die Bewertung von Qualitätsmerkmalen (PIPER und SCHARF 2001b).

2.8.2.2 Skalentypen für die sensorische Analyse

Im Folgenden wird ein Überblick über diverse Skalentypen gegeben, die im Rahmen einer sensorischen Analyse eingesetzt werden können. Prinzipiell unterscheidet man zur Erfassung von Merkmalen zwischen qualitativen und quantitativen Skalen. Qualitative Skalen beschreiben ein Merkmal (z. B. männlich oder weiblich). Quantitative Skalen erfassen hingegen ein Merkmal in Zahlen, wobei die Größe der Zahlen (Quantität) eine reale Bedeutung hat (DE BIE und KOOL 2004).

Nachstehend erfolgt ausschließlich die thematische Behandlung quantitativer Antwortskalen. Die ISO Norm 4121:2003 nennt Richtlinien für die Anwendung von quantitativen Antwortskalen (die Antwort zeigt die Intensität der Wahrnehmung an) im Rahmen der sensorischen Analyse. Dabei differenziert die Norm zwischen numerischen, verbalen, dynamischen und bildlichen Skalen.

Numerische und verbale Skalen sind Skalentypen, die im Rahmen sensorischer Analysen am häufigsten eingesetzt werden. Dabei gibt jede Prüfperson seine Bewertung auf einer vorgefer-

tigten Skala ab. Man unterscheidet zwischen unipolaren Skalentypen (sensorische Untersuchung ohne Standard) und bipolaren Skalentypen (Vergleich gegen Standard). Beispiele für Antwortskalen sind der **Abbildung 7** zu entnehmen (ISO 4121:2003). Linienskalen erlauben dabei eine unbegrenzte Feingliedrigkeit in der Differenzierung zwischen den Antworten/Bewertungen und sind Beispiele für kontinuierliche/durchlaufende Skalen, während kategoriale (diskontinuierliche/nicht durchlaufende) Skalen nur bestimmte und vordefinierte Antworten erlauben (ISO 4121:2003).

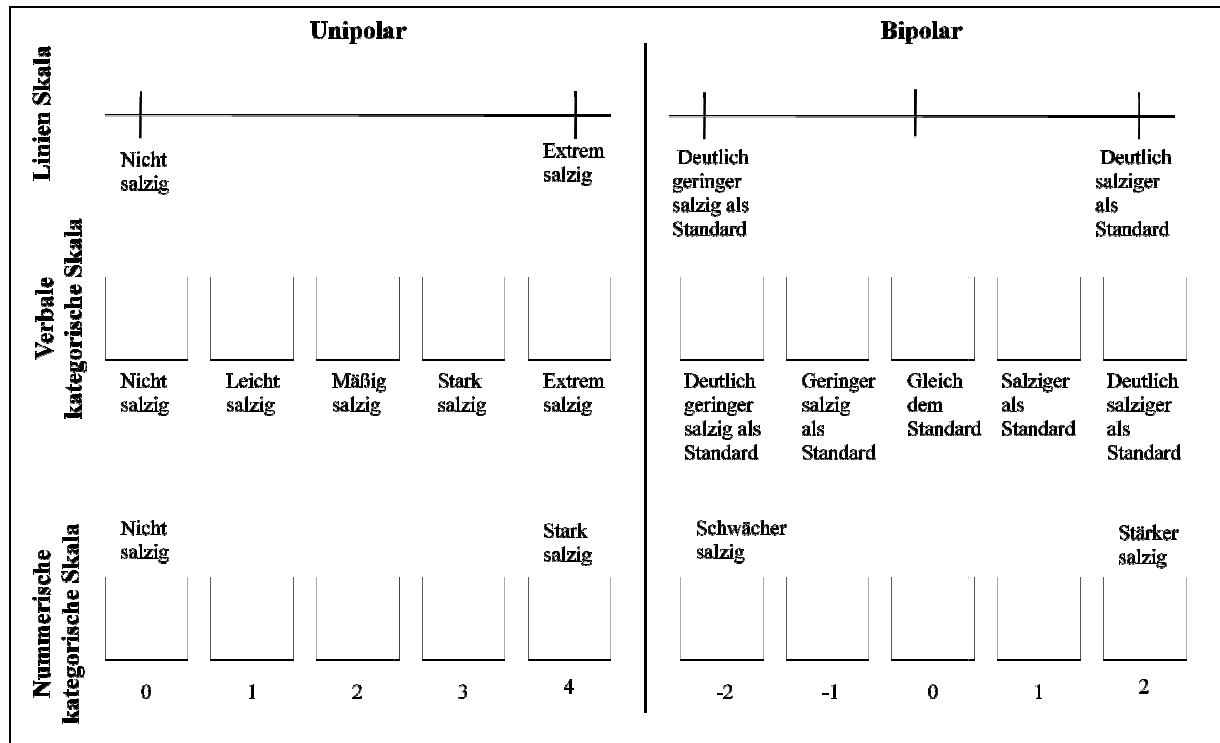


Abbildung 7: Beispiele für Antwortskalen (Linien Skala, verbale kategoriale Skala, numerische kategoriale Skala) (modifiziert nach ISO 4121:2003).

Dynamische Skalen werden als kontinuierliche Skalen genutzt, z. B. um die Intensität einer Empfindung aufzuzeigen, die sich über die Zeit verändert, während bildliche Skalen diskrete (eigenständige) Skalen sind, die häufig in Form stilisierter Flächen genutzt werden, die unterschiedliche Empfindungen von sehr beliebt bis unbeliebt aufzeigen (ISO 4121:2003).

2.8.3 Instrumentelle Texturmessung

Der Begriff Textur (*lat. textura, textum*) stammt ursprünglich aus der Textilindustrie und kann mit Gewebe, Gefüge und/oder Zusammensetzung übersetzt werden (SEILER 1978; ESCHER 1993; BRÜGGEMANN 1996). Die (instrumentelle) Texturanalyse gilt als ein eigenständiges Teilgebiet der Rheologie (TSCHEUSCHNER 2004).

Entgegen der Tatsache, dass die Textur von Lebensmitteln für die Verbraucherakzeptanz eine entscheidende Bedeutung besitzt, wurde im Vergleich zu vielen anderen Disziplinen der Le-

bensmittelwissenschaft bislang über die physikalischen und rheologischen Eigenschaften der Nahrungsmittel unproportional weniger publiziert (SZCZESNIAK und KLEYN 1963; WASSERMANN 1993; WEIPERT 1993; SZCZESNIAK 1997; RAEUBER 2003).

Bereits im Jahr 1861 sind die ersten Versuche unternommen worden, die Textur von Lebensmitteln durch maschinelle Messmethoden zu erfassen (BOURNE 1978). Seit den 1920er Jahren findet das Synonym Textur in der Lebensmittelanalytik Verwendung (MÜHLE 2003). Die Etablierung des Begriffes in der lebensmittelwissenschaftlichen Literatur erfolgte in den 1950er Jahren (SEILER 1978). Eine Definition für den Texturbegriff wurde erstmals im Jahr 1975 von der British Standard Organisation und der International Organization for Standardization (ISO 5492/1-3) festgehalten, die die Textur als die Zusammensetzung jener Eigenschaften eines Lebensmittels beschrieben, deren Ursprung in den physikalisch-strukturellen Elementen des Produktes liegt und die Art, wie diese Elemente durch die physiologischen Sinne wahrgenommen werden können. KLETTNER (1994) stellt die Textur aus messtechnischer Sicht als den Widerstand dar, den ein Stoff mit natürlichem oder technologisch bewirktem Netzaufbau einer Verformung entgegensetzt. Im Rahmen der Begriffsbestimmung muss zudem zwischen der Textur und Konsistenz differenziert werden. Unter der Konsistenz wird allgemein die äußere Beschaffenheit eines Stoffes und sein Verhalten bzw. sein Widerstand gegenüber Formveränderungen verstanden. Im Vergleich zur Textur eines Lebensmittels, bei der es durch Verformen zu Brüchen, Rissbildungen oder Zerreivorgängen kommt, wodurch die Textur beim Prüfvorgang bleibend zerstört wird, spricht man von einer zähen, schleimigen, breiigen usw. Konsistenz (KLETTNER 1994).

2.8.3.1 Prinzipien der instrumentellen Texturmessung

Die instrumentellen Messmethoden für die Texturbeurteilung von Lebensmitteln basieren auf dem Prinzip, dass die Probe eines Produktes einer festgelegten Deformation ausgesetzt wird und die dabei auftretenden Belastungen erfasst werden. Die instrumentelle Texturmessung von Lebensmitteln wird hauptsächlich mit Universal-Prüfmaschinen von unterschiedlichen Herstellern, wie Stable Micro Systems, Instron und Zwick, durchgeführt. Für die jeweilige Messung werden die Geräte mit den zweckentsprechenden Messvorsätzen ausgestattet. Zu den meist verwendeten Messvorsätzen zählen die Kramersche Scherzelle, das Warner-Bratzler Scherblatt, die Back-Extrusions-Zelle sowie die verschiedenartigen Penetrations- und Kompressionsstempel. Bei der instrumentellen Texturmessung sind vorwiegend die Messgrößen Kraft, Weg, Zeit und Arbeitsaufwand von Relevanz. Nach WINOPAL (2009 b) werden in der Lebensmittelindustrie hauptsächlich Penetrations-, Kompressions-, Extrusions-, Dehnungs- und Klebrigkeitstests eingesetzt.

Bereits im Jahr 1958 wurden drei wesentliche rheologische Untersuchungsmethoden unterschieden (SCOTT BLAIR 1958), die quantitativen (grundlegenden) Methoden, die qualitativen (empirischen) Methoden und die Imitationsmethoden. Diese Unterscheidung hat bis heute Bestand. Bei den quantitativen Methoden werden exakt definierte rheologische Eigenschaften gemessen und anschließend in Beziehung zu der Texturqualität des Lebensmittels gesetzt. Hierbei kann es sich um definierte Eigenschaften wie die Viskosität oder das Elastizitätsmodul handeln, die durch Zug- und Druckprüfinstrumente oder durch Viskosimeter bestimmt werden. Im Rahmen der qualitativen Methoden werden Lebensmittel mit Geräten deformiert, während Parameter gemessen werden, die nur ungenau definiert sind, aber mit der Lebensmitteltextur korrelieren. Hierzu zählt beispielsweise die Penetrationsmessung. Mit der Imitationsmethode werden verschiedene Eigenschaften der Lebensmittel unter Testbedingungen ermittelt, die den Bedingungen des sensorischen Prüfvorganges möglichst ähneln. Die bekannteste Imitationsmethode ist die instrumentelle Textur-Profil-Analyse, welche zugleich zu den qualitativen Methoden gezählt werden kann (BOURNE 1987; ESCHER 1993).

Interessant erscheint auch die Möglichkeit der akustischen Aufnahme von Tonsequenzen (Kaugeräusche) während der Texturmessung, die mittels eines Akustik Analysers von dem Hersteller Stable Micro Systems erfolgen kann.

2.8.3.1.1 Kompressionsmessungen

Kompressionsmessungen werden an Textur-Universalmeßmaschinen mit Hilfe eines Druckstempels durchgeführt, wobei sich zu Nutzen gemacht wird, dass die Textureigenschaften eines Nahrungsmittels in Beziehung zu dessen Deformation, Zerstörung und Fließeigenschaft stehen, die durch äußere Druckeinwirkungen bedingt werden (GIESE 1995). Während des Kompressionsvorganges kann die Kraft, mit der das Lebensmittel zusammengehalten wird, gemessen und/oder die Kraft ermittelt werden, die zu der Zerstörung des Nahrungsmittels notwendig ist. Dabei wird entweder der Deformationsweg bei einer vorgegebenen konstanten Kraft gemessen oder die erforderliche Kraft für einen definierten Deformationsweg (ESCHERMANN 1982). In der **Abbildung 8** ist das Messprinzip der Kompressionsmessung grafisch dargestellt.

Um das Einwirken von Scherkräften auf das Probenmaterial zu vermeiden, müssen die Messwerkzeuge (Kompressionsstempel und Grundplatte) so bemessen sein, dass diese größer als der Probenkörper sind (BIELIG und FISCHER-AYLOFF-COOK 1984).

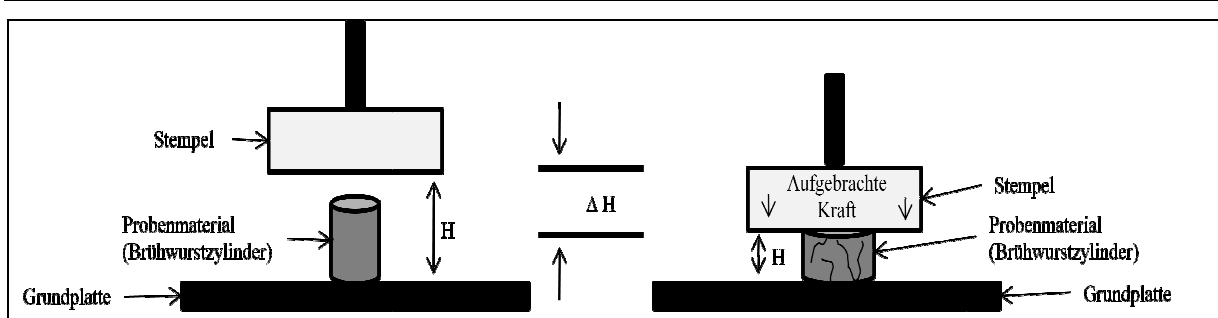


Abbildung 8: Grafische Darstellung der Kompressionsmessung (modifiziert nach WINOPAL 2009b).

Die Ergebnisse von Kompressionsmessungen stehen immer in unmittelbarer Abhängigkeit zur aufgewendeten Kraft, dem Stauchungsgrad und der Querschnittsgeschwindigkeit (COVER et al. 1962). Eine wichtige Voraussetzung für die Reproduzierbarkeit der Versuchsergebnisse ist vor allem die Standardisierung der Probenabmessung und -temperatur (BIELIG und FISCHER-AYLOFF-COOK 1984).

Kompressionstests, die u. a. im Rahmen der instrumentellen Textur-Profil-Analyse dieser Arbeit (siehe Kap. 2.8.3.1.2) eingesetzt werden, erwiesen sich immer wieder als aussagefähige Messmethode für Brühwurstzeugnisse (LEE und PATEL 1984; KLETTNER 1988; RAEUBER 1993; ERDMANN et. al. 1994; NOWAK et al. 2007).

2.8.3.1.2 Instrumentelle Textur-Profil-Analyse (TPA)

Der Verformungsvorgang eines Lebensmittels, der im Rahmen der instrumentellen Textur-Profil-Analyse stattfindet, verwirklicht die Grundtendenzen des Kauvorganges. Die zweimalige Belastung, die instrumentell durch einen Kompressionsstempel erfolgt, entspricht einem zweimaligen Zubeißens während des Kauprozesses und ist ein charakteristisches Merkmal der instrumentellen Textur-Profil-Analyse. Hierbei werden die Kräfte, die Flächenverhältnisse und die Wegdifferenzen aufgezeichnet, um anschließend die einzelnen Texturparameter bestimmen zu können (WINOPAL 2009a). Im Rahmen der instrumentellen Textur-Profil-Analyse wird der Auswahl der Methodik eine große Bedeutung zugesprochen (LIST und EMSCHERMANN 1981), wobei u. a. die Probenform, die Probengröße, die Deformationsgeschwindigkeit, die Kerntemperatur und das Messprinzip bedacht werden müssen (BRÜGGEMANN 1996).

Die instrumentelle Textur-Profil-Analyse besitzt diverse Vorteile gegenüber der sensorischen Textur-Profil-Analyse. Mit den instrumentellen Verfahren kann, im Vergleich zu den sensorischen Verfahren, weitaus schneller gearbeitet werden, wodurch die Möglichkeit besteht, in einem kurzen Zeitraum eine Fülle von Proben zu analysieren. Durch instrumentelle Messverfahren wird kostensparender gearbeitet und durch die höhere Objektivität ist zudem eine bes-

sere Vergleichbarkeit der Ergebnisse gegeben. Ferner ist jederzeit die Wiederholung eines Versuches möglich (BRÜGGEMANN 1996).

In der **Abbildung 9** ist der Kurvenverlauf einer instrumentellen Textur-Profil-Analyse eines Lebensmittels dargestellt, aufgenommen mit dem Texturmessgerät TA.XTplus der Fa. Stable Micro Systems (WINOPAL 2009).

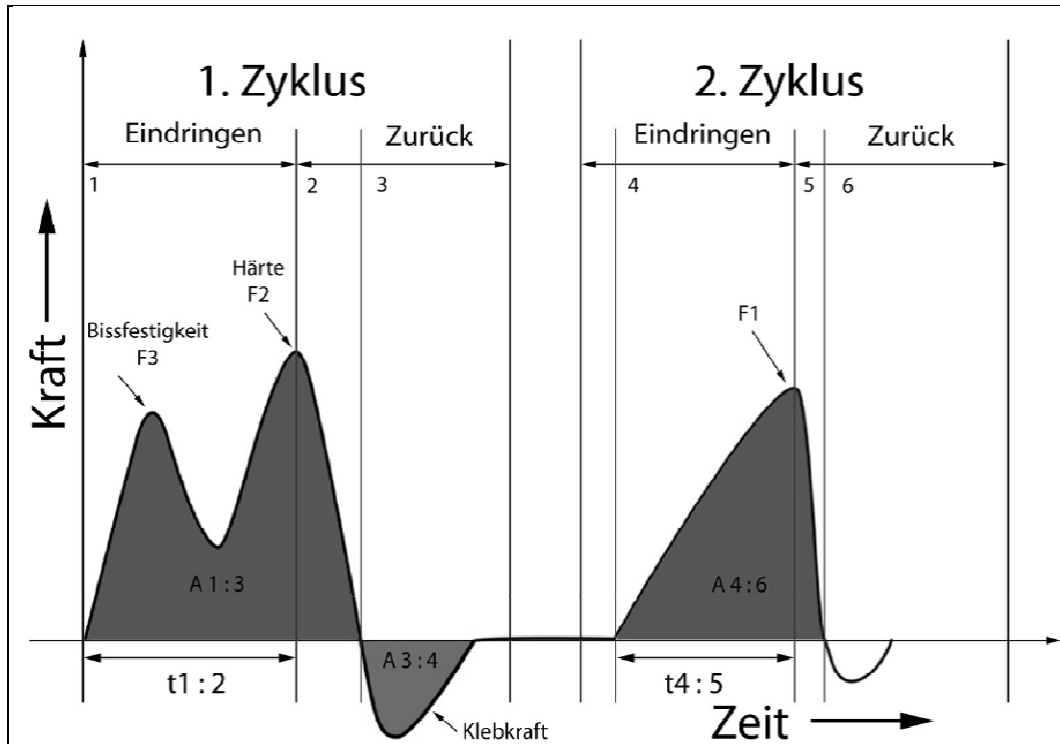


Abbildung 9: Kurvenverlauf einer instrumentellen Textur-Profil-Analyse. Aufgenommen von dem Texturmessgerät TA.XTplus der Fa. Stable Micro Systems (F = Kraft [N]; t = Zeit [s]; A = Fläche [Ns]) (WINOPAL 2009a).

Die Ordinate der Grafik stellt die gemessene Kraft in Newton (N) dar, die Abszisse die Zeit in Sekunden (sec). Dementsprechend liegt ein Kraft-Zeit-Diagramm vor. Durch den Kurvenverlauf können Rückschlüsse über die Textureigenschaften der Probe gezogen werden. Hierbei werden die Kräfte, Flächenverhältnisse und Wegdifferenzen aufgezeichnet, um anschließend die einzelnen Texturparameter Bissfestigkeit, Härte, Elastizität, Kohäsivität, Adhäsion, Elastizität, Kaufähigkeit und Gummiartigkeit bestimmen zu können (WINOPAL 2009a).

Der erste, abgerundete Peak im Kurvenverlauf ist mit der Bissfestigkeit (F_3) der Substanz gleichzusetzen, der zweite, oftmals spitze Peak, stellt dagegen die Härte (F_2) dar. Die Härte wird aus dem beim ersten Biss auftretenden Spannungs-Maximum bestimmt und ist der maximale Höhepunkt im Kurvenverlauf (KLETTNER 1994). Beim ersten Peak erfolgt zunächst der Zusammenbruch der Textur. Beim darauffolgenden zweiten Peak erfolgt die Gesamtstauung der Wurst (KLETTNER 1994). Die Härte kann als der maximale positive Kraftwert der Kurve verstanden werden. Die Elastizität wird gemessen als die Kraft pro Zeit ($t_{4:5}/t_{1:2}$)

(SEILER 1978; WINOPAL 2009a) und die Kohäsivität ergibt sich aus dem Verhältnis der Flächen unterhalb der Kurven $A\ 4:6 / A\ 1:3$ (siehe **Abb. 9**) (SEILER 1978; LIST und EMSCHERMANN 1981; KLETTNER 1988; WINOPAL 2009a). Die Kaufähigkeit wird als das Produkt aus Härte und Elastizität bestimmt. Das Produkt aus der Härte und der Kohäsivität ist die Gummiartigkeit (LIST und EMSCHERMANN 1981; KLETTNER 1988; WINOPAL 2009a). Die Fläche, die zur Berechnung der Adhäsion herangezogen wird, befindet sich im negativen Kraftbereich ($A\ 3:4$) (WINOPAL 2009a). **Tabelle 13** zeigt die Maßeinheiten der einzelnen Deskriptoren.

2.8.4 Korrelation zwischen sensorisch und instrumentell ermittelten Texturdaten

Nach EMSCHERMANN (1982) können die Methoden der Texturmessung von Lebensmitteln in subjektive Methoden (sensorische Messverfahren) sowie in direkte und indirekte objektive Methoden (instrumentelle Messverfahren) eingeteilt werden.

Die direkten objektiven Methoden umfassen die Texturbestimmung mittels spezieller Texturmessgeräte, wohingegen die indirekten objektiven Methoden diverse physikalische und enzymatische Bestimmungen sowie chemische und mikroskopische Untersuchungen beinhalten. Die indirekten objektiven Methoden besitzen bei der Texturbeurteilung von Lebensmitteln nur eine untergeordnete Rolle (EMSCHERMANN 1982). Bei den subjektiven Methoden wird der Mensch als Messinstrument eingesetzt.

Zwischen den sensorischen und instrumentellen Prüfmethode n bestehen Wechselbeziehungen. Die physiologischen Messinstrumente des Menschen ergänzen sich mit der Reihe an mechanischen Messinstrumenten. Die Vorteile beider Messansätze kommen besonders dann zum Tragen, wenn der Einsatz parallel mit einer Korrelationsprüfung erfolgt (EMSCHERMANN 1982). Durch die Aufdeckung der sensorischen und nicht sensorischen Parameter gelingt laut NEUMANN und MOLNÁR (1991) eine Objektivierung der sensorischen Qualitätsbewertung, die damit wissenschaftlich nutzbar wird. Eine sorgfältige Auswahl der Mess- und Prüfmethode n ist in Abhängigkeit von den jeweiligen Lebensmitteln und von den Zielen der Untersuchung unabdingbar. Hierbei sollten alle relevanten Begriffe so definiert sein, dass sich eine unmittelbare Verbindung zwischen den Beschreibungen durch die Prüfperson und den sich dahinter verbergenden physikalischen Eigenschaften herstellen lässt (LIST und EMSCHERMANN 1981). Die Verknüpfung sensorischer Wahrnehmungsdaten mit den Daten der instrumentellen Analyse wird dadurch erheblich vereinfacht (SCHARF 2000).

Unabhängig von der Art der Texturmessung, sind eine Gewichtung der Messergebnisse und deren statistische Auswertung unerlässlich. Die Ergebnisse müssen gegenübergestellt und verglichen werden. Durch die Berechnung von Korrelationskoeffizienten kann der Grad der

Übereinstimmung zwischen sensorisch und instrumentell ermittelten Texturdaten bestimmt werden (LIST und EMSCHERMANN 1981). So konnten zahlreiche Autoren, wie beispielsweise SZCZESNIAK (1963), KLETTNER (1988) sowie ROHM und VEITS (1989), in ihren Untersuchungen an diversen Lebensmitteln für die mechanischen Eigenschaften eindeutige lineare Beziehungen zwischen dem Logarithmus des physikalischen Parameters mit der sensorischen Punktebewertung aufzeigen.

2.8.5 Instrumentelle Farbmessung mit dem L*a*b*-Farbsystem

Die Farbe und das Aussehen sind bei verpackten Lebensmitteln oftmals die einzigen Qualitätsparameter, die neben dem Preis die Kaufentscheidung beeinflussen. Zudem stellt die Farbe den ersten optischen Eindruck dar, den man von einem Lebensmittel erhält (HONIKEL 2000). Dementsprechend gilt sie als einer der wichtigsten charakteristischen Parameter von Nahrungsmitteln und gibt dem Konsumenten vor allem Aufschluss die Qualität des Produktes (FOX 1987; FARBER 1990; ISSANCHOU 1996; BUSCH-STOCKFISCH 2002).

Jede Farbe setzt sich aus dem Farbton (rot, gelb, grün, blau, etc.), der Helligkeit (hell, dunkel) und der Sättigung (leuchtend, stumpf) zusammen. Mit diesen Basiseigenschaften kann die Farbe dreidimensional dargestellt werden (siehe Abb. 10), wobei die Farbtöne auf dem Außenmantel liegen, während sich die Helligkeit auf der senkrechten Achse und die Sättigung auf der waagerechten Achse verändern (KONICA MINOLTA 2002).

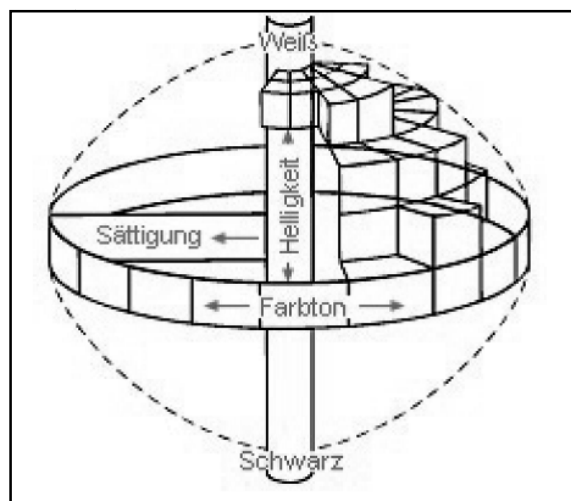


Abbildung 10: Dreidimensionale Darstellung der Farbe (KONICA MINOLTA 2002).

Mit dem Einsatz von Farbmessgeräten können Farbdifferenzen mit exakten numerischen Werten festgestellt werden, wenn das menschliche Auge keinen Unterschied ermitteln kann, was in etwa bei einem Farbabstand zwischen zwei Farben von $\Delta E^*_{ab} < 1$ der Fall ist (CHA-TELAIN 2007).

Zur Farbbeurteilung kann neben der subjektiven Bestimmung (menschlicher Farbsinn) eine objektive Messung (instrumentelle Messverfahren) erfolgen (HONIKEL 2000). Durch die

instrumentelle Farbmessung werden objektive und sehr genaue numerische Ergebnisse auf der Basis von international genormten Standards ermittelt. Um objektive Messergebnisse zu erhalten, müssen diverse Bedingungen im Vorfeld und während der instrumentellen Farbmessung eingehalten werden. So muss die Beschaffenheit (Form, Kerntemperatur etc.) der verschiedenen Prüfproben im Rahmen der instrumentellen Farbmessung möglichst einheitlich sein. Es ist darauf zu achten, dass das Gerät gegen Standardfarben (weiß und schwarz) kalibriert wird. Der Wellenlängenbereich, der Durchschnitt der Messöffnung, der Betrachtungswinkel und die Lichtart müssen bei jeder Wiederholung innerhalb einer Versuchsreihe identisch sein. Um vergleichbare Ergebnisse zu erzielen, sollte zudem immer die identische Lichtröhrenart verwendet werden und die Frage nach der Messung mit oder ohne Glanzeinschluss geklärt sein. Denn selbst wenn ein Lebensmittel aus dem gleichen Material bzw. mit der identischen Rezeptur hergestellt wurde, wird die Farbe in Abhängigkeit zum Glanz der Oberflächen unterschiedlich wahrgenommen (KONICA MINOLTA 2002).

Als die gegenwärtig am bekanntesten und am häufigsten verwendeten Farbmesssysteme werden der Hunter LAB-Farbraum, der von R.S. Hunter im Jahre 1958 ausgearbeitet wurde und der von der CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) vorgeschlagene $L^*a^*b^*$ -Farbraum (CIELAB-Farbsystem) von 1976 angesehen (CHATELAIN et al. 2007). Im Rahmen der instrumentellen Farbmessung dieser Arbeit wurde als Messsystem ausschließlich der $L^*a^*b^*$ -Farbraum verwendet, weshalb auch nur diese Methode theoretisch behandelt werden soll. Das CIELAB-Farbsystem zeichnet sich durch die Helligkeit L^* sowie durch die Farbkordinaten a^* und b^* aus (BLÜCHEL und HONIKEL 2006). Die L^* -Werte bewegen sich in einem Bereich von 0 bis 100, wobei ein Wert von $L^* = 0$ für schwarz und ein Wert von $L^* = 100$ für rein-weiß steht. Weitere Rückschlüsse auf mögliche Farbunterschiede lassen die a^* -Werte auf der Rot-Grün-Achse und die b^* -Werte auf der Gelb-Blau-Achse zu (BERGERSCHUNN 1994). Der Messbereich für den a^* -Wert bewegt sich in einem Bereich von - 80 bis + 80. Ein positiver a^* -Wert deutet auf eine Rotfärbung des Produktes und ein negativer auf eine Grünfärbung hin. Die b^* -Werte weisen ebenfalls einen Messbereich zwischen - 80 bis + 80 auf, wobei ein positiver Betrag für eine Gelbfärbung und ein negativer Wert für eine Blaufärbung steht (KONICA MINOLTA 2002).

Bekannte Hersteller/Vertreiber von Farbmesssystemen sind Konica Minolta, ColorLite und FMS Jansen HunterLab.

Ähnlich wie bei der Texturbestimmung von Lebensmitteln können auch die aus der Analyse der Farbe hervorgegangenen subjektiv und objektiv ermittelten Messergebnisse auf Korrelation überprüft werden (siehe **Kap. 2.8.4**).

2.8.6 Physikalische und chemische Analyse

Mit Hilfe der physikalischen und chemischen Analyse können Informationen über die Zustandsform von Lebensmitteln, insbesondere in Bezug auf deren Zusammensetzung und Beschaffenheit, ermittelt werden, wodurch eine bessere Steuerung der Produktion ermöglicht wird (ARNETH 1996).

2.8.6.1 Physikalische Analyse

Die physikalische Analyse eignet sich vor allem dazu, durch objektive Messergebnisse Wechselbeziehungen zu den Qualitätsparametern (Sensorik, Textur, Farbe, mikrobiologische Haltbarkeit etc.) eines Lebensmittels herzustellen. Als physikalische Analysemethoden finden vor allem die Messung des pH und a_w -Wertes Verwendung. Gemäß DIN 19260 handelt es sich bei dem pH-Wert um eine dimensionslose Zahl. Der pH-Wert stellt den negativen dekadischen Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration dar (DIN 19260:2005). Der Begriff a_w -Wert, oder Wasseraktivität, wird als das Maß für das verfügbare und freie Wasser in einem Lebensmittel verwendet. Nach KRÄMER (2002) gibt der a_w -Wert das Verhältnis des Wasserdampfdruckes über dem Lebensmittel zum Wasserdampfdruck des reinen Wassers bei gleicher Temperatur wieder.

2.8.6.2 Chemische Analyse

In Bezug auf die Vielzahl von unterschiedlichen Verbindungen, stellen Brühwurstherzeugnisse ein sehr heterogenes Gemisch dar. Mit der chemischen Analyse lassen sich die Auswirkungen verschiedener Rezepturen und Herstellungstechnologien auf die chemische Zusammensetzung des Endproduktes bestimmen (BRAUER 2004). Zudem kann mit Hilfe der chemischen Analysemethoden die Einhaltung verschiedener Vorschriften in Bezug auf die Mengengehalte diverser Lebensmittelbestandteile überprüft werden. In der Bundesrepublik Deutschland gibt es eine Reihe von Vorschriften, die die Ermittlung der einzelnen Analysedaten genauestens reglementieren. Diese sind in den Methoden der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren für Fleisch und Fleischerzeugnisse, in § 64 des Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuch (LFGB), verankert.

2.8.7 Mikrobiologische Untersuchung

Die Durchführung der mikrobiologischen Untersuchung von Lebensmitteln ist zur Bestimmung der Haltbarkeitsdauer und zum Gesundheitsschutz des Verbrauchers erforderlich (KRÖCKEL 2007). Zudem wird sie zur Überwachung der Einhaltung von mikrobiologischen Kriterien (Grenz-, Toleranz-, Richt- und Warnwerte) eingesetzt. Es existiert ein breites Spektrum an unterschiedlichen mikrobiologischen Untersuchungsmethoden. Die Methodenauswahl

sollte sich nach den mikrobiologischen Kriterien des Lebensmittels und nach den Untersuchungszielen richten. Bei der Planung der Untersuchung sollten deshalb eventuelle mikrobiologische Schwachstellen des Probenmaterials berücksichtigt werden. Diese können je nach Herstellungsart und Zusammensetzung des Lebensmittels variieren und werden zudem durch diverse Einflussfaktoren (u. a. pH-Wert, a_w -Wert, Lagerungstemperatur, Redoxpotential) bedingt (BAUMGART 1996). In der Bundesrepublik Deutschland bestehen zahlreiche Vorschriften, die die mikrobiologischen Untersuchungsmethoden reglementieren. Diese sind in den Methoden der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren für Fleisch und Fleischerzeugnisse, in § 64 des Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuch (LFGB), als auch in den Normen des Deutschen Instituts für Normung e.V., verankert.

3. Eigene Untersuchungen

Die Einführung in die Problemstellung, Zielsetzung und Versuchsdurchführung sind der Einleitung dieser Arbeit (**siehe Kap. 1.1 – 1.3**) zu entnehmen.

Die Versuchsreihen umfassten zwei Vor- ($n = 1$) und drei Hauptversuchsreihen ($n = 3$). Die jeweiligen Kenngrößen und detaillierten Daten zu den verwendeten Instrumenten, Geräten und Verbrauchsmaterialien werden im Anhang (**siehe Kap. 7.2**) dargestellt.

Die im Folgenden verwendeten Abkürzungen sind dem Abkürzungsverzeichnis zu entnehmen.

3.1 Material

Im Rahmen jeder Versuchsreihe wurden als Standard fein zerkleinerte Brühwurstzeugnisse nach Art einer norddeutschen Mortadella gemäß den Leitsätzen für Fleisch und Fleischerzeugnisse (LS 2.222.1) hergestellt. Als Probenmaterial fungierten ebenfalls fein zerkleinerte Brühwurstzeugnisse nach Art einer „norddeutschen Mortadella“, die gemäß oder in Anlehnung an die Leitsätze für Fleisch und Fleischerzeugnisse (LS 2.222.1) fabriziert wurden und bei deren Herstellung unterschiedliche Mengenanteilen an Fett, Wasser und Magerfleisch sowie diverser Ingredienzien verarbeitet wurden. Die Auslobung der einzelnen rezepturmodifizierten als Brühwurst nach Art einer „norddeutschen Mortadella“ richtete sich jeweils nach den lebensmittelrechtlichen Vorschriften (**siehe Kap. 2.7**). Die Produktion erfolgte durch einen Fleischermeister im Technikum des Instituts für Lebensmittelqualität und –sicherheit der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover.

Alle im Rahmen dieser Arbeit verwendeten tierischen Rohstoffe stammten von einem EG-zugelassenen Schlachtbetrieb in Hannover.

3.1.1 Brühwurstrezeptur

Die Begründungen für die Rezepturgestaltung der einzelnen Brühwurstchargen werden in dem **Kapitel 4.2.1** dargelegt.

3.1.1.1 Standardmortadella

Für jede Versuchsreihe wurde jeweils eine Charge Standardmortadella (Kontrolle; K) hergestellt. Die Rezeptur hierfür ist den **Tabellen 6-10** zu entnehmen.

3.1.1.2 Erste Vorversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100)

In der ersten Vorversuchsreihe wurden neben einer Charge der Standardmortadella (V1 K) vier weitere Brühwurstchargen (V1 C1 – V1 C4) produziert, bei denen der Rückenspeck anteilsweise durch den Fettaustauschstoff Simplese® 100 in Pulverform ersetzt wurde (siehe Tab. 6). Die erste Vorversuchsreihe wurde einmal durchgeführt (n = 1).

Tabelle 6: Rezeptur der Brühwurstchargen der ersten Vorversuchsreihe (n = 1).

	VI K	VI C1	VI C2	VI C3	VI C4
S II	29 %	29 %	29 %	29 %	29 %
R II	17 %	17 %	17 %	17 %	17 %
S IV	9 %	9 %	9 %	9 %	9 %
S VIII	24 %	19 %	14 %	9 %	4 %
Simplese® 100	---	5 %	10 %	15 %	20 %
Eiswasser	21 %	21 %	21 %	21 %	21 %
GESAMT	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Nitritpökelsalz	1,8 %	1,8 %	1,8 %	1,8 %	1,8 %
Phosphat	0,3 %	0,3 %	0,3 %	0,3 %	0,3 %
Ascorbinsäure	0,1 %	0,1 %	0,1 %	0,1 %	0,1 %
Zucker	0,05 %	0,05 %	0,05 %	0,05 %	0,05 %
Weißer Pfeffer	0,3 %	0,3 %	0,3 %	0,3 %	0,3 %
Ingwer	0,04 %	0,04 %	0,04 %	0,04 %	0,04 %
Koriander	0,03 %	0,03 %	0,03 %	0,03 %	0,03 %
Mazis	0,07 %	0,07 %	0,07 %	0,07 %	0,07 %
Muskat	0,03 %	0,03 %	0,03 %	0,03 %	0,03 %
Knoblauchpaste	0,01 %	0,01 %	0,01 %	0,01 %	0,01 %

V = Vorversuchsreihe; K = Standardmortadella; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; S II = grob ent-fettetes Schweinefleisch; R II = grob entsehtes Rindfleisch; S IV = Schweinebacke; S VIII = Rücken-speck vom Schwein; Phosphat = di-Natriumhydrogenphosphat; Ascorbinsäure = L(+)-Ascorbinsäure Natriumsalz.

3.1.1.3 Zweite Vorversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100 und einer Erhöhung der Wassermenge (Verhältnis 1:2))

In der zweiten Vorversuchsreihe wurden neben einer Charge der Standardmortadella (V2 K) vier weitere Brühwurstchargen (V2 C1 – V2 C4) produziert, bei denen die Anteile an Rücken-speck und Schweinebacke durch die Zugabe von Simplese® 100 in Pulverform und einer zusätzlichen Menge an Eiswasser unterschiedlich umfangreich ersetzt wurden. Das Verhältnis der Mehrmenge an Eiswasser zu der Konzentration an Simplese® 100 betrug 2:1 (siehe Tab. 7). Die zweite Vorversuchsreihe wurde einmal durchgeführt (n = 1).

Tabelle 7: Rezeptur der Brühwurstchargen der zweiten Vorversuchsreihe (n = 1).

	V2 K	V2 C1	V2 C2	V2 C3	V2 C4
S II	29 %	29 %	29 %	29 %	29 %
R II	17 %	17 %	17 %	17 %	17 %
S IV	9 %	---	---	---	---
S VIII	24 %	24 %	15 %	6 %	---
Simplese® 100	---	3 %	6 %	9 %	12 %
Eiswasser	21 %	27 %	33 %	39 %	45 %
GESAMT	100 %	100 %	100 %	100 %	103 %
Nitritpökelsalz	1,8 %	1,8 %	1,8 %	1,8 %	1,8 %
Phosphat	0,3 %	0,3 %	0,3 %	0,3 %	0,3 %
Ascorbinsäure	0,1 %	0,1 %	0,1 %	0,1 %	0,1 %
Zucker	0,05 %	0,05 %	0,05 %	0,05 %	0,05 %
Weißer Pfeffer	0,3 %	0,3 %	0,3 %	0,3 %	0,3 %
Ingwer	0,04 %	0,04 %	0,04 %	0,04 %	0,04 %
Koriander	0,03 %	0,03 %	0,03 %	0,03 %	0,03 %
Mazis	0,07 %	0,07 %	0,07 %	0,07 %	0,07 %
Muskat	0,03 %	0,03 %	0,03 %	0,03 %	0,03 %
Knoblauchpaste	0,01 %	0,01 %	0,01 %	0,01 %	0,01 %

V = Vorversuchsreihe; K = Standardmortadella; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; S II = grob ent fettetes Schweinefleisch; R II = grob entsehtes Rindfleisch; S IV = Schweinebacke; S VIII = Rückenspeck vom Schwein; Phosphat = di-Natriumhydrogenphosphat; Ascorbinsäure = L(+)-Ascorbinsäure Natriumsalz.

3.1.1.4 Erste Hauptversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100 und einer Erhöhung der Wassermenge (Verhältnis 1:1))

Tabelle 8: Rezeptur der Brühwurstchargen der ersten Hauptversuchsreihe (n = 3).

	H1 K	H1 C1	H1 C2	H1 C3	H1 C4
S II	29 %	29 %	29 %	29 %	29 %
R II	17 %	17 %	17 %	17 %	17 %
S IV	9 %	---	---	---	---
S VIII	24 %	24 %	16 %	8 %	---
Simplese® 100	---	4,5 %	8,5 %	12,5 %	16,5 %
Eiswasser	21 %	25,5 %	29,5 %	33,5 %	37,5 %
GESAMT	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Nitritpökelsalz	1,8 %	1,8 %	1,8 %	1,8 %	1,8 %
Phosphat	0,3 %	0,3 %	0,3 %	0,3 %	0,3 %
Ascorbinsäure	0,1 %	0,1 %	0,1 %	0,1 %	0,1 %
Zucker	0,05 %	0,05 %	0,05 %	0,05 %	0,05 %
Weißer Pfeffer	0,3 %	0,3 %	0,3 %	0,3 %	0,3 %
Ingwer	0,04 %	0,04 %	0,04 %	0,04 %	0,04 %
Koriander	0,03 %	0,03 %	0,03 %	0,03 %	0,03 %
Mazis	0,07 %	0,07 %	0,07 %	0,07 %	0,07 %
Muskat	0,03 %	0,03 %	0,03 %	0,03 %	0,03 %
Knoblauchpaste	0,01 %	0,01 %	0,01 %	0,01 %	0,01 %

H = Hauptversuchsreihe; K = Standardmortadella; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; S II = grob ent fettetes Schweinefleisch; R II = grob entsehtes Rindfleisch; S IV = Schweinebacke; S VIII = Rückenspeck vom Schwein; Phosphat = di-Natriumhydrogenphosphat; Ascorbinsäure = L(+)-Ascorbinsäure Natriumsalz.

In der ersten Hauptversuchsreihe wurden neben einer Charge der Standardmortadella (H1 K) vier weitere Brühwurstchargen produziert (H1 C1 – H1 C4), bei denen die Anteile an Rück-

enspeck und Schweinebacke durch die Zugabe von Simplese® 100 in Pulverform und einer zusätzlichen Menge an Eiswasser unterschiedlich umfangreich ersetzt wurden. Das Verhältnis der Mehrmenge an Eiswasser zu der Konzentration an Simplese® 100 betrug im Gegensatz zu der zweiten Vorversuchsreihe 1:1 (siehe Tab. 8). Die erste Hauptversuchsreihe wurde dreimal durchgeführt (n = 3).

3.1.1.5 Zweite Hauptversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100 sowie einer Erhöhung der Wasser- und Magerfleischmenge)

In der zweiten Hauptversuchsreihe wurden neben einer Charge der Standardmortadella (H2 K) drei weitere Brühwurstchargen (H2 C1 – H2 C3) produziert, bei denen die Anteile an Rückenspeck und Schweinebacke durch die Zugabe von Simplese® 100 in Pulverform, einer zusätzlichen Menge an Eiswasser und einem erhöhtem Magerfleischanteil unterschiedlich umfangreich ersetzt wurden. Das Verhältnis der Mehrmenge an Eiswasser zu der Konzentration an Simplese® 100 betrug analog zu der ersten Hauptversuchsreihe 1:1 (siehe Tab. 9). Die zweite Hauptversuchsreihe wurde dreimal durchgeführt (n = 3).

Tabelle 9: Rezeptur der Brühwurstchargen der zweiten Hauptversuchsreihe (n = 3).

	<u>H2 K</u>	<u>H2 C1</u>	<u>H2 C2</u>	<u>H2 C3</u>
S II	29 %	38 %	40 %	42 %
R II	17 %	18 %	19 %	20 %
S IV	9 %	---	---	---
S VIII	24 %	14 %	---	---
Rapsöl	---	---	11 %	---
Simplese® 100	---	4,5 %	4,5 %	8,5 %
Eiswasser	21 %	25,5 %	25,5 %	29,5 %
GESAMT	100 %	100 %	100 %	100 %
Nitritpökelsalz	1,8 %	1,8 %	1,8 %	1,8 %
Phosphat	0,3 %	0,3 %	0,3 %	0,3 %
Ascorbinsäure	0,1 %	0,1 %	0,1 %	0,1 %
Zucker	0,05 %	0,05 %	0,05 %	0,05 %
Weißer Pfeffer	0,3 %	0,3 %	0,3 %	0,3 %
Ingwer	0,04 %	0,04 %	0,04 %	0,04 %
Koriander	0,03 %	0,03 %	0,03 %	0,03 %
Mazis	0,07 %	0,07 %	0,07 %	0,07 %
Muskat	0,03 %	0,03 %	0,03 %	0,03 %
Knoblauchpaste	0,01 %	0,01 %	0,01 %	0,01 %

H = Hauptversuchsreihe; K = Standardmortadella; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; S II = grob entfettetes Schweinefleisch; R II = grob entsehtes Rindfleisch; S IV = Schweinebacke; S VIII = Rückenspeck vom Schwein; Phosphat = di-Natriumhydrogenphosphat; Ascorbinsäure = L(+)-Ascorbinsäure Natriumsalz.

3.1.1.6 Dritte Hauptversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100 sowie einer Erhöhung der Wasser- und Magerfleischmenge in Kombination mit dem Einsatz von Transglutaminase)

In der dritten Hauptversuchsreihe wurden neben einer Charge der Standardmortadella (H3 K) drei weitere Brühwurstchargen (H3 C1 – H3 C3) produziert, bei denen die Anteile an Rückenspeck und Schweinebacke durch die Zugabe von Simplese® 100 in Pulverform, einer zusätzlichen Menge an Eiswasser und einem erhöhtem Magerfleischanteil in einem unterschiedlichen Umfang ersetzt wurden. Das Verhältnis der Mehrmenge an Eiswasser zu der Konzentration an Simplese® 100 betrug dabei analog zu der ersten und zweiten Hauptversuchsreihe 1:1 (siehe Tab. 10).

Darüber hinaus wurde allen rezepturmodifizierten Brühwurstchargen (H3 C1 – H3 C3) der Verarbeitungshilfsstoff Transglutaminase (0,05 %) hinzugegeben. In Verbindung mit der Verarbeitung von Transglutaminase wurde eine Mehrmenge an Eiswasser in Höhe von 12 % eingesetzt (siehe Tab. 10). Diese Mehrmenge an Eiswasser wurde auf der Grundlage von Ergebnissen aus eigenen Vorversuchen bestimmt (WORTMANN 2007). Diese Vorversuche ergaben, dass in Bezug auf die instrumentell gemessene Textur eine hohe Reduktion des Fettgehaltes unter Zugabe von 0,05 % Transglutaminase und einer erhöhten Schüttwassermenge von 12 % möglich ist. Die dritte Hauptversuchsreihe wurde dreimal durchgeführt (n = 3).

Tabelle 10: Rezeptur der Brühwurstchargen der dritten Hauptversuchsreihe (n = 3).

	<u>H3 K</u>	<u>H3 C1</u>	<u>H3 C2</u>	<u>H3 C3</u>
S II	29 %	38 %	38 %	33 %
R II	17 %	18 %	18 %	17 %
S IV	9 %	---	---	---
S VIII	24 %	2 %	---	---
Rapsöl	---	---	2 %	---
Simplese® 100	---	4,5 %	4,5 %	8,5 %
Eiswasser	21 %	37,5 %	37,5 %	41,5 %
GESAMT	100 %	100 %	100 %	100 %
TG	---	0,05 %	0,05 %	0,05 %
Nitritpökelsalz	1,8 %	1,8 %	1,8 %	1,8 %
Phosphat	0,3 %	0,3 %	0,3 %	0,3 %
Ascorbinsäure	0,1 %	0,1 %	0,1 %	0,1 %
Zucker	0,05 %	0,05 %	0,05 %	0,05 %
Weißer Pfeffer	0,3 %	0,3 %	0,3 %	0,3 %
Ingwer	0,04 %	0,04 %	0,04 %	0,04 %
Koriander	0,03 %	0,03 %	0,03 %	0,03 %
Mazis	0,07 %	0,07 %	0,07 %	0,07 %
Muskat	0,03 %	0,03 %	0,03 %	0,03 %
Knoblauchpaste	0,01 %	0,01 %	0,01 %	0,01 %

H = Hauptversuchsreihe; K = Standardmortadella; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; S II = grob entfettetes Schweinefleisch; R II = grob entsehntes Rindfleisch; S IV = Schweinebacke; S VIII = Rückenspeck vom Schwein; TG = Transglutaminase; Phosphat = di-Natriumhydrogenphosphat; Ascorbinsäure = L(+)-Ascorbinsäure Natriumsalz.

3.1.2 Brühwurstproduktion

3.1.2.1 Zerkleinern und Mischen

3.1.2.1.1 Wolfen

Die Vorzerkleinerung des grob entfetteten Schweinefleisches, des grob entsehten Rindfleisches, der Schweinebacke und des Rückenspekkes vom Schwein erfolgte jeweils mit einem Fleischwolf (Zerkleinerungsmaschine) unter Verwendung einer 2 mm Lochscheibe. Die gewolfen tierischen Rohstoffe wurden anschließend auf etwa -3 °C temperiert.

3.1.2.1.2 Kuttern

Die einzelnen Rezepturbestandteile wurden mit einem Vakuumkanter im Magerbrätverfahren feinerzkleinert und zu einer homogenen Brätmasse vermischt. Die verarbeitete Menge an Brät betrug pro Brühwurstcharge 25 Kg. Die Dauer der einzelnen Kutterintervalle richtete sich nach der Brätendtemperatur, die bei + 13 °C lag. Die Begründungen für die Abweichungen in den Kuttertechnologien der fettreduzierten Brühwurstherzeugnisse der einzelnen Versuchsreihen gegenüber der Charge der Standardmortadella sind dem **Kapitel 4.2.2.1** zu entnehmen.

3.1.2.1.2.1 Standardmortadella

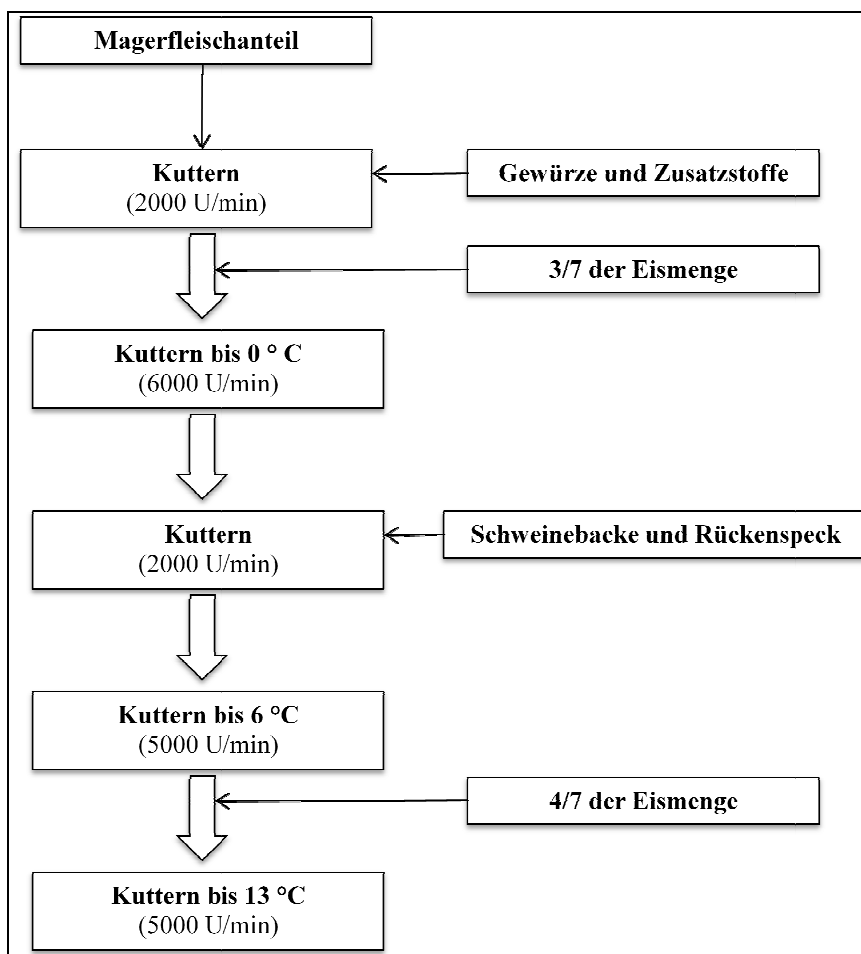


Abbildung 11: Kuttertechnologie zur Herstellung der Standardmortadella; U/min = Umdrehungen der Kuttermesser pro Minute.

Zur Herstellung der Standardmortadella wurde zunächst der Magerfleischanteil, unter Zusatz der Gewürze und der Zusatzstoffe, bei 2000 U/min der Kutmesser zerkleinert und vermischt. Anschließend wurde eine Teilmenge (3/7) der Eisschüttung zugegeben und diese Masse bei 6000 U/min, bis zum Erreichen einer Brättemperatur von 0 °C, gekuttert, bevor die Zugabe des Rückenspeckes und der Schweinebacke bei 2000 U/min erfolgte. Während des folgenden Intervalles wurde das Brät bei 5000 U/min, bis zu einer Brättemperatur von +6 °C zerkleinert und vermischt. Anschließend wurde der restliche Teil der Eisschüttung (4/7) in den Kutter gegeben und sämtliche in dem Schneidmischer befindlichen Rezepturbestandteile, bei 5000 U/min, bis zu einer Brätendtemperatur von +13 °C gekuttert (**siehe Abb. 11**).

3.1.2.1.2.2 Erste Vorversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100)

Die Kuttertechnologie der rezepturmodifizierten Brühwurstchargen der ersten Vorversuchsreihe (V1 C1 – V1 C4) entsprach der Kuttertechnologie, die bei der Herstellung der Standardmortadella angewendet wurde (**siehe Abb. 11**). Die einzige Ausnahme bildete das Einarbeiten des Simplese® 100, das in Pulverform anteilig mit der Schweinebacke und dem Rückenspeck dem Kutterinhalt zugegeben wurde.

3.1.2.1.2.3 Zweite Vorversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100 und einer Erhöhung der Wassermenge (Verhältnis 1:2))

Im Rahmen der zweiten Vorversuchsreihe änderte sich die Kuttertechnologie der rezepturmodifizierten Brühwurstchargen (V2 C1 – V2 C4) gegenüber der Kuttertechnologie der Standardmortadella dahingehend, dass im Anschluss an die erste Kutterperiode (2000 U/min) nur ein Drittel der Eismenge dem Kutterinhalt beigegeben wurde. Im Folgenden wurde das Gemisch bei 6000 U/min bis 0 °C gekuttert, woraufhin die Zugabe des Rückenspeckes in Kombination mit dem Simplese® 100 erfolgte. Diese Zutaten wurden bei einer niedrigen Umdrehungszahl der Kutmesser im Rückwärtsmischgang eingearbeitet, um ein Aufwirbeln des in Pulverform eingearbeiteten Fettaustauschstoffes zu vermeiden. Der Kutterinhalt wurde anschließend bei 5000 U/min bis zum Erreichen von +6 °C zerkleinert und vermischt, bevor ein weiteres Drittel der Eisschüttung dem Brät hinzugegeben wurde. Nach einem weiteren Arbeitsintervall des Schneidmischers bei 5000 U/min, bis zu einer Brättemperatur von +6 °C, erfolgte die Kühlung der bisher gekutterten Brätbestandteile auf etwa 0 °C. In einer abschließenden Kutterperiode wurde das Brät unter der Zugabe des letzten Drittels der Eisschüttung, bei 5000 U/min, bis zu einer Brätendtemperatur von +13 °C zerkleinert und vermischt (**siehe Abb. 12**).

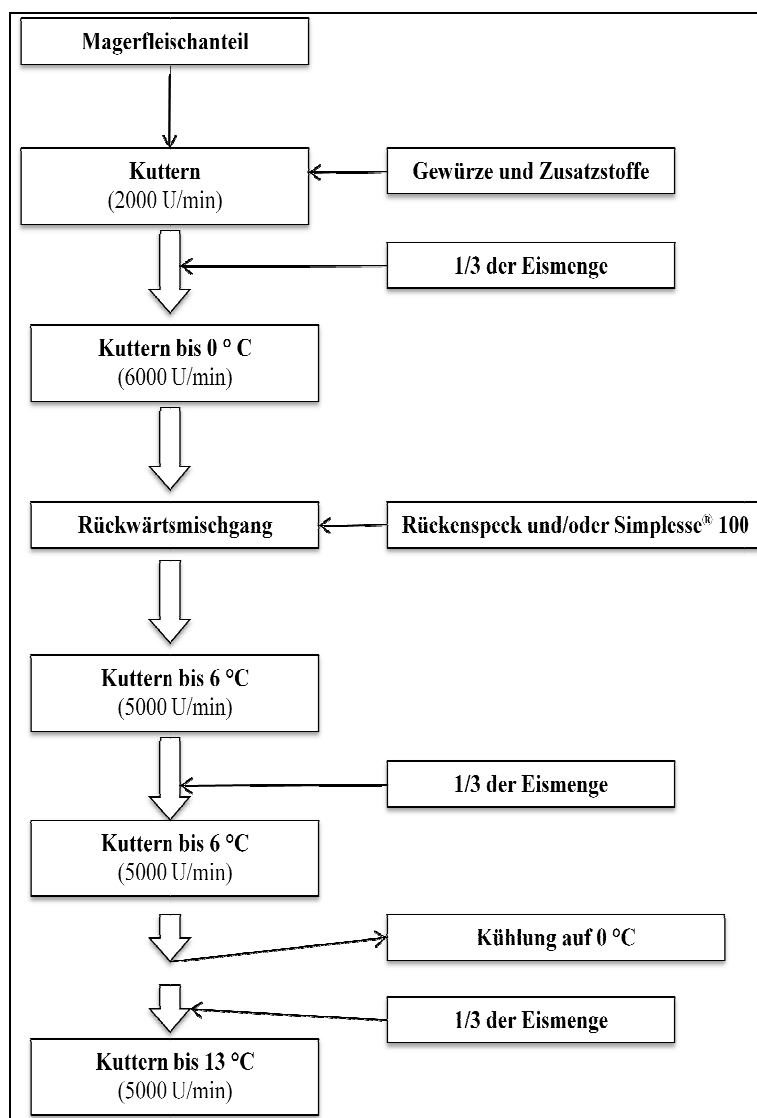


Abbildung 12: Kuttertechnologie zur Herstellung der rezepturmodifizierten Brühwurstchargen der zweiten Vorversuchsreihe und der drei Hauptversuchsreihen; U/min = Umdrehungen der Kuttermesser pro Minute.

3.1.2.1.2.4 Erste Hauptversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplesse® 100 und einer Erhöhung der Wassermenge (Verhältnis 1:1))

In der ersten Hauptversuchsreihe entsprach die Kuttertechnologie der rezepturmodifizierten Brühwurstchargen (H1 C1 – H1 C4) dem in **Abbildung 12** dargestellten Schema.

3.1.2.1.2.5 Zweite Hauptversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplesse® 100 sowie einer Erhöhung der Wasser- und Magerfleischmenge)

In der zweiten Hauptversuchsreihe entsprach die Kuttertechnologie der rezepturmodifizierten Brühwurstchargen (H2 C1 – H2 C3) dem in **Abbildung 12** dargestellten Schema. Das Rapsöl (H2 C2) wurde tiefgefroren und anstelle des Rückenspeckes eingearbeitet.

3.1.2.1.2.6 Dritte Hauptversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplex® 100 sowie einer Erhöhung der Wasser- und Magerfleischmenge in Kombination mit dem Einsatz von Transglutaminase)

In der dritten Hauptversuchsreihe entsprach die Kuttertechnologie der rezepturmodifizierten Brühwurstchargen (H3 C1 – H3 C3) dem in **Abbildung 12** dargestellten Schema.

Bei der Herstellung der rezepturmodifizierten Brühwurstchargen (H3 C1 – H3 C3) wurde der Verarbeitungshilfsstoff Transglutaminase, in Anlehnung an die Herstellerempfehlung, gemeinsam mit den Zusatzstoffen und Gewürzen in die Brätmasse eingearbeitet.

Die Einarbeitung des Rapsöls (H3 C2) erfolgte, anstelle der Zugabe des Rückenspeckes, in tiefgefrorener Form.

3.1.2.2 Abfüllen

1000 g der Brätmasse wurden mit einer unter Vakuum betriebenen Füllmaschine in Zellulosehüllen (Kaliber: 60 mm, Länge 40 cm) abgefüllt und verschlossen. Aufgrund der Gesamtmenge von 25 Kilogramm an produziertem Brät pro Brühwurstcharge konnten 25 Brühwürste hergestellt werden.

Die Zellulosehüllen wiesen eine Gasdurchlässigkeit von 10 – 40 cm³/m² d bar sowie eine Wasserdampfdurchlässigkeit von 2 – 5 g/cm² d auf.

3.1.2.3 Brühen

Das Brühen der Wurstchargen wurde in einem Dampfkochschrank bis zu einer Kerntemperatur von +72 °C vollzogen. Die Dauer des Brühprozesses betrug in etwa 2 Stunden, wobei die Arbeitstemperatur über einen Datenprozessor gesteuert wurde.

Abweichend hiervon wurden die Brühwurstchargen, die mit Transglutaminase produziert wurden (H3 C1 – H3 C3), gemäß den Herstellerangaben für eine Stunde auf eine Kerntemperatur von +45 °C erhitzt. Anschließend erfolgte eine weitere Erhitzung auf eine Endkerntemperatur von +72 °C.

3.1.2.4 Abkühlen

Nach dem Brühprozess wurden die Brühwurstchargen jeder Versuchsreihe in einem Kühlraum bei stiller Kühlung (~ +6 °C) auf eine Kerntemperatur von ebenfalls +6 °C abgekühlt.

3.1.2.5 Verpacken

Nach dem Abkühlen der Proben wurde ein Teil der Brühwurstherzeugnisse jeder Charge verpackt. Hierzu wurden die Zellulosehüllen entfernt und die Brühwürste mit einer manuellen Schneidemaschine in Scheiben geschnitten. Für die sensorische Analyse wurde eine Schei-

bendicke von 4 mm (~ 15,5 g/pro Scheibe) und für die restlichen Untersuchungen von 10 mm (~ 38,75 g/pro Scheibe) gewählt.

Anschließend wurden die Wurstscheiben unter modifizierter Atmosphäre (70 % N₂, 30 % CO₂) verpackt. Zu diesem Zweck wurde die benötigte Scheibenanzahl in Plastikschaalen (MAP-Schaalen) mit einem Polypropylenanteil (PP) von 80 % (190 * 144 * 49 mm) gegeben und mit einer Verschlussfolie, bestehend aus einer PET (Polyethylenterephthalat) Trägerbahn, die mit einer PVDC (Polyvinylidenchlorid) Sauerstoffbarriere beschichtet war und eine PP-Copo basierende, antifog-ausgerüstete Siegelschicht besaß, verschlossen. Das Verpacken der Brühwurstchargen erfolgte mit einer halbautomatischen Schalenversiegelungsanlage. Im Anschluss an die Versiegelung wurden die Verpackungen gekennzeichnet.

Die Verschlussfolie wies eine Gasdurchlässigkeit von < 1,5 cm³/m² d bar für Sauerstoff, < 5,5 cm³/m² d bar für Kohlendioxid und < 1 cm³/m² d bar für Stickstoff sowie eine Wasserdampfdurchlässigkeit von < 2,5 g/m² d auf.

3.1.2.6 Transport und Lagerung

Sowohl die Stückware als auch die Aufschnittware wurden bei einer Temperatur von ≤ +7 °C vom Technikum des Instituts für Lebensmittelqualität und –sicherheit der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover in das Technikum des Instituts für Lebensmittelwissenschaft und Humanernährung der Leibniz Universität Hannover transportiert.

Die Lagerung der Brühwurstchargen erfolgte als Stückware (in Zellulosehüllen) für sieben Tage und als Aufschnittware (unter modifizierter Atmosphäre) für 23 Tage in Kühlschränken bei +7 °C (± 0,5 °C).

3.2 Methoden

Die einzelnen Brühwurstchargen wurden während der Lagerung diversen analytischen Untersuchungsmethoden unterzogen (**siehe Tab. 11**).

Die sensorische Analyse, die instrumentelle Textur-Profil-Analyse, die instrumentelle Farbmessung, ein Teil der chemischen Analyse sowie die mikrobiologische und die physikalische Untersuchung wurden in den Räumlichkeiten des Instituts für Lebensmittelwissenschaft und Humanernährung der Leibniz Universität Hannover durchgeführt, während die Bestimmung des Restgasgehaltes und ein weiterer Teil der chemischen Untersuchung im Institut für Lebensmittelqualität und –sicherheit der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover erfolgten.

Die genannten analytischen Untersuchungen, mit Ausnahme der chemischen Analytik und der Bestimmung des Restgasgehaltes, wurden für die Stückware am dritten und am siebten Lagerungstag und für die Aufschnittware am dritten und am 23. Lagerungstag durchgeführt. Aus arbeitsorganisatorischen Gründen wurden Prüfproben jeder Brühwurstcharge (nur Stückware) unmittelbar nach der Herstellung tiefgefroren und zu einem späteren Zeitpunkt chemisch analysiert. Die aus der chemischen Analyse ermittelten Daten dienen unter anderem zur Berechnung des Energiegehaltes der einzelnen Brühwurstchargen. Die Bestimmung des Restgasgehaltes im Kopfraum der MAP-Verpackungen der Aufschnittware erfolgte am dritten und am 23. Lagerungstag.

Tabelle 11: Überblick über die analytischen Untersuchungsmethoden.

<i>Untersuchungsmethode</i>	<i>Stückware</i>	<i>Aufschnittware</i>	<i>Untersuchungsort</i>
Sensorische Analyse	3. und 7. Lagerungstag	3. und 23. Lagerungstag	LUH ¹
Instrumentelle Textur-Profil-Analyse	3. und 7. Lagerungstag	3. und 23. Lagerungstag	LUH ¹
Instrumentelle Farbmessung	3. und 7. Lagerungstag	3. und 23. Lagerungstag	LUH ¹
Physikalische Untersuchung	3. und 7. Lagerungstag	3. und 23. Lagerungstag	LUH ¹
Chemische Analyse	Einmal im gesamten Lagerzeitraum	Keine Untersuchung	LUH ¹ und TiHo ²
Bestimmung des Energiegehaltes	Einmal für alle Brühwurstchargen	Keine Untersuchung	LUH ¹
Mikrobiologische Untersuchung	3. und 7. Lagerungstag	3. und 23. Lagerungstag	LUH ¹
Bestimmung des Restgasgehaltes	---	3. und 23. Lagerungstag	TiHo ¹

¹ LUH = Leibniz Universität Hannover, Institut für Lebensmittelwissenschaft und Humanernährung;

² TiHO = Tierärztliche Hochschule Hannover, Institut für Lebensmittelqualität und –sicherheit.

3.2.1 Sensorische Analyse

Die sensorische Analyse wurde als konventionelle Profilprüfung nach DIN 10967-1 durchgeführt. Darüber hinaus wurden weitere normative Vorschriften für die sensorische Analyse verwendet, die der **Tabelle 12** zu entnehmen sind.

Tabelle 12: Überblick über die verwendeten normativen Vorschriften für die sensorische Analyse.

<i>Dokumentnummer</i>	<i>Titel</i>
DIN 10952-2	Sensorische Prüfmethode – Bewertende Prüfung mit Skale – Erstellen von Prüfskalen und Bewertungsschemata
DIN 10961:1996-08	Schulung von Prüfpersonen für sensorische Prüfungen
DIN 10967-1:1999-10	Sensorische Prüfverfahren – Profilprüfung – Teil 1: Konventionelles Profil
Beiblatt 1 zu DIN 10967	Sensorische Prüfverfahren – Profilprüfung – Beispiele zur statistischen Auswertung
DIN EN ISO 5492:2009	Sensorische Analyse – Vokabular
DIN EN ISO 8586-2:2008	Sensorische Analyse – Allgemeiner Leitfaden für die Auswahl, Schulung und Überprüfung von Prüfpersonen – Teil 2: Sensoriker
DIN EN ISO 8589:2009	Sensorische Analyse – Allgemeiner Leitfaden für die Gestaltung von Prüfräumen
ISO 11035:1994(E)	Sensory analysis – Identification and selection of descriptors for establishing a sensory profile by a multidimensional approach
ISO 11036:1994(E)	Sensory analysis – Methodology – Texture profile
ISO 13299:2003(E)	Sensory analysis – Methodology – General guidance for establishing a sensory profile
ISO 4121:2003(E)	Sensory analysis – Guidelines for the use of quantitative response scales
ISO 6658:2005(E)	Sensory analysis – Methodology – General guidance
ISO 8586-1:1993(E)	Sensory analysis – General guidance for the selection, training and monitoring of assessors – Part 1: Selected assessors

3.2.1.1 Prüfpersonen

An allen sensorischen Arbeitsschritten (Erarbeitung der Deskriptoren, Panelschulung, Erstellen des Produktprofils) waren mindestens sechs Prüfpersonen beteiligt. Die Prüfpersonen erfüllten im Hinblick auf deren Anzahl und Qualifikation die Anforderungen nach DIN 10967-1. Sie wiesen, bedingt durch ihre sensorische Vorbildung (Grundkurs der Lebensmittelsensorik), gemäß DIN EN ISO 5492, ISO 8586-1 und DIN ISO 8586-2, mindestens den Status einer „ausgewählten Prüfperson“ auf.

3.2.1.2 Prüfraum

Die sensorische Analyse wurde in einem Prüfraum für Lebensmittelsensorik durchgeführt, der den Anforderungen nach DIN EN ISO 8589 entsprach und über zehn Einzelprüfkabinen verfügte.

3.2.1.3 Erarbeitung der Deskriptoren

Die Erarbeitung der Deskriptoren erfolgte gemäß DIN 10967-1 und ISO 11035 sowie in Anlehnung an ISO 11036 und ISO 13299.

Den ausgewählten Prüfpersonen wurden Brühwurstherzeugnisse gereicht, die unterschiedliche Konzentrationen an Simplese® 100 und/oder Rapsöl im Austausch gegen das tierische Fettgewebe aufwiesen. Bei der Erarbeitung der Deskriptoren für die Brühwurstherzeugnisse, die mit dem Enzym Transglutaminase hergestellt wurden, konnte auf Erfahrungswerte aus eigenen Vorversuchen zurückgegriffen werden (WORTMANN 2007).

Jede Prüfperson fertigte eine Tabelle mit Deskriptoren an, die die sensorischen Empfindungen bzw. Merkmalseigenschaften entsprechend verbalisierten. Anschließend erfolgte in einer Gruppendiskussion die Sortierung der gesammelten Attribute, wobei ähnliche Merkmalseigenschaften zusammengefasst wurden. Darüber hinaus wurden Deskriptoren eliminiert, die unter sensorischen Gesichtspunkten als ungeeignet erschienen, hedonischer Herkunft waren oder unpräzise Angaben machten. Auch Merkmalseigenschaften, die das Produkt mit seinem eigenen Namen beschrieben, wie beispielsweise mortadellaartig, fanden keine weitere Berücksichtigung.

Ferner wurde innerhalb des Panels die Bedeutung jedes einzelnen Deskriptors definiert, damit für die weitere Vorgehensweise Missverständnisse ausgeschlossen werden konnten.

Im anschließenden Arbeitsschritt erfolgte eine abermalige Reduzierung der Anzahl an Begriffen, indem der wahrgenommene Intensitätsgrad in der Abweichung der jeweiligen Merkmalseigenschaft zwischen der Prüfprobe und der Standardmortadella beurteilt wurde. Bestanden große Differenzen, so wurde der Begriff beibehalten, lagen hingegen nur geringe Unterschiede vor, wurde der Begriff ausgegliedert.

Im Anschluss an die erste Vorversuchsreihe wurde eine erneute Diskussion innerhalb des achtköpfigen Prüferteams durchgeführt, wobei einzelne Attribute hinzugefügt bzw. ausgetauscht wurden.

Die Erarbeitung der Deskriptoren erfolgte in erster Linie unter Berücksichtigung der Merkmalseigenschaften, die im Rahmen instrumentellen Messverfahren (instrumentelle Texturprofil-Analyse und Farbmessung) ermittelt wurden, um eine Vergleichbarkeit der subjektiv und objektiv ermittelten Ergebnisse zu gewährleisten. Aus diesem Grund wurden ab der zweiten Vorversuchsreihe die Texturparameter Härte, Kohäsivität, Adhäsion, Elastizität, Kaubarkeit und Bissfestigkeit gustatorisch beurteilt sowie die Härte, Kohäsivität, Adhäsion, Elastizität und Kaubarkeit zusätzlich mittels Tastsinn (Finger) bewertet. Des Weiteren wurde der Rotwert der Mortadellchargen visuell beurteilt und um ggf. vorliegende mikrobiologische Vor-

gänge sensorisch wahrnehmen zu können, sollten die Produkte olfaktorisch auf ihren säuerlichen Geruch begutachtet werden. Um den Einfluss der erhöhten Schüttwassermenge auf die sensorische Produktqualität der Brühwurstzeugnisse zu bestimmen, sollte visuell der Glanz und gustatorisch der Feuchtigkeitseindruck der Proben ermittelt werden.

3.2.1.4 Prüfbogen

Die Gestaltung des Prüfbogens erfolgte in Anlehnung an die normativen Vorschriften und Entwürfe nach DIN 10967-1, ISO 13299 und ISO 4121. Der Prüfbogen wurde zur besseren Verständlichkeit und zur optimalen Einsetzbarkeit modifiziert. Ein Exemplar des Prüfbogens befindet sich im Anhang (**siehe Kap. 7.3**) dieser Arbeit.

Die Intensitäten der einzelnen Merkmalseigenschaften bzw. die sensorische Gesamtqualität waren anhand einer numerischen Skala zu beurteilen, die aus fünf Entscheidungsfeldern aufgebaut war (+2; +1; 0; -1; -2) (**siehe Abb. 13**). Die Skala umfasste zwei Entscheidungsfelder im negativen Bereich (-2; -1), zwei Entscheidungsfelder im positiven Bereich (+2; +1) und ein Entscheidungsfeld im neutralen Bereich (0). Im negativen Bereich war eine schwächere und im positiven Bereich eine stärkere Ausprägung des Merkmals gegenüber der Kontrollcharge festzuhalten. Wurden zwischen den Prüfproben und dem Standard keine Abweichungen registriert, so musste das neutrale Entscheidungsfeld (0) gewählt werden. Dementsprechend handelte es sich um eine bipolare Skala.

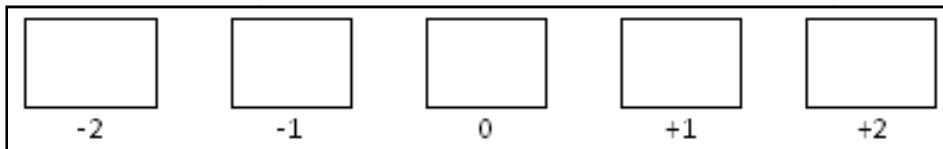


Abbildung 13: Verwendete numerische Skala im Rahmen der sensorischen Profilprüfung (gemäß ISO 4121).

Mit der sensorischen Profilprüfung sollte eine definierte Qualitätsbeurteilung der Merkmalseigenschaften der fettreduzierten Brühwurstchargen gegenüber der Kontrollcharge erfolgen. Die Auslegung der sensorischen Qualitätsanforderungen erfolgte dabei in Anlehnung an die DIN 10952-2. Aus der verwendeten numerischen Skala ergaben sich, je nach Bewertung der sensorischen Deskriptoren der fettreduzierten Brühwurstzeugnisse gegenüber der Kontrollcharge, die drei sensorischen Qualitätsklassen „Qualitätsanforderung erfüllt“ (0), „Qualitätsanforderung bedingt erfüllt“ ($\leq +/-1$) und „Qualitätsanforderung nicht erfüllt“ ($> +/-1$).

Des Weiteren enthielt der Prüfbogen die Prüfanweisung. Zu dem Prüfbogen wurde eine Übersicht mit den sensorischen Definitionen, Prüftechniken und Referenzproben der jeweiligen textuellen Merkmalseigenschaften (gemäß ISO 11036) gereicht.

3.2.1.5 Panelschulung

Die Panelschulung erfolgte gemäß DIN 10961, DIN 10967, ISO 8586-1, ISO 11035 und ISO 11036 unter Anleitung des Panelleiters im Vorfeld der ersten Verkostung.

Aufgrund der sensorischen Vorbildung (Grundkurs der Lebensmittelsensorik) der einzelnen Panelisten wurde eine ausschließlich produktspezifische Schulung durchgeführt.

Nach einer theoretischen Einführung erfolgte die Bestimmung der Deskriptoren mittels Brühwurstzeugnissen mit unterschiedlichen Fettgehalten. Darüber hinaus wurden den Prüfpersonen Referenzproben (**siehe Kap. 7.3**) gemäß ISO 11036 gereicht, mit deren Hilfe die jeweilige Prüftechnik erlernt und ein Verständnis für die sensorischen Empfindungen geschaffen werden sollte.

3.2.1.6 Vorbereitung und Darbietung der Prüfproben

Unmittelbar vor Verkostungsbeginn erfolgte das Zubereiten und Anrichten der Prüfproben. Die einzelnen Brühwurstchargen wurden scheibenweise auf neutralen Tellern gestapelt (je 5 Scheiben mit 4 mm Dicke). Entsprechend dem Probenaufkommen am jeweiligen Untersuchungstag umfasste ein für die Verkostung fertiggestellter Teller, neben der Probe für den Standard, drei bis vier Prüfproben. Zur Anonymisierung wurden die Probenstapel mit einer dreistelligen Zufallszahl und der Standard mit dem Buchstaben „S“ auf dem Tellerrand gekennzeichnet. Die Verschlüsselung der Prüfproben erfolgte im Vorfeld jeder Prüfung mit neuen Zufallszahlen.

Anschließend wurden die Probenteller mit einer Frischhaltefolie abgedeckt und bis zum Verkostungsbeginn lichtgeschützt bei $+7\text{ °C}$ ($\pm 2\text{ °C}$) im Kühlschrank gelagert. Die Proben temperatur betrug zu Verkostungsbeginn demzufolge etwa $+7\text{ °C}$ ($\pm 2\text{ °C}$).

Aufgrund der beträchtlichen Anzahl an zu beurteilenden Merkmalseigenschaften sowie dem Schwierigkeitsgrad der Prüfung, wurde die Anzahl der Prüfproben auf maximal zwölf pro Verkostung beschränkt.

Zur Neutralisation wurden im Vorfeld der Prüfung ungesüßter Früchtetee und Weißbrot gereicht.

3.2.1.7 Erstellung des Produktprofils

Zur Erstellung des Produktprofils wurden allen Panelmitgliedern die identischen Prüfbedingungen geboten.

Die Prüfpersonen führten die sensorische Analyse gemäß der Prüfaufgabe durch. Alle Merkmalseigenschaften einer Prüfprobe wurden nacheinander beurteilt, bevor anschließend die

Beurteilung der Merkmalseigenschaften der nächsten Prüfprobe erfolgte. Das Probenmaterial der rezeptmodifizierten Brühwurstchargen wurde dabei stets mit dem Standard verglichen.

Die Beurteilung der einzelnen Merkmalseigenschaften geschah anhand einer numerischen Skala gemäß ISO 4121, auf der der Intensitätsgrad der Abweichung festgehalten wurde. Dabei konnte die Prüfperson zwischen zwei Entscheidungsfeldern im negativen Bereich (-2; -1), zwei Entscheidungsfeldern im positiven Bereich (+2; +1) und einem Entscheidungsfeld im neutralen Bereich (0) entscheiden. Im negativen Bereich war eine schwächere und im positiven Bereich eine stärkere Ausprägung des Merkmals festzuhalten. Wurden zwischen den Prüfproben und dem Standard keine Abweichungen registriert, so musste das neutrale Entscheidungsfeld (0) gewählt werden (**siehe Abb. 13**).

In der ersten Vorversuchsreihe wurde die Profilprüfung mit den folgenden neun Deskriptoren durchgeführt: Rot-Wert (visuelle Wahrnehmung), süß-sauer, Härte, Kohäsivität, Adhäsion, Kaubarkeit, Bissfestigkeit, Feuchtigkeit und Griebigkeit (alle gustatorische Wahrnehmung). Zudem sollte die sensorische Gesamtqualität der Brühwurstzeugnisse bestimmt werden. Ab der zweiten Vorversuchsreihe wurde die Liste der Deskriptoren dahingehend modifiziert, dass die Attribute Rot-Wert, Glanz (beide visuelle Wahrnehmung), säuerlich (olfaktorische Wahrnehmung), Härte, Kohäsivität, Adhäsion, Elastizität, Kaubarkeit, Bissfestigkeit und Feuchtigkeit (alle gustatorische Wahrnehmung) sowie die sensorische Gesamtqualität beurteilt werden mussten. Die Texturattribute Härte, Kohäsivität, Adhäsion, Elastizität, Kaubarkeit sollten neben der gustatorischen Beurteilung zusätzlich durch den Tastsinn mit dem Finger begutachtet werden.

Die Erstellung des Produktprofils erfolgte im Anschluss an die Verkostung im Rahmen der statistischen Auswertung mit Hilfe eines Netzdiagrammes. In **Abbildung 14** ist beispielhaft ein solches Netzdiagramm dargestellt. Die schwarze Linie entspricht der festgelegten Bewertung des Produktstandards.

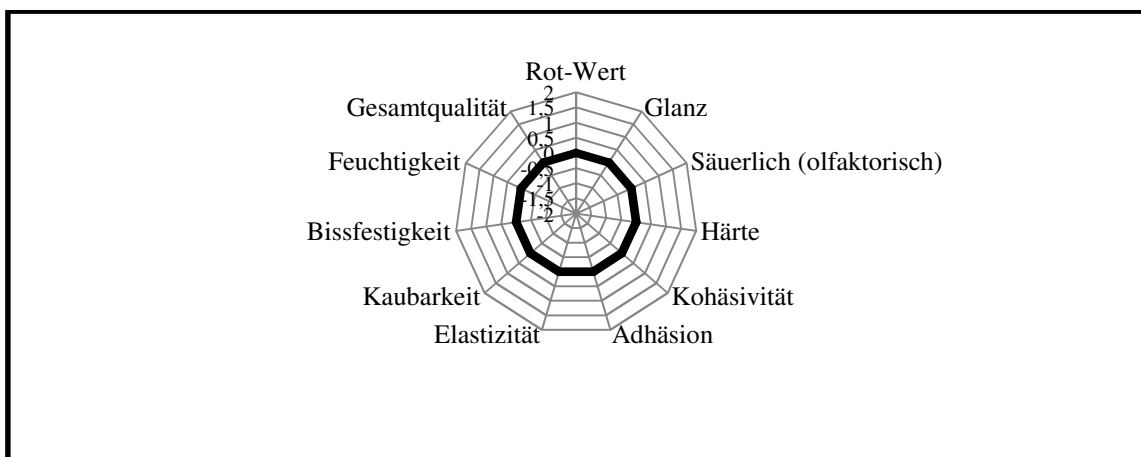


Abbildung 14: Sensorische Profilprüfung: Beispielhafte Darstellung eines Netzdiagrammes.

Aus den Einzelbewertungen der Deskriptoren wurde ersichtlich, ob die sensorischen Qualitätsanforderungen an die entsprechenden Merkmalseigenschaften der fettreduzierten Brühwurstzeugnisse „erfüllt“ (0), „bedingt erfüllt“ ($\leq +/ -1$) oder „nicht erfüllt“ ($> +/ -1$) wurden.

3.2.2 Instrumentelle Textur-Profil-Analyse (TPA)

Die instrumentelle Textur-Profil-Analyse, die zur Bestimmung der textuellen Eigenschaften der einzelnen Brühwurstchargen durchgeführt wurde, erfolgte mit dem Texture Analyser TA.HDplus. Zur Datenerfassung diente die Software Texture Exponent 32, Version 4.0.12.0.

Die Untersuchung erfolgte an 15 1 cm³ großen Brühwurstzylindern aus jeweils drei Scheiben einer Brühwurstcharge, die mit einem Stanzwerkzeug (\varnothing 10 mm) an jedem Untersuchungstag ausgestanzt wurden.

Als Messvorsatz diente ein Kompressionsstempel (\varnothing 50 mm). Die Querhauptgeschwindigkeit betrug 1,7 mm/s und der Stauchungsgrad 80 %.

Die instrumentelle Texturbestimmung wurde unmittelbar nach dem Aufschneiden der als Stückware gelagerten Brühwürste bzw. nach dem Öffnen der Verpackungen der unter modifizierter Atmosphäre gelagerten Brühwurstscheiben durchgeführt. Die Proben temperatur betrug zum Messzeitpunkt +7 °C (\pm 2 °C), wobei die Messung bei Raumtemperatur erfolgte.

Die einzelnen Texturdeskriptoren wurden anhand der Aufzeichnung eines Kraft-Zeit-Diagrammes ermittelt, wobei die Ordinate die Kraft in Newton (N) und die Abszisse die Zeit in Sekunden (sec) wiedergab. Auf diese Weise wurden die Texturparameter Bissfestigkeit (N), Härte (N), Elastizität (%), Kohäsivität (dimensionslos), Adhäsion (Ns) und Kaubarkeit (N) bestimmt (siehe Tab. 13).

Tabelle 13: Maßeinheiten der Texturdeskriptoren (WINOPAL 2009a).

<i>Deskriptor</i>	<i>Maßeinheit</i>
Bissfestigkeit	N
Härte	N
Elastizität	%
Kohäsivität	dimensionslos (Verhältnis der positiven Arbeit)
Adhäsion	Ns
Kaubarkeit	N

N = Newton; Ns = Newtonsekunden.

Die Bissfestigkeit ergab sich aus dem ersten, abgerundeten Peak im Kurvenverlauf. Der zweite, oftmals spitzere Peak, der zugleich den maximalen positiven Kraftwert darstellte, gab die Härte wieder. Die Elastizität wurde als die aufgewendete Kraft pro Zeit bestimmt. Dagegen ergab sich der Wert für die Kohäsivität aus dem Verhältnis der Flächen im Kurvenverlauf, die sich unterhalb der Kurven des ersten und zweiten Zyklus befanden. Zur Berechnung der Ad-

häsion wurde die Fläche herangezogen, die im negativen Kraftbereich lag. Die Kaufähigkeit wurde als das Produkt aus Härte und Elastizität bestimmt.

3.2.3 Instrumentelle Farbmessung ($L^*a^*b^*$)

Die instrumentelle Farbmessung erfolgte nach der Methode des $L^*a^*b^*$ - Farbsystems, die von der Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) im Jahr 1976 beschrieben wurde.

Die Messungen wurden dabei im Dreifilterverfahren mit einem Spektrophotometer der Fa. Konica Minolta durchgeführt, das vor jeder Messreihe mit einem schwarzen und einem weißen Standard kalibriert wurde. Die Farbestimmungen erfolgten unter Glanzeinschluss, innerhalb eines Wellenlängenbereiches von 400 bis 700 nm mit einer Xenon-Blitzröhre. Der Durchmesser der Messöffnung betrug 30 mm, der Betrachtungswinkel 10° und es wurde die Normallichtart D_{65} verwendet. Der Ablauf der Farbmessung ist in der **Abbildung 15** dargestellt.

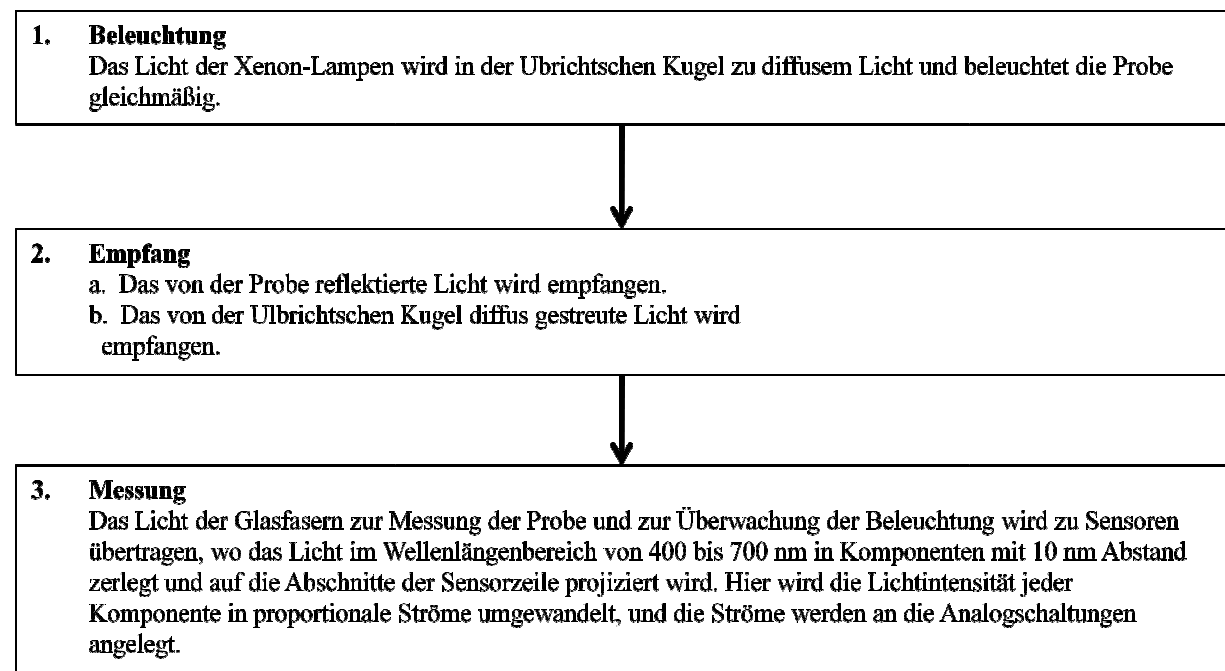


Abbildung 15: Ablauf der Farbmessung mit dem Spektrophotometer CM-3600-d der Fa. Konica Minolta (modifiziert nach KONICA MINOLTA 2010).

Zur Auswertung der Messergebnisse wurde die Software Spectra Magic herangezogen. Von jeweils drei 1 cm dicken Scheiben einer jeden Brühwurstcharge wurden fünf Areale bemessen, sodass folglich 15 Messungen pro Untersuchungstag und Brühwurstcharge erfolgten. Die instrumentelle Farbmessung wurde unmittelbar nach dem Aufschneiden der als Stückware gelagerten Brühwürste bzw. nach dem Öffnen der Verpackungen der unter modifizierter Atmosphäre gelagerten Brühwurstscheiben durchgeführt. Die Proben temperatur betrug zum Messzeitpunkt $+7^\circ\text{C}$ ($\pm 2^\circ\text{C}$), wobei die Messung bei Raumtemperatur erfolgte.

3.2.4 Physikalische Untersuchung

3.2.4.1 Bestimmung des pH – Wertes

Die Bestimmung des pH-Wertes erfolgte gemäß Methode L 06.00-2 der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB.

Der pH-Wert wurde mit einem Messgerät ermittelt, dessen Kalibrierung im Vorfeld der Untersuchung mit zwei Pufferlösungen (pH 4 und pH 7) erfolgte. Anschließend wurde die am Gerät angeschlossene pH-Einstabmesskette, bestehend aus einer Mess- und einer Referenzelektrode, in das Probengut eingeführt. Im Vergleich zu der Referenzelektrode wurde hierdurch eine Spannungsänderung an der Messelektrode hervorgerufen. Diese Abweichung wurde von dem pH-Messgerät erfasst und in den pH-Wert umgerechnet. Zwischen den einzelnen Messungen erfolgte die Reinigung der Messkette mit Ethanol. Die Temperatur des Untersuchungsmaterials betrug zum Zeitpunkt der Messung +17 °C (± 1 °C), wobei die Messung bei Raumtemperatur erfolgte.

Die Bestimmung des pH-Wertes erfolgte für jede Brühwurstcharge im Doppelansatz. Die pH-Werte wurden nach dem Erreichen der Anzeigekonstanz mit zwei Stellen nach dem Komma abgelesen, die Ergebnisse arithmetisch gemittelt und der Mittelwert auf eine Nachkommastelle gerundet angegeben.

3.2.4.2 Bestimmung des a_w -Wertes

Die Bestimmung des a_w -Wertes erfolgte mit einem a_w -Messgerät, das über vier Messzellen verfügte. Dabei wurden spezielle Prüfbehältnisse der Fa. Novasina AG verwendet, in die das Probenmaterial gegeben wurde.

Um das Messprozedere zu verkürzen, wurden die Proben im Vorfeld der Messung in einem Klimaschrank auf eine Kerntemperatur von etwa +25 °C erwärmt, wobei die Messung bei Raumtemperatur erfolgte.

Der a_w -Wert wurde indirekt über die Gleichgewichtsfeuchte bestimmt. Dabei befand sich die Brühwurstprobe in einer abgeschlossenen Probenkammer des elektrischen Messgerätes, in der sich ein Feuchtegleichgewicht zwischen der Probe und der Luft im Kammerinneren einstellte. Der Feuchteanteil wurde mittels Feuchtesensoren in der ausgeglichenen Luft oberhalb der Probe bestimmt.

Die a_w -Messung erfolgte für jede Brühwurstcharge im Doppelansatz. Die a_w -Werte wurden nach dem Erreichen der Anzeigekonstanz mit drei Stellen nach dem Komma abgelesen, die Ergebnisse arithmetisch gemittelt und der Mittelwert auf zwei Stellen nach dem Komma gerundet angegeben.

3.2.5 Chemische Analyse

Im Rahmen der chemischen Analyse wurden die in der **Tabelle 14** dargestellten Methoden angewendet.

Tabelle 14: Überblick über die angewendeten Untersuchungsmethoden zur chemischen Analyse.

	<i>Angewendete Untersuchungsmethode</i>
Probenvorbereitung	Methode L 06.00-1 der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren für Fleisch und Fleischerzeugnisse (§ 64 LFGB)
Wassergehalt	Indirekt über Methode L 06.00-3 der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren für Fleisch und Fleischerzeugnisse (§ 64 LFGB)
Aschegehalt	Methode L 06.00-4 der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren für Fleisch und Fleischerzeugnisse (§ 64 LFGB)
Gesamtfettgehalt	Methode L 06.00-6 der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren für Fleisch und Fleischerzeugnisse (§ 64 LFGB)
Rohproteingehalt	Methode L 06.00-7 der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren für Fleisch und Fleischerzeugnisse (§ 64 LFGB)
Hydroxyprolingehalt	Methode L 06.00-8 der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren für Fleisch und Fleischerzeugnisse (§ 64 LFGB)
Bestimmung des Gehaltes an Nichtprotein-Stickstoffsubstanz (NPN)	Methode L 07.00-41 der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren für Fleisch und Fleischerzeugnisse (§ 64 LFGB)

3.2.5.1 Probenvorbereitung

Die Probenvorbereitung für die einzelnen chemischen Analysemethoden erfolgte gemäß Methode L 06.00-1 der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB. Die chemische Analyse erfolgte ausschließlich für die als Stückware gelagerten Proben. Aus arbeitsorganisatorischen Gründen wurden die einzelnen Brühwurstchargen innerhalb des siebentägigen Untersuchungszeitraumes als Stückware tiefgefroren. Unmittelbar vor Analysebeginn wurden die Prüfproben aufgetaut und in einem Homogenisator fein zerkleinert.

3.2.5.2 Chemische Vollanalyse

3.2.5.2.1 Bestimmung des Wassergehaltes

Die Bestimmung des Wassergehaltes erfolgte indirekt über die Ermittlung der Trockenmasse, gemäß Methode L 06.00-3 der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB.

Hierzu wurde das fein zerkleinerte Probenmaterial mit Seesand vermischt und in einem Trockenschrank bei +103 °C (± 2 °C) für vier Stunden getrocknet. Anschließend erfolgte die Abkühlung in einem Exsikkator.

Mit der folgenden Formel ließ sich der Trockenmassegehalt w_T in g/100 g der Probe berechnen:

$$w_T = \frac{(m - a) * 100}{m}$$

a durch die Trocknung erfolgte Massenabnahme in g;
 m Probeneinwaage in g.

Die Untersuchung erfolgte für jede Brühwurstcharge im Doppelansatz. Die Ergebnisse wurden arithmetisch gemittelt und der Mittelwert auf eine Stelle nach dem Komma gerundet angegeben.

Aus dem ermittelten Trockenmassegehalt ließ sich der Wassergehalt w_{H_2O} bestimmen, der sich aus der Differenz 100 minus des ermittelten Trockenmassegehaltes ergab:

$$w_{H_2O} = 100 - w_T.$$

Die Angabe des Wassergehaltes erfolgte ebenfalls in g/100g der Probe mit einer Nachkommastelle.

3.2.5.2.2 Bestimmung des Aschegehaltes

Die Aschebestimmung erfolgte gemäß Methode L 06.00-4 der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB.

Das fein zerkleinerte Probenmaterial wurde zunächst in einem Quarztiegel bei +103 °C (± 2 °C) für etwa eine Stunde vorgetrocknet, bevor die vollständige Veraschung bei etwa +600 °C für vier Stunden in einem Muffelofen erfolgte. Anschließend wurde das Probenmaterial in einem Exsikkator abgekühlt. Die Masse des erhaltenen Rückstandes wurde durch eine Differenzwägung bestimmt.

Die Berechnung des Aschegehaltes w_A (g /100g) erfolgte mit der nachstehenden Gleichung:

$$w_A = \frac{(m_2 - m_1) * 100}{m_0}$$

m_0 = Einwaage in g;
 m_1 = Masse des Quarztiegels in g;
 m_2 = Masse des Quarztiegels einschließlich Asche in g.

Die Untersuchung erfolgte für jede Brühwurstcharge im Doppelansatz. Die Ergebnisse wurden arithmetisch gemittelt und der Mittelwert auf eine Nachkommastelle gerundet angegeben.

3.2.5.2.3 Bestimmung des Gesamtfettgehaltes

Die Bestimmung des Gesamtfettgehaltes erfolgte gemäß Methode L 06.00-6 der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB.

Das fein zerkleinerte Probenmaterial wurde unter Kochen mit Salzsäure aufgeschlossen und die Aufschlussflüssigkeit anschließend im heißen Zustand filtriert. Der Filtrerrückstand wurde umgehend getrocknet und mit Petroleumbenzin in einem Kolben, der mit Siedesteinchen versehen wurde, extrahiert. Die Extraktion erfolgte in einer Apparatur nach Soxhlet. Im Anschluss erfolgte die Trocknung des Rückstandes bei +103 °C (± 2 °C) sowie die Abkühlung unter Atmosphärendruck.

Mit Hilfe einer Differenzwägung und der nachstehenden Formel konnte der Gesamtfettgehalt w_F in g/100g der Brühwurstprobe bestimmt werden:

$$w_F = \frac{(m_2 - m_1) * 100}{m_0}$$

m_0 = Einwaage in g;

m_1 = Masse des Kolben inklusive Siedesteinchen in g;

m_2 = Masse des Kolbens einschließlich Fett nach der Trocknung in g.

Die Untersuchung erfolgte für jede Brühwurstcharge im Doppelansatz. Die Ergebnisse wurden arithmetisch gemittelt und der Mittelwert auf eine Stelle nach dem Komma gerundet angegeben.

3.2.5.2.4 Bestimmung des Rohproteingehaltes

Die Bestimmung des Rohproteingehaltes erfolgte gemäß Methode L 06.00-7 der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB.

Es erfolgte der Einsatz einer Kjeldahl-Apparatur. Die fein zerkleinerten Brühwurstproben wurden mit konzentrierter Schwefelsäure aufgeschlossen, wodurch der organisch gebundene Stickstoff in Ammoniumsulfat überführt wurde. Nach anschließenden Versetzen mit Natronlauge im Überschuss wurde durch Destillation das freigesetzte Ammoniak übergetrieben und in Borsäure aufgefangen.

Anschließend erfolgte eine Titration, mit deren Hilfe der Gesamtstickstoffgehalt w_N in g/100g der Brühwurstprobe mit der nachstehenden Gleichung bestimmt werden konnte:

$$w_N = \frac{\alpha * 0,14007}{m}$$

α Verbrauch der Maßlösung in ml;
 m Einwaage in g.

Der Gesamtstickstoffgehalt wurde mit zwei Nachkommastellen angegeben.

Da Rohprotein durchschnittlich zu 16 % aus Stickstoff besteht, wurde der ermittelte Gesamtstickstoffgehalt w_N mit dem Faktor 6,25 multipliziert, um den Rohproteingehalt w_E (Gesamteiweiß) in g/100 g des Probenmaterials bestimmen zu können:

$$w_E = w_N * 6,25.$$

Die Untersuchung erfolgte für jede Brühwurstcharge im Doppelansatz. Die Ergebnisse wurden arithmetisch gemittelt und der Mittelwert auf eine Stelle nach dem Komma gerundet angegeben.

3.2.5.3 Bestimmung des Hydroxyprolingehaltes

Die Bestimmung des Hydroxyprolingehaltes erfolgte gemäß Methode L 06.00-8 der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB.

Das fein zerkleinerte Probenmaterial wurde durch Kochen mit Salzsäure (6 N) aufgeschlossen und infolgedessen das Hydroxyprolin aus dem Bindegewebe freigesetzt. Anschließend wurde das Fett durch Filtration abgetrennt und das Hydroxyprolin unter Verwendung des Oxidationsreagenz Chloramin T oxidiert. Durch eine weitere Reaktion, die das oxidierte Hydroxyprolin nach dem Zusatz des Farbreagenz 4-Dimethylaminobenzaldehyd mit selbigen einging, entstanden rotgefärbte Verbindungen. Mit einem Photometer wurde die Extinktion der Messlösung, die diese Verbindungen enthielt, bei ~ 558 nm, bestimmt. Dabei war die Extinktion direkt proportional zu der Hydroxyprolinkonzentration im Probenmaterial.

Der Hydroxyprolingehalt w_H in g/100 g der Probe wurde, unter Berücksichtigung einer erstellten Eichgerade, wie folgt berechnet:

$$w_H = \frac{12,5 * x}{m * V}$$

x Hydroxyprolinkonzentration in $\mu\text{g/ml}$ im verdünnten Hydrolysat, bestimmt nach der Eichgeraden;
 m Einwaage in g;
 V Volumen des Hydrolysates nach der zweiten Verdünnung in ml.

Die Untersuchung erfolgte für jede Brühwurstcharge im Doppelansatz. Das Ergebnis wurde aus dem arithmetischen Mittel zweier Bestimmungen, die aus getrennten Einwaagen stammen, auf zwei Stellen nach dem Komma gerundet angegeben.

Da sich die Aminosäure Hydroxyprolin (HP) ausschließlich und in relativ konstanten Mengen (~ 12,5 %) im Bindegewebsseweiß (BE) befindet, lies sich mit der folgenden Formel der Bindegewebsanteil im Probenmaterial bestimmen:

$$BE = 8 * HP$$

3.2.5.4 Bestimmung des Gehaltes an Nichtprotein-Stickstoffsubstanz

Die Bestimmung des Gehaltes an Nichtprotein-Stickstoffsubstanz erfolgte gemäß Methode 07.00-41 der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB.

Die zu untersuchenden Brühwurstproben wurden mit Trichloressigsäure-Lösung und mit Dichlormethan homogenisiert, zentrifugiert und die im Überstand enthaltene Stickstoffsubstanz nach Kjeldahl bestimmt.

Um den Gehalt an Nichtprotein-Stickstoffsubstanz berechnen zu können, musste der Wassergehalt der Probe bekannt sein. Der Gehalt w_{NPN} an Nichtprotein-Stickstoffsubstanz in g/100 g der Probe wurde nach folgender Gleichung berechnet:

$$w_{NPN} = \frac{V * 8,755 (w_p/100 * m_0 + m_1)}{2 * m_0 * 10}$$

V Verbrauch an Salzsäure-Maßlösung (0,1 mol/l = 0,1N) in ml;

w_p Wassergehalt der Probe in g/100g;

m_1 Einwaage an Trichloressigsäure-Lösung in g;

m_2 Masse des zum Aufschluss verwendeten Filtrates in g;

m_0 Probeneinwaage in g.

Die Untersuchung erfolgte für jede Brühwurstcharge im Doppelansatz. Das Ergebnis wurde aus dem arithmetischen Mittel zweier Bestimmungen auf zwei Stellen nach dem Komma gerundet angegeben.

3.2.5.5 Berechnung weiterer Grunddaten

Aus den Ergebnissen der genannten chemischen Analyseverfahren wurden weitere Grunddaten ermittelt. Die hierfür zugrunde liegenden Formeln sind der **Tabelle 15** zu entnehmen.

Tabelle 15: Berechnung weiterer Grunddaten.

Grunddaten	Formeln
Organisches Nichtfett	$ONF = w_T - w_F - w_A$
Fleischeiweiß	$FE = w_E - FrE - NPN$
Bindegewebeiseiweißfreies Fleischeiweiß	$BEFFE = w_E - FrE - NPN - BE$
Bindegewebeiseiweißfreies Fleischeiweiß im Fleischeiweiß	$BEFFE \text{ im } FE = FE - BE * 100 / FE$
Eigenwasseranteil („Federzahl“)	$EWA = FE * 4$
Fremdwasseranteil	$FWA = w_{H_2O} - EWA$
Fremdeiweiß	FrE = ermittelt sich aus der zugesetzten Menge an Simplexse [®] 100, dessen Eiweißgehalt 53 % beträgt.
Kohlenhydratgehalt	KH = ermittelt sich aus der zugesetzten Menge an Simplexse [®] 100, dessen Gehalt an Laktose 36 % beträgt.
Analysensumme	Setzt sich aus den prozentualen Anteilen der chemischen Komponenten, die im Rahmen der chemischen Vollanalyse (w_{H_2O} , w_E , w_F , KH, w_A) bestimmt wurden, zusammen.

ONF = Organisches Nichtfett; w_T = Trockenmassegehalt; w_F = Gesamtfettgehalt; w_A = Aschegehalt; FE = Fleischeiweiß; w_E = Gesamteiweiß; FrE = Fremdeiweiß; NPN = Nichtprotein-Stickstoffsubstanz; BE = Bindegewebeiseiweiß; BEFFE = Bindegewebeiseiweißfreies Fleischeiweiß; BEFFE im FE = Bindegewebeiseiweißfreies Fleischeiweiß im Fleischeiweiß; EWA = Eigenwasseranteil; FWA = Fremdwasseranteil; w_{H_2O} = analysierter Wassergehalt; KH = Kohlenhydrate.

3.2.6 Berechnung des Energiegehaltes

Die Berechnung des Energiegehaltes erfolgte auf der Basis der Ergebnisse, die in der chemischen Analyse für 100 g jeder Brühwurstcharge ermittelt wurden. Hierzu wurde der prozentuale Anteil des jeweiligen Inhaltstoffes mit dessen physiologischen Brennwert multipliziert, wozu die physiologischen Brennwerte von Fett (9 kcal/g), Protein (4,02 kcal/g) und Kohlenhydraten (3,87 kcal/g) herangezogen wurden (NOWAK et al. 2007). Anschließend erfolgte die Ermittlung des Energiegehaltes, indem sämtliche Ergebnisse addiert wurden. Die Angabe des Ergebnisses wurde auf Kilokalorie pro Gramm (kcal/g) beschränkt.

3.2.7 Mikrobiologische Untersuchung

Die mikrobiologische Untersuchung umfasste die quantitative Bestimmung der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl, der *Enterobacteriaceae*, der aerob wachsenden Milchsäurebakterien sowie der Hefen und Schimmelpilze. Die Durchführung erfolgte in Anlehnung an die entsprechenden Methoden der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB (siehe Tab. 16).

Die Proben temperatur betrug zum Untersuchungszeitpunkt +7 °C (± 2 °C), wobei die Untersuchungen bei Raumtemperatur durchgeführt wurden.

Tabelle 16: Überblick über die angewendeten mikrobiologischen Untersuchungsmethoden.

	<i>Angewendete Untersuchungsmethode</i>
Probenvorbereitung	Methode L 00.06-16 der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren für Fleisch und Fleischerzeugnisse (§ 64 LFGB)
Aerobe mesophile Gesamtkeimzahl	Methode L 06.00-18 der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren für Fleisch und Fleischerzeugnisse (§ 64 LFGB)
<i>Enterobacteriaceae</i>	In Anlehnung an Methode L 06.00-24 der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren für Fleisch und Fleischerzeugnisse (§ 64 LFGB)
Aerob wachsende Milchsäurebakterien	In Anlehnung an Methode L 06.00-35 der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren für Fleisch und Fleischerzeugnisse (§ 64 LFGB)
Hefen und Schimmelpilze	In Anlehnung an Methode L 01.00-37 der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren für Fleisch und Fleischerzeugnisse (§ 64 LFGB)

3.2.7.1 Probenvorbereitung

Die Probenvorbereitung für die mikrobiologische Untersuchung erfolgte gemäß Methode L 06.00-16 der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB.

Das Probenmaterial wurde in einer Moulinette, die vor jeder Benutzung mit Ethanol gereinigt wurde, zerkleinert. Das zerkleinerte Probenmaterial wurde anschließend mit der neunfachen Menge an Verdünnungslösung (Natriumchlorid-Pepton-Lösung) in einen Stomacherbeutel eingewogen und mit einem Stomacher homogenisiert. Daraus resultierte die Erstverdünnung, aus der weitere Dezimalverdünnungen hergestellt wurden, die sich aus dem Vermischen eines Teilvolumens der Erstverdünnung mit dem neunfachen Volumen der Verdünnungslösung und dem Wiederholen dieses Vorganges, stets beginnend mit der vorangegangenen Verdünnung, ergaben. Die Anzahl der Dezimalverdünnungen innerhalb einer Verdünnungsreihe richtete sich nach der zu erwarteten Keimzahl der Probe. Durch diesen Vorgang entstand eine Verdünnungsreihe, die anschließend zur quantitativen Bestimmung der koloniebildenden Einheiten im Plattengussverfahren herangezogen wurde.

3.2.7.2 Bestimmung der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl

Die quantitative Bestimmung der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl erfolgte im Plattengussverfahren gemäß Methode L 06.00-18 der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB.

Hierzu wurden 1000 µl der jeweiligen Verdünnungsstufe in eine Petrischale gegeben, die darauf folgend mit einem nicht selektiven Nährboden, dem Pepton-Hefeextrakt-Glucose-Agar (Plate-Count-Agar/PC-Agar), versetzt wurde. Die beimpften Platten wurden im Anschluss für 72 (± 2) Stunden bei +30 °C unter aeroben Bedingungen bebrütet. Nach der Inkubationszeit

wurden die Petrischalen zur Auswertung herangezogen, bei denen die Anzahl der Kolonien zwischen 1 - 300 betrug.

Nach dem Auszählen erfolgte die Umrechnung der gezählten Kolonien in koloniebildende Einheiten pro Gramm (KbE/g). Aus den Koloniezahlen der niedrigsten und der nächst höher verwertbaren Verdünnungsstufe wurde der gewichtete Mittelwert \dot{c} errechnet. Die Anzahl der Mikroorganismen je Gramm wurde gemäß der nachstehenden Gleichung berechnet:

$$\dot{c} = \frac{\sum c}{n_1 * 1 + n_2 * 0,1} * d$$

- \dot{c} gewichtete Mittelwert der Koloniezahl;
 $\sum c$ Summe der Kolonien aller Platten, die zur Berechnung herangezogen werden (niedrigste und nächst höhere auswertbare Verdünnungsstufe);
 n_1 Anzahl der Platten der niedrigsten auswertbaren Verdünnungsstufe;
 n_2 Anzahl der Platten der nächsthöheren Verdünnungsstufe;
 d Faktor der niedrigsten ausgewerteten Verdünnungsstufe; hierbei handelt es sich um die auf n_1 bezogene Verdünnungsstufe.

Die Angabe des Ergebnisses erfolgte als Zahl zwischen 1,0 und 9,9, multipliziert mit der entsprechenden Zehnerpotenz.

Die Bestimmung wurde für jede Brühwurstcharge im Doppelansatz durchgeführt.

3.2.7.3 Bestimmung der *Enterobacteriaceae*

Die quantitative Bestimmung der *Enterobacteriaceae* erfolgte im Plattengussverfahren in Anlehnung an Methode L 06.00-24 der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB.

Hierzu wurden 1000 µl der jeweiligen Verdünnungsstufe der Probe in eine Petrischale gegeben, die anschließend mit einem selektiven Nährboden, dem Kristallviolett-Neutralrot-Galleglucose-Agar (Violet-Red-Bile-Dextrose-Agar nach Mossel/VRBD-Agar), versetzt wurde. Das verfestigte Gemisch wurde darauffolgen für 24 (± 2) Stunden bei +37 °C unter anaeroben Bedingungen bebrütet. Im Anschluss an die Inkubationszeit wurden die Petrischalen zur Auswertung herangezogen, auf denen zwischen 1 und 150 klar voneinander abgegrenzte Kolonien gewachsen waren und eine rote oder rosa Färbung aufwiesen.

Die Untersuchung wurde für jede Brühwurstcharge im Doppelansatz durchgeführt.

Die Berechnung der koloniebildenden Einheiten pro Gramm (KbE/g) erfolgte nach dem gleichen Schema in **Kapitel 3.2.7.2** für die aerobe mesophile Gesamtkeimzahl beschrieben wurde.

3.2.7.4 Bestimmung der aerob wachsenden Milchsäurebakterien

Die quantitative Bestimmung der aerob wachsenden Milchsäurebakterien erfolgte im Plattengussverfahren in Anlehnung an Methode L 06.00-35 der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB.

Hierzu wurden 1000 µl der jeweiligen Verdünnungsstufe der Probe in eine Petrischale gegeben, die anschließend mit einem selektiven Nährboden des Laktobacillus-Agar nach de Man, Rogosa und Sharpe (MRS-Agar) beschickt wurde. Das verfestigte Gemisch wurde darauffolgend für 72 (± 2) Stunden bei +25 °C unter aeroben Bedingungen bebrütet. Im Anschluss an die Inkubationszeit wurden die Petrischalen zur Auswertung herangezogen, bei denen die Anzahl der Kolonien zwischen 1 - 150 lag.

Die Berechnung der koloniebildenden Einheiten pro Gramm (KbE/g) erfolgte nach dem gleichen Schema wie in **Kapitel 3.2.7.2** für die aerobe mesophile Gesamtkeimzahl beschrieben wurde.

Die Untersuchung wurde für jede Brühwurstcharge im Doppelansatz durchgeführt.

3.2.7.5 Bestimmung der Anzahl von Hefen und Schimmelpilze

Die quantitative Bestimmung der Hefen und Schimmelpilze erfolgte im Plattengussverfahren in Anlehnung an Methode L 01.00-37 der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB.

Es erfolgte die Kultivierung der Hefen und Schimmelpilze auf einem Nährboden, indem 1000 µl der jeweiligen Verdünnungsstufe der Probe in eine Petrischale gegeben wurden. Anschließend wurden die Petrischalen mit einem Nährboden, dem Hefeextrakt-Glucose-Chloramphenicol-Agar (Yeast-Glucose-Chloramphenicol-Agar/YGC-Agar), versetzt. Das verfestigte Gemisch wurde darauffolgend für 96 (± 2) Stunden bei +25 °C unter aeroben Bedingungen bebrütet. Im Anschluss an die Inkubationszeit erfolgte die Auswertung der Petrischalen, bei denen die Anzahl der Kolonien zwischen 10 - 200 lag.

Die Untersuchung wurde für jede Brühwurstcharge im Doppelansatz durchgeführt.

Die Berechnung der koloniebildenden Einheiten pro Gramm (KbE/g) erfolgte nach dem gleichen Schema wie in **Kapitel 3.2.7.2** für die aerobe mesophile Gesamtkeimzahl beschrieben wurde.

3.2.8 Bestimmung des Restgasgehaltes

Die Bestimmung des Restgasgehaltes erfolgte im Kopfraum der Verpackungen, der unter Schutzgasatmosphäre gelagerten Wurstchargen, mit einem Gasanalyse-Gerät.

Hierbei wurde eine Messnadel in das Zentrum des Kopfraumes der Packung eingeführt. Um ein Austreten der Gase durch das Einstichloch zu vermeiden, wurde im Vorfeld ein Moosgummi auf die Verbundfolie gesetzt, durch das die Injektionsnadel eingestochen wurde. Anschließend wurde manuell per Tastendruck die Gasanalyse gestartet. Im Laufe der Messung wurde über eine in das Gerät eingebaute Pumpe eine geringe Gasmenge aus dem Kopfraum der Verpackung gezogen. Durch die Messung konnte der Sauerstoff- und Kohlendioxidgehalt im Headspace der Packung bestimmt werden. Die Angabe des Ergebnisses erfolgte unmittelbar nach der Gasentnahme auf dem Display des Gerätes. Die Proben temperatur betrug zum Messzeitpunkt $+7\text{ °C}$ ($\pm 2\text{ °C}$). Die Messung wurde bei Raumtemperatur durchgeführt.

3.2.9 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit Hilfe des Statistikprogrammes SPSS für Windows, in der Version 17.0.2 (SPSS Inc. Chicago, Illinois, USA).

Die Überprüfung auf Normalverteilung wurde unter Anwendung des Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstestes durchgeführt. Bei einer errechneten Irrtumswahrscheinlichkeit von $> 5\%$ wurde von einer Normalverteilung und bei einer ermittelten Irrtumswahrscheinlichkeit von $\leq 5\%$ von einer Schiefverteilung der Daten ausgegangen.

Als statistische Kenngrößen wurden das arithmetische Mittel und die Standardabweichung angegeben.

Im Rahmen jedes statistischen Prüfverfahrens wurden zwei Stichproben miteinander verglichen. Lag eine Abhängigkeit der Stichproben, ein metrisches Skalenniveau und eine Normalverteilung vor, so wurde der t-Test für abhängige Stichproben verwendet. War eine Abhängigkeit der Stichproben bei einem metrischen Skalenniveau gegeben, wobei die Stichproben nicht-normalverteilt vorlagen, so wurde der Wilcoxon-Vorzeichen-Test angewendet. Der t-Test für unabhängige Stichproben fand Einsatz, wenn die beiden Stichproben unabhängig waren, ein metrisches Skalenniveau vorzuweisen hatten und eine Normalverteilung vorlag. Wiesen zwei unabhängige Stichproben ein metrisches Skalenniveau und nicht-normalverteilte Werte auf, so wurde der U-Test nach Mann und Whitney verwendet. Ebenfalls wurde der U-Test nach Mann und Whitney eingesetzt, wenn zwei unabhängige Stichproben mit einem ordinalen Skalenniveau verglichen werden sollten. Der **Tabelle 17** sind die Kriterien und die Auswahl der verwendeten statistischen Prüfverfahren zu entnehmen.

Tabelle 17: Überblick über Auswahlkriterien der verwendeten statistischen Prüfverfahren.

<u>Stichproben</u>		<u>Skalenniveau</u>	<u>Normalverteilung</u>	<u>Testverfahren</u>
<u>Anzahl</u>	<u>Abhängigkeit</u>			
2	abhängig	metrisch	ja	t-Test für abhängige Stichproben
2	abhängig	metrisch	nein	Wilcoxon-Vorzeichen-Test
2	unabhängig	metrisch	ja	t-Test für unabhängige Stichproben
2	unabhängig	metrisch/ ordinal	nein	U-Test nach Mann und Whitney

Betrag die Irrtumswahrscheinlichkeit $\leq 5\%$, wurde die Nullhypothese (H_0 = die beobachteten Unterschiede bewegen sich im Rahmen zufälliger Schwankungen) für die jeweiligen Testverfahren abgelehnt.

Der Zusammenhang zwischen zwei Variablen (bivariate Korrelationsanalyse) wurde mit zwei unterschiedlichen Korrelationsmaßen überprüft. Bei normalverteilten, metrischen Daten wurde der Pearson-Korrelationskoeffizient (r) verwendet, bei ordinalskalierten oder nicht normalverteilten intervallskalierten Variablen wurde anstelle des Korrelationskoeffizienten nach Pearson der Ranglistenkoeffizient nach Spearman (r_s) bestimmt.

Die Wahrscheinlichkeit des Zusammenhanges wurde mit einer Maßzahl angegeben, die als Korrelationskoeffizient bezeichnet wird. Dieser Koeffizient wurde mit r bzw. mit r_s symbolisiert und konnte Werte zwischen - 1 und + 1 annehmen, wobei ein Betrag nahe eins auf einen starken und ein Betrag nahe null auf einen schwachen Zusammenhang zwischen den Variablen zurückgeführt werden konnte (**siehe Tab. 18**). Ein negativer Korrelationskoeffizient deutete auf einen gegenläufigen Zusammenhang hin.

Tabelle 18: Interpretation des Wertes des Korrelationskoeffizienten (r/r_s).

<u>Wert des Korrelationskoeffizienten (r/r_s)</u>	<u>Bedeutung</u>
bis 0,2	sehr geringe Korrelation
bis 0,5	geringe Korrelation
bis 0,7	mittlere Korrelation
bis 0,9	hohe Korrelation
über 0,9	sehr hohe Korrelation

4. Ergebnisse und Diskussion

4.1 Einführung

Im Jahr 2008 wurden in Deutschland innerhalb der Gruppe der Wurst und Fleischerzeugnissen die Brühwurstzeugnisse am häufigsten verzehrt. Der jährliche Pro-Kopf-Verbrauch betrug 7,4 Kilogramm (DFV 2009).

Allerdings besitzen Brühwurstzeugnisse einen hohen Fettgehalt (~ 24 %) und eine beträchtliche Energiemenge (~ 260 kcal/100g) (NOWAK et al. 2007). Durch den Verzehr solcher hochkalorischer Lebensmittel kann der Anteil an übergewichtigen und adipösen Menschen in der Bevölkerung der westlichen Industrienationen anwachsen (RKI 2003), was in Verbindung mit der Entstehung von ernährungsbedingten Erkrankungen als äußerst kritisch angesehen wird. Aus diesem Grund empfiehlt sich eine gesunde Ernährungsweise, die unter anderem die Reduzierung der Aufnahme des Gesamtfettgehaltes umfasst.

Eine Minimierung des Gesamtfettgehaltes in Fleischerzeugnissen stellt sich aus lebensmitteltechnologischer Sicht meist als schwierig dar, weil dem Fettgehalt ein großer Stellenwert bei der Ausbildung der sensorischen Produktqualität zugesprochen wird (HOMER et al. 2000).

Um eine Kalorienreduzierung bei Minderung der sensorischen Verluste zu erzielen, wurden, in diesem durch die Fritz Ahrberg Stiftung geförderten Projekt, die technologischen und qualitativen Auswirkungen eines Fettaustauschstoffes auf Proteinbasis (Simplese® 100) und des Verarbeitungshilfsstoffes Transglutaminase bei der Herstellung von Brühwurstprodukten analysiert. Zudem wurden Modifikationen an der Brühwurstrezeptur vorgenommen, die eine Erhöhung des Magerfleischanteiles und/oder des Fremdwassergehaltes umfassten. Darüber hinaus wurde das tierische Fettgewebe zweier fettreduzierter Brühwurstchargen durch pflanzliches Öl (Rapsöl) ersetzt.

4.2 Diskussion Material

4.2.1 Brühwurstrezeptur

4.2.1.1 Erste Vorversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100)

Die erste Vorversuchsreihe hatte einen orientierenden Charakter für die Rezepturgestaltung der nachfolgenden Versuchsreihen. Das Ziel der ersten Vorversuchsreihe bestand darin, eine Energiereduktion der Brühwurstherzeugnisse zu erzielen, indem das tierische Fettgewebe (S VIII) anteilswise reduziert und durch gleiche Mengen des Fettaustauschstoffes Simplese® 100 ersetzt wurde. Im Vorfeld dieser Arbeit lagen keine Erfahrungswerte zu der Einsatzmenge von Simplese® 100 in Brühwurstherzeugnissen vor. Aus diesem Grund wurde sich an den Angaben des Herstellers und der Literatur orientiert, die für den Einsatz des Fettaustauschstoffes in diversen Lebensmitteln Werte zwischen 0,5 % und 15 % angaben (KAMMERLEHNER 1993; CP KELCO 2006). Zur Bestimmung der zweckmäßigen Konzentration von Simplese® 100 in Brühwurstherzeugnissen wurden vier fettreduzierte Brühwurstchargen hergestellt, die unterschiedliche Konzentrationen an Simplese® 100 (5 %; 10 %; 15 %; 20 %) aufwiesen. Die Zugabemenge an tierischem Fettgewebe (S VIII) wurde in gleichen Mengen reduziert (19 %; 14 %; 9 %; 4 %). Die Rezepturen, die für die Herstellung der Brühwurstchargen der ersten Vorversuchsreihe verwendet wurden, sind der **Tabelle 6** zu entnehmen.

4.2.1.2 Zweite Vorversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100 und einer Erhöhung der Wassermenge (Verhältnis 1:2))

Die Rezepturen der fettreduzierten Brühwurstherzeugnisse der zweiten Vorversuchsreihe wurden auf der Grundlage der Versuchsergebnisse der ersten Vorversuchsreihe (**siehe Kap. 4.4**) erstellt. Die fettreduzierten Brühwurstchargen der ersten Vorversuchsreihe wiesen eine visuell wahrnehmbare Inhomogenität des Brühwurstbrätes, relativ hohe Produktionskosten (die Mehrkosten gegenüber dem Standard betragen zwischen ~ 35 % und ~ 138 %) und eine verhältnismäßig geringe Energiereduktion (zwischen 4,7 % und 24,5 %) auf. Aus diesem Grund wurde im Rahmen der zweiten Vorversuchsreihe der kombinierte Einsatz des Fettaustauschstoffes mit einer erhöhten Schüttwassermenge untersucht.

Für die vier fettreduzierten Brühwurstchargen, die im Rahmen der zweiten Vorversuchsreihe hergestellt wurden, erfolgte eine Begrenzung der Zugabemenge an Simplese® 100 von maximal 12 % (3%; 6 %; 9%; 12%). Die Zugabemenge wurde deshalb auf maximal 12 %, da im Rahmen der ersten Vorversuchsreihe bei einem Fettaustausch mit Simplese® 100 von bis zu 10 % sensorisch akzeptable Ergebnisse erzielt werden konnten.

Die Verarbeitung einer möglichst großen Wassermenge war sowohl aus ernährungsphysiologischer (Verminderung des physiologischen Energiegehaltes), als auch aus wirtschaftlicher (Kostenreduzierung) Sichtweise sinnvoll, wenngleich die Gefahr bestand, dass mit jener Einbußen in der sensorischen (v. a. Glanz, Feuchtigkeit und Textur) und mikrobiologischen (Erhöhung des a_w -Wertes) Qualität einhergehen konnten. Zudem sollte durch den Einsatz einer erhöhten Schüttwassermenge eine höhere Homogenität der Brätmasse erzielt werden, da die Verarbeitung in Form von Eiswasser erfolgte, was zu einer Verlängerung der Kutterzeit führte, da die Temperatur der Brätmasse während des Kutterprozesses länger unter +13 °C gehalten werden konnte. Aus technologischer Sicht erschien der Einsatz einer erhöhten Schüttwassermenge als sinnvoll, da die mikropartikulierten Molkenproteine des Simplese® 100 die Fähigkeit besitzen, infolge ihrer gleichmäßigen Verteilung, das Wasser innerhalb der Lebensmittelmatrix zu binden (MILLER 1994; CP KELCO 2000; CP KELCO 2006). Aufgrund der nicht vorliegenden Erfahrungswerte wurde ein Verhältnis von 2:1 der erhöhten Schüttwassermenge zu Simplese® 100 gewählt. Hieraus resultierten hohe Gesamtmengen an eingesetztem Fettaustauschstoff und zusätzlichen Schüttwassermenge (9 %; 18 %; 27 %; 36%), die zu deutlichen Reduktionen des Anteils an verarbeiteten tierischem Fettgewebe beitrugen.

Ab der zweiten Vorversuchsreihe wurde der Fettgehalt der Brühwurstherzeugnisse nach dem Prinzip ausgetauscht, dass von der üblichen Gesamtzugabemenge an tierischem Fettgewebe (S IV und S VIII; 33 %) zunächst die Schweinebacke (S IV; 9 %) substituiert wurde, bevor eine Reduktion des Rückenspecks vom Schwein (S VIII; 24 %) erfolgte. Die ausgetauschte Menge an tierischem Fettgewebe variierte entsprechend der Rezeptur. Diese Methode der Fettreduktion wurde dahingehend begründet, dass die Schweinebacke gegenüber dem Rückenspeck generell größere Schwankungen in der chemischen Zusammensetzung aufweist. Um eine möglichst hohe Vergleichbarkeit der erzielten Ergebnisse der fettreduzierten Brühwurstchargen zu gewährleisten, sollte dieser inkonstante Faktor vorrangig aus der Rezeptur entfernt werden. Folglich wurden in allen darauffolgenden Versuchsreihen mindestens 9 % des Fettgewebes substituiert. Die Rezepturen, die zur Herstellung der vier fettreduzierten Brühwurstchargen der zweiten Vorversuchsreihe eingesetzt wurden, sind der **Tabelle 7** zu entnehmen.

4.2.1.3 Erste Hauptversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100 und einer Erhöhung der Wassermenge (Verhältnis 1:1))

Die fettreduzierten Brühwurstherzeugnisse der zweiten Vorversuchsreihe wurden im Rahmen der sensorischen Profilanalyse gegenüber der Kontrollcharge als glänzender und feuchter bewertet und wiesen zudem einen als sehr „wässrig“ empfundenen Eindruck auf, der für Mortadellaerzeugnisse untypisch war und auf das Panel unappetitlich wirkte (**siehe Kap. 4.5**). Aus

diesem Grund diene die Rezeptur der Brühwurstserzeugnisse der zweiten Vorversuchsreihe als Orientierung zur Gestaltung der Rezepturen der vier fettreduzierten Brühwurstchargen der ersten Hauptversuchsreihe.

Es erfolgte eine Reduktion der verarbeiteten Menge an tierischem Fettgewebe bei gleichzeitigem Einsatz des Fettaustauschstoffes Simplese[®] 100 und einer Erhöhung der Schüttwassermenge. Allerdings wurde ein Verhältnis von 1:1 des Fettaustauschstoffes zu der erhöhten Schüttwassermenge gewählt, um die negativen Auswirkungen der erhöhten Schüttwassermenge auf die sensorische Qualität der Produkte zu minimieren. Um dennoch hohe Energie-
reduktion zu erzielen, wurde Simplese[®] 100 in Konzentrationen von bis zu 16,5 % (4,5 %; 8,5 %; 12,5 %; 16,5 %) verarbeitet. Die Qualitätseinbußen, die mit der Verarbeitung hoher Einsatzmengen an Simplese[®] 100 (> 10 %) im Austausch gegen den Fettgehalt einhergehen (**siehe Kap. 4.4**), sollten durch die erhöhte Schüttwassermenge minimiert werden. Aufgrund der Rezepturmodifikationen konnte die Brühwurstcharge H1 C1 ohne die Zugabe der Schweinebacke (9 %) produziert werden (jeweils 4,5 % an Simplese[®] 100 und zusätzlicher Schüttwassermenge). Die Herstellung der Brühwurstcharge H1 C4 erfolgte, aufgrund der verarbeiteten Konzentrationen des Fettaustauschstoffes und der zusätzlichen Schüttwassermenge (jeweils 16,5 %), ohne die Zugabe des tierischen Fettgewebes (S IV und S VIII; 33 %). Die Rezepturen der zwei weiteren fettreduzierten Brühwurstchargen (H1 C2 und H1 C3) bildeten Zwischenschritte, bei denen der Gehalt an Rückenspeck unterschiedlich stark substituiert wurde. Die Brühwurstrezepturen der ersten Hauptversuchsreihe sind der **Tabelle 8** zu entnehmen.

4.2.1.4 Zweite Hauptversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese[®] 100 sowie einer Erhöhung der Wasser- und Magerfleischmenge)

Aufgrund der negativen sensorischen Ergebnisse der ersten Hauptversuchsreihe, die vor allem die Bewertung des Glanzes betrafen, war die Intention der Rezepturgestaltung der fettreduzierten Brühwurstserzeugnisse der zweiten Hauptversuchsreihe, die Einsatzmenge an Schüttwasser möglichst gering zu halten. Um dennoch Produkte mit einer hohen Energiereduktion zu erzeugen, wurde deren Magerfleischanteil erhöht. Der Fettaustausch mittels Magerfleisch erschien aufgrund dessen geringeren Energiewertes als sinnvoll. Zugleich konnte mit einer gesteigerten Magerfleischmenge eine Zunahme des Anteiles an hochwertigen Fleischproteinen erzielt werden, wenn auch berücksichtigt werden musste, dass ein Fettaustausch mit Magerfleisch im Allgemeinen zu einem Anstieg der Produktionskosten führt (WIRTH 1991). Aus diesem Grund wurde in erster Linie der Anteil an grob entfettetem Schweinefleisch (S II) erhöht (um 9 % bis 13 %) und die Menge grob entsehntem Rindfleisch (R II), das im Ver-

gleich zu dem grob entfettetem Schweinefleisch als kostspieliger gilt, nur geringfügig gesteigert (um 1 % bis 3 %).

Im Rahmen der zweiten Hauptversuchsreihe wurden drei fettreduzierte Brühwurstchargen produziert. Bei der energiereduzierten Brühwurstcharge H2 C2 sollte deren verminderter Anteil an tierischem Fettgewebe durch Rapsöl ersetzt werden (11 %). Dadurch konnten die Brühwusterzeugnisse eine ernährungsphysiologische Aufwertung erfahren, da pflanzliche Öle reich an ernährungsphysiologisch wertvollen einfach sowie mehrfach ungesättigten Fettsäuren sind, weder die mehrfach ungesättigte Arachidonsäure noch Cholesterol enthalten und durch ihren Verzehr die notwendige Zufuhr von essentiellen Fettsäuren gewährleistet werden kann (DÄHLER und SANER 2007; HAHN et al. 2005).

Die Menge an verarbeitetem tierischem Fettgewebe wurde unterschiedlich stark reduziert (um 19 % und 33 %). Der Fettaustauschstoff Simplese® 100 wurde in zwei unterschiedlichen Konzentrationen (4,5 % und 8,5 %) eingesetzt, wobei die Schüttwassermenge dazu in einem Verhältnis von 1:1 erhöht wurde. Die Magerfleischzugabe wurde um 10 % bis 16 % gesteigert. Die Rezepturen, die im Rahmen der Herstellung der Brühwurstchargen der zweiten Hauptversuchsreihe Anwendung fanden, können der **Tabelle 9** entnommen werden.

4.2.1.5 Dritte Hauptversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100 sowie einer Erhöhung der Wasser- und Magerfleischmenge in Kombination mit dem Einsatz von Transglutaminase)

Bei der Herstellung der fettreduzierten Brühwusterzeugnissen der dritten Hauptversuchsreihe sollte der Verarbeitungshilfsstoff Transglutaminase eingesetzt werden. Als Grundlage dienten die Rezepturen der fettreduzierten Brühwurstchargen der zweiten Hauptversuchsreihe, da die Brühwurstchargen bei einer überwiegend sensorisch akzeptablen Qualität Energiereduktionen von über 30 % aufwiesen. Demzufolge wurde auch in der dritten Hauptversuchsreihe eine Energiereduktion durch eine Verminderung des Fettgehaltes bei gleichzeitiger Erhöhung des Wasser- und des Magerfleischanteiles sowie durch die Verwendung des Fettaustauschstoffes Simplese® 100 erzielt. Der Einsatz des Simplese® 100 erfolgte in einem Verhältnis von 1:1 zu der zusätzlichen Schüttwassermenge (jeweils 4,5 % und 8,5 %). Der Magerfleischanteil wurde um maximal 10 % erhöht, was gegenüber den Brühwusterzeugnissen der zweiten Hauptversuchsreihe zu einer Reduktion der Kosten führte. Der Anteil an tierischem Fettgewebe (H3 C1 und H3 C3) bzw. an Rapsöl (H3 C2), der zur Produktion der fettreduzierten Brühwurstchargen eingesetzt wurde, betrug max. 2 %. Im Vergleich zu der zweiten Hauptversuchsreihe konnte durch die Verarbeitung des Enzymes Transglutaminase in Verbindung mit einer zusätzlichen Menge an Schüttwasser (12 %) ein hoher Fettaustausch bei einer vermin-

ierten Einsatzmenge an Magerfleisch und einem gleichbleibenden Anteil an Simplese® 100 in Kombination mit einer erhöhten Schüttwassermenge, im Verhältnis von 1:1, erzielt werden. Insgesamt wurde die Gesamtschüttwassermenge auf bis zu 41,5 % erhöht. Zur Herstellung der fettreduzierten Brühwurstchargen wurde das eigens für die Brühwurstproduktion entwickelte Transglutaminase-Präparat ACTIVA® WM (0,05 %) dem Brät, gemeinsam mit den Gewürzen und Zusatzstoffen, während des Kutterprozesses zugegeben. Mit der Zugabemenge und der Verarbeitungsweise von ACTIVA® WM wurde den Herstellerangaben Folge geleistet. Die Bestimmung der Mehrmenge an Eiswasser (12 %), die in Verbindung mit der Zugabe von Transglutaminase verarbeitet wurde, erfolgte auf der Grundlage der Vorversuche von WORTMANN (2007). Im Rahmen dieser Vorversuche konnten keine negativen Auswirkungen der Verarbeitung des Transglutaminase-Präparates (0,05 %) in Kombination mit einer Erhöhung der Schüttwassermenge um 12 % auf die instrumentell ermittelte Textur der fettreduzierten Brühwürste bestimmt werden. Gemäß den Herstellerangaben kann durch den Einsatz von ACTIVA® WM ein erhöhtes Wasserhaltevermögen erzielt werden, das für eine kostenneutrale Rezeptur zwischen 1 und 2 % an zusätzlichem Wasser beträgt (WILLE, persönliche Mitteilung, 15.07.2009). Die Rezepturen der Brühwurstchargen, die im Rahmen der dritten Hauptversuchsreihe produziert wurden, sind der **Tabelle 10** zu entnehmen.

4.2.2 Brühwurstproduktion

4.2.2.1 Zerkleinern und Mischen

Die Kuttertechnologien der Standardmortadella und der rezepturmodifizierten Brühwurstchargen sind den **Abbildungen 11** und **12** zu entnehmen. Durch den Einsatz eines Vakuumpkutters wurde unter Ausschluss von Sauerstoff gearbeitet, wodurch die negativen Einflüsse des Sauerstoffes auf die Qualität der Brühwusterzeugnisse, wie die Bildung von Metmyoglobin, gemindert werden konnten und ein besserer Geschmack sowie eine festere Textur der Produkte die Folge waren (WIRTH 1970; KLETTNER 1985; LAUTENSCHLÄGER und TROEGER 2007). Bei der Zerkleinerung und Mischung aller Brühwurstchargen wurde die Kerntemperatur des Brühwurstbrätes als Referenzwert für die Kutterzeit herangezogen. Der Zerkleinerungs- und Mischvorgang wurde bis zum Erreichen einer Brätendtemperatur von +13 °C vollzogen. Bei dieser Brätendtemperatur konnte ein optimales Wasserbindevermögen erzielt werden (KLETTNER 1985).

Die Kuttertechnologie der fettreduzierten Brühwurstchargen der zweiten Vorversuchsreihe und der drei Hauptversuchsreihen wurde gegenüber der Kuttertechnologie der Chargen der Standardmortadella und der fettreduzierten Brühwurstchargen der ersten Vorversuchsreihe abgeändert. Dabei lagen Abweichungen für die Zugabemengen und -zeitpunkte des Eiswas-

sers, sowie für die Kutterzeiten, die durch eine Abkühlung des Brühwurstbrätes vor der letzten Kutterperiode verlängert wurden, vor. Das Abkühlen des Mortadellabrätes erfolgte in einem Gefrierraum bei einer Temperatur von -18 °C auf eine Kerntemperatur von $\sim 0\text{ °C}$. Durch die Verlängerung der Kutterdauer konnte eine homogenere Verteilung der Brätmasse erzielt werden. Anlass für die Abweichungen in der Kuttertechnologie waren zum Einen, dass die fettreduzierten Brühwurstherzeugnisse der ersten Vorversuchsreihe eine visuell wahrnehmbare inhomogene Verteilung der Brätmasse aufwiesen und zum Anderen, dass eine bestmögliche Bindung der erhöhten Wassermengen gewährleistet werden sollte.

4.2.2.1.1 Kuttern und Mischen der fettreduzierten Brühwurstchargen

Kuttern der fettreduzierten Brühwurstchargen mit Simplese® 100

Um einen möglichst einfachen Arbeitsablauf während des Kutterprozesses zu gewährleisten, wurde der Fettaustauschstoff dem Kutterinhalt in seiner ursprünglichen Form als sprühtrocknetes, schüttfähiges Pulver zugegeben. Zu diesem Zeitpunkt befanden sich bereits $1/3$ der Eiswassermenge in dem Schneidmischer und ein weiteres Drittel wurde denen im Kutter befindlichen Rezepturbestandteilen bereits nach einer weiteren Kutterperiode zugegeben. Somit lag für das Hydratisieren des Fettaustauschstoffes eine große Menge an Wasser vor. Die Zugabe des Simplese® 100 in die Brätmasse während des Kutterprozesses erfolgte mit oder anstelle des tierischen Fettgewebes. Um ein Aufwirbeln des pulverförmigen Fettaustauschstoffes zu vermeiden, fand die Einarbeitung im Rückwärtsmischgang des Schneidmischers statt. Anschließend wurden die Umdrehungen der Kuttermesser von 6000 U/min auf 5000 U/min reduziert, um eine schonende Zerkleinerung und Mischung des Brätes zu gewährleisten.

Kuttern der fettreduzierten Brühwurstchargen mit Transglutaminase

Der Einsatz der Transglutaminase in die fettreduzierten Mortadellachargen der dritten Hauptversuchsreihe erfolgte in Anlehnung an die Herstellerempfehlungen. Da die Transglutaminase bereits während des Kuttervorganges zur Proteinvernetzung im Brät beiträgt (HAMMER 1998), wurde das Enzym in Pulverform zu Beginn des Prozesses mit den Gewürzen und Zusatzstoffen zu dem im Schneidmischer befindlichen Magerfleischanteil gegeben und bei niedrigen Umdrehungen (2000 U/min) zu gekuttert.

Kuttern der fettreduzierten Brühwurstchargen mit Rapsöl

Die Einarbeitung des Rapsöles in das Brät der rezepturmodifizierten Mortadellachargen H2 C2 und H3 C2 erfolgte anstelle des tierischen Fettgewebes in tiefgefrorener Form. Auf-

grund der dadurch erzielten Temperaturreserve wurde eine Verlängerung der Kutterzeit erzielt und in der Folge nahm der Grad der Homogenisierung des Brätes zu.

Kuttern der fettreduzierten Brühwurstchargen mit einer erhöhten Magerfleischmenge

Der erhöhte Magerfleischanteil wurde gleich der herkömmlichen Magerfleischmenge im Kutterprozess verarbeitet. Durch den Einsatz des Magerfleischanteils in Form von Gefrierfleisch konnte eine weitere Temperaturreserve in den Kutterprozess eingebaut werden, wodurch dieser zusätzlich verlängert und folglich eine höhere Homogenität der Brätmasse erzielt wurde.

Kuttern der fettreduzierten Brühwurstchargen mit einem erhöhten Fremdwassergehalt

Durch die Verarbeitung einer erhöhten Fremdwassermenge in Form von Eiswasser wurde die Brättemperatur für eine längere Dauer auf einem niedrigen Niveau gehalten und infolgedessen eine Verlängerung der Kutterzeit erzielt. Dadurch wurde ein höherer Grad der Homogenität des Brätes erzielt.

Die Zugabe des erhöhten Fremdwasseranteiles erfolgte in drei gleichen Mengen, um zu drei Zeitpunkten eine Erhöhung der Kältereserve zu erreichen und eine bessere Verarbeitung der zum Teil großen Wassermengen zu gewährleisten. Zudem wurde eine zusätzliche Kutterphase bei 5000 U/min ermöglicht.

4.2.2.2 Abfüllen

Das Abfüllen des Brühwurstbrätes erfolgte mit einer unter Vakuum betriebenen Füllmaschine in Zellulosehüllen. Sowohl das Arbeiten mit der unter Vakuum betriebenen Füllmaschine als auch die relativ geringe Gas- ($10 - 40 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \text{ d}$) und Wasserdampfdurchlässigkeit ($2 - 5 \text{ g}/\text{cm}^2 \text{ d}$) der Zellulosehüllen schützten die Brühwurstprodukte vor Qualitätsveränderungen wie Oxidation und Austrocknung sowie den damit verbundenen sensorischen und mikrobiologischen Qualitätseinbußen. Zudem wurden die Brühwursterzeugnisse durch die Zellulosehüllen vor äußeren Einflüssen geschützt.

4.2.2.3 Brühen

Die im Brühprozess angewendete Kernendtemperatur von $+72 \text{ °C}$ wurde deshalb gewählt, da bei dieser Temperatur eine gute mikrobiologische und sensorische Qualität zu erwarten war (BRAUER 2004). Der mikropartikulierte Fettaustauschstoff Simplese[®] 100 wies bei diesen Temperaturen eine gute Stabilität auf, was für Fettaustauschstoffe nicht unbedingt üblich ist. Begründet wird die gute Temperaturstabilität des Fettaustauschstoffes, durch dessen Herstellungsprozess, bei dem die löslichen Proteinmoleküle unter gründlichen und kontrollierten

Bedingungen bereits denaturiert und aggregiert werden (HOFFMANN und BUCHHEIM 1999; CP KELCO 2000).

Die im Rahmen des Brühprozesses eingesetzten Temperaturen besaßen keine negativen Einflüsse auf die Qualität der Brühwurstzeugnisse, die mit pflanzlichem Öl (Rapsöl) produziert wurden (AYDOGDU 2005; MÜNCH et al. 2005).

Die mit Transglutaminase hergestellten, fettreduzierten Brühwurstchargen der dritten Hauptversuchsreihe wurden gemäß den Herstellerangaben für eine Stunde auf einer Kerntemperatur von +45 °C (Wirkungsoptimum des Verarbeitungshilfsstoffes) gehalten, bevor eine weitere Erhitzung auf eine Kernendtemperatur von +72 °C erfolgte. Im Laufe des Brühprozesses wurde die Transglutaminase schließlich inaktiviert, weshalb davon auszugehen war, dass die verzehrfertigen Brühwurstzeugnisse kein aktives Enzym mehr enthielten (HAMMER 1998; KURAISHI et al. 1998).

4.2.2.4 Abkühlen

Nach dem Brühprozess wurden die Brühwurstchargen abgekühlt. Das Abkühlen der Brühwurstzeugnisse erfolgte unmittelbar im Anschluss an den Erhitzungsprozess in einem Kühlraum (~ +5 °C) bei stiller Kühlung auf eine Kerntemperatur von ~ +6 °C. Durch diese umgehende Abkühlung sollte das Wachstum der überlebenden Mikroorganismen, vor allem in einem Temperaturbereich von +37 °C, unterbunden werden (OELKER 1996).

4.2.2.5 Verpacken

Für die sensorische Analyse wurden die Produkte der Aufschnittware im Vorfeld der MAP-Verpackung in Scheiben mit einer Dicke von 4 mm geschnitten. Hiermit sollte sich an der handelsüblichen Scheibendicke orientiert und dem Prüfer zudem die Möglichkeit geboten werden, die textuellen Produkteigenschaften wahrnehmen zu können. Die für die instrumentelle Farb- und der Texturmessung gewählte Scheibendicke von 10 mm erfolgte gemäß der Erfordernisse der instrumentellen Messtechnik.

Die im Rahmen des Verpackens der Aufschnittware eingesetzte Technologie der automatischen Verpackung gewährleistet eine Übertragbarkeit der erzielten Ergebnisse auf den industriellen Produktionsprozess. Fleisch und Fleischerzeugnisse können im Handel als verpackte Waren vertrieben werden (FARBER 1990). Im Bereich der SB-verpackten Brühwurstzeugnisse zählt die Verpackung unter modifizierter Atmosphäre (MAP = modified atmosphere package) zu den dominierenden Verpackungsarten (SMITH et al. 1990; LAUTENSCHLÄGER und TROEGER 2007). Dabei wird die Verpackung unter Schutzgas als eine der Hürden angesehen, die in die Produkttechnologie integriert werden kann, um ein mikrobiologisch

sicheres Lebensmittel zu produzieren (LEISTNER 1978; SIELAFF 1996; WEBER 2003a; BRAUER 2004). Dadurch wird die Haltbarkeit von Lebensmitteln erhöht und infolgedessen kann eine längere Verkaufsphase erfolgen, bevor die ersten Qualitätsabweichungen des Produktes auftreten (FELLOWS 2000). Diese Art des Verpackens eignet sich dementsprechend für leicht verderbliche Lebensmittel (YOUNG et al. 1988), wobei die Lagerung unter normalen atmosphärischen Druckverhältnissen erfolgt und somit zu einer hohen Produktqualität beiträgt (FARBER 1990; LAUTENSCHLÄGER und TROEGER 2007).

4.2.2.5.1 Eingesetztes Schutzgasgemisch

In Anlehnung an die Untersuchungen von NOWAK et al. (2007) wies die Atmosphäre im Inneren der MAP-Verpackungen der Aufschnittware ein Schutzgasverhältnis von 70 % N₂ und 30 % CO₂ auf. Die Verpackung unter einer anaeroben Atmosphäre ist für Aufschnittware, wie Mortadella oder Salami, üblich (DEVLIEGHERE et al. 2004).

Stickstoff selber besaß keine Einflüsse auf die Fleischfarbe und auch nur geringe bzw. keine eigenständigen Wirkungen auf das Wachstum von Mikroorganismen (FARBER 1990; LAMPERT et al. 1991; CHURCH und PARSONS 1995). Der verwendete Stickstoff diente als Füll- und Stützgas, um einem Kollabieren der Packung entgegenzuwirken und die oxidativen Abläufe im Produkt zu hemmen, wodurch die Haltbarkeit der Lebensmittel verlängert werden konnte (INNS 1987).

Der mit dem Wachstum der Mikroflora in Verbindung stehende Verderb ließ sich, im Vergleich zu aeroben Bedingungen, durch die Verwendung einer mit Kohlendioxid angereicherten Atmosphäre verzögern (STANBRIDGE und DAVIS 1998). Das eingesetzte Kohlendioxid diente zur Verdrängung des Sauerstoffes aus der Verpackung, wodurch dieser den Mikroorganismen entzogen wurde. Der Einsatz von Kohlendioxid in MAP-Verpackungen erfolgte in Verbindung mit einer Kaltlagerung (+ 7 °C), da die Löslichkeit des Gases in einem kalten Milieu deutlich höher ist als in einem warmen Milieu und mit der Löslichkeit der bakterizide Effekt zunimmt (FELLOWS 2000). Ein weiterer inhibitorischer Effekt des Kohlendioxids lag in der Beeinflussung der Membraneigenschaften der Mikroorganismen (DIXON und KELL 1989). CHURCH und PARSONS (1995) nennen als übliche Kohlendioxidkonzentrationen bei der Verpackung von frischen Produkten im Rotfleischbereich Werte von bis zu 40 Vol.-%.

4.2.2.6 Transport und Lagerung

Beim Transport der Brühwurstzeugnisse vom Institut für Lebensmittelqualität und –sicherheit der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover in das Technikum des Instituts für Lebensmittelwissenschaft und Humanernährung der Leibniz Universität Hannover war die

Einhaltung der Kühlkette ($\leq +7\text{ °C}$) zu beachten, da diese nach WALSH und KERRY (2002) eine der wesentlichen Kriterien für die Stabilisierung der mikrobiologischen und sensorischen Produktqualität darstellt.

Durch die Absenkung der Produkttemperatur während des Transportes und der Lagerung ($+7\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$) konnte der Verderb nicht gänzlich ausgeschlossen, jedoch deutlich verlangsamt werden. Eine Lagerungstemperatur von Brühwurstzeugnissen zwischen $+4$ und $+7\text{ °C}$ gilt als allgemein akzeptiert (HILSE 1984; FRIES 2003). Die Haltbarkeitsdauer für frische Brühwurstzeugnisse wird in der Literatur mit zehn Tagen und für vakuumverpackte Brühwurstzeugnisse mit drei Wochen angegeben, vorausgesetzt, die Ware wird bei einer sachgemäßen Kühlung von max. $+7\text{ °C}$ gelagert (KRÄMER 2002; LAUTENSCHLÄGER und TROEGER 2007).

4.3 Diskussion Methoden

4.3.1 Sensorische Analyse

Zur Beurteilung der sensorischen Produktqualität der fettreduzierten Brühwurstchargen wurden diese einer Profilprüfung unterzogen, bei der nach dem Verfahren eines konventionellen Profils gemäß DIN 10967-1 gearbeitet wurde. Die genaue Methode wird in **Kapitel 3.2.1** ausführlich dargestellt. Die Erarbeitung der Deskriptoren erfolgte in erster Linie unter Berücksichtigung der Merkmalseigenschaften, die im Rahmen der instrumentellen Messverfahren (instrumentelle Textur-Profil-Analyse und Farbmessung) ermittelt wurden, um eine Vergleichbarkeit der subjektiv und objektiv ermittelten Ergebnisse zu gewährleisten. Hierdurch konnten Korrelationsprüfungen durchgeführt werden, die über die Anwendbarkeit der instrumentellen Verfahren entschieden. Zudem sollten die mikrobiologischen Veränderungen über die Dauer der Lagerung und die Auswirkungen der Rezepturmodifikationen sensorisch mittels Deskriptoren beurteilt werden (Textur, Farbe, mikrobiologische Abweichungen, Glanz, Feuchtigkeit). Im Rahmen der sensorischen Profilanalyse galt die Bissfestigkeit als das wichtigste sensorische Texturmerkmal.

In der ersten Vorversuchsreihe wurden die sensorischen Merkmalseigenschaften Rot-Wert, süß-sauer (gustatorische Wahrnehmung), Härte, Kohäsivität, Adhäsion, Kaubarkeit, Bissfestigkeit, Feuchtigkeit, Grießigkeit und Gesamtqualität beurteilt. Im Anschluss an die erste Vorversuchsreihe fanden Veränderungen an den sensorischen Prüfkriterien statt. Anstelle des Attributes süß-sauer (gustatorische Wahrnehmung) wurde der Deskriptor säuerlich (olfaktorische Wahrnehmung) eingesetzt. Zudem sollten die Merkmalseigenschaften Glanz und Elastizität geprüft werden, wogegen die Beurteilung der Grießigkeit entfiel. Diese Veränderungen wurden überwiegend durch die Umgestaltung der Rezeptur bedingt. Der abweichende visuelle sensorische Eindruck, der durch eine erhöhte Fremdwasserzugabe entstand, sollte durch das Attribut Glanz bewertet werden. Der Ersatz des Deskriptors süß-sauer (gustatorische Wahrnehmung) durch das Attribut säuerlich (olfaktorische Wahrnehmung) wurde dahingehend begründet, dass durch den Einsatz hoher Wassermengen die mikrobiologische Stabilität der Produkte über einen Lagerungszeitraum von 23 Tagen als kritisch eingestuft wurde. Für den Fall eines mikrobiologischen Verderbs bot sich die olfaktorische Überprüfung des Produktes mit dem Deskriptor säuerlich an, da zum Ende der Haltbarkeit von Brühwurstherzeugnissen häufig säuerliche Geruchsabweichungen ermittelt werden können, die durch Milchsäurebakterien bedingt werden (KOUTSOUMANIS et al. 1998; NYCHAS et al. 1998). Die Elastizität wurde in die Liste der Deskriptoren aufgenommen, da diese Textureigenschaft eine wichtige Komponente der Textur-Profil-Analyse darstellt und bei der Deskriptorenfindung im Vorfeld

der ersten Vorversuchsreihe nicht bedacht wurde. Die Grießigkeit wurde aus der Profilprüfung entfernt, da diese Merkmalseigenschaft nach der Umstellung der Kuttertechnologie (**siehe Abb. 12**) und der Rezeptur (**siehe Tab. 7-10**), in Folge der ersten Vorversuchsreihe, nicht mehr auftrat.

Der Einsatz einer numerischen Skala stellte sich als praktikabel dar. Bei einer numerischen Skala handelte es sich um einen bipolaren Skalentyp, weshalb die Merkmalseigenschaften bzw. die sensorische Gesamtqualität der fettreduzierten Brühwurstchargen gegen die der Kontrollcharge verglichen werden konnten. Da dieser Skalentyp zudem eine quantitative Skala darstellte, konnten die Merkmalseigenschaften bzw. die sensorische Gesamtqualität anhand von Zahlenwerten bewertet werden, wobei die Zahlen eine reale Bedeutung hatten (Quantität). Dies ermöglichte Mittelwertberechnungen aus den einzelnen Bewertungen und somit einen Vergleich der fettreduzierten Brühwurstchargen gegen den Standard. Zudem konnten die Mittelwerte anschließend in einem Netzdiagramm grafisch dargestellt werden. Der Einsatz dieses Skalentyps bot sich zudem an, da dieser den Prüfpersonen aus vorherigen sensorischen Prüfverfahren und aus sensorischen Schulungseinheiten bekannt war und damit eine gute Einsetzbarkeit gewährleistet werden konnte. Die Ergebnisse der sensorische Bewertung der einzelnen Merkmalseigenschaften wurden quantifizierbar gemacht, indem die Skala in drei Klassen der Qualitätsanforderungen nach DIN 10952-2 eingeteilt wurde (Qualitätsanforderungen erfüllt; Qualitätsanforderungen bedingt erfüllt; Qualitätsanforderungen nicht erfüllt). Dadurch konnten Aussagen getroffen werden, ob es sich um eine akzeptable oder inakzeptable Qualität der fettreduzierten Brühwurstprodukte handelte.

4.3.2 Instrumentelle Textur-Profil-Analyse (TPA)

Die instrumentelle Textur-Profil-Analyse zeichnete sich im Vergleich zu der sensorischen Textur-Profil-Analyse vor allem durch eine höhere Objektivität und eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse aus. Im Allgemeinen können instrumentelle Methoden nur dann subjektive Methoden ersetzen, wenn ein korrelativer Zusammenhang zwischen beiden Prüfverfahren vorliegt. Dies war mit Ausnahme der Härte und der Adhäsion für alle im Rahmen dieser Arbeit gemessenen bzw. beurteilten Texturparameter der Fall.

Ein kombinierter Einsatz sensorischer und instrumenteller Prüfmethode bot sich an, da zwischen beiden Verfahren Wechselbeziehungen bestanden, bei denen sich die physiologischen Messinstrumente des Menschen mit dem mechanischen Messinstrument (Texturanalysegerät) ergänzten (EMSCHERMANN 1982).

Als Methode wurde der Kompressionstest eingesetzt, der bereits im Vorfeld dieser Arbeit als aussagefähige Messmethoden für Brühwurstzeugnisse Anwendung fand (LEE und PATEL

1984; KLETTNER 1988; RAEUBER 1993; ERDMANN et. al. 1994; NOWAK et al. 2007). Auch im Rahmen der instrumentellen Textur-Profil-Analyse dieser Arbeit führte der Kompressionstest zu aussagefähigen Ergebnissen.

4.3.3 Instrumentelle Farbmessung ($L^*a^*b^*$)

Die genaue Farbbestimmung von Lebensmitteln mittels instrumenteller Farbmessung mit dem $L^*a^*b^*$ - Farbsystem nach CIE kommt eine große Bedeutung zu, da der erste optische Eindruck, den man von einem Produkt erhält, dessen Farbe ist (HONIKEL 2000). Sie stellt eines der wichtigsten charakteristischen Parameter von Lebensmitteln dar und gibt dem Verbraucher vor allem Aufschluss über den Zustand des Produktes (FOX 1987; FARBER 1990; ISSANCHOU 1996; BUSCH-STOCKFISCH 2002). Jedoch ist die Farbe für den Verbraucher ein sehr subjektives Qualitätskriterium. Aus diesem Grund bietet sich die Verwendung eines Farbmessgerätes an, da mit diesem numerische Daten auf der Basis internationaler Standards ermittelt werden können, wodurch die Ergebnisse vergleichbarer werden. Mit dem Einsatz von Farbmessgeräten können Farbdifferenzen mit exakten numerischen Werten festgestellt werden, wenn das menschliche Auge keinen Unterschied ermitteln kann. Das ist in etwa ab einem Farbabstand zwischen zwei Farben von $\Delta E^*_{ab} < 1$ der Fall (CHATELAIN 2007).

4.3.4 Physikalische Untersuchung

Die Bestimmung des pH- und a_w -Wertes im Rahmen der physikalischen Untersuchung bot sich an, um die Auswirkungen der einzelnen Rezepturmodifikationen auf die mikrobiologischen und physikalischen Eigenschaften der Brühwurstherzeugnisse festzustellen sowie die Veränderungen dieser Parameter über die Dauer der Lagerung zu ermitteln. Dabei konnten Wechselbeziehungen zwischen den physikalischen Parametern und anderen Qualitätsparametern (bspw. Mikrobiologie) beurteilt werden.

Der pH-Wert besitzt im Allgemeinen einen wichtigen Stellenwert bei der Überwachung der Qualitätsparameter der einzelnen Erzeugnisse, da starke Abweichungen während der Lagerung Einbußen in der mikrobiologischen Stabilität der Produkte zur Folge haben können, die zu einer Verkürzung der Haltbarkeit führen (KRÄMER 2002).

Ebenfalls eine bedeutende Kenngröße für die mikrobiologische Stabilität der Brühwurstherzeugnisse, stellt deren Wasseraktivität (a_w -Wert) dar, weil Mikroorganismen für alle Stoffwechselfvorgänge Wasser benötigen. Ein höherer a_w -Wert kann zu einer Verkürzung der Haltbarkeit von Brühwurstherzeugnissen führen.

4.3.5 Chemische Analyse

Mit der chemischen Analyse wurden die Auswirkungen der verschiedenen Rezepturmodifikationen auf die chemische Zusammensetzung der einzelnen Brühwurstchargen bestimmt. Dabei wurden der Wasser-, Asche-, Gesamtfett-, Rohprotein- und Hydroxyprolinegehalt sowie der Gehalt an Nichtprotein-Stickstoffsubstanz der Mortadellachargen ermittelt. Die chemische Analytik wurde einmalig und ausschließlich für die Stückware jeder Brühwurstcharge im Lagerungszeitraum von sieben Tagen durchgeführt, da keine nennenswerten Veränderungen der chemischen Zusammensetzung über die Lagerungsdauer bzw. zwischen den unterschiedlichen Convenience-Graden zu erwarten waren. Die Durchführung der einzelnen chemischen Analysemethoden ist dem **Kapitel 3.2.5** zu entnehmen. Aus den Ergebnissen der oben genannten Bestimmungen wurden weitere Grunddaten rechnerisch ermittelt (**siehe Tab. 15**). Die Ergebnisse aus der chemischen Analyse dienten sowohl als Grundlage für die lebensmittelrechtliche Kennzeichnung und Deklaration der Produkte, als auch zur Berechnung des Energiegehaltes der einzelnen Brühwurstchargen.

4.3.6 Berechnung des Energiegehaltes

Die Berechnung des Energiegehaltes erfolgte auf der Basis der Ergebnisse der chemischen Analytik. Hierdurch wurden die Energiegehalte sowie die erzielten Fett- und Energiereduktionen der rezepturmodifizierten Mortadellachargen gegenüber der Kontrollcharge bestimmt. Dies stellte die Basis für die Deklaration der Produkte dar.

4.3.7 Mikrobiologische Untersuchung

Die mikrobiologische Untersuchung war von Bedeutung, da Brühwürste als sehr verderbanfällige Lebensmittel gelten (KRÄMER 2002), die durch Erhitzen begrenzt haltbar gemacht werden (WEBER 2003a). Zudem spielte im Rahmen dieser Arbeit besonders die Komponente des erhöhten Fremdwassergehaltes für das Wachstum der Mikroorganismen eine Rolle.

Im Rahmen der mikrobiologischen Untersuchung sollte ermittelt werden, ob die rezepturmodifizierten Mortadellachargen gegenüber der Charge der Standardmortadella eine veränderte mikrobiologische Stabilität aufwiesen und ob die mikrobiologische Haltbarkeit der Stückware mindestens sieben Tage und der Aufschnittware mindestens 23 Tage betrug. Dabei wurden mit der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl sowie der Anzahl an *Enterobacteriaceae*, an aerob wachsenden Milchsäurebakterien und an Hefen und Schimmelpilzen die Mikroorganismen bestimmt, denen für die mikrobiologische Stabilität der Brühwurstzeugnisse die größte Relevanz zugemessen wird (BAUMGART 1996; KRÄMER 2002; WEBER 2003a; KRÖCKEL 2007; NOWAK et al. 2007).

4.3.8 Bestimmung des Restgasgehaltes

Die Bestimmung des Restgasgehaltes im Kopfraum der MAP-Verpackungen diente zur Überprüfung, ob die eingesetzte Dosierung des Gasmisches auch tatsächlich im Kopfraum der Verpackung vorlag und ob die unterschiedlichen Rezepturen gegebenenfalls einen Einfluss auf diese hatten. Zudem konnte mit Hilfe der Bestimmung des Restgasgehaltes die Entwicklung der Schutzgasatmosphäre über die Lagerdauer kontrolliert werden.

4.4 Erste Vorversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese[®] 100)

4.4.1 Ergebnisse

Die erste Vorversuchsreihe wurde nur einmalig ($n = 1$) durchgeführt und hatte einen orientierenden Charakter für die Rezepturgestaltung der darauffolgenden Versuchsreihen. Aus diesem Grund soll auf eine detaillierte Aufführung der Ergebnisse verzichtet werden. Die Untersuchungsergebnisse, die im Rahmen dieser Vorversuchsreihe ermittelt wurden, sind den **Tabellen 19 bis 23** zu entnehmen.

4.4.2 Diskussion

Mit einer zunehmenden Verarbeitungsmenge des Fettaustauschstoffes Simplese[®] 100 (5 %; 10 %; 15 %; 20 %) wurde die Menge an verarbeiteten tierischen Fettgewebe zu gleichen Teilen reduziert (**siehe Tab. 6**).

Der Fettaustausch ging häufig mit Abweichungen in den Qualitätsparametern der fettreduzierten Brühwurstchargen gegenüber der Charge der Standardmortadella einher, die vor allem die sensorischen Produkteigenschaften im Bereich der Textur und Farbe betrafen. Dabei wurden die sensorischen Qualitätsanforderungen, die an die rezepturmodifizierten Produkte gestellt wurden, oftmals nicht erfüllt.

Die fettreduzierten Brühwurstzeugnisse der ersten Vorversuchsreihe wiesen eine visuell wahrnehmbare, inhomogene Verteilung der Brätmasse auf. Infolgedessen wurde die Kuttertechnologie der fettreduzierten Brühwurstchargen der nachfolgenden Versuchsreihen dahingehend abgeändert, dass eine Verlängerung der Kutterdauer durch diverse technologische Maßnahmen erfolgte (**siehe Abb. 12**). Die technologischen Maßnahmen umfassten dabei neben einer veränderten Zugabemenge und eines veränderten Zugabezeitpunktes des Eiswassers eine Verlängerung der Kutterzeit durch eine Abkühlung des Brühwurstbrätes ($\sim 0\text{ °C}$) vor der letzten Kutterperiode. Infolgedessen sollte eine homogenere Verteilung der einzelnen Brätbestandteile gewährleistet werden.

4.4.3 Fazit

Die Einarbeitung von Simplese[®] 100 im Austausch gegen das tierische Fettgewebe erscheint ohne weitere Rezepturmodifikationen nicht sinnvoll, da den zum Teil großen Abweichungen in den Bewertungen der sensorischen Eigenschaften der Textur und Farbe sowie der sensorischen Gesamtqualität nur relativ geringe Energiereduktionen (zwischen 4,7 % und 24,5 %) bei einer Verarbeitung von bis zu 20 % Simplese[®] 100 gegenüberstanden. Auf der Grundlage der erzielten Energiereduktionen hätte keine der fettreduzierten Brühwurstchargen gemäß der

Health-Claim-Verordnung als „energiereduziert“ (der physiologische Brennwert müsste in diesem Fall um mindestens 30 % verringert sein) deklariert werden dürfen. Dieser Umstand muss als Nachteil für die Verkaufsfähigkeit der Produkte angesehen werden.

Zudem muss mit einem Anstieg der Produktionskosten infolge des Austausches des tierischen Fettgewebes durch Simplex[®] 100 gerechnet werden, da es sich bei dem Fettaustauschstoff, im Vergleich zu dem Rückenspeck vom Schwein, um ein hochpreisiges Ingredienz handelt. So konnten Mehrkosten der fettreduzierten Brühwurstchargen gegenüber der Charge der Standardmortadella von bis zu etwa 138 % ermittelt werden (V1 C1 = ~ 35 %; V1 C2 = ~ 70 %; V1 C3 = ~ 104 %; V1 C4 = ~ 138 %).

Aus den genannten Gründen mussten für die folgenden Versuchsreihen Veränderungen an der Kuttertechnologie (**siehe Abb. 12**) und der Rezeptur (**siehe Tab. 7-10**) der fettreduzierten Brühwurstchargen vorgenommen werden, um Produkte herzustellen, die eine Reduktion des physiologischen Brennwertes von mindestens 30 % in Verbindung mit einer sensorisch akzeptablen Qualität aufweisen. Zudem sollte der Anstieg der Produktionskosten gemindert werden.

4.5 Zweite Vorversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100 und einer Erhöhung der Wassermenge (Verhältnis 1:2))

4.5.1 Ergebnisse

Die zweite Vorversuchsreihe wurde aufgrund der sensorischen Qualitätsmängel der fettreduzierten Brühwurstchargen nur einmalig ($n = 1$) durchgeführt, weshalb auf eine detaillierte Aufführung der Ergebnisse (siehe Tab. 24 - 28) verzichtet werden soll. Diese Vorversuchsreihe hatte einen orientierenden Charakter für die Rezepturgestaltung der darauffolgenden Versuchsreihen.

4.5.2 Diskussion

Die fettreduzierten Brühwurstchargen der zweiten Vorversuchsreihe wiesen gegenüber dem Standard aufgrund der einzelnen Rezepturmodifikationen (siehe Tab. 7) Energiereduktionen zwischen 9,1 % und 63,6 % auf, wobei teilweise deutliche Abweichungen in den sensorischen Qualitätsmerkmalen ermittelt werden konnten, die eine mehr oder weniger stark ausgeprägte inakzeptable Qualität bedingten. Vor allem die Zugabe erhöhter Fremdwassermengen führte zu teilweise statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) höheren Bewertungen des Glanzes und der Feuchtigkeit der fettreduzierten Brühwurstchargen gegenüber der Kontrollcharge.

Positiv wirkte sich die veränderte Kuttertechnologie (siehe Abb. 12) und die damit in Verbindung stehende Verlängerung der Kutterzeit auf die sensorische Qualität der Brühwurstherzeugnisse aus (homogenere Verteilung der Brätmasse). Hierzu trugen mit Sicherheit auch die einzelnen Rezepturveränderungen (siehe Tab. 7) einen gewichtigen Teil bei.

4.5.3 Fazit

Die Ergebnisse der zweiten Vorversuchsreihe ließen für die darauffolgenden Versuchsreihen das Fazit zu, dass für die Produktion der fettreduzierten Brühwurstchargen die optimale Schüttwassermenge im Verhältnis zu der jeweiligen Rezeptur ermittelt werden musste, um sensorisch akzeptable Produkte herzustellen.

Mit dem Fettaustausch durch Simplese® 100 ging eine Erhöhung der Produktionskosten einher, da es sich bei dem Fettaustauschstoff, im Vergleich zu dem tierischen Fettgewebe, um ein relativ hochpreisiges Ingredienz handelt. Durch die Verarbeitung erhöhter Schüttwassermengen konnte dieser Anstieg der Produktionskosten allerdings begrenzt werden. Es konnten im Rahmen der Produktion der fettreduzierten Brühwurstchargen Mehrkosten gegenüber dem Standard ermittelt werden, die bis zu ca. 69 % betragen (V2 C1 = ~ 16 %; V2 C2 = ~ 33 %; V2 C3 = ~ 50 %; V2 C4 = ~ 69 %).

4.6 Erste Hauptversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100 und einer Erhöhung der Wassermenge (Verhältnis 1:1))

Auf der Grundlage der Ergebnisse der beiden Vorversuchsreihen (**siehe Kap. 4.4 - 4.5**) erfolgte der Austausch des tierischen Fettgewebes im Rahmen der ersten Hauptversuchsreihe ($n = 3$) mit Simplese® 100 und einer erhöhten Schüttwassermenge (Verhältnis 1:1). Die für die Herstellung der einzelnen Brühwurstchargen der ersten Hauptversuchsreihe verwendeten Rezepturen sind der **Tabelle 8** zu entnehmen.

4.6.1 Sensorische Analyse

4.6.1.1 Ergebnisse

In den **Abbildungen 16** und **17** sind die Ergebnisse der sensorischen Profilprüfung für die fettreduzierten Brühwurstchargen der ersten Hauptversuchsreihe in Netzdiagrammen dargestellt ($n = 3$, mit jeweils 6 ausgewählten Prüfpersonen).

Die in den **Abbildungen 16** und **17** dargestellten Ergebnisse sind der **Tabelle 29** zu entnehmen. Auf eine Darstellung der Standardabweichungen (**siehe Tab. 29**) und der statistischen Signifikanzen (**siehe Tab. 51**) in den **Abbildungen 16** und **17** wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet.

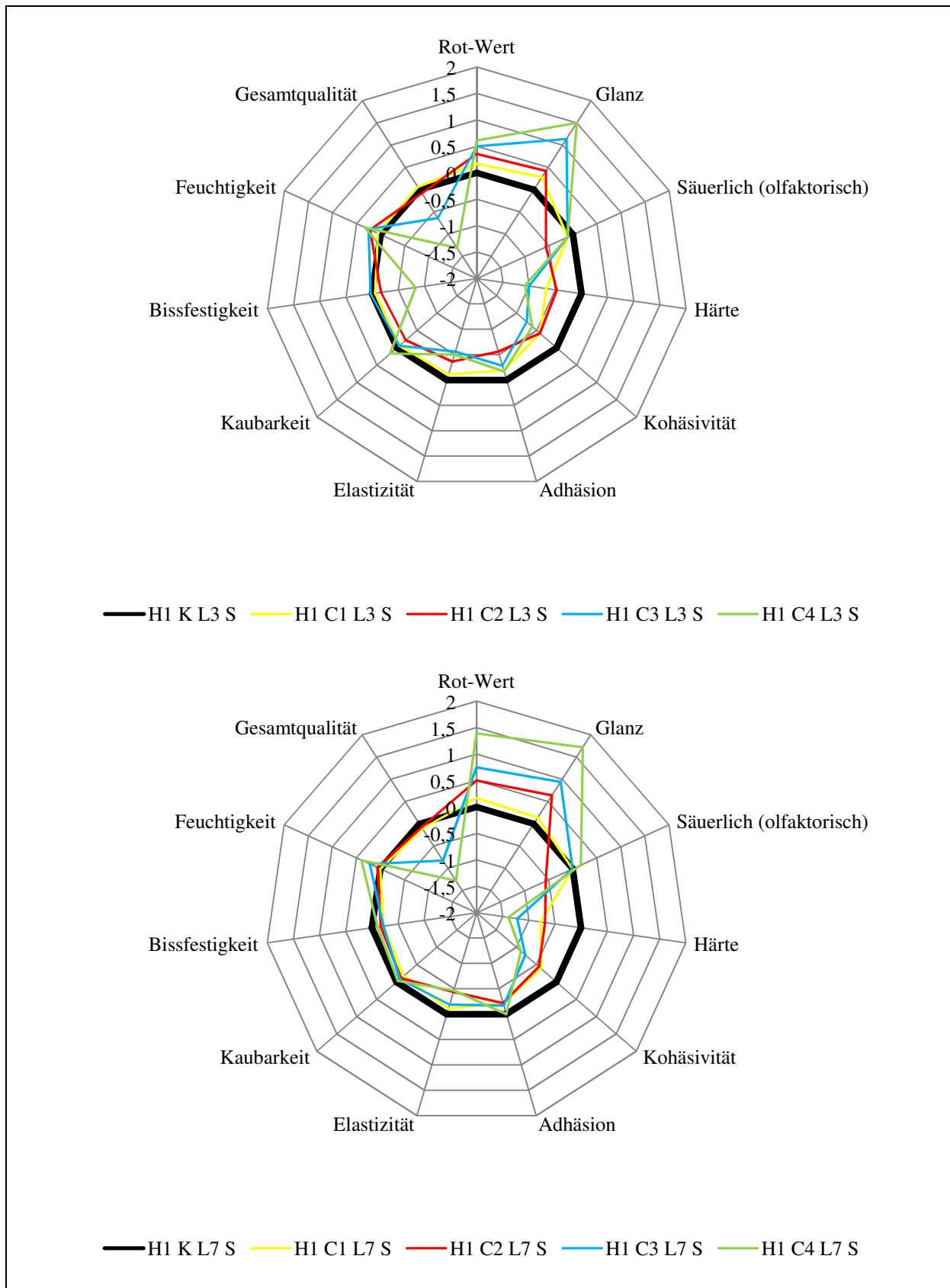


Abbildung 16: Sensorische Qualität der Brühwurstzeugnisse (Stückware) am dritten und siebten Lagerungstag (+7 °C) (n = 3, mit jeweils 6 ausgewählten Prüfpersonen). H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware.

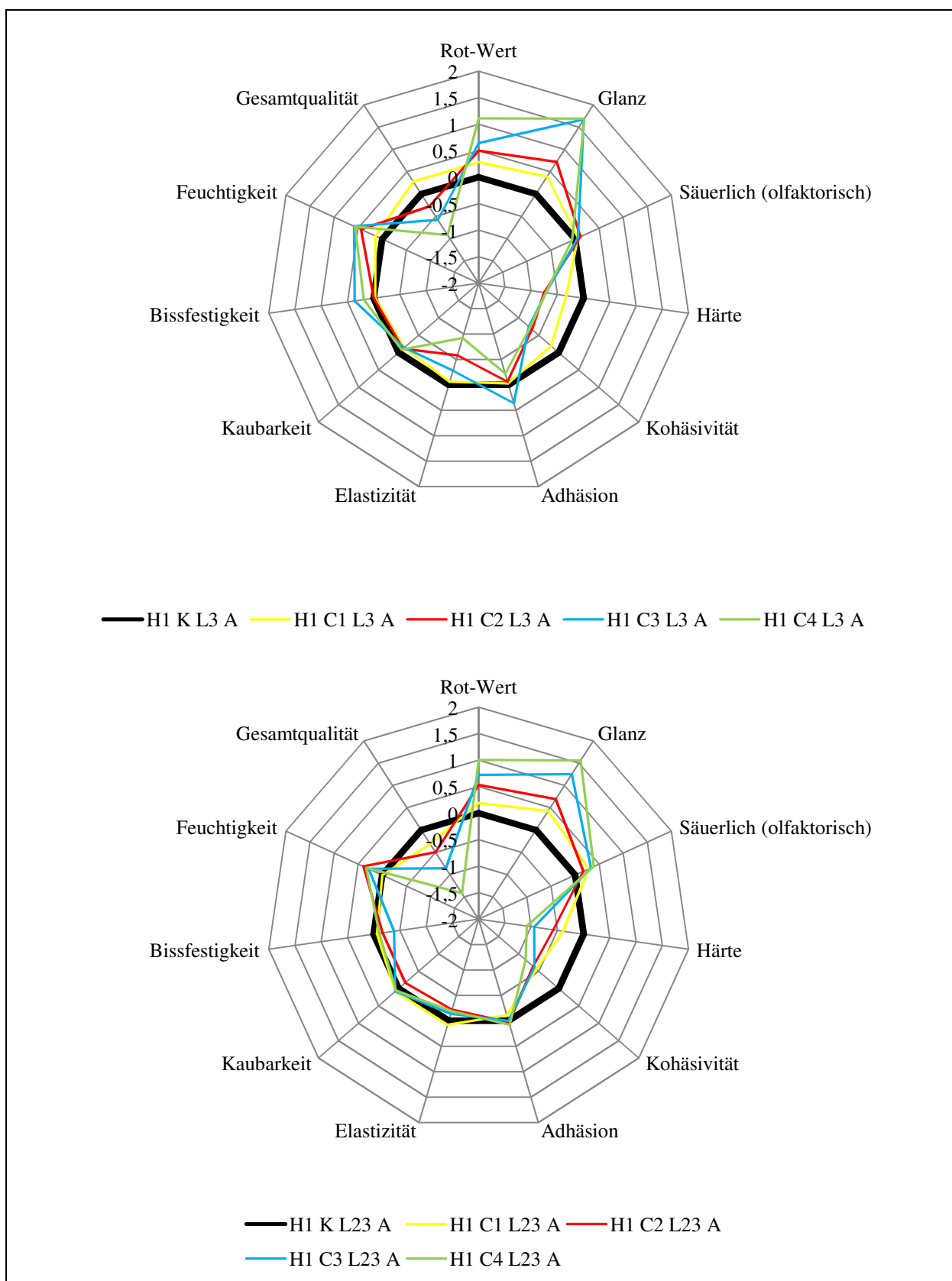


Abbildung 17: Sensorische Qualität der Brühwurstzeugnisse (Aufschnittware) am dritten und 23. Lagerungstag (+7 °C) (n = 3, mit jeweils 6 ausgewählten Prüfpersonen). H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; A = Aufschnittware.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H1 C1

Die Differenzen in der sensorischen Bewertung der einzelnen Merkmalseigenschaften der fettreduzierten Brühwurstcharge H1 C1 gegenüber den entsprechenden Merkmalseigenschaften der Kontrollcharge waren nur gering. Statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Unterschiede zwischen der rezepturmodifizierten Brühwurstcharge und der Kontrollcharge lagen ausschließlich für die Bewertungen des Glanzes, der Härte und der Kohäsivität vor. Am 23. Lagerungstag der Aufschnittware wurden die fettreduzierten Brühwurstzeugnisse als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) glänzender ($0,42 \pm 0,69$) bewertet. Hingegen wurde die Härte (zwischen $-0,39 \pm 0,61$ und $-0,78 \pm 0,65$) und die Kohäsivität (zwischen $-0,39 \pm 0,61$ und $-0,56 \pm 0,51$) der Stückware an den untersuchten Lagerungstagen sowie der Aufschnittware am 23. Lagerungstag als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) schwächer ausgebildet eingestuft.

Für die Bewertung der sensorischen Gesamtqualität konnte, sowohl bei der Stück- als auch bei der Aufschnittware, zwischen der fettreduzierten Brühwurstcharge H1 C1 und der Kontrollcharge kein statistisch signifikanter Unterschied ($p > 0,05$) ermittelt werden.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H1 C2

Im Vergleich zu der Kontrollcharge wurden der Rot-Wert (zwischen $0,36 \pm 0,48$ und $0,53 \pm 0,50$) und der Glanz (zwischen $0,42 \pm 0,60$ und $0,72 \pm 0,43$) der fettreduzierten Brühwurstcharge H1 C2, unabhängig von dem Convenience-Grad, als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) stärker sowie die Härte (zwischen $-0,47 \pm 0,78$ und $-0,75 \pm 0,58$) und die Kohäsivität (zwischen $-0,42 \pm 0,60$ und $-0,67 \pm 0,62$) als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) schwächer ausgebildet bewertet. Am dritten Lagerungstag wurde die Adhäsion ($-0,56 \pm 0,92$) der Stückware sowie die Elastizität ($-0,36 \pm 0,48$ und $-0,58 \pm 0,58$) der Stückware und der Aufschnittware als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) weniger stark entwickelt beurteilt. Die restlichen Differenzen in der sensorischen Bewertung der Merkmalseigenschaften zwischen der rezepturmodifizierten Brühwurstcharge und der Kontrollcharge waren statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Die sensorische Gesamtqualität der fettreduzierten Brühwurstcharge H1 C2 wurde für die Aufschnittware am 23. Lagerungstag als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) schlechter ($-0,50 \pm 0,71$) bewertet als die sensorische Gesamtqualität der Charge der Standardmortadella. Hingegen konnten für die Stückware an den untersuchten Lagerungstagen und für die Aufschnittware am dritten Lagerungstag keine statistisch signifikanten ($p > 0,05$) Unterschiede zu der sensorischen Gesamtqualität der Kontrollcharge ermittelt werden.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H1 C3

Verglichen mit der Charge der Standardmortadella lagen, sowohl bei der Stück- als auch bei der Aufschnittware, für den Rot-Wert (zwischen $0,50 \pm 0,92$ und $0,75 \pm 0,73$) und den Glanz (zwischen $0,94 \pm 0,54$ und $1,67 \pm 0,49$) der fettreduzierten Brühwurstcharge H1 C3 statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) höhere sowie für die Härte (zwischen $-0,72 \pm 0,89$ und $-1,22 \pm 0,43$) und die Kohäsivität (zwischen $-0,61 \pm 0,78$ und $-0,78 \pm 0,65$) statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) niedrigere Bewertungen vor. Zudem wurde die Aufschnittware am dritten Lagerungstag als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) feuchter ($0,58 \pm 1,06$) beurteilt. Die weiteren sensorischen Unterschiede der Merkmalseigenschaften zwischen der rezepturmodifizierten Brühwurstcharge und der Kontrollcharge waren statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Die sensorische Gesamtqualität der fettreduzierten Brühwurstcharge H1 C3 wurde gegenüber der sensorischen Gesamtqualität der Kontrollcharge für beide Convenience-Grade an den jeweils untersuchten Lagerungstagen als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) schlechter (zwischen $-0,58 \pm 0,97$ und $-0,86 \pm 0,90$) angesehen.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H1 C4

Der Rot-Wert (zwischen $0,61 \pm 0,98$ und $1,39 \pm 0,50$) und der Glanz (zwischen $1,50 \pm 0,71$ und $1,72 \pm 0,46$) der rezepturmodifizierten Mortadellacharge H1 C4 wurden im Gegensatz zu der Kontrollcharge als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) stärker sowie die Härte (zwischen $-0,72 \pm 1,18$ und $-1,39 \pm 0,70$) und die Kohäsivität (zwischen $-0,61 \pm 1,04$ und $-0,89 \pm 0,83$) als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) schwächer ausgebildet beurteilt. Die Bewertung der letztgenannten vier Merkmalseigenschaften erfolgte jeweils für beide Convenience-Grade. Daneben wurde die Aufschnittware am dritten Lagerungstag als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) weniger elastisch ($-0,92 \pm 0,94$) bewertet. Die restlichen sensorischen Unterschiede der Merkmalseigenschaften zwischen der rezepturmodifizierten Brühwurstcharge und der Kontrollcharge waren statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Die sensorische Gesamtqualität der fettreduzierten Brühwurstcharge H1 C4 wurde gegenüber der sensorischen Gesamtqualität der Kontrollcharge für beide Convenience-Grade an den jeweils untersuchten Lagerungstagen als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) minderwertiger (zwischen $-0,92 \pm 1,11$ und $-1,42 \pm 0,84$) eingestuft.

4.6.1.2 Diskussion

Zwischen den meisten fettreduzierten Brühwurstchargen und der Charge der Standardmortadella lagen größtenteils statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Unterschiede in Bezug auf die Bewertung der Deskriptoren Rot-Wert, Glanz, Härte, Kohäsivität und Gesamtqualität vor, während für die Attribute säuerlich (olfaktorisch), Adhäsion, Elastizität, Kaubarkeit, Bissfestigkeit und Feuchtigkeit überwiegend keine statistisch signifikanten ($p > 0,05$) Abweichungen festgestellt werden konnten (**siehe Tab. 29**). Der Rot-Wert der fettreduzierten Brühwurstcharge H1 C4 sowie der Glanz und die Härte der rezepturmodifizierten Mortadellachargen H1 C3 und H1 C4 entsprachen nicht den sensorischen Qualitätsanforderungen, da die Differenzen in der sensorischen Bewertung gegenüber dem Standard jeweils mehr als ± 1 betrug. Im Folgenden werden ausschließlich die Deskriptoren der fettreduzierten Brühwurstherzeugnisse diskutiert, deren sensorische Bewertung gegenüber der Kontrollcharge einen statistisch signifikanten ($p \leq 0,05$) und zumeist deutlichen Unterschied aufwies.

Die Bewertung der Intensität des Rot-Wertes der rezepturmodifizierten Mortadellachargen gegenüber der Kontrollcharge stieg tendenziell mit einer Abnahme der Zugabemenge an Fettgewebe bzw. mit einer Zunahme der Verarbeitungsmenge an Eiswasser und Simplese® 100 an. Die höhere Intensität der Rotfärbung ist darauf zurückzuführen, dass durch den abnehmenden Fettgehalt in Verbindung mit einer Zunahme der Wassermenge bei einem gleichbleibenden Magerfleischanteil, die effektive Konzentration des im Magerfleischanteil befindlichen Muskelfarbstoffes Myoglobin erhöht wurde. Dies belegen auch die Ergebnisse aus den Korrelationsberechnungen. Demzufolge wies die Bewertung des Rot-Wertes mit der Zugabemenge an Eiswasser und Simplese® 100 jeweils eine sehr hohe Wechselbeziehung ($r = 0,925$) auf, während zwischen der Bewertung des Rot-Wertes und dem Anteil an verarbeiteten Fettgewebe ein sehr hoher gegenläufiger Zusammenhang ($r = -0,928$) vorlag.

Die fettreduzierten Brühwurstchargen wurden gegenüber der Kontrollcharge tendenziell umso stärker als glänzend bewertet, je geringer die Zugabemenge an Fettgewebe bzw. je höher der Anteil an Eiswasser und Simplese® 100 war. Dabei wies die verarbeitete Menge an Fettgewebe einen sehr hohen gegenläufigen Zusammenhang ($r = -0,965$) sowie der verarbeitete Anteil an Eiswasser und Simplese® 100 jeweils eine sehr hohe Korrelation ($r = 0,960$) mit der Bewertung des Glanzes auf. Sowohl die relativ hohe Bewertung der Ausprägung dieses Attributes als auch die sehr hohen Zusammenhänge mit den Rezepturveränderungen deuten auf eine nicht ausreichend erfolgte Bindung der zugegeben Schüttwassermenge im Eiweiß-Wasser-Fett-Gemisch des Brühwurstbrätes hin. Nach FRANZKE (1998) nimmt die Bindung des Schüttwassers mit einem steigenden Fettgehalt der Brätmasse zu und zwar bis zu einem

Fett/Protein-Verhältnis von 2,8:1. Entgegengesetzt dazu führt eine Reduktion des Fettgehaltes bei einem gleichzeitig durch die Zugabe von Simplese® 100 bedingten Anstieg des Proteingehaltes zu einer verminderten Bindekapazität des Schüttwassers. Erfolgt dabei eine zusätzliche Erhöhung der Zugabemenge an Eiswasser, wie dies im Rahmen der Produktion der fettreduzierten Brühwurstherzeugnisse geschehen ist, so ist das Brühwurstbrät nicht mehr in der Lage, dieses Eiswasser in einem ausreichenden Maße zu binden. Auch die Fähigkeit der mikropartikulierten Molkenproteine des Simplese® 100, aufgrund ihrer gleichmäßigen Verteilung das Wasser innerhalb der Lebensmittelmatrix zu binden, reichte nicht aus, um die erhöhte Schüttwasserzugabe zu kompensieren (MILLER 1994; CP KELCO 2000; CP KELCO 2006).

Die rezepturmodifizierten Mortadellchargen wurden im Vergleich zu der Kontrollcharge tendenziell als weniger hart bewertet, je weniger Fettgewebe und umso mehr Eiswasser und Simplese® 100 bei der Herstellung verwendet wurden. Zwischen der verarbeiteten Menge an Eiswasser und Simplese® 100 sowie der Beurteilung der Härte existierte jeweils ein hoher gegenläufiger Zusammenhang ($r = -0,886$), während die Zugabemenge des tierischen Fettgewebes und die Bewertung der Härte eine hohe Korrelation ($r = 0,875$) zueinander aufwiesen.

Die hohe negative Korrelation zwischen der Schüttwassermenge und der Härte der Brühwurstherzeugnisse war auf die veränderten Wechselwirkungen des Wassers mit den sonstigen Inhaltsstoffen der Brühwurst, vor allem mit den Proteinen und Fetten, zurückzuführen (KALLWEIT 1988; OELKER 1996; SOUCI et al. 2000; BRAUER 2004). Auch in Untersuchungen anderer Autoren führte der Austausch des Fettgehaltes durch eine Erhöhung der Zugabemenge an Wasser zu einer Verminderung der Bissfestigkeit der Brühwurstherzeugnisse (CLAUS et al. 1989; AHMED et al. 1990; MITTAL und BARBUT 1994). Dieser Umstand ist auf die verminderte Fettkonzentration und den erhöhten Wassergehalt zurückzuführen, wodurch bei einer gleichbleibenden Menge an Proteinen deren effektive Konzentration, die an der Ausbildung der Gel/Emulsions-Struktur beteiligt war, vermindert wurde (CAVESTANY et al. 1994; CARBALLO et al. 1996). Hieraus resultierte eine weniger rigide Produktstruktur, da in diesen Brühwürsten eine größere Anzahl der verfügbaren hydrophilen Bindungen des Proteins mit dem Wasser verbunden war, anstelle intermolekulare Quervernetzungen zwischen den Proteinen einzugehen, wie dies generell bei festeren Produkte der Fall ist (CLAUS et al. 1989). Die Verarbeitung des Fettaustauschstoffes Simplese® 100 konnte eine Abnahme der Härte der fettreduzierten Mortadellprodukte nicht vermeiden, obwohl in einer Vielzahl an Untersuchungen an fettreduzierten Lebensmitteln dessen Einsatz positive Auswirkungen auf die Textur besaß (SCHMIDT et al. 1993; MCMAHON et al. 1996; SANCHEZ und PA-

QUIN 1997; OHMES et al. 1998; GALLAGHER et al. 2003; YILSAY et al. 2006; SAHAN et al. 2008; KARACA et al. 2009).

Im Rahmen der Bewertung der Kohäsivität der fettreduzierten Brühwurstzeugnisse gegenüber der Charge der Standardmortadella konnten ähnliche Ergebnisse wie für die Härte erzielt werden. Die Bewertung der Kohäsivität kann dabei eventuell auf das weichere Mundgefühl der rezepturmodifizierten Mortadellaprobe zurückgeführt werden.

Zwischen der Beurteilung der sensorischen Gesamtqualität der fettreduzierten Brühwurstcharge H1 C1 und der Charge der Standardmortadella lagen nur geringfügige und statistisch nicht signifikante ($p > 0,05$) Differenzen vor. Ebenfalls keine statistisch signifikanten Unterschiede ($p > 0,05$) wurden in der Beurteilung der sensorischen Gesamtqualität zwischen der rezepturmodifizierten Mortadellacharge H1 C2 und der Kontrollcharge am dritten und siebten Lagerungstag der Stückware sowie am dritten Lagerungstag der Aufschnittware erzielt. Dieses Ergebnis führt zu der Annahme, dass die Rezepturmodifikationen, die im Rahmen der Produktion der fettreduzierten Mortadellachargen H1 C1 und H1 C2 vorgenommen wurden, die Gesamtqualität dieser Erzeugnisse nicht negativ beeinträchtigten. Entgegengesetzt dazu sind die statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) schlechteren Bewertungen der sensorischen Gesamtqualität der fettreduzierten Brühwurstchargen H1 C3 und H1 C4 sowie der Charge H1 C2 am 23. Lagerungstag der Aufschnittware gegenüber der Charge der Standardmortadella als kritisch zu beurteilen und signalisieren, dass die Veränderungen der Rezeptur die sensorische Gesamtqualität dieser Erzeugnisse verschlechterte.

4.6.2 Instrumentelle Textur-Profil-Analyse (TPA)

4.6.2.1 Ergebnisse

In den beiden folgenden Abbildungen sind die Ergebnisse der instrumentellen Textur-Profil-Analyse der Brühwurstchargen der ersten Hauptversuchsreihe in Säulendiagrammen dargestellt ($n = 3$, mit jeweils 15 Messungen). Die **Abbildung 18** umfasst die Ergebnisse für die Härte, die Bissfestigkeit sowie die Adhäsion und die **Abbildung 19** die Resultate für die Elastizität, die Kohäsivität sowie die Kaubarkeit. Auf der Abszisse sind die Brühwurstchargen (K = Kontrollcharge; C = fettreduzierte Brühwurstcharge), die Lagerungstage (3; 7; 23) und die Convenience-Grade (S = Stückware; A = Aufschnittware) angegeben, während auf der Ordinate die jeweilige Textureigenschaft aufgetragen ist. Die Säulen symbolisieren die Mittelwerte der Messdaten für die einzelnen Brühwurstchargen, unterteilt in Convenience-Grad und Lagerungstag.

Darüber hinaus sind den Abbildungen die Standardabweichungen zu entnehmen. Die statistisch signifikanten Unterschiede ($p \leq 0,05$) zwischen den untersuchten Lagerungstagen drei (L3 S) und sieben (L7 S) sowie drei (L3 A) und 23 (L23 A) innerhalb einer Brühwurstcharge und eines Convenience-Grades wurden mit einem Sternchen (*) gekennzeichnet. Die Unterschiede zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge wurden, gesondert für die Lagerungstage (3; 7; 23) und die Convenience-Grade (S; A), statistisch auf Signifikanz überprüft. Die rezepturmodifizierten Brühwurstchargen, die den gleichen hochgestellten Buchstaben wie die Kontrollcharge (H1 K L3 S = hochgestelltes a, H1 K L7 S = hochgestelltes b, H1 K L3 A = hochgestelltes C und H1 K L23 A = hochgestelltes D) aufweisen, sind statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) von dieser unterschiedlich.

Die in der **Abbildung 18** und **19** dargestellten Ergebnisse mit den jeweiligen Standardabweichungen sind der **Tabelle 30** zu entnehmen, während die Werte für die statistischen Signifikanzen den **Tabellen 50** und **51** zu entnehmen sind.

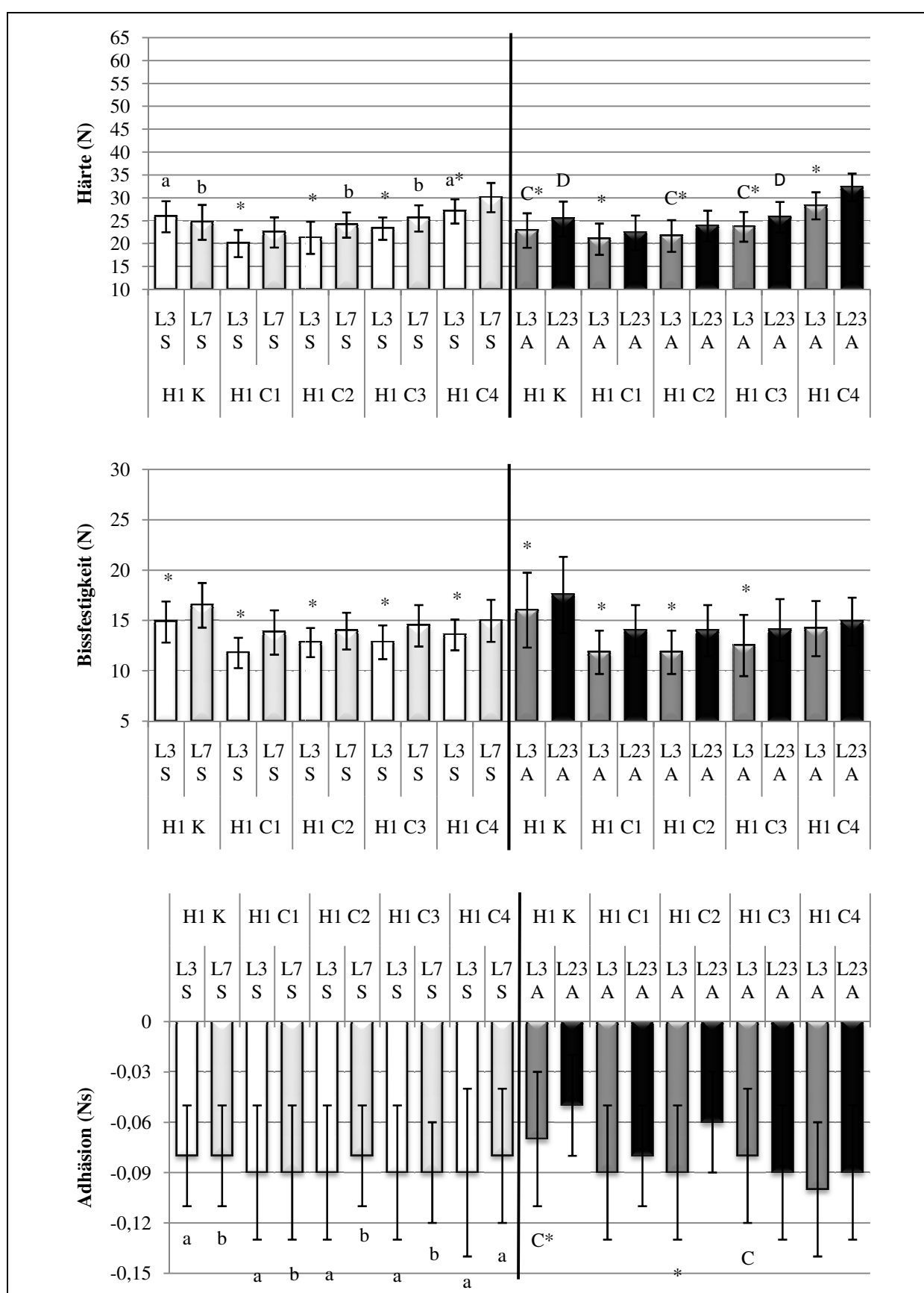


Abbildung 18: Instrumentell ermittelte Texturwerte (Härte, Bissfestigkeit, Adhäsion) der Brühwurstzeugnisse am dritten und am siebten Lagerungstag für die Stückware sowie am dritten und am 23. Lagerungstag für die Aufschnittware (+7 °C) (n = 3, mit jeweils 15 Messungen). N = Newton; Ns = Newtonsekunde; H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

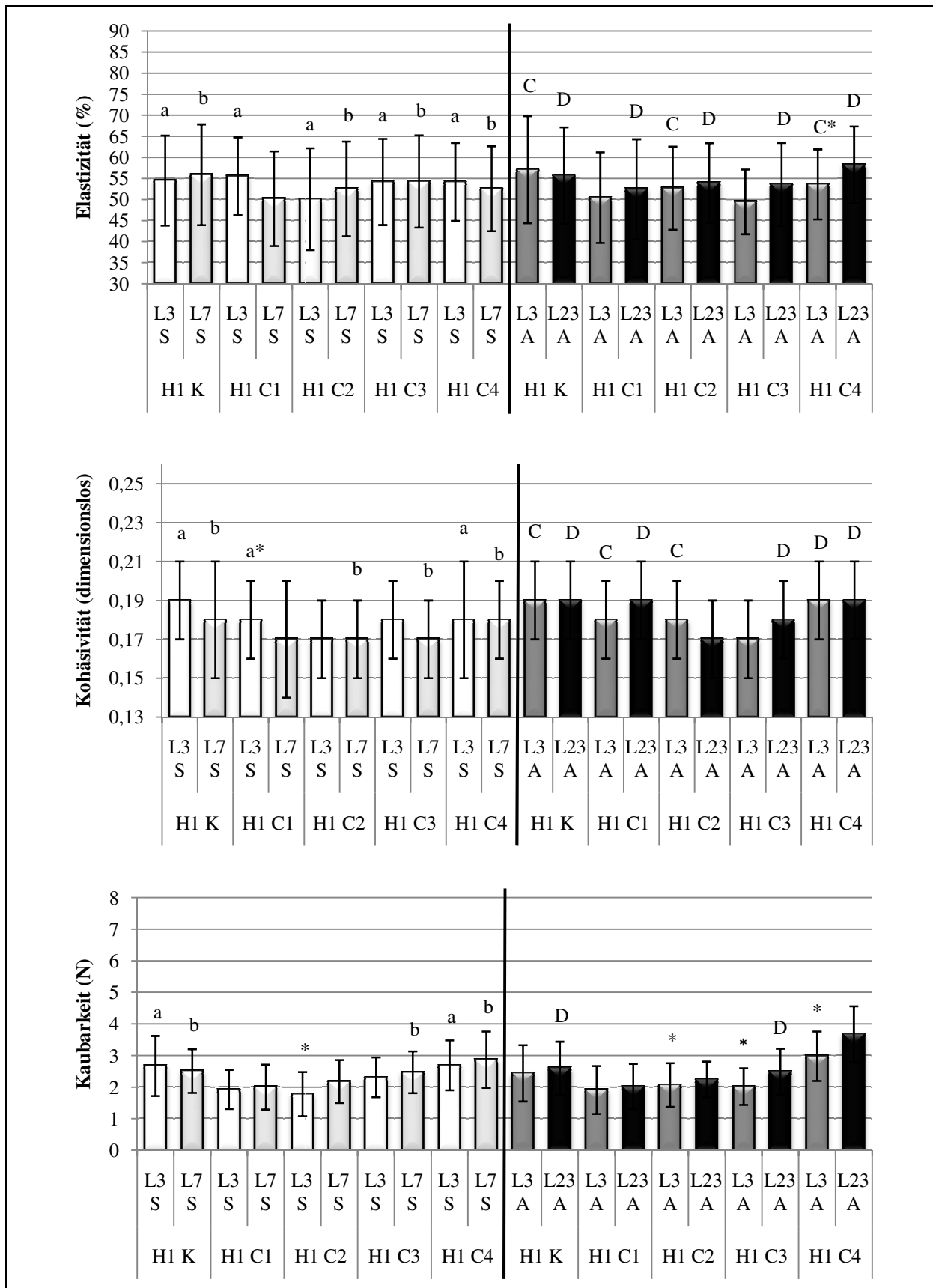


Abbildung 19: Instrumentell ermittelte Texturwerte (Elastizität, Kohäsivität, Kaubarkeit) der Brühwurstserzeugnisse am dritten und am siebten Lagerungstag für die Stückware sowie am dritten und am 23. Lagerungstag für die Aufschnittware (+7 °C) (n = 3, mit jeweils 15 Messungen). N = Newton; H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

Charge der Standardmortadella (Kontrollcharge) H1 K

Die instrumentell ermittelte Härte der Stückware der Kontrollcharge H1 K nahm von dem dritten ($25,86 \pm 3,40$ N) auf den siebten ($24,64 \pm 3,81$ N) Lagerungstag statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) ab. Hingegen ergab sich für die Aufschnittware zwischen den untersuchten Lagerungstagen ein statistisch signifikanter ($p \leq 0,05$) Anstieg der Härte von $22,85 \pm 3,77$ N auf $25,36 \pm 3,82$ N. Eine statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Zunahme der Bissfestigkeit konnte sowohl bei der Lagerung der Stückware (von $14,84 \pm 2,04$ N auf $16,50 \pm 2,22$ N) als auch bei der Lagerung der Aufschnittware (von $16,02 \pm 3,72$ N auf $17,53 \pm 3,79$ N) der Standardmortadella festgestellt werden. An den untersuchten Lagerungstagen der Stückware wies die Kontrollcharge die identische Adhäsion ($-0,08 \pm 0,03$ Ns) auf. Eine statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Abnahme der Adhäsion lag indessen für die Aufschnittware zwischen dem dritten ($-0,07 \pm 0,04$ Ns) und dem 23. ($-0,05 \pm 0,03$ Ns) Lagerungstag vor. Nur geringfügige und statistisch nicht signifikante ($p > 0,05$) Abweichungen konnten für die Elastizität zwischen den untersuchten Lagerungstagen beider Convenience-Grade ermittelt werden (S = von $54,50 \pm 10,70$ % auf $55,86 \pm 11,98$ %; A = von $57,08 \pm 12,71$ % auf $55,66 \pm 11,45$ %). Die Aufschnittware der Kontrollcharge besaßen am dritten und am 23. Lagerungstag die gleiche Kohäsivität ($0,19 \pm 0,02$), während die Kohäsivität der Stückware zwischen dem dritten ($0,19 \pm 0,02$) und dem siebten ($0,18 \pm 0,03$) Lagerungstag geringfügig und statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) abfiel. Die Veränderungen der Kaubarkeit zwischen den untersuchten Lagerungstagen beider Convenience-Grade (S = von $2,67 \pm 0,95$ N auf $2,51 \pm 0,69$ N; A = von $2,44 \pm 0,89$ auf $2,60 \pm 0,84$ N) waren statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Fettreduzierte Brühwurstcharge H1 C1

Verglichen mit der Kontrollcharge wies die fettreduzierte Brühwurstcharge H1 C1, sowohl bei der Stück- als auch bei der Aufschnittware, eine statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) geringere Härte (zwischen $20,01 \pm 2,97$ N und $22,44 \pm 3,29$ N), Bissfestigkeit (zwischen $11,77 \pm 1,51$ N und $13,97 \pm 2,55$ N) und Kaubarkeit (zwischen $1,91 \pm 0,76$ N und $2,02 \pm 0,72$ N) auf. Statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) geringere Werte wurden auch für die Elastizität der Stückware ($50,19 \pm 11,25$ %) am siebten Lagerungstag und der Aufschnittware ($50,45 \pm 10,75$ %) am dritten Lagerungstag sowie für die Kohäsivität ($0,17 \pm 0,03$) der Stückware am siebten Lagerungstag ermittelt. Die unter modifizierter Atmosphäre gelagerten Produkte waren an den untersuchten Lagerungstagen statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) adhäsiver ($-0,09 \pm 0,04$ Ns und $-0,08 \pm 0,03$ Ns) als die Charge der Standardmortadella. Die sonstigen Differenzen zwischen den Texturparametern der rezepturmodifizierten Brühwurstcharge und der Kontrollcharge waren statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Innerhalb der beiden Convenience-Grade konnten statistisch signifikante Veränderungen ($p \leq 0,05$) einzelner Texturparameter der fettreduzierten Brühwurstcharge H1 C1 zwischen den untersuchten Lagerungstagen festgestellt werden. Statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) war die Zunahme der Härte der Stückware von dem dritten auf den siebten Lagerungstag (von $20,01 \pm 2,97$ N auf $22,44 \pm 3,29$ N) und der Aufschnittware von dem dritten auf den 23. Lagerungstag (von $20,96 \pm 3,42$ N auf $22,34 \pm 3,78$ N). Zudem lag eine statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Zunahme der Bissfestigkeit der Stückware zwischen dem dritten und dem siebten Lagerungstag (von $11,77 \pm 1,51$ N auf $13,80 \pm 2,20$ N) sowie der Aufschnittware zwischen dem dritten und dem 23. Lagerungstag (von $11,83 \pm 2,15$ N auf $13,97 \pm 2,55$ N) vor. Dagegen nahm die Kohäsivität der Stückware von dem dritten auf den siebten Lagerungstag (von $0,18 \pm 0,02$ auf $0,17 \pm 0,03$) statistisch signifikant ab ($p \leq 0,05$). Die nicht genannten Unterschiede der einzelnen Texturparameter zwischen den untersuchten Lagerungstagen beider Convenience-Grade waren statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Fettreduzierte Brühwurstcharge H1 C2

Statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) niedrigere Werte gegenüber der Charge der Standardmortadella konnten, sowohl bei der Stück- als auch bei der Aufschnittware, für die Bissfestigkeit (von $12,80 \pm 1,44$ N bis $13,94 \pm 1,83$ N) und die Kaubarkeit (von $1,78 \pm 0,70$ N bis $2,24 \pm 0,57$ N) der rezepturmodifizierten Brühwurstcharge H1 C2 ermittelt werden. Darüber hinaus war die Härte der fettreduzierten Brühwurstcharge, im Vergleich zu der Kontrollcharge, am dritten Lagerungstag der Stückware ($21,26 \pm 3,51$ N) und am 23. Lagerungstag der Aufschnittware ($23,83 \pm 3,78$ N) statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) geringer, während die Adhäsion ($-0,09 \pm 0,04$ Ns und $-0,06 \pm 0,03$ Ns) der Aufschnittware an den untersuchten Lagerungstagen statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) höher war. Zudem waren die Brühwürste der Charge H1 C2 gegenüber der Kontrollcharge sowohl am dritten Lagerungstag für die Stückware, als auch am 23. Lagerungstag für die Aufschnittware statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) weniger kohäsiv (jeweils $0,17 \pm 0,02$). Die nicht genannten Abweichungen der Texturparameter zwischen der fettreduzierten Brühwurstcharge und der Charge der Standardmortadella waren trotz der in **Abbildung 18** und **19** sichtbaren Schwankungen statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Veränderungen der Texturparameter zwischen den untersuchten Lagerungstagen innerhalb der Brühwurstcharge H1 C2 bestanden für die Härte (von $21,26 \pm 3,51$ N auf $24,06 \pm 2,76$ N), die Bissfestigkeit (von $12,80 \pm 1,44$ N auf $13,94 \pm 1,83$ N) und die Kaubarkeit (von $1,78 \pm 0,70$ N auf $2,18 \pm 0,68$ N) der Stückware sowie für die Härte (von $21,68 \pm 3,47$ N auf $23,83 \pm 3,37$ N), die Bissfestigkeit (von $13,06 \pm 2,89$ N auf

13,90 ± 3,41 N), die Adhäsion (von -0,09 ± 0,04 Ns auf -0,06 ± 0,03 Ns) und die Kaubarkeit (von 2,07 ± 0,69 N auf 2,24 ± 0,57 N) der Aufschnittware. Die restlichen Abweichungen der Texturparameter zwischen den untersuchten Lagerungstagen innerhalb dieser Charge waren statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Fettreduzierte Brühwurstcharge H1 C3

Die fettreduzierte Brühwurstcharge H1 C3 war am dritten Lagerungstag der Stückware (23,28 ± 2,44 N) statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) weicher als die Kontrollcharge. Die Bissfestigkeit (von 12,51 ± 3,04 N bis 14,47 ± 2,06 N) wies, sowohl bei der Stück- als auch bei der Aufschnittware, statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) niedrigere Werte auf. Ebenfalls statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) niedrigere Werte lagen für die Kohäsivität und die Kaubarkeit der Stückware (0,18 ± 0,02 / 2,31 ± 0,63 N) und der Aufschnittware (0,17 ± 0,02 / 2,02 ± 0,58 N) jeweils am dritten Lagerungstag vor. Des Weiteren war die fettreduzierte Brühwurstcharge am dritten Lagerungstag der unter modifizierter Atmosphäre gelagerten Produkte statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) geringfügiger elastisch (49,43 ± 7,66 %) und am 23. Lagerungstag der unter modifizierter Atmosphäre gelagerten Produkte statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) adhäsiver (-0,09 ± 0,04 Ns). Die übrigen Differenzen zwischen den Texturparametern der fettreduzierten Brühwurstcharge und der Charge der Standardmortadella waren statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) und zumeist nur geringfügig.

Zwischen den untersuchten Lagerungstagen innerhalb der beiden Convenience-Grade der fettreduzierten Mortadellacharge H1 C3 konnten sowohl für die Härte (S = von 23,28 ± 2,44 N auf 25,50 ± 2,87 N; A = von 23,66 ± 3,25 N auf 25,75 ± 3,34 N) als auch für die Bissfestigkeit (S = von 12,83 ± 1,68 N auf 14,47 ± 2,06 N; A = von 12,51 ± 3,04 N auf 14,05 ± 3,07 N) statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Anstiege ermittelt werden. Auch die Zunahme der Kaubarkeit von dem dritten (2,02 ± 0,58 N) auf den 23. (2,49 ± 0,73 N) Lagerungstag der Aufschnittware war statistisch signifikant ($p \leq 0,05$). Die weiteren Differenzen zwischen den untersuchten Lagerungstagen innerhalb dieser Brühwurstcharge waren statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Fettreduzierte Brühwurstcharge H1 C4

Sowohl am siebten Lagerungstag der Stückware (30,06 ± 3,19 N) als auch an den untersuchten Lagerungstagen der Aufschnittware (28,26 ± 2,95 N und 32,29 ± 3,00 N) besaß die fettreduzierte Mortadellacharge H1 C4 gegenüber der Kontrollcharge eine statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) höhere Härte. Zudem lag eine statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) höhere Kaubarkeit (2,98 ± 0,78 N und 3,68 ± 0,88 N) der Aufschnittware vor. Sowohl bei der Stück- als auch bei

der Aufschnittware waren die fettreduzierten Brühwurstzeugnisse dieser Charge statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) weniger bissfest (von $13,56 \pm 1,53$ N bis $14,96 \pm 2,09$ N) als die Standardmortadella und im Fall der Aufschnittware an den untersuchten Lagerungstagen statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) adhäsiver ($-0,10 \pm 0,04$ Ns und $-0,09 \pm 0,04$ Ns). Die anderweitigen Differenzen zwischen den Texturparametern der rezepturmodifizierten Brühwurstcharge und der Kontrollcharge waren statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Eine statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Zunahme der Texturparameter zwischen den untersuchten Lagerungstagen der fettreduzierten Mortadellacharge H1 C4 war für die Härte beider Convenience-Grade (S = von $27,03 \pm 2,64$ N auf $30,06 \pm 3,19$ N; A = von $28,26 \pm 2,95$ N auf $32,29 \pm 3,00$ N), für die Bissfestigkeit der Stückware (von $13,56 \pm 1,53$ N auf $14,96 \pm 2,09$ N) sowie für die Elastizität (von $53,59 \pm 8,33$ % auf $58,22 \pm 9,11$ %) und die Kaubarkeit (von $2,98 \pm 0,78$ N auf $3,68 \pm 0,88$ N) der Aufschnittware zu erkennen. Die restlichen Veränderungen der Texturparameter innerhalb der Convenience-Grade zwischen den untersuchten Lagerungstagen waren statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

4.6.2.2 Diskussion

Zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Charge der Standardmortadella lagen größtenteils geringfügige und überwiegend statistisch nicht signifikante ($p > 0,05$) Abweichungen in der Adhäsion, Elastizität und Kohäsivität vor. Zumeist statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) waren dagegen die Differenzen in der Härte, Bissfestigkeit und Kaubarkeit (**siehe Tab. 30**).

In der Regel ergeben sich die strukturbildenden Eigenschaften von Brühwurstzeugnissen durch die Ausbildung eines Eiweiß-Wasser-Fett-Gemisches (LAUTENSCHLÄGER und TROEGER 2007). Demzufolge stand die Ausprägung der Textur der fettreduzierten Mortadellachargen in einem engen Zusammenhang mit der verwendeten Rezeptur. Die Rezepturmodifikationen der ersten Hauptversuchsreihe umfassten einen Fettaustausch durch die Verarbeitung einer gesteigerten Schüttwassermenge und durch den Einsatz des Fettaustauschstoffes Simplese[®] 100 (**siehe Tab. 8**). Dabei besaßen scheinbar nicht die einzelnen Rezepturkomponenten an sich einen großen Einfluss auf die Härte, Bissfestigkeit und Kaubarkeit, sondern vielmehr waren das Verhältnis von Fetten, Proteinen und Wasser sowie das Vorhandensein des Fettaustauschstoffes Simplese[®] 100 für die Entwicklung dieser Texturparameter verantwortlich. Diese Annahme belegt eine Vielzahl von Untersuchungen an fettreduzierten Brühwurstzeugnissen, bei denen das bestimmte Verhältnis von Fetten, Proteinen und Wasser als Erklärung für die unterschiedlichen Ausprägungen der einzelnen Texturmerkmale der Produkte ausgemacht werden konnte (CLAUS et al. 1989; MARQUEZ et al. 1989; AHMED

et al. 1990; CAVESTANY et al. 1994; MITTAL und BARBUT 1994; CARBALLO et al. 1996; COLMENERO 1996). Berechnet man die Korrelation der vorgenommenen Rezepturmodifikationen mit den Texturparametern Härte, Bissfestigkeit und Kaubarkeit, so weisen diese maximal eine mittlere Wechselbeziehung (zwischen $r = 0,5$ und $r = 0,7$) zueinander auf. Die größtenteils geringere Härte und Kaubarkeit der Brühwurstchargen H1 C1 – H1 C3 im Vergleich zu der Charge der Standardmortadella sowie die niedrigere Bissfestigkeit aller fettreduzierten Mortadellachargen gegenüber der Kontrollcharge ist wahrscheinlich auf die Erhöhung der Schüttwassermenge zurückzuführen. Dabei trat die zugegebene Wassermenge mit den Proteinen, Lipiden, Polysacchariden und Salzen in Wechselwirkung und beeinflusste folglich die Brühwursttextur (KALLWEIT 1988; OELKER 1996; SOUCI et al. 2000). Diese Annahme bestätigen zahlreiche Untersuchungen, in denen ein Fettaustausch mit Wasser überwiegend zu einem weichlichen Mundgefühl der Brühwurstherzeugnisse führte (CLAUS et al. 1989; AHMED et al. 1990; MITTAL und BARBUT 1994). Bei einer verminderten Fettkonzentration und einem erhöhten Wassergehalt sowie bei einer gleichbleibenden Menge an Proteinen war die effektive Konzentration der an der Ausbildung der Gel/Emulsions-Struktur beteiligten Proteine vermindert (CAVESTANY et al. 1994; CARBALLO et al. 1996). Hieraus resultierte eine weniger rigide Produktstruktur, da in diesen Brühwürsten eine größere Anzahl der verfügbaren hydrophilen Bindungen des Proteins mit dem Wasser verbunden war, anstelle intermolekulare Quervernetzungen zwischen den Proteinen einzugehen, wie dies generell bei festeren Produkte der Fall ist (CLAUS et al. 1989). Entgegengesetzt zu dieser Theorie stiegen die Härte, Bissfestigkeit und Kaubarkeit der fettreduzierten Brühwurstherzeugnisse mit einer zunehmenden Fettreduktion und Schüttwassermenge an. Als Grund hierfür kann der Anstieg der verarbeiteten Menge des Fettaustauschstoffes Simplese[®] 100 angeführt werden. In zahlreichen Untersuchungen an diversen Lebensmitteln konnte belegt werden, dass der Einsatz von Simplese[®] 100 die Textur von Lebensmittel beeinflusst (SCHMIDT et al. 1993; McMAHON et al. 1996; SANCHEZ und PAQUIN 1997; OHMES et al. 1998; GALLAGHER et al. 2003; YILSAY et al. 2006; SAHAN et al. 2008; KARACA et al. 2009). Bei dem Fettaustauschstoff Simplese[®] 100 handelt es sich um ein Molkenproteinkonzentrat. Molkenproteine sind amphiphil. In Lösung befinden sich die hydrophilen Gruppen an der Oberfläche, wohingegen die hydrophoben Gruppen so ausgerichtet sind, dass sie innerhalb der gewendelten Moleküle verdeckt liegen. Diese Ausrichtung verleiht den Molekülen nicht nur einen Anstieg der Wasserlöslichkeit, sondern auch eine exzellente Oberflächenaktivität und Eigenschaften, die die Stabilität von Emulsionen fördern (LUCCA und TEPPER 1994). Während der Ausbildung von Emulsionen sind die Molkenproteine in der Grenzfläche zwischen Öl und

Wasser weit zerstreut und richten sich neu aus, indem eine Ausbreitung der hydrophoben Segmente in die Ölphase und der hydrophilen Segmente in die wässrige Phase erfolgt. Hierdurch wird die Grenzflächenspannung herabgesetzt und die Emulsion stabilisiert (N.N. 1989, zitiert nach LUCCA und TEPPER 1994). Auch HUGHES et al. (1998) kamen in ihren Untersuchungen zu dem Ergebnis, dass der Einsatz von Molkenproteinen in fettreduzierten Brühwurstzeugnissen die Stabilität der Emulsion erhöht und die texturrellen Eigenschaften positiv beeinflusst.

Über die Dauer der Lagerung konnten Differenzen innerhalb der einzelnen Texturparameter der Brühwurstchargen ermittelt werden. Dabei lagen deutliche und größtenteils statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Zunahmen der Härte, Bissfestigkeit und Kaubarkeit bei beiden Convenience-Graden vor (siehe **Tab. 30**), die vermutlich auf Flüssigkeitsverluste während der Lagerung zurückzuführen sind. Zudem kann es sein, dass sich das ausgebildete Netzwerk über die Dauer der Lagerung stabilisierte. Die Abweichungen der Adhäsion, Elastizität und Kohäsivität während der Lagerung der Mortadellchargen waren zumeist nur geringfügig und überwiegend statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

4.6.3 Instrumentelle Farbmessung

4.6.3.1 Ergebnisse

In der **Abbildung 20** sind die Ergebnisse der instrumentellen Farbmessung ($L^*a^*b^*$ -Werte) der Brühwurstchargen der ersten Hauptversuchsreihe in Säulendiagrammen dargestellt ($n = 3$, mit jeweils 15 Messungen). Auf der Abszisse sind die Brühwurstchargen (K = Kontrollcharge; C = fettreduzierte Brühwurstcharge), die Lagerungstage (3; 7; 23) und die Convenience-Grade (S = Stückware; A = Aufschnittware) angegeben, während auf der Ordinate der jeweilige Farbwert aufgetragen ist. Die Säulen symbolisieren die Mittelwerte der Messdaten für die einzelnen Brühwurstchargen, unterteilt in Convenience-Grad und Lagerungstag.

Darüber hinaus kann der Abbildung die Standardabweichung der einzelnen Mittelwerte entnommen werden. Die statistisch signifikanten Unterschiede ($p \leq 0,05$) zwischen den untersuchten Lagerungstagen drei (L3 S) und sieben (L7 S) sowie drei (L3 A) und 23 (L23 A) innerhalb einer Brühwurstcharge und eines Convenience-Grades wurden mit einem Sternchen (*) gekennzeichnet. Die Unterschiede zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge wurden, gesondert für die Lagerungstage (3; 7; 23) und die Convenience-Grade (S; A), statistisch auf Signifikanz überprüft. Die rezepturmodifizierten Brühwurstchargen, die den gleichen hochgestellten Buchstaben wie die Kontrollcharge (H1 K L3 S = hochgestelltes a, H1 K L7 S = hochgestelltes b, H1 K L3 A = hochgestelltes C und H1 K L23 A =

hochgestelltes D) aufweisen, sind statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) von dieser unterschiedlich.

Die in der **Abbildung 20** dargestellten Ergebnisse mit den jeweiligen Standardabweichungen sind der **Tabelle 30** zu entnehmen, während die Werte für die statistischen Signifikanzen den **Tabellen 50** und **51** zu entnehmen sind.

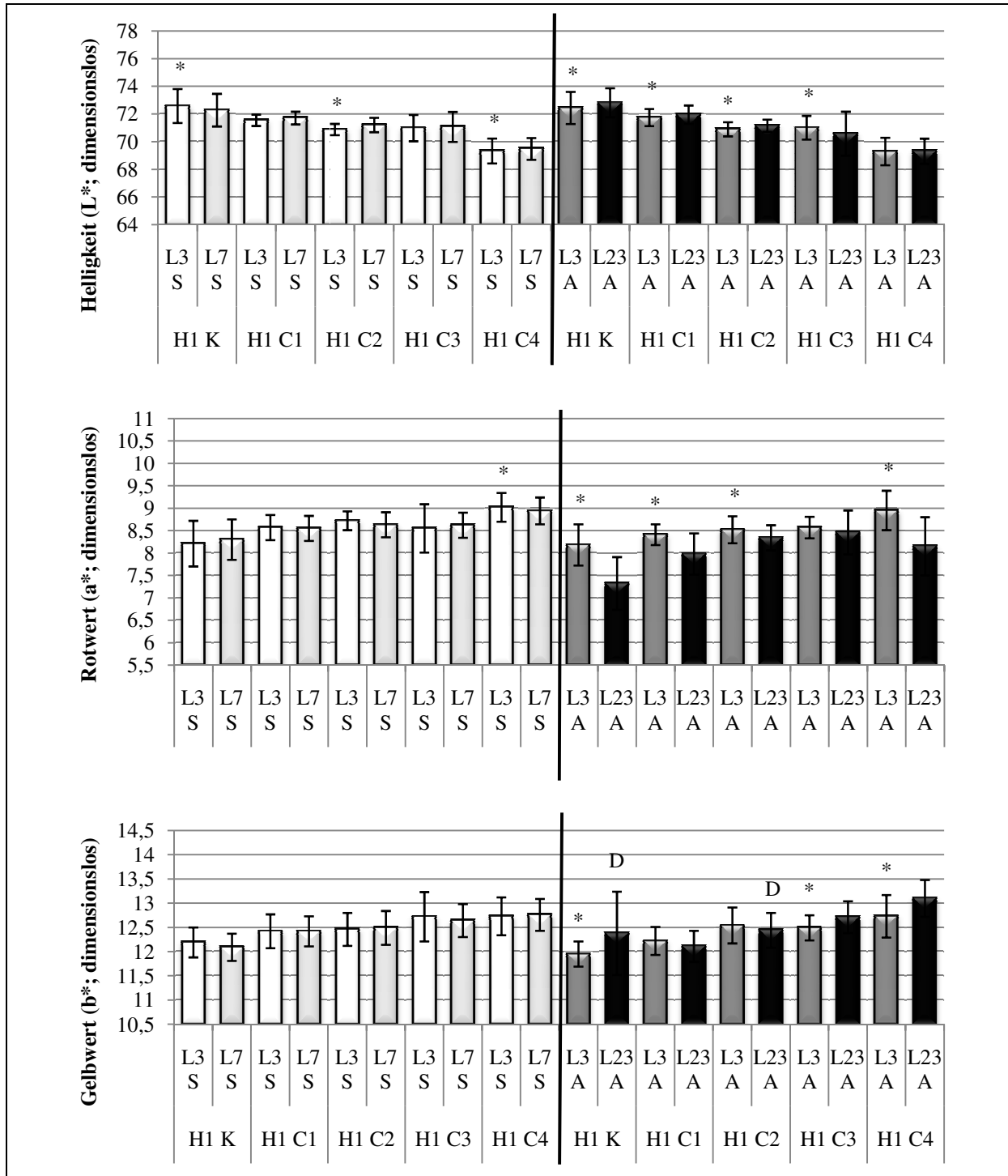


Abbildung 20: L*a*b*-Werte der Brühwurststerzeugnisse am dritten und am siebten Lagerungstag für die Stückware sowie am dritten und am 23. Lagerungstag für die Aufschnittware (+7 °C) (n = 3, mit jeweils 15 Messungen). H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

Charge der Standardmortadella (Kontrollcharge) H1 K

Der Helligkeitswert der als Stückware gelagerten Kontrollcharge H1 K fiel von dem dritten ($72,57 \pm 1,23$) auf den siebten ($72,27 \pm 1,18$) Lagerungstag statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) ab, während zwischen dem dritten ($72,43 \pm 1,16$) und dem 23. ($72,80 \pm 1,05$) Lagerungstag der L*-Wert der Aufschnittware statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) zunahm. Die Stückware wies am dritten Lagerungstag ($8,21 \pm 0,51$) eine weniger intensive Rotfärbung als am siebten Lagerungstag ($8,30 \pm 0,45$) auf, die Differenz war statistisch jedoch nicht signifikant ($p > 0,05$). Entgegengesetzt dazu nahm die Intensität der Rotfärbung von dem dritten ($8,18 \pm 0,46$) auf den 23. ($7,32 \pm 0,59$) Lagerungstag der unter modifizierter Atmosphäre gelagerten Brühwurstzeugnisse statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) ab. Im Rahmen der instrumentellen Farbmessung konnte ein geringfügiger und zugleich statistisch nicht signifikanter ($p > 0,05$) Abfall des Gelb-Wertes der Stückware von dem dritten ($12,19 \pm 0,31$) auf den siebten Lagerungstag ($12,09 \pm 0,28$) ermittelt werden. Zwischen dem dritten ($11,95 \pm 0,26$) und den 23. ($12,38 \pm 0,86$) Lagerungstag der Aufschnittware stieg der b*-Wert indessen statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) an.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H1 C1

An den untersuchten Lagerungstagen der ungleichen Convenience-Grade verfügte die fettreduzierte Brühwurstcharge H1 C1 über einen statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) geringeren L*-Wert (zwischen $71,54 \pm 0,41$ und $71,95 \pm 0,66$) sowie über einen statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) höheren a*-Wert (zwischen $7,98 \pm 0,46$ und $8,57 \pm 0,28$) als die Kontrollcharge. Der b*-Wert der Stückware an den untersuchten Lagerungstagen ($12,42 \pm 0,35$ und $12,42 \pm 0,31$) und der Aufschnittware am dritten Lagerungstag ($12,22 \pm 0,29$) war jeweils statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) größer als bei der Charge der Standardmortadella. Die Aufschnittware wies am 23. Lagerungstag ($12,11 \pm 0,32$) einen statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) geringeren Gelb-Wert auf.

Statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Differenzen zwischen den untersuchten Lagerungstagen innerhalb der fettreduzierten Brühwurstcharge H1 C1 lagen für die Helligkeitswerte (Zunahme von $71,74 \pm 0,62$ auf $71,95 \pm 0,66$) und die Rot-Werte (Abnahme von $8,41 \pm 0,23$ auf $7,98 \pm 0,46$) der Aufschnittware vor. Die weiteren Abweichungen der Farbwerte zwischen den untersuchten Lagerungstagen der rezepturmodifizierten Mortadellacharge waren statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Fettreduzierte Brühwurstcharge H1 C2

Sowohl bei der Stück- als auch bei der Aufschnittware verfügten die fettreduzierte Brühwurstcharge H1 C2 im Vergleich zu der Charge der Standardmortadella über eine statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) geringere Helligkeit (zwischen $70,87 \pm 0,41$ und $71,20 \pm 0,52$) und intensivere Rotfärbung (zwischen $8,34 \pm 0,28$ und $8,72 \pm 0,21$). Ebenfalls statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) höher waren die Gelb-Werte für die Stückware an den untersuchten Lagerungstagen ($12,46 \pm 0,34$ und $12,49 \pm 0,35$) und für die Aufschnittware am siebten Lagerungstag ($12,54 \pm 0,37$). Die Differenz des b^* -Wertes zwischen der Aufschnittware und der Kontrollcharge war am 23. Lagerungstag ($12,44 \pm 0,36$) nur geringfügig und statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Die Zunahme der Helligkeit der rezepturmodifizierten Mortadellacharge H1 C2 zwischen dem dritten ($70,87 \pm 0,41$) und dem siebten ($71,20 \pm 0,52$) Lagerungstag der Stückware sowie zwischen dem dritten ($70,89 \pm 0,51$) und dem 23. ($71,15 \pm 0,44$) Lagerungstag der Aufschnittware war statistisch signifikant ($p \leq 0,05$). Zudem lag eine statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Abnahme der Rotfärbung (von $8,52 \pm 0,30$ auf $8,34 \pm 0,28$) zwischen den untersuchten Lagerungstagen der Aufschnittware vor. Die restlichen Farbwerte der fettreduzierten Brühwurstcharge zwischen den untersuchten Lagerungstagen waren statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) unterschiedlich.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H1 C3

Die in der instrumentellen Farbmessung bestimmten Farbwerte der fettreduzierten Brühwurstcharge H1 C3 wiesen allesamt an den untersuchten Lagerungstagen beider Convenience-Grade statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Abweichungen von den Farbwerten der Kontrollcharge auf. Dabei lagen für die Helligkeit (zwischen $70,57 \pm 1,59$ und $71,06 \pm 1,08$) niedrigere Werte vor, während der Rot-Wert (zwischen $8,46 \pm 0,49$ und $8,62 \pm 0,28$) und der Gelb-Wert (zwischen $12,49 \pm 0,26$ und $12,72 \pm 0,51$) höher waren.

Statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Unterschiede der Farbwerte zwischen den untersuchten Lagerungstagen innerhalb der Convenience-Grade der rezepturmodifizierten Brühwurstcharge H1 C3 lagen für die L^* -Werte (von $71,00 \pm 0,86$ auf $70,57 \pm 1,59$) und die b^* -Werte (von $12,49 \pm 0,26$ auf $12,71 \pm 0,33$) der Aufschnittware vor. Die restlichen Differenzen zwischen den untersuchten Lagerungstagen waren statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Fettreduzierte Brühwurstcharge H1 C4

Die fettreduzierte Mortadellacharge H1 C4 besaß gegenüber der Kontrollcharge eine statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) geringere Helligkeit (zwischen $69,28 \pm 0,99$ und $69,47 \pm 0,79$)

sowie eine statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) stärkere Rot- (zwischen $8,15 \pm 0,65$ und $9,02 \pm 0,32$) und Gelbfärbung (zwischen $12,73 \pm 0,44$ und $13,10 \pm 0,38$). Die Abweichungen hatten sowohl bei der Stück- als auch bei der Aufschnittware bestand.

Statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Veränderungen der einzelnen Farbwerte zwischen den untersuchten Lagerungstagen lagen in Form einer Zunahme der L*-Werte der Stückware von dem dritten auf den siebten Lagerungstag (von $69,32 \pm 0,90$ auf $69,47 \pm 0,79$) und der b*-Werte der Aufschnittware von dem dritten auf den 23. Lagerungstag (von $12,73 \pm 0,44$ auf $13,10 \pm 0,38$) vor, während die a*-Werte beider Convenience-Grade (S = von $9,02 \pm 0,32$ auf $8,94 \pm 0,30$; A = von $8,95 \pm 0,44$ auf $8,15 \pm 0,65$) über die Dauer der Lagerung sanken. Die nicht genannten Abweichungen der einzelnen Farbwerte zwischen den untersuchten Lagerungstagen waren statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) unterschiedlich.

4.6.3.1.1 Berechnung des Gesamtfarbabstandes (Δ_{Gesamt})

Der Gesamtfarbabstand (Δ_{Gesamt}) wurde mit der nachstehenden Formel berechnet:

$$\Delta_{\text{Gesamt}} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Die Ergebnisse sind in Säulendiagrammen in der **Abbildung 21** dargestellt. Die Abstandswerte (dimensionslos) der Gesamtfarbe zwischen den untersuchten Lagerungstagen der einzelnen Brühwurstchargen (differenziert nach Convenience-Graden) bzw. zwischen der Kontrollcharge und den fettreduzierten Brühwurstchargen (separat für Lagerungstage und Convenience-Grade) sind auf der Ordinate der Abbildung aufgetragen, während auf der Abszisse die Brühwurstchargen dargestellt sind. Die Einzelwerte der Abbildung können der **Tabelle 31** sowie **32** entnommen werden.

Wie in der **Abbildung 21** zu erkennen ist, lag von den Farbabständen zwischen den untersuchten Lagerungstagen einzig der Farbabstand zwischen dem dritten und dem 23. Lagerungstagen der unter Schutzgasatmosphäre gelagerten Charge der Standardmortadella, mit einem Δ_{Gesamt} von 1,03, im sensorisch wahrnehmbaren Bereich ($\Delta_{\text{Gesamt}} > 1,0$).

Bei der Betrachtung der Ergebnisse für die Farbabstände zwischen den rezepturmodifizierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge ist zu erkennen, dass mit Ausnahme des Farbabstandes zwischen der Kontrollcharge und der fettreduzierten Brühwurstcharge H1 C1 am siebten Lagerungstag der Stückware (0,70) sowie am dritten Lagerungstag der Aufschnittware (0,78) alle Farbabstände zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge in einem sensorisch wahrnehmbaren Bereich von $\Delta_{\text{Gesamt}} > 1,0$ lagen.

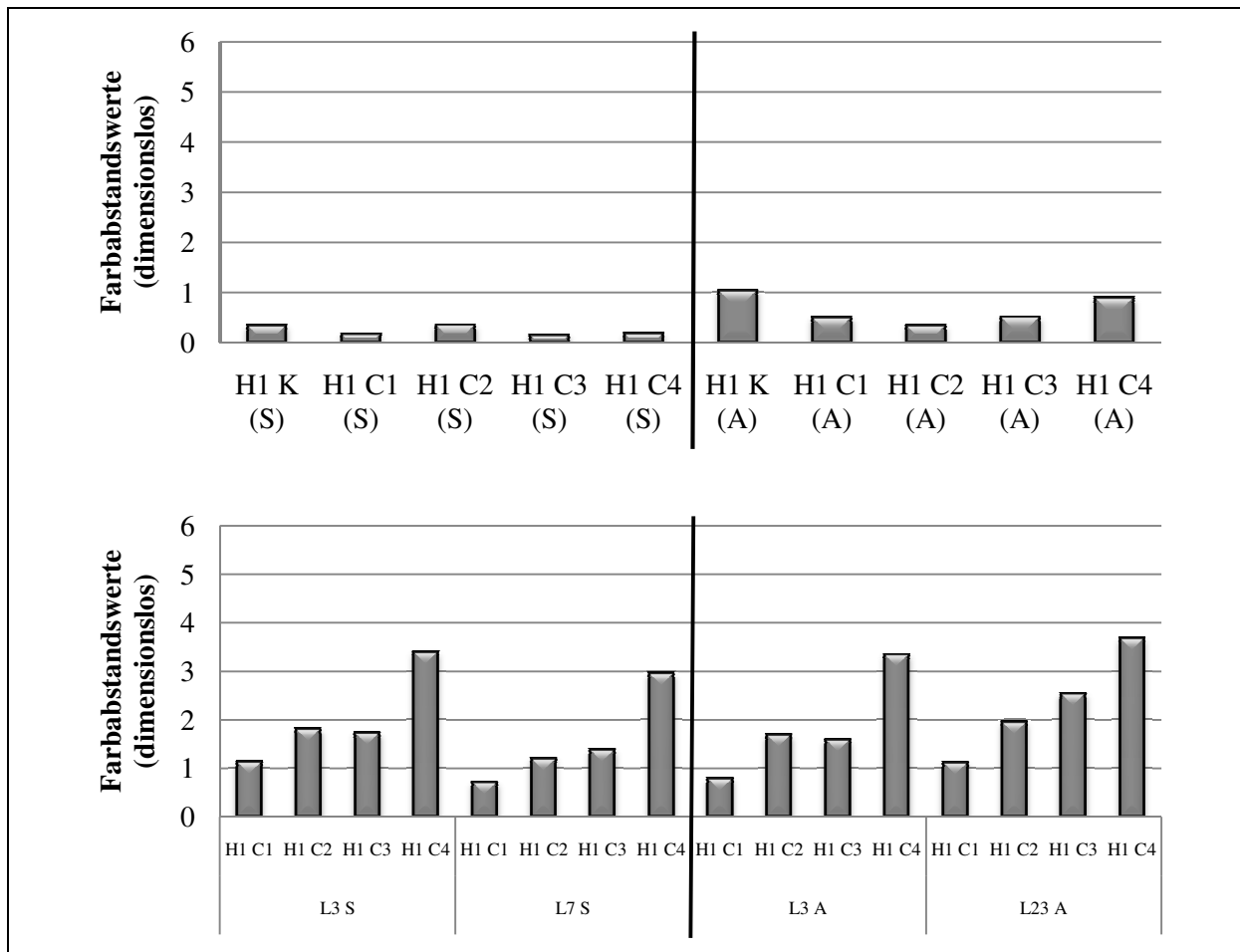


Abbildung 21: Farbabstände (Δ Gesamt) zwischen den untersuchten Lagerungstagen innerhalb der Brühwurstchargen (oben) sowie Farbabstände (Δ Gesamt) zwischen den rezepturmodifizierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge (unten) (jeweils $n = 3$). H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

4.6.3.2 Diskussion

Die fettreduzierten Brühwurstchargen tendierten im Vergleich zu der Charge der Standardmortadella zu einer statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) dunkleren Farbe und intensiveren Rotfärbung (siehe **Tab. 30**). Ähnliche Versuchsergebnisse wurden in zahlreichen Untersuchungen anderer Autoren an fettreduzierten Brühwurstherzeugnissen erzielt (REAGAN et al. 1983; HAND et al. 1987; MARQUEZ et al. 1989; AHMED et al. 1990; KEETON 1994; MITTAL und BARBUT 1994; CARBALLO et al. 1995; COLMENERO 1996; PANERAS et al. 1996; GRIGELMO-MIGUEL et al. 1999; NOWAK et al. 2007).

Die Farbveränderungen der fettreduzierten Mortadellchargen gegenüber der Kontrollcharge wurden durch die verschiedenen Rezepturmodifikationen bedingt (siehe **Tab. 8**). Durch die Reduktion des Fettgehaltes, die Erhöhung der Schüttwassermenge und der Verarbeitung des Fettaustauschstoffes Simplese[®] 100 kam dem im Magerfleischanteil befindlichen Muskel-farbstoff Myoglobin ein gewichtiger Anteil an der Ausbildung der Farbe der rezepturmodifizierten Mortadellprodukte zu. So wurde die effektive Konzentration des Myoglobins erhöht,

weshalb die Mortadellprodukte in der Folge eine dunklere Farbe und eine intensivere Rotfärbung aufwiesen. Die Menge an Simplese[®] 100 und die verarbeitete Schüttwassermenge wiesen jeweils einen sehr hohen gegenläufigen Zusammenhang ($r = -0,953$) mit dem L*-Wert, eine mittlere Korrelation ($r = 0,651$) mit dem a*-Wert und eine hohe Korrelation ($r = 0,887$) mit dem b*-Wert der Mortadellchargen der ersten Hauptversuchsreihe auf. Der Fettgehalt der Brühwusterzeugnisse besaß eine sehr hohe Korrelation ($r = 0,954$) mit dem Helligkeitswert, einen mittleren gegenläufigen Zusammenhang ($r = -0,641$) mit dem Rot-Wert und einen hohen gegenläufigen Zusammenhang ($r = -0,889$) mit dem Gelb-Wert.

Die Gesamtfarbabstände (Δ Gesamt) zwischen den rezepturmodifizierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge betragen größtenteils mehr als $\Delta 1$ und stiegen mit einem zunehmenden Fettaustausch tendenziell an (**siehe Tab. 31 - 32**). Infolgedessen waren die Farbabstände für das menschliche Auge erkennbar.

Zudem konnten über die Lagerungsdauer eine Reihe statistisch signifikanter Veränderungen ($p \leq 0,05$) der Helligkeits- und Farbwerte der Brühwurstchargen ermittelt werden (**siehe Tab. 31**). Diese Veränderungen gingen zumeist mit einer Zunahme der Helligkeit und einer Abnahme der Intensität des Rot-Wertes der Mortadellprodukte einher. Allerdings waren die instrumentell ermittelten Gesamtfarbabstände (Δ Gesamt) zwischen den untersuchten Lagerungstagen nur geringfügig und lagen mit Ausnahme der Differenz zwischen dem dritten und dem 23. Lagerungstag der Kontrollcharge in einem Bereich, der für das menschliche Auge nicht wahrnehmbar war ($< \Delta 1$) (**siehe Abb. 21**). Die Korrelationsberechnungen ergaben, dass der Sauerstoffgehalt im Kopfraum der Verpackungen sowie die aerobe mesophile Gesamtkeimzahl eine sehr geringe oder geringe Korrelation bzw. einen sehr geringen oder geringen gegenläufigen Zusammenhang mit den L*a*b*-Werte aller Brühwurstchargen dieser Hauptversuchsreihe aufwiesen. Dennoch lassen sich die Farbveränderungen zwischen dem dritten und dem 23. Lagerungstag der Aufschnittware der Mortadellcharge H1 K vermutlich auf den Kontakt der Brühwurstoberfläche mit Sauerstoff zurückführen (THIPPAREDDI UND PHEBUS 2003), da ein Anstieg des Sauerstoffgehaltes im Kopfraum der MAP-Verpackungen über die Dauer der Lagerung zu vernehmen war (**siehe Tab. 35**). In Einzelfällen könnte auch ein mikrobiologischer Wachstum Grund für die Farbveränderungen gewesen sein, da neben dem Einfluss von Sauerstoff auch Mikroorganismen an den Farbveränderungen von Brühwusterzeugnissen beteiligt sein können (KRÄMER 2002; WEBER 2003a; HONIKEL 2007).

4.6.4 Physikalische Untersuchung

4.6.4.1 Ergebnisse

In der **Abbildung 22** sind die Ergebnisse der physikalischen Untersuchung (Bestimmung des pH- und a_w -Wertes) der einzelnen Brühwurstchargen der ersten Hauptversuchsreihe in zwei Säulendiagrammen illustriert ($n = 3$, jeweils Doppelbestimmung). Auf der Abszisse sind die Brühwurstchargen (K = Kontrollcharge; C = fettreduzierte Brühwurstcharge), die Lagerungstage (3; 7; 23) und die Convenience-Grade (S = Stückware; A = Aufschnittware) angegeben, während auf der Ordinate der jeweilige Untersuchungsparameter aufgetragen ist. Die Säulen symbolisieren die Mittelwerte der Messdaten für die einzelnen Chargen, unterteilt in Convenience-Grad und Lagerungstag.

Darüber hinaus kann der Abbildung die Standardabweichung der einzelnen Mittelwerte entnommen werden. Die statistisch signifikanten Unterschiede ($p \leq 0,05$) zwischen den untersuchten Lagerungstagen drei (L3 S) und sieben (L7 S) sowie drei (L3 A) und 23 (L23 A) innerhalb einer Brühwurstcharge und eines Convenience-Grades wurden mit einem Sternchen (*) gekennzeichnet. Die Unterschiede zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge wurden, gesondert für die Lagerungstage (3; 7; 23) und die Convenience-Grade (S; A), statistisch auf Signifikanz überprüft. Die rezepturmodifizierten Brühwurstchargen, die den gleichen hochgestellten Buchstaben wie die Kontrollcharge (H1 K L3 S = hochgestelltes a, H1 K L7 S = hochgestelltes b, H1 K L3 A = hochgestelltes C und H1 K L23 A = hochgestelltes D) aufweisen, sind statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) von dieser unterschiedlich.

Die in der **Abbildung 22** dargestellten Ergebnisse mit den jeweiligen Standardabweichungen sind der **Tabelle 30** zu entnehmen, während die Werte für die statistischen Signifikanzen den **Tabellen 50** und **51** zu entnehmen sind.

Charge der Standardmortadella (Kontrollcharge) H1 K

Sowohl die Stückware (pH $6,4 \pm 0,05$) als auch die Aufschnittware (pH $6,3 \pm 0,09$ bzw. pH $6,3 \pm 0,10$) der Kontrollcharge wiesen an den untersuchten Lagerungstagen keine Veränderungen des pH-Wertes auf. Der a_w -Wert der als Stückware gelagerten Produkte der Charge der Standardmortadella lag am dritten Lagerungstag bei $0,98 \pm 0,0031$ und fiel bis zum siebten Lagerungstag minimal und statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) auf $0,97 \pm 0,0042$ ab. Währenddessen besaß der a_w -Wert am dritten und am 23. Lagerungstag der Aufschnittware einen identischen Wert von $0,98 \pm 0,0055$ bzw. $0,98 \pm 0,0024$.

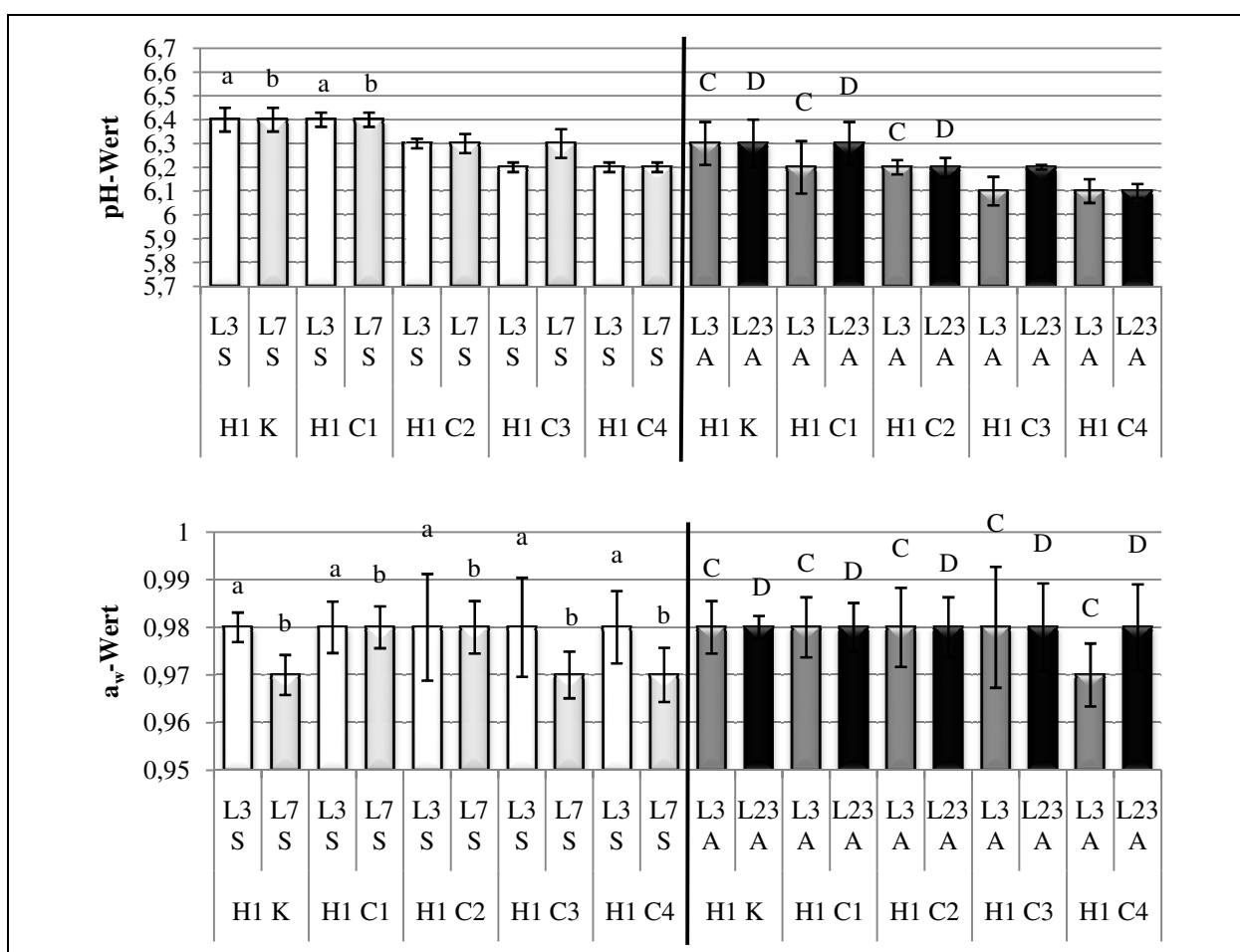


Abbildung 22: pH- und a_w-Werte der Brühwurstherzeugnisse am dritten und am siebten Lagerungstag für die Stückware sowie am dritten und am 23. Lagerungstag für die Aufschnittware (+7°C) (n = 3, jeweils Doppelbestimmung). H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H1 C1

Unabhängig von dem Convenience-Grad existierten zwischen der fettreduzierten Brühwurstcharge H1 C1 und der Charge der Standardmortadella keine oder nur geringfügige und statistisch nicht signifikante ($p > 0,05$) Unterschiede im pH- und a_w-Wert.

Zudem konnten keine statistisch signifikanten ($p > 0,05$) Abweichungen der physikalischen Untersuchungsparameter zwischen den untersuchten Lagerungstagen des jeweiligen Convenience-Grades ermittelt werden.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H1 C2

Die rezepturmodifizierte Brühwurstcharge H1 C2 wies gegenüber der Kontrollcharge an den untersuchten Lagerungstagen der Stückware (pH $6,3 \pm 0,02$ bzw. pH $6,3 \pm 0,04$) einen statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) geringfügigeren pH-Wert auf, während der verminderte pH-Wert an den untersuchten Lagerungstagen der Aufschnittware (pH $6,2 \pm 0,02$ bzw. pH $6,2 \pm 0,04$) gegenüber der Kontrollcharge statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) war. Zwischen dem a_w-

Wert der fettreduzierten Mortadellacharge H1 C2 und der Charge der Standardmortadella lagen keine statistisch signifikanten ($p > 0,05$) Differenzen vor.

Es konnten keine statistisch signifikanten ($p > 0,05$) Veränderungen in Bezug auf die Entwicklung der pH- und a_w -Werte zwischen den untersuchten Lagerungstagen beider Convenience-Grade der fettreduzierten Brühwurstcharge H1 C2 festgestellt werden.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H1 C3

Für die fettreduzierte Brühwurstcharge H1 C3 konnten gegenüber der Charge der Standardmortadella, sowohl bei der Stück- als auch bei der Aufschnittware, statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) niedrigere pH-Werte an den Lagerungstagen drei ($\text{pH } 6,2 \pm 0,02$) und sieben ($\text{pH } 6,3 \pm 0,06$) der Stückware sowie an den Lagerungstagen drei ($\text{pH } 6,1 \pm 0,06$) und 23 ($\text{pH } 6,2 \pm 0,01$) der Aufschnittware ermittelt werden. Die a_w -Werte der rezepturmodifizierten Mortadellacharge H1 C3 waren hingegen statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) unterschiedlich zu den a_w -Werten der Kontrollcharge.

Die Abweichungen der pH- und a_w -Werte zwischen den untersuchten Lagerungstagen beider Convenience-Grade der fettreduzierten Brühwurstcharge H1 C3 waren statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Fettreduzierte Brühwurstcharge H1 C4

An den untersuchten Lagerungstagen der ungleichen Convenience-Grade verfügte die fettreduzierte Brühwurstcharge H1 C4 über einen statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) niedrigeren pH-Wert als die Charge der Standardmortadella. Dieser lag an den untersuchten Lagerungstagen der Stückware bei jeweils $\text{pH } 6,2 \pm 0,02$ sowie für die Aufschnittware am dritten Lagerungstag bei $\text{pH } 6,1 \pm 0,05$ und am 23. Lagerungstag bei $\text{pH } 6,1 \pm 0,03$. Unterdessen waren die a_w -Wert-Unterschiede zwischen der fettreduzierten Mortadellacharge und der Charge der Standardmortadella statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Zwischen den untersuchten Lagerungstagen beider Convenience-Grade der fettreduzierten Brühwurstcharge H1 C4 konnten keine statistisch signifikanten ($p > 0,05$) Entwicklungen des pH- und a_w -Wertes festgehalten werden.

4.6.4.2 Diskussion

Die pH-Werte aller Brühwursterzeugnisse der ersten Hauptversuchsreihe bewegten sich in einem Bereich von pH 6,1 bis pH 6,4 (**siehe Tab. 30**). Ähnliche pH-Werte wurden auch in anderen Untersuchungen an Brühwursterzeugnissen ermittelt (BABEL 2001; YOO et al. 2005; NOWAK et al. 2007). Die fettreduzierten Mortadellachargen wiesen gegenüber der Kontrollcharge teilweise statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) geringere pH-Werte auf. Dabei

nahm der pH-Wert tendenziell umso stärker ab, je größer der Fettaustausch im Lebensmittel war. Der geringere pH-Wert kann auf die einzelnen Rezepturmodifikationen zurückgeführt werden, da die am Fettaustausch beteiligten Bestandteile unterschiedliche pH-Werte aufwiesen. Während der Rückenspeck vom Schwein einen pH-Wert von etwa pH 7,1 besaß (PANERAS et al. 1996), lag der pH-Wert von Simplese[®] 100 zwischen pH 6,0 und pH 6,5 (LIESKE und KONRAD 1993). Demzufolge stand ein Fettaustausch mit Simplese[®] 100 in Verbindung mit einer pH-Wert-Reduktion des Produktes. Dies belegen auch die Ergebnisse aus den Korrelationsberechnungen, denen zufolge zwischen dem pH-Wert und dem Gehalt an Simplese[®] 100 ein hoher gegenläufiger Zusammenhang ($r = -0,761$) vorlag, während die Korrelation zwischen der verarbeiteten Menge an Fettgewebe und dem pH-Wert hoch war ($r = 0,764$). YOO et al. (2005) konnten im Rahmen ihrer Untersuchungen an Wursterzeugnissen ebenfalls einen Zusammenhang zwischen einem minimal geringeren pH-Wert und der Verarbeitung einer kleineren Fettmenge ausmachen.

Über die Lagerungsdauer konnten hingegen keine statistisch signifikanten ($p > 0,05$) Abweichungen des pH-Wertes ermittelt werden. Bei Betrachtung der **Tabelle 30** wird deutlich, dass der pH-Wert-Bereich der Aufschnittware zwischen pH 6,1 und pH 6,3 lag, während sich die pH-Werte der Stückware zwischen pH 6,2 und pH 6,4 bewegten. Die niedrigeren pH-Werte der Aufschnittware waren durch die Löslichkeit des Kohlendioxidanteils (30 %) des im Kopfraum der MAP-Verpackungen befindlichen Gasgemisches begründet (EKLUND und JARMUND 1983; FARBER 1990).

Statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Auswirkungen der einzelnen Rezepturmodifikationen auf den a_w -Wert der fettreduzierten Brühwurstzeugnisse konnten nicht ermittelt werden. Auch die Dauer der Lagerung hatte bei beiden Convenience-Graden keinen statistisch signifikanten ($p > 0,05$) Einfluss auf die Wasseraktivität der Produkte (**siehe Tab. 30**).

4.6.5 Chemische Analyse

Die chemische Analytik wurde einmalig und ausschließlich für die Stückware der Brühwurstchargen im Lagerungszeitraum von sieben Tagen durchgeführt, da keine nennenswerten Veränderungen der chemischen Zusammensetzung über die Lagerungsdauer bzw. zwischen den unterschiedlichen Convenience-Graden zu erwarten waren.

4.6.5.1 Chemische Vollanalyse

4.6.5.1.1 Ergebnisse

In der **Abbildung 23** sind die Ergebnisse der chemischen Vollanalyse für die fettreduzierten Brühwurstchargen der ersten Hauptversuchsreihe in Kreisdiagrammen abgebildet (n = 3, jeweils Doppelbestimmung).

Die dargestellten Werte geben die chemische Zusammensetzung der jeweiligen Brühwurstcharge in Prozent wieder. Die Analysensumme setzt sich aus den Einzelsummen der Komponenten zusammen und ist der **Tabelle 33** zu entnehmen.

Die Standardabweichungen und die statistischen Signifikanzen der in **Abbildung 23** angegebenen Werte sind in der **Tabellen 33** darstellt, wobei die exakten Werte für die statistischen Signifikanzen der **Tabellen 51** zu entnehmen sind.

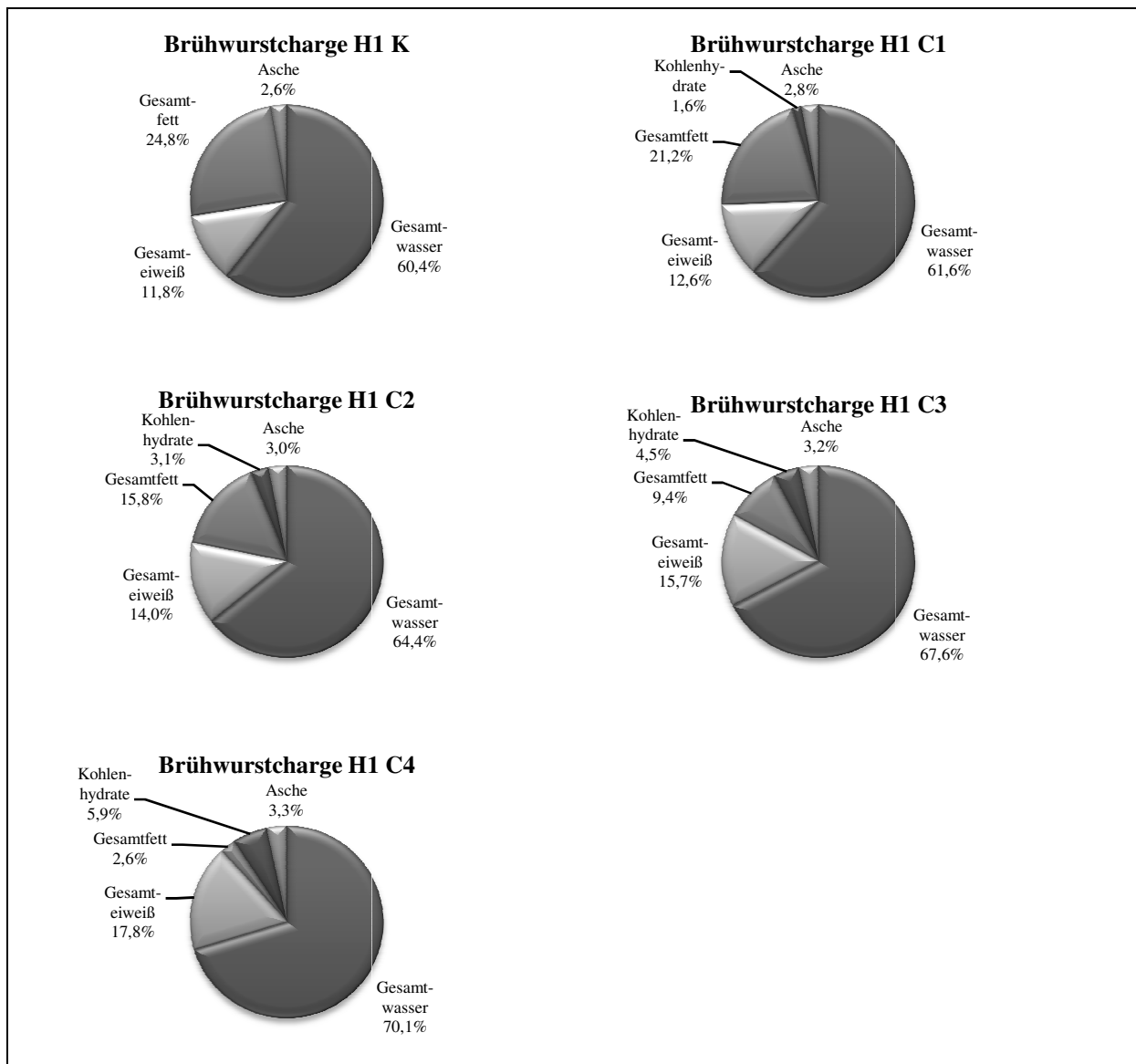


Abbildung 23: Chemische Zusammensetzung (%) der einzelnen Brühwurstchargen. Ergebnisse der chemischen Vollanalyse (n = 3, mit Doppelbestimmung). H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge.

Charge der Standardmortadella (Kontrollcharge) H1 K

Die chemische Vollanalyse der Charge der Standardmortadella H1 K ergab eine Analysensumme von 99,6 %. Diese setzte sich aus $60,4 \pm 1,10$ % Gesamtwasser, $11,8 \pm 0,42$ % Gesamteiweiß, $24,8 \pm 1,67$ % Gesamtfett und $2,6 \pm 0,06$ % Asche zusammen. Aufgrund der nicht erfolgten Zugabe des Fettaustauschstoffes Simplese[®] 100 wurde die Analysensumme der Kontrollcharge mit einem Gehalt an Kohlenhydraten von 0 % berechnet.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H1 C1

Verglichen mit der Kontrollcharge wies die fettreduzierte Brühwurstcharge H1 C1 einen höheren Gehalt an Gesamtwasser ($61,6 \pm 0,78$ %), Gesamteiweiß ($12,6 \pm 0,46$ %), Kohlenhydraten (1,6 %) und Asche ($2,8 \pm 0,06$ %) auf, während der Fettgehalt mit $21,2 \pm 0,46$ % niedriger war. Dabei waren die Differenzen zwischen dem Gesamtwasser und dem Gesamteiweiß der fettreduzierten Brühwurstcharge H1 C1 und der Kontrollcharge statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) unterschiedlich, während die Unterschiede zwischen den beiden genannten Mortadellachargen in Bezug auf den Gesamtfettgehalt und den Aschegehalt statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) waren. Die Differenz zwischen der Kohlenhydratmenge wurde rechnerisch aus der Zugabemenge an Simplese[®] 100 bestimmt, weshalb keine Berechnung der statistischen Signifikanz erfolgte. Aus den genannten Werten ergab sich eine Analysensumme für die fettreduzierte Brühwurstcharge H1 C1 von 99,8 %.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H1 C2

Mit Ausnahme eines statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) geringeren Gesamtfettgehaltes ($15,8 \pm 0,35$ %) waren alle anderen Komponenten, die im Rahmen der chemischen Vollanalyse der fettreduzierten Brühwurstcharge H1 C2 zu der Analysensumme von 100,3 % beitrugen, im Vergleich zu der Charge der Standardmortadella als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) höher zu beurteilen (Gesamtwasser = $64,4 \pm 0,29$ %; Gesamteiweiß = $14,0 \pm 0,61$ %; Asche = $3,0 \pm 0,06$ %). Der aus der Zugabemenge des Fettaustauschstoffes Simplese[®] 100 errechnete Kohlenhydratgehalt der Brühwurstzeugnisse betrug 3,1 %.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H1 C3

Die rezepturmodifizierte Mortadellacharge H1 C3 wies gegenüber der Kontrollcharge einen statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) höheren Gehalt an Gesamtwasser ($67,6 \pm 0,21$ %), Gesamteiweiß ($15,7 \pm 0,35$ %) und Asche ($3,2 \pm 0,10$ %) auf. Dagegen konnte ein statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) geringerer Gesamtfettgehalt ($9,4 \pm 0,71$) ermittelt werden. Aus diesen Summen und dem aus der Zugabemenge des Fettaustauschstoffes Simplese[®] 100 rechnerisch be-

stimmten Kohlenhydratgehalt (4,5 %) ergab sich eine Analysensumme für die fettreduzierte Brühwurstcharge H1 C3 von 100,4 %.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H1 C4

Der Gesamtfettgehalt der rezepturmodifizierten Mortadellacharge H1 C4 wies gegenüber dem Gesamtfettgehalt der Kontrollcharge einen statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) niedrigeren Wert auf ($2,6 \pm 0,21$ %). Statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) höhere Werte lagen für den Gehalt an Gesamtwasser ($70,1 \pm 0,57$ %), Gesamteiweiß ($17,8 \pm 0,12$ %) und Asche ($3,3 \pm 0,15$ %) der fettreduzierten Brühwurstcharge H1 C4 gegenüber der Charge der Standardmortadella vor. Hieraus und aus dem Anteil des über die Zugabemenge des verarbeiteten Fettaustauschstoffes rechnerisch bestimmten Gehalt an Kohlenhydraten (5,9 %) ergab sich eine Analysensumme von 99,7 % für die fettreduzierte Brühwurstcharge H1 C4.

4.6.5.1.2 Diskussion

Mit den diversen Rezepturmodifikationen (**siehe Tab. 8**) gingen Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung der fettreduzierten Brühwurstherzeugnisse gegenüber der Kontrollcharge einher (**siehe Tab 33**).

Infolge einer Erhöhung der Schüttwassermenge konnte für die rezepturmodifizierten Brühwurstchargen eine überwiegend statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Zunahme der Gesamtwassermenge gegenüber der Charge der Standardmortadella analysiert werden. Dabei lagen die Gesamtwassermengen (61,6 % - 70,1 %) der fettreduzierten Brühwurstherzeugnisse über dem Wassergehalt, der für konventionell produzierte Brühwurstherzeugnisse (Fettgehalt > 20 %) in der Literatur mit 40 bis 60 % angegeben wird (CLAUS et al. 1989; CLAUS et al. 1990; MITTAL und BARBUT 1994; COLMENERO et al. 1997; NOVELLI et al. 1998; BABEL 2001; CÁCERES et al. 2004; NOWAK et al. 2007). Für fettreduzierte Brühwurstherzeugnisse ist eine Gesamtwassermenge in der ermittelten Höhe jedoch nicht ungewöhnlich (CLAUS et al. 1989; SOLHEIM 1992; COLMENERO et al. 1997). Die Verarbeitung von Simplese® 100 führte zu einem statistisch signifikanten ($p \leq 0,05$) Anstieg des Gesamteiweiß-, Kohlenhydrat- und Aschegehaltes der rezepturmodifizierten Mortadellachargen, da der Fettaustauschstoff nach Herstellerangaben unter anderem aus 53 % Eiweiß und 36 % Laktose besteht (CP KELCO 2006) und einen Aschegehalt von 5,4 – 5,5 % aufweist (LIESKE und KONRAD 1993; CLARK 1998). Demzufolge war der Gehalt an Gesamteiweiß (12,6 % - 17,8 %) der rezepturmodifizierten Mortadellachargen teilweise höher als der Gesamteiweißgehalt der meisten konventionellen oder fettreduzierten Brühwurstherzeugnisse (etwa 10 - 15 %) (CLAUS et al. 1989; CLAUS et al. 1990; SOLHEIM 1992; MITTAL und BARBUT 1994; COLMENERO

et al. 1997; BABEL 2001; CÁCERES et al. 2004; HONIKEL 2005; NOWAK et al. 2007). Der Kohlenhydratgehalt der einzelnen Brühwurstchargen dieser Arbeit wurde rechnerisch aus der Zugabemenge an Simplex[®] 100 bestimmt und lag mit Werten zwischen 1,6 % und 5,9 % über den Mengen, die natürlicherweise in Fleisch und Fleischerzeugnissen auftreten (etwa 0,2 %) (SEUß-BAUM 2007). Der Aschegehalt (2,6 % – 3,3 %) bewegte sich in Bereichen, die für Brühwurstzeugnisse üblich sind (MITTAL und BARBUT 1994; COLMENERO 1997; NOVELLI 1998). Die Menge an Gesamtfett war aufgrund des Fettaustausches in den rezepturmodifizierten Mortadellaerzeugnissen gegenüber der Kontrollcharge deutlich und statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) reduziert (21,2 % - 2,6 %). Damit lagen die fettreduzierten Brühwurstchargen zum Teil deutlich unter den Werten des Fettgehaltes, den Brühwurstzeugnisse üblicherweise aufweisen (20 – 30 %) (CLAUS et al. 1989; CLAUS et al. 1990; MITTAL und BARBUT 1994; COLMENERO et al. 1997; NOVELLI et al. 1998; BABEL 2001; CÁCERES et al. 2004; HONIKEL 2005; NOWAK et al. 2007).

4.6.5.2 Weitere Ergebnisse der chemischen Analyse

In der **Tabelle 34** sind die weiteren Ergebnisse der chemischen Analyse der einzelnen Brühwurstchargen der ersten Hauptversuchsreihe dargestellt. Diese umfassen die Werte für die Trockensubstanz, das Hydroxyprolin, die Nichtprotein-Stickstoffsubstanz, das organische Nichtfett, das Fleischeiweiß, das Bindegewebeiseiweiß, das bindegewebeiseiweißfreie Fleischeiweiß, das bindegewebeiseiweißfreie Fleischeiweiß im Fleischeiweiß, das Eigen- und Fremdwasser sowie für das Fremdeiweiß ($n = 3$, jeweils Doppelbestimmung).

Im Folgenden werden die ermittelten Werte für das bindegewebeiseiweißfreie Fleischeiweiß und das bindegewebeiseiweißfreie Fleischeiweiß im Fleischeiweiß dargestellt.

Charge der Standardmortadella (Kontrollcharge) H1 K

Im Rahmen der chemischen Analytik der ersten Hauptversuchsreihe wurden für die Charge der Standardmortadella H1 K rechnerisch ein Gehalt an bindegewebeiseiweißfreiem Fleischeiweiß von 9,2 % und an bindegewebeiseiweißfreiem Fleischeiweiß im Fleischeiweiß von 83,6 % ermittelt.

Fettreduzierte Brühwurstchargen der ersten Hauptversuchsreihe (H1 C1 – H1 C4)

Das bindegewebeiseiweißfreie Fleischeiweiß und das bindegewebeiseiweißfreie Fleischeiweiß im Fleischeiweiß der fettreduzierten Brühwurstchargen H1 C1 – H1 C4 zeigten veränderte Werte gegenüber der Kontrollcharge H1 K auf. Dabei betrug die Menge an bindegewebeiseiweißfreiem Fleischeiweiß aller rezepturmodifizierten Brühwurstchargen weniger als 8 % (zwischen 6,8 % und 7,8 %), währenddessen die Werte für das bindegewebeiseiweißfreie Fleisch-

eiweiß im Fleischeiweiß mehr als 75 % aufwiesen (zwischen 84,8 % und 87,5 %) (siehe **Tab. 34**). Die lebensmittelrechtlichen Konsequenzen, die sich aus diesen Werten ergeben, sind dem **Kapitel 4.6.9** zu entnehmen.

4.6.6 Berechnung des Energiegehaltes

4.6.6.1 Ergebnisse

In der **Abbildung 24** werden der Energiegehalt sowie die Reduktion des Energie- und Fettgehaltes der Brühwurstchargen der ersten Hauptversuchsreihe in einem Liniendiagramm dargestellt. Die einzelnen Berechnungen basieren dabei auf den Ergebnissen der chemischen Vollanalyse ($n = 3$, jeweils Doppelbestimmung). Die Werte für die Energie- und Fettreduktion der einzelnen fettreduzierten Brühwurstchargen beziehen sich auf den Energiewert (271 kcal/100 g) und den Gesamtfettgehalt ($24,8 \pm 1,67$ %) der Charge der Standardmortadella H1 K.

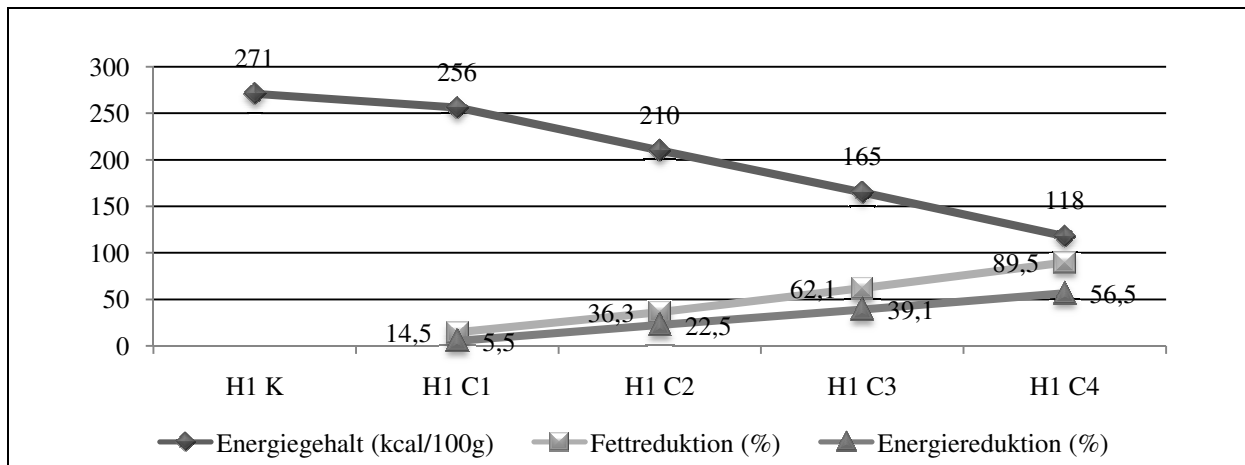


Abbildung 24: Energiegehalt (kcal/100 g) sowie Fett- und Energiereduktion (%) der einzelnen Brühwurstchargen. H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; kcal = Kilokalorien.

Fettreduzierte Brühwurstchargen der ersten Hauptversuchsreihe (H1 C1 – H1 C4)

Der Energiegehalt der fettreduzierten Brühwurstchargen nahm tendenziell von der Mortadellcharge H1 C1 (256 kcal/100 g) bis hin zur Brühwurstcharge H1 C4 (118 kcal/100 g) ab. Demzufolge nahm die Energiereduktion von der rezepturmodifizierten Mortadellcharge H1 C1 (5,5 %) bis zur Brühwurstcharge H1 C4 (56,5 %) gegenüber der Charge der Standardmortadella zu. Ebenfalls stieg die Reduktion des Fettgehaltes zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen H1 C1 und H1 C4 (von 14,5 % bis 89,5 %) gegenüber der Kontrollcharge an.

4.6.6.2 Diskussion

Je geringer der Fettgehalt der rezepturmodifizierten Mortadellchargen war, desto kleiner war deren Energiewert und umso größer war die Energiereduktion gegenüber der Kontrollcharge (siehe Tab. 33). Die fettreduzierten Brühwurstchargen der ersten Hauptversuchsreihe wiesen gegenüber der Charge der Standardmortadella Energiereduktionen von 5,5 bis 56,5 % auf, wobei die rezepturmodifizierte Mortadellcharge H1 C4 mit 56,5 % die größte Energiereduktion besaß. Zudem wies die fettreduzierte Brühwurstcharge H1 C4 mit 89,5 % die größte Fettreduktion gegenüber der Kontrollcharge und mit 118 kcal/100g die geringste Energiemenge auf. Allerdings konnte bei einer sensorisch akzeptablen Qualität nur eine Energiereduktion von maximal 22,5 % erzielt werden.

Die Reduktionen des Fett- und des Energiegehaltes kamen durch den Austausch des tierischen Fettgewebes mit Simplese® 100 und einer erhöhten Fremdwassermenge zustande. Simplese® 100 stellt zwar kein akalorisches Produkt dar, weist aber mit 3,8 kcal/g einen deutlich geringeren physiologischen Energiegehalt als Fett auf (LUCCA und TEPPER 1994). Mit der Verarbeitung einer erhöhten Fremdwassermenge im direkten Austausch gegen das Fettgewebe, konnte eine weitere Reduktion des Energiegehaltes erzielt werden, da das Wasser keinen Beitrag zum Energiebetrag leistete.

4.6.7 Mikrobiologische Untersuchung

4.6.7.1 Ergebnisse

In **Abbildung 25** werden die Ergebnisse der Bestimmung der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl der ersten Hauptversuchsreihe dargestellt ($n = 3$, jeweils Doppelbestimmung). Auf der Abszisse sind die Brühwurstchargen (K = Kontrollcharge; C = fettreduzierte Brühwurstcharge), die Lagerungstage (3; 7; 23) und die Convenience-Grade (S = Stückware; A = Aufschnittware) angegeben, während auf der Ordinate der Logarithmus (lg) der koloniebildenden Einheiten pro Gramm (KbE/g) der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl aufgetragen ist. Die Säulen symbolisieren die Mittelwerte der Messdaten der einzelnen Brühwurstchargen, unterteilt in Convenience-Grad und Lagerungstag.

Darüber hinaus kann der Abbildung die Standardabweichung der einzelnen Mittelwerte entnommen werden. Die statistisch signifikanten Unterschiede ($p \leq 0,05$) zwischen den untersuchten Lagerungstagen drei (L3 S) und sieben (L7 S) sowie drei (L3 A) und 23 (L23 A) innerhalb einer Brühwurstcharge und eines Convenience-Grades wurden mit einem Sternchen (*) gekennzeichnet. Die Unterschiede zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge wurden, gesondert für die Lagerungstage (3; 7; 23) und die Convenience-Grade (S; A), statistisch auf Signifikanz überprüft. Die rezepturmodifizierten Brühwurstchar-

gen, die den gleichen hochgestellten Buchstaben wie die Kontrollcharge (H1 K L3 S = hochgestelltes a, H1 K L7 S = hochgestelltes b, H1 K L3 A = hochgestelltes C und H1 K L23 A = hochgestelltes D) aufweisen, sind statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) von dieser unterschiedlich.

Die in der **Abbildung 25** dargestellten Ergebnisse mit den jeweiligen Standardabweichungen sind der **Tabelle 35** zu entnehmen, während die Werte für die statistischen Signifikanzen den **Tabellen 50** und **51** zu entnehmen sind.

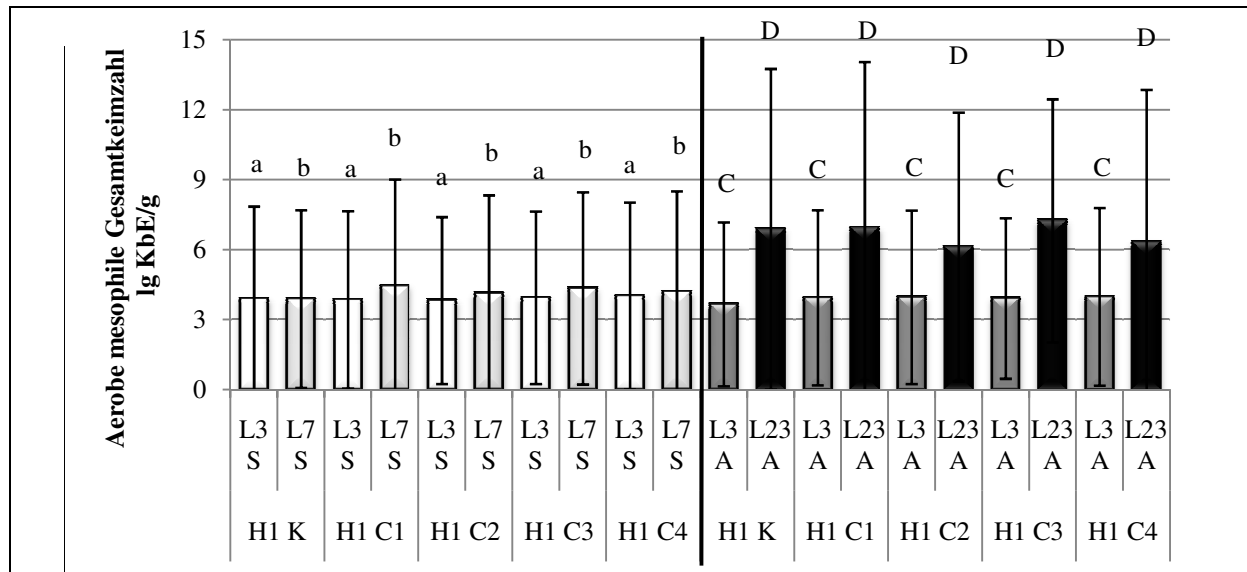


Abbildung 25: Aerobe mesophile Gesamtkeimzahl der Brühwurstserzeugnisse am dritten und am siebten Lagerungstag der Stückware sowie am dritten und am 23. Lagerungstag der Aufschnittware (+7°C) ($n = 3$, jeweils Doppelbestimmung). KbE/g = Kolonie bildende Einheiten pro Gramm; H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

Charge der Standardmortadella (Kontrollcharge) H1 K

Im Rahmen der mikrobiologischen Untersuchung der Kontrollcharge konnte eine aerobe mesophile Gesamtkeimzahl von $7,8 \cdot 10^3 \pm 9,0 \cdot 10^3$ KbE/g ($3,89 \pm 3,95$ lg KbE/g) am dritten Lagerungstag und von $7,5 \cdot 10^3 \pm 6,5 \cdot 10^3$ KbE/g ($3,87 \pm 3,81$ lg KbE/g) am siebten Lagerungstag der Stückware sowie von $4,4 \cdot 10^3 \pm 3,3 \cdot 10^4$ KbE/g ($3,65 \pm 3,51$ lg KbE/g) am dritten Lagerungstag und von $7,4 \cdot 10^6 \pm 7,5 \cdot 10^6$ KbE/g ($6,87 \pm 6,87$ lg KbE/g) am 23. Lagerungstag der Aufschnittware nachgewiesen werden. Die Unterschiede in der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl zwischen den untersuchten Lagerungstagen innerhalb der beiden Convenience-Grade waren statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Neben der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl konnte für die Aufschnittware am 23. Lagerungstag $1,4 \cdot 10^2 \pm 2,4 \cdot 10^2$ KbE/g an aerob wachsenden Milchsäurebakterien nachgewiesen werden.

Sowohl am dritten und am siebten Lagerungstag der Stückware als auch am dritten Lagerungstag für die unter modifizierter Atmosphäre gelagerten Produkte konnten keine koloniebildenden Einheiten an aerob wachsenden Milchsäurebakterien nachgewiesen werden. Ebenso konnten, sowohl bei der Stück- als auch bei der Aufschnittware, keine koloniebildenden Einheiten für die *Enterobacteriaceae* sowie für die Hefen und Schimmelpilze festgestellt werden. Das Ergebnis lautete daher in Anlehnung an die entsprechenden Methoden der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren für Fleisch und Fleischerzeugnisse (§ 64 LFGB) „weniger als $1,0 \cdot 10^2$ KbE/g“.

Fettreduzierte Brühwurstchargen der ersten Hauptversuchsreihe (H1 C1 – H1 C4)

Im Rahmen der mikrobiologischen Untersuchung der ersten Hauptversuchsreihe konnten nur geringfügige und statistisch nicht signifikante ($p > 0,05$) Unterschiede in der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen (H1 C1 – H1 C4) und der Kontrollcharge an den untersuchten Lagerungstagen beider Convenience-Grade bestimmt werden. Gleiches gilt auch für die Keimzahlen an aerob wachsenden Milchsäurebakterien der Aufschnittware am 23. Lagerungstag.

Zudem waren die Veränderungen der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl zwischen den untersuchten Lagerungstagen beider Convenience-Grade der rezepturmodifizierten Mortadellachargen, trotz der in der **Abbildung 25** deutlich sichtbaren Schwankungen, statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Für die fettreduzierten Brühwurstchargen konnten an den untersuchten Lagerungstagen der Stückware und am dritten Lagerungstag der Aufschnittware keine koloniebildenden Einheiten an aerob wachsenden Milchsäurebakterien nachgewiesen werden. Ferner konnten keine koloniebildenden Einheiten für die *Enterobacteriaceae* und für die Hefen und Schimmelpilze an den untersuchten Lagerungstagen der verschiedenartigen Convenience-Grade nachgewiesen werden. Das Ergebnis lautete daher in Anlehnung an die entsprechenden Methoden der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren für Fleisch und Fleischerzeugnisse (§ 64 LFGB) „weniger als $1,0 \cdot 10^2$ KbE/g“.

4.6.7.2 Diskussion

Die Abweichungen in der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge waren nur geringfügig und statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) (**siehe Tab. 35**). Die mikrobiologische Untersuchung zur Bestimmung des Keimgehaltes an *Enterobacteriaceae*, aerob wachsenden Milchsäurebakterien sowie Hefen und Schimmelpilzen ergab für alle Mortadellachargen und zu jedem Untersuchungszeitpunkt

einen Keimgehalt von jeweils weniger als $1,0 \cdot 10^2$ KbE/g, mit Ausnahme des Nachweises der aerob wachsenden Milchsäurebakterien am 23. Lagerungstag der Aufschnittware, der für alle Chargen geringfügig höhere Werte als $1,0 \cdot 10^2$ KbE/g ergab.

Eine Verkaufsgrenze für konventionell hergestellte Brühwurstzeugnissen nach Art einer Mortadella (Aufschnittware) wurde bei einer aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl von $5 \cdot 10^6$ KbE/g (DYKES et al. 1996; DGHM 2010) festgelegt. Dieser Wert ist rechtlich nicht bindend, gibt aber Anhaltspunkte hinsichtlich der Zuordnung zu den allgemeinen rechtlichen Anforderungen. Sowohl die aerobe mesophile Gesamtkeimzahl der Aufschnittware der Charge der Standardmortadella ($7,4 \cdot 10^6$) als auch der Brühwurstchargen H1 C1 ($8,6 \cdot 10^6$) und H1 C3 ($1,7 \cdot 10^7$) überschritt am 23. Lagerungstag diesen Richtwert. Die von der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie aufgestellten Richtwerte für die *Enterobacteriaceae*, aerob wachsenden Milchsäurebakterien sowie Hefen und Schimmelpilze (**siehe Tab. 4**) wurden von allen Brühwurstprodukten deutlich unterschritten.

Die mikrobiologische Untersuchung ergab, dass die Stückware eine Haltbarkeit von mindestens sieben Lagerungstagen besaß, während die gewünschte Haltbarkeit von 23 Tagen der Aufschnittware nur für die Chargen H1 C2 und H1 C4 erzielt werden konnte.

Der statistisch nicht signifikante ($p > 0,05$), aber dennoch deutliche Anstieg der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl um mehrere log-Stufen von dem dritten auf den 23. Lagerungstag der Aufschnittware (**siehe Tab 35**) lässt sich in erster Linie auf die Rekontamination der Ware beim Aufschneiden und Verpacken zurückführen. Durch die Veränderung der Gaszusammensetzung, die über die Dauer der Lagerung in Form einer Zunahme des Sauerstoffanteiles und einer Abnahme des Kohlendioxidgehaltes im Kopfraum der MAP-Verpackungen erfolgte (**siehe Tab 35**), ist der Anstieg der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl zwischen den untersuchten Lagerungstagen zu erklären. Die Korrelationsberechnungen ergaben, dass zwischen dem Kohlendioxidgehalt und der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl ein mittlerer gegenläufiger Zusammenhang ($r = -0,682$) sowie zwischen der Menge an Sauerstoff und der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl eine hohe Korrelation ($r = 0,727$) bestand. Generell hat Sauerstoff einen fördernden Effekt auf das Wachstum der aeroben Keimflora (FARBER 1990), während sich der mit dem Wachstum der Mikroflora in Verbindung stehende Verderb durch die Verwendung einer mit Kohlendioxid angereicherten Atmosphäre verzögern lässt (STANBRIDGE und DAVIS 1998).

Von besonderem Interesse war die mikrobiologische Qualität der fettreduzierten Brühwurstchargen, da diese, vor allem bedingt durch die Verarbeitung erhöhter Wassermengen unter dem Verdacht standen, gegenüber der Charge der Standardmortadella eine verkürzte Haltbar-

keitsdauer aufzuweisen (BRADFORD et al. 1993; KEETON 1994; JIMÉNEZ COLMENERO 2000; BABEL 2001). Aufgrund der nur geringfügigen und statistisch nicht signifikanten ($p > 0,05$) Abweichungen der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Charge der Standardmortadella wurde dieser Verdacht nicht bestätigt. Dies belegen auch die Ergebnisse aus den Korrelationsberechnungen. Die aerobe mesophile Gesamtkeimzahl weist jeweils einen sehr geringen gegenläufigen Zusammenhang mit der erhöhten Schüttwassermenge und dem Gehalt Simplese[®] 100 (jeweils $r = -0,018$) auf und eine sehr geringe Korrelationen mit der verarbeiteten Menge an tierischem Fettgewebe ($r = 0,019$).

4.6.8 Bestimmung des Restgasgehaltes

4.6.8.1 Ergebnisse

In der folgenden Abbildung sind die Restgasgehalte an Sauerstoff und an Kohlendioxid im Kopfraum der MAP-Verpackungen der einzelnen Brühwurstchargen der ersten Hauptversuchsreihe in zwei Säulendiagrammen veranschaulicht ($n = 3$, jeweils Doppelbestimmung). Auf der Abszisse sind die Brühwurstchargen (K = Kontrollcharge, C = fettreduzierte Brühwurstcharge), die Lagerungstage (3 und 23) und der Convenience-Grad (A = Aufschnittware) angegeben, während auf der Ordinate der jeweilige prozentuale Restgasgehalt (Vol.-%) aufgetragen ist. Die Säulen symbolisieren die Mittelwerte der Messdaten für die einzelnen Brühwurstchargen am jeweiligen Lagerungstag. Darüber hinaus kann der Abbildung die Standardabweichung der einzelnen Mittelwerte entnommen werden. Die statistisch signifikanten Unterschiede ($p \leq 0,05$) zwischen den untersuchten Lagerungstagen drei (L3 A) und 23 (L23 A) innerhalb einer Brühwurstcharge wurden mit einem Sternchen (*) gekennzeichnet. Die Unterschiede zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge wurden, gesondert für die Lagerungstage (3 und 23), statistisch auf Signifikanz überprüft. Die rezepturmodifizierten Brühwurstchargen, die den gleichen hochgestellten Buchstaben wie die Kontrollcharge (H1 K L3 A = hochgestelltes C und H1 K L23 A = hochgestelltes D) aufweisen, sind statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) von dieser unterschiedlich.

Die in der **Abbildung 26** dargestellten Ergebnisse mit den jeweiligen Standardabweichungen sind der **Tabelle 35** zu entnehmen, während die Werte für die statistischen Signifikanzen den **Tabellen 50** und **51** zu entnehmen sind.

Charge der Standardmortadella (Kontrollcharge) H1 K

Der Sauerstoffgehalt im Kopfraum der Aufschnittware der Kontrollcharge betrug am dritten Lagerungstag $0,4 \pm 0,04$ Vol.-% und stieg zum 23. Lagerungstag statistisch signifikant

($p \leq 0,05$) auf $1,7 \pm 0,86$ Vol.-% an. Der Gehalt an Kohlendioxid lag am dritten Lagerungstag bei $27,9 \pm 0,10$ Vol.-% und fiel bis zu dem 23. Lagerungstag statistisch signifikant auf $17,8 \pm 1,85$ Vol.-% ab.

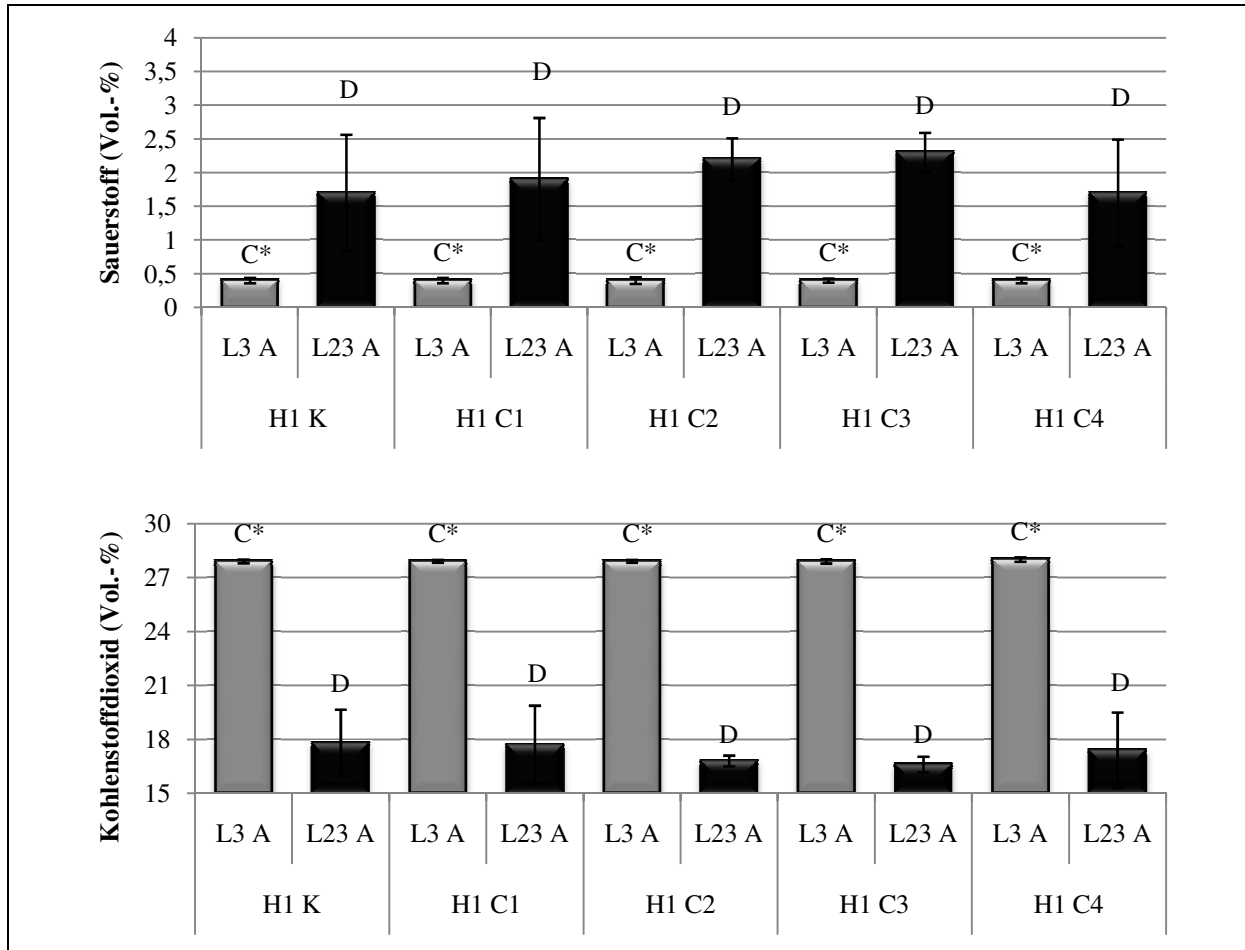


Abbildung 26: Ergebnisse der Bestimmung des Gehaltes an Sauerstoff (Vol.-%) und Kohlendioxid (Vol.-%) im Kopfraum der MAP-Verpackungen ($n = 3$, jeweils Doppelbestimmung). Vol.-% = Volumenprozent; H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

Fettreduzierte Brühwurstchargen der ersten Hauptversuchsreihe (H1 C1 – H1 C4)

Zwischen dem Restgasgehalt im Kopfraum der Aufschnittware der fettreduzierten Brühwurstchargen und der Charge der Standardmortadella konnten sowohl für den Gehalt an Sauerstoff, als auch für die Menge an Kohlendioxid keine oder nur geringfügige und statistisch nicht signifikante ($p > 0,05$) Abweichungen festgestellt werden.

Dagegen konnte für jede der rezepturmodifizierten Mortadellchargen im Kopfraum der Aufschnittware ein statistisch signifikanter ($p \leq 0,05$) Anstieg des Sauerstoffgehaltes und ein statistisch signifikanter ($p \leq 0,05$) Abfall des Kohlendioxidgehaltes zwischen den untersuchten Lagerungstagen ermittelt werden.

4.6.8.2 Diskussion

Sowohl für den Restgasgehalt an Sauerstoff als auch an Kohlendioxid konnten keine statistisch signifikanten ($p < 0,05$) Unterschiede in den Kopfräumen der Verpackungen zwischen den fettreduzierten Mortadellchargen und der Kontrollcharge ermittelt werden. Indessen waren der Anstieg des Sauerstoffgehaltes und die Abnahme der Menge an Kohlendioxid zwischen dem dritten und dem 23. Lagerungstag bei allen Brühwurstchargen statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) (**siehe Tab. 35**).

Eine Abnahme des Kohlendioxidgehaltes (~ 7 bis 8 Vol.-%) und ein Anstieg der Sauerstoffmenge (~ 0,4 Vol.-%) im Headspace der MAP-Verpackungen von Fleischerzeugnissen wurde von verschiedenen Autoren beschrieben (CAYRÉ et al. 2005; SIVERTSVIK et al. 2005; NOWAK et al. 2007). Die Abweichungen des Restgasgehaltes, die im Rahmen dieser Hauptversuchsreihe bestimmt wurden, lagen mit durchschnittlich 10,7 Vol.-% für Kohlendioxid und mit durchschnittlich 1,6 Vol.-% für Sauerstoff deutlich über den üblichen Werten. Der Austritt des Kohlendioxids aus dem Gasraum der MAP-Verpackungen kann auf die Durchlässigkeit der verwendeten Folie zurückzuführen werden, die im Vergleich zu Sauerstoff ($< 1,5 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \text{ d bar}$) und Stickstoff ($< 1 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \text{ d bar}$) für Kohlendioxid mit $< 5,5 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \text{ d bar}$ relativ hoch ist. Aufgrund des geringen Gasdruckes in der Umgebungsluft, deren Kohlendioxidgehalt 0,03 bis 0,04 Vol.-% beträgt, war das Kohlendioxid im Headspace der Verpackung bestrebt, aus diesem heraus zu diffundieren. Bei Stickstoff und Sauerstoff trat der entgegengesetzte Fall ein. Zudem reagierten geringe Mengen des Kohlendioxids mit der Produktoberfläche der Brühwurstscheiben. Die Menge an Sauerstoff, die bereits am dritten Lagerungstag in einer Höhe von 0,4 Vol.-% im Kopfraum der Verpackungen vorlag, ist vermutlich zu einem Teil mit dem Produkt in die Verpackung eingebracht worden.

4.6.9 Lebensmittelrecht

An dieser Stelle sollen die rechtlichen Rahmenbedingungen, in denen sich die Brühwurstzeugnisse der ersten Hauptversuchsreihe bewegten, behandelt werden. Da keine gesetzlich vorgeschriebene Bezeichnung für Brühwurstzeugnisse existiert, ist die Verkehrsbezeichnung gemäß § 4 Abs. 1 LMKV:

1. die nach allgemeiner Verkehrsauffassung übliche Bezeichnung oder
2. eine Beschreibung des Lebensmittels und erforderlichenfalls seine Verwendung, die es dem Verbraucher ermöglicht, die Art des Lebensmittels zu erkennen und von verwechselbaren Erzeugnissen zu unterscheiden.

Die Leitsätze für Fleisch und Fleischerzeugnisse, bei denen es sich um keine verbindliche Rechtsvorschrift handelt, können einen wesentlichen Anhaltspunkt auf die Frage geben, was

die nach allgemeiner Verkehrsauffassung übliche Bezeichnung ist (Nr. 1). Nach 2.222.1 der Leitsätze für Fleisch und Fleischerzeugnisse wird für fein zerkleinerte Brühwürste nach Art einer norddeutschen Mortadella als Ausgangsmaterial grob entsehtes Rindfleisch, grob entfettetes Schweinefleisch, fettgewebereiches Schweinefleisch und Speck vorgegeben. Als Analysewerte werden in den Leitsätzen ein Gehalt von nicht weniger als 8 % bindegewebeisweißfreiem Fleischeiweiß sowie histometrisch nicht unter 65 Vol.-% und chemisch nicht unter 75 % bindegewebeisweißfreiem Fleischeiweiß im Fleischeiweiß genannt. Werden diese Vorgaben in Folge des Fettaustausches nicht erfüllt, ist die allgemein übliche Bezeichnung „Brühwurst nach Art einer norddeutschen Mortadella“ nicht mehr zutreffend. Eine histometrische Bestimmung des bindegewebeisweißfreien Fleischeiweißes im Fleischeiweiß wurde nicht durchgeführt, aber die im Rahmen der chemischen Analytik ermittelten Werte betragen für alle Mortadellchargen mehr als 75 % BEFFE im FE. Zudem besaßen alle fettreduzierten Brühwurstchargen der ersten Hauptversuchsreihe einen BEFFE-Wert von weniger als 8 %. Bei der Produktion der fettreduzierten Mortadellchargen wurde auf die Verarbeitung der Schweinebacke (S IV) und z. T. auch des Rückenspeckes (H1 C4) vom Schwein (S VIII) verzichtet, weshalb die in den Leitsätzen für Fleisch- und Fleischerzeugnisse genannten Ausgangsmaterialien nicht vollständig im Produkt enthalten waren und somit gute Gründe dafür sprechen, dass die allgemein übliche Bezeichnung „Brühwurstzeugnis nach Art einer norddeutschen Mortadella“ für die Produkte nicht mehr zutrifft. In diesem Fall ist die Verkehrsbezeichnung nach § 4 Abs. 1 Nr. 2 LMKV eine verständliche Beschreibung des Lebensmittels, wie beispielsweise „brühwurstartiges Erzeugnis mit einem Fettaustauschstoff“.

Gemäß der VO (EG) Nr. 1924/2006 können die fettreduzierten Brühwurstchargen H1 C3 und H1 C4 als „energiereduziert“ deklariert werden, da beide eine Reduktion des physiologischen Brennwertes gegenüber der Kontrollcharge von über 30 % aufweisen. Dabei sind die Eigenschaften anzugeben, die zu der Reduktion des physiologischen Gesamtbrennwertes geführt haben. Zudem kann die rezepturmodifizierte Mortadellcharge H1 C4 gemäß der VO (EG) Nr. 1924/2006 als „fettarm“ (< 3 g Fett/100 g) und als „Proteinquelle“ (mindestens 12 % des gesamten Brennwertes entfallen auf den Proteinanteil) gekennzeichnet werden. Infolge der genannten Kennzeichnungsmöglichkeiten, könnten die Brühwurstprodukte für den Sektor der Fitnesssportler von Interesse sein.

4.6.10 Fazit der ersten Hauptversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100 und einer Erhöhung der Wassermenge (Verhältnis 1:1))

Generell ging mit einer Zunahme der Energiereduktion der einzelnen fettreduzierten Brühwurstchargen der ersten Hauptversuchsreihe ein Anstieg der Abweichungen in der sensorischen Produktqualität einher. Diese spiegelten sich größtenteils in einer statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) geringeren Härte, Kohäsivität, Bissfestigkeit und Kaubarkeit wieder und wiesen eine statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) dunklere Farbe und intensivere Rotfärbung in Verbindung mit einem stärkeren Glanzeindruck auf. Im Rahmen der sensorischen Profilprüfung konnten dabei zwischen dem Rot-Wert der fettreduzierten Brühwurstcharge H1 C4 und der Kontrollcharge sowie zwischen dem Glanz und der Härte der rezepturmodifizierten Mortadellachargen H1 C3 und H1 C4 gegenüber der Charge der Standardmortadella überwiegend Differenzen ermittelt werden, die zu dem Ergebnis führen, dass die sensorischen Qualitätsanforderungen für diese Deskriptoren nicht erfüllt wurden ($> +/-1$).

Die Energiereduktionen wurden durch einen Austausch des tierischen Fettgewebes (Verarbeitungsmenge zwischen 0 und 24 %) mit dem Fettaustauschstoff Simplese® 100 (4,5 – 16,5 %) sowie einer zusätzlichen Zugabemenge an Eiswasser (im Verhältnis von 1:1; 4,5 – 16,5 %) erzielt. Die im Rahmen der ersten Hauptversuchsreihe produzierten Produkte wiesen Energiereduktionen gegenüber der Charge der Standardmortadella zwischen 5,5 % und 56,5 % auf, wobei die fettreduzierte Brühwurstcharge H1 C4 die höchste Energiereduktion (56,5 %) besaß und zugleich über den geringsten Energiewert mit 118 kcal/100 g verfügte. Der Fettgehalt dieser Brühwurstcharge betrug weniger als 3 g/100 g Gesamtgewicht. Allerdings konnten bei einer sensorisch akzeptablen Qualität nur Energiereduktionen von bis zu 22,5 % (H1 C2) erzielt werden.

Aus den Ergebnissen der ersten Hauptversuchsreihe lässt sich ableiten, dass durch den Einsatz von Simplese® 100 in Kombination mit einer erhöhten Eiswassermenge im Austausch gegen das tierische Fettgewebe durchaus die Möglichkeit besteht, fettreduzierte Brühwurstherzeugnisse zu produzieren, die eine hohe Energiereduktion gegenüber den Produkten mit einer konventionellen Rezeptur aufweisen, allerdings mit Einbußen in der sensorischen Produktqualität gerechnet werden muss.

Infolge des Austausches des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100 erfolgte zwar eine Erhöhung der Produktionskosten, die aber in Verbindung mit der Verarbeitung erhöhter Fremdwasserzusätze begrenzt wurde. Es konnten Mehrkosten der fettreduzierten Brühwurstchargen gegenüber der Charge der Standardmortadella von bis zu etwa 103 % kalkuliert werden (H1 C1 = ~ 27 %; H1 C2 = ~ 52 %; H1 C3 = ~ 78 %; H1 C4 = ~ 103 %).

4.7 Zweite Hauptversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese[®] 100 sowie einer Erhöhung der Wasser- und Magerfleischmenge)

Die Substitution des tierischen Fettgewebes im Rahmen der Brühwurstherstellung der zweiten Hauptversuchsreihe (n = 3) erfolgte durch den Einsatz von Simplese[®] 100 in Verbindung mit einer Erhöhung des Wasser- (Verhältnis 1:1) und Magerfleischanteiles. Im Rahmen der Produktion der fettreduzierten Brühwurstcharge H2 C2 wurde der reduzierte Anteil an tierischem Fettgewebe durch Rapsöl (11 %) ersetzt. Die für die Herstellung der einzelnen Brühwurstchargen der zweiten Hauptversuchsreihe verwendeten Rezepturen sind der **Tabelle 9** zu entnehmen.

4.7.1 Sensorische Analyse

4.7.1.1 Ergebnisse

In den **Abbildungen 27** und **28** sind die Ergebnisse der sensorischen Profilprüfung für die fettreduzierten Brühwurstchargen der zweiten Hauptversuchsreihe in Netzdiagrammen dargestellt (n = 3, mit jeweils 6 ausgewählten Prüfpersonen).

Die in den **Abbildungen 27** und **28** dargestellten Ergebnisse sind der **Tabelle 36** zu entnehmen. Auf eine Darstellung der Standardabweichungen (**siehe Tabelle 36**) und der statistischen Signifikanzen (**siehe Tabelle 51**) in den **Abbildungen 27** und **28** wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet.

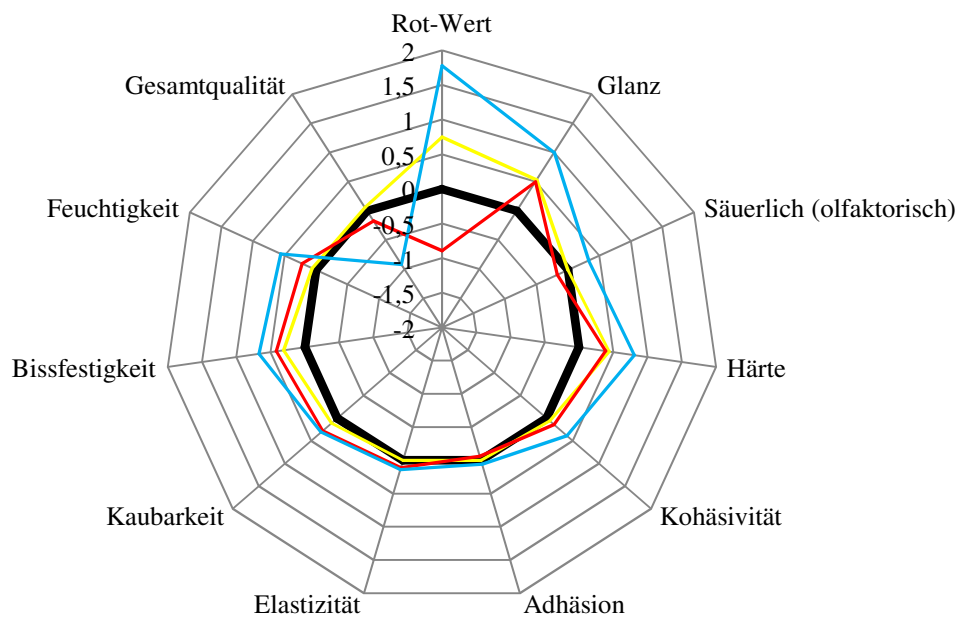
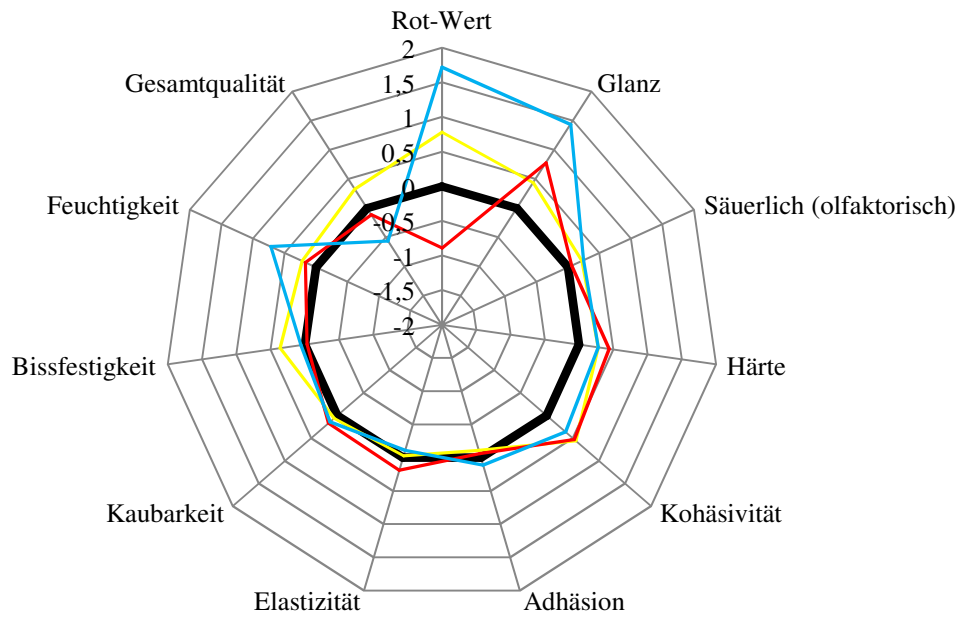


Abbildung 27: Sensorische Qualität der Brühwurstzeugnisse (Stückware) am dritten und siebten Lagerungstag (+7 °C) (n = 3, mit jeweils 6 ausgewählten Prüfpersonen). H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware.

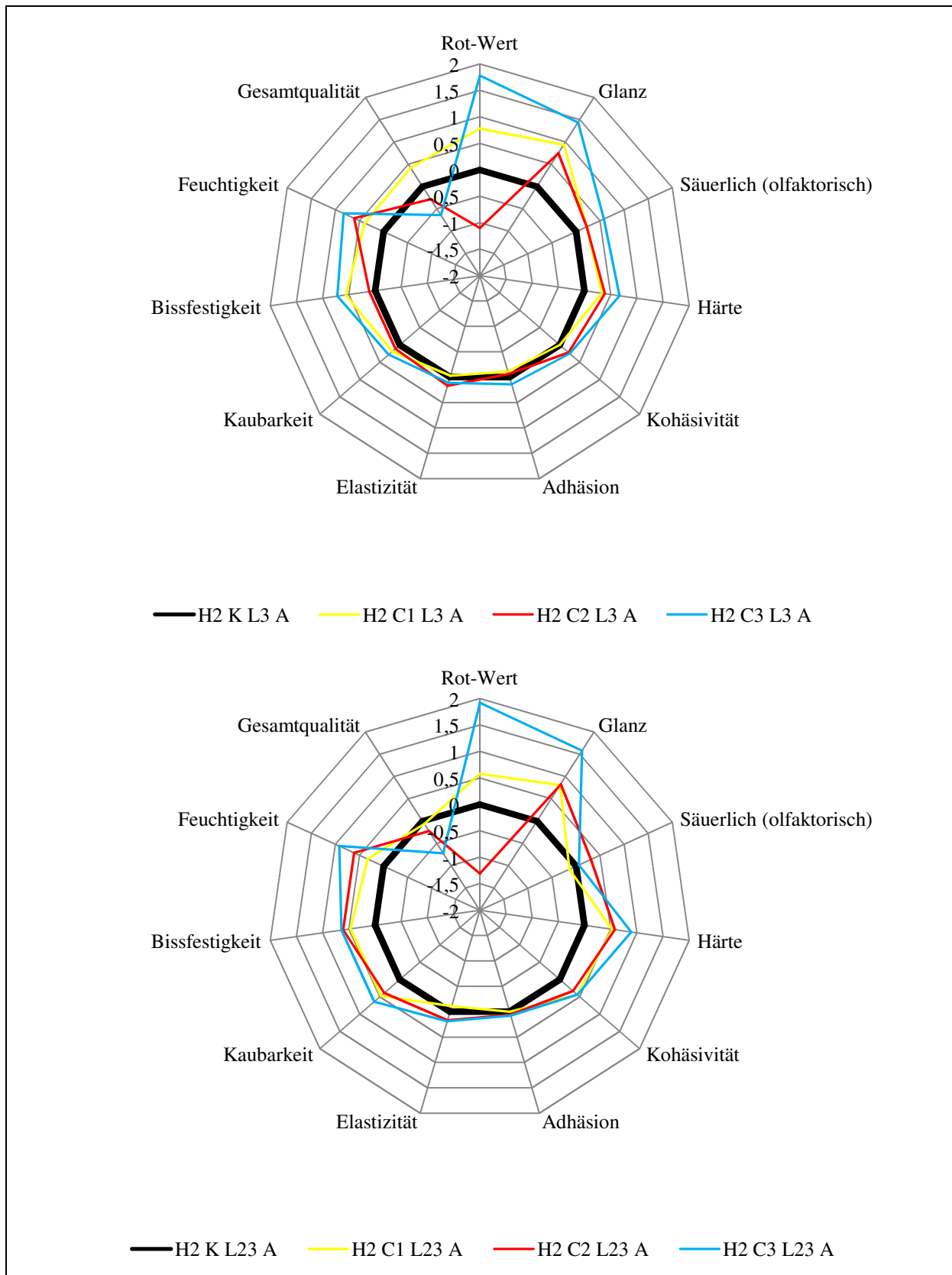


Abbildung 28: Sensorische Qualität der Brühwurstserzeugnisse (Aufschnittware) am dritten und 23. Lagerungstag (+7 °C) (n = 3, mit jeweils 6 ausgewählten Prüfpersonen). H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; A = Aufschnittware.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H2 C1

Im Vergleich zu der Kontrollcharge wurden der Rot-Wert (zwischen $0,58 \pm 0,49$ und $0,78 \pm 0,43$) und der Glanz (zwischen $0,44 \pm 0,48$ und $0,94 \pm 0,51$) der fettreduzierten Brühwurstcharge H2 C1, sowohl bei der Stück- als auch bei der Aufschnittware, als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) stärker ausgebildet bewertet, während die Aufschnittware an den untersuchten Lagerungstagen und die Stückware am siebten Lagerungstag zudem als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) härter (zwischen $0,33 \pm 0,57$ und $0,53 \pm 0,61$) eingestuft wurden. Zudem lag für die Bissfestigkeit (zwischen $0,36 \pm 0,48$ und $0,56 \pm 0,59$) der unter modifizierter Atmosphäre gelagerten Produkte an den untersuchten Lagerungstagen sowie für die Stückware am dritten Lagerungstag eine statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) höhere Beurteilung vor. Am 23. Lagerungstag der Aufschnittware wurde die rezepturmodifizierte Brühwurstcharge gegenüber der Charge der Standardmortadella als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) kohäsiver ($0,44 \pm 0,70$) und mit einer höheren Kaubarkeit ($0,47 \pm 0,70$) beurteilt sowie am dritten Lagerungstag der Aufschnittware als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) feuchter ($0,39 \pm 0,47$) bewertet. Die restlichen Differenzen in der sensorischen Bewertung der Merkmalseigenschaften zwischen der rezepturmodifizierten Brühwurstcharge und der Kontrollcharge waren statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Hingegen konnten für die Stückware an beiden untersuchten Lagerungstagen und für die Aufschnittware am 23. Lagerungstag der rezepturmodifizierten Mortadellacharge keine statistisch signifikanten ($p > 0,05$) Unterschiede in der Bewertung der sensorischen Gesamtqualität der Kontrollcharge ermittelt werden. Die sensorische Gesamtqualität der Aufschnittware der fettreduzierten Brühwurstcharge H2 C1 wurde am dritten Lagerungstag als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) besser ($0,42 \pm 0,65$) bewertet als die sensorische Gesamtqualität der Charge der Standardmortadella.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H2 C2

Sowohl bei der Stück- als auch bei der Aufschnittware wurde der Rot-Wert (zwischen $-0,89 \pm 0,58$ und $-1,31 \pm 0,62$) der fettreduzierten Brühwurstcharge H2 C2, verglichen mit der Charge der Standardmortadella, als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) schwächer sowie der Glanz (zwischen $0,50 \pm 0,49$ und $0,83 \pm 0,84$) als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) stärker ausgebildet bewertet. Die Stückware wurde an beiden untersuchten Lagerungstagen und die Aufschnittware am 23. Lagerungstag als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) härter (zwischen $0,39 \pm 0,61$ und $0,58 \pm 0,49$) als die Kontrollcharge eingestuft. Weitere statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Differenzen in der sensorischen Bewertung der einzelnen Merkmalseigenschaften zwischen der fettreduzierten Mortadellachargen und der Charge der Standardmortadella lagen für die

Kohäsivität ($0,53 \pm 0,61$) der Stückware am dritten Lagerungstag, die Kaubarkeit ($0,39 \pm 0,58$) der Aufschnittware am 23. Lagerungstag, die Bissfestigkeit ($0,42 \pm 0,49$ und $0,61 \pm 0,50$) der Stückware am siebten Lagerungstag und der Aufschnittware am 23. Lagerungstag sowie für die Feuchtigkeit ($0,61 \pm 0,68$ und $0,61 \pm 0,78$) der Aufschnittware an beiden untersuchten Lagerungstagen vor. Wie den aufgeführten Werten zu entnehmen ist, wurden die genannten Merkmalseigenschaften gegenüber der Kontrollcharge jeweils als stärker ausgebildet eingestuft. Die weiteren Abweichungen in der sensorischen Bewertung der Merkmalseigenschaften zwischen der rezepturmodifizierten Brühwurstcharge H2 C2 und der Kontrollcharge waren statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) und überwiegend geringfügig.

Im Rahmen der Bewertung der sensorischen Gesamtqualität konnten für beide Convenience-Grade zwischen der fettreduzierten Brühwurstcharge H2 C2 und der Kontrollcharge keine statistisch signifikanten Ergebnisse ($p > 0,05$) ermittelt werden.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H2 C3

Der Rot-Wert (zwischen $1,72 \pm 0,46$ und $1,92 \pm 0,26$), der Glanz (zwischen $1,00 \pm 0,34$ und $1,58 \pm 0,49$), die Bissfestigkeit (zwischen $0,06 \pm 0,78$ und $0,72 \pm 0,89$) und die Feuchtigkeit (zwischen $0,56 \pm 0,59$ und $0,92 \pm 0,65$) der rezepturmodifizierten Mortadellcharge H2 C3 wurden gegenüber der Kontrollcharge als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) stärker ausgeprägt bewertet. Darüber hinaus wurde der säuerliche Geruch ($0,33 \pm 0,45$ und $0,58 \pm 0,58$) der Stückware am siebten Lagerungstag und der Aufschnittware am dritten Lagerungstag sowie die Härte (zwischen $0,67 \pm 0,97$ und $0,89 \pm 0,65$) der Stückware am siebten Lagerungstag und der Aufschnittware an den untersuchten Lagerungstagen als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) höher als bei der Charge der Standardmortadella beurteilt. Gegenüber der Kontrollcharge wurden die Kohäsivität ($0,44 \pm 0,78$) und die Kaubarkeit ($0,64 \pm 0,68$) der Aufschnittware am 23. Lagerungstag ebenfalls als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) stärker ausgeprägt bemessen. Die weiteren sensorischen Differenzen in den Merkmalseigenschaften zwischen der rezepturmodifizierten Brühwurstcharge und der Kontrollcharge waren statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) und zumeist nur geringfügig ausgebildet.

Die sensorische Gesamtqualität (zwischen $-0,64 \pm 1,05$ und $-0,92 \pm 1,06$) der fettreduzierten Brühwurstcharge H2 C3 wurde im Vergleich zu der Gesamtqualität der Charge der Standardmortadella für die Stückware am siebten Lagerungstag und für die Aufschnittware an den untersuchten Lagerungstagen statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) schlechter bewertet, wohingegen für die Stückware am dritten Lagerungstagen kein statistisch signifikanter ($p > 0,05$) Unterschied in der Bewertung gegenüber der sensorischen Gesamtqualität der Kontrollcharge ermittelt werden konnte.

4.7.1.2 Diskussion

Zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen der zweiten Hauptversuchsreihe und der Kontrollcharge lagen ausschließlich für die Bewertungen des Rot-Wertes der rezepturmodifizierten Mortadellacharge H2 C2 sowie des Rot-Wertes und des Glanzes der fettreduzierten Brühwurstcharge H2 C3 Differenzen mit einer Bewertung von $> +/- 1$ vor. Aus diesem Grund erfüllten die beiden energiereduzierten Brühwurstchargen in Bezug auf die genannten Merkmalseigenschaften die an sie gestellten sensorischen Qualitätsanforderungen nicht. Dementgegen verfügte die rezepturmodifizierte Mortadellacharge H2 C1 in jeglicher Hinsicht über eine sensorisch akzeptable Qualität ($< +/- 1$). Überwiegend oder teilweise statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Unterschiede wurden im Rahmen der sensorischen Profilprüfung für die Beurteilung des Rot-Wertes, des Glanzes, der Härte, der Bissfestigkeit, der Feuchtigkeit und der sensorischen Gesamtqualität zwischen den fettreduzierten Brühwurstergebnissen und der Charge der Standardmortadella erzielt. Dagegen lagen für die Bewertung der Deskriptoren Adhäsion, Elastizität, säuerlich (olfaktorisch), Kohäsivität und Kaubarkeit größtenteils keine statistisch signifikanten ($p > 0,05$) Differenzen zwischen den rezepturmodifizierten Mortadellachargen und der Kontrollcharge vor (**siehe Tab. 36**). Im Folgenden werden ausschließlich die Deskriptoren der fettreduzierten Brühwurstergebnisse diskutiert, deren sensorische Bewertung gegenüber der Kontrollcharge einen statistisch signifikanten ($p \leq 0,05$) und zumeist deutlichen Unterschied aufwies.

Die Rezepturveränderungen, die zur Herstellung der fettreduzierten Brühwurstchargen vorgenommen wurden (**siehe Tab. 9**), führten zu den Differenzen in der Bewertung der Intensität des Rot-Wertes. Dabei lagen jeweils sehr hohe Wechselbeziehungen zwischen der Bewertung des Rot-Wertes der fettreduzierten Brühwurstchargen H2 C1 und H2 C3 und der Verarbeitung einer erhöhten Menge an Eiswasser und Simplese[®] 100 ($r = 0,985$) sowie an Magerfleisch ($r = 0,964$) vor. Sehr hoch gegenläufig war dagegen der Zusammenhang zwischen der Bewertung des Rot-Wertes und der verarbeiteten Fettgewebemenge ($r = -0,982$) in den beiden genannten Mortadellachargen. Die Bewertung des Rot-Wertes der Brühwurstcharge H2 C2 besaß hingegen einen hohen gegenläufigen Zusammenhang ($r = -0,783$) mit der Substitution des tierischen Fettgewebes durch Rapsöl. Bei der Betrachtung der Ergebnisse der sensorischen Analyse wird erkenntlich, dass der Rot-Wert der Mortadellachargen H2 C1 und H2 C3 im Vergleich zu dem Rot-Wert der Kontrollcharge als stärker ausgeprägt bewertet wurde, während der Rot-Wert der Brühwurstcharge H2 C2 (mit Rapsöl) als weniger intensiv beurteilt wurde. Die intensivere Rotfärbung der Mortadellachargen H2 C1 und H2 C3 ist darauf zurückzuführen, dass durch den abnehmenden Fettgehalt in Verbindung mit einer Zunahme der

Wassermenge die effektive Konzentration des im Magerfleischanteil befindlichen Muskel-farbstoffes Myoglobin erhöht wurde. Zudem kann dem erhöhten Magerfleischanteil, der im Rahmen der Produktion der rezepturmodifizierten Mortadellchargen verarbeitet wurde, ein großer Einfluss auf die Ausbildung der Rotfärbung zugesprochen werden, da mit ihm eine erhöhte Konzentration an Myoglobin einherging, wodurch die Brühwurstzeugnisse eine dunklere Farbe und eine intensivere Rotfärbung erhielten (REAGAN et al. 1983; MARQUEZ et al. 1989; KLETTNER und SAKATA 2004). Die als weniger stark ausgeprägt bewertete Rotfärbung der fettreduzierten Brühwurstcharge H2 C2 ist, wie der hohe gegenläufige Korrelationszusammenhang belegt, vor allem auf die Substitution des tierischen Fettgewebes durch das Rapsöl zurückzuführen. Eine geringere Intensität der Rotfärbung und/oder einen Anstieg der Intensität des Helligkeitseindruckes von Brühwurstzeugnissen, bei denen das tierische Fettgewebe durch pflanzliches Öl ersetzt wurde, konnten auch in anderen Untersuchungen festgestellt werden (HAMMER 1992; AYDOGDU 2005; WILDENBEEEST 2010). Der intensivere Helligkeitseindruck und vermutlich auch eine damit im Einklang stehende Abnahme der Intensität der Rotfärbung der Brühwurstprodukte ist auf den Umstand zurückzuführen, dass das Licht im Anschnitt der mit Rapsöl hergestellten Brühwurstcharge H2 C2, stärker gebrochen wurde (HAMMER 1992).

An dieser Stelle sei erwähnt, dass die Substitution des tierischen Fettgewebes durch Rapsöl ausschließlich Auswirkungen auf die Bewertung des Rotwertes (s. o.) hatte.

Der Umstand, dass die fettreduzierten Brühwurstchargen im Vergleich zu der Charge der Standardmortadella als zum Teil deutlich glänzender sowie überwiegend als feuchter bewertet wurden, deutet darauf hin, dass während des Herstellungsprozesses eine nicht ausreichende Bindung der zugegeben Schüttwassermenge im Eiweiß-Wasser-Fett-Gemisch des Brühwurstbrätes stattgefunden hat. Nach FRANZKE (1998) nimmt die Bindung des Schüttwassers mit einem steigenden Fettgehalt der Brätmasse zu und zwar bis zu einem Fett/Protein-Verhältnis von 2,8:1. Entgegengesetzt dazu führt eine Reduktion des Fettgehaltes bei einem gleichzeitig durch die Zugabe von Simplex[®] 100 und des erhöhten Magerfleischanteiles bedingten Anstieg des Proteingehaltes zu einer verminderten Bindekapazität des Schüttwassers. Erfolgt dabei eine zusätzliche Erhöhung der Zugabemenge an Eiswasser, wie dies im Rahmen der Produktion der fettreduzierten Brühwurstzeugnisse geschehen ist, so ist das Brühwurstbrät nicht mehr in der Lage, dieses Eiswasser in einem ausreichenden Maße zu binden. Auch die Fähigkeit der mikropartikulierten Molkenproteine des Simplex[®] 100, aufgrund ihrer gleichmäßigen Verteilung das Wasser innerhalb der Lebensmittelmatrix zu binden, reichte nicht

aus, um die erhöhte Schüttwasserzugabe zu kompensieren (MILLER 1994; CP KELCO 2000; CP KELCO 2006).

Dass die fettreduzierten Brühwurstchargen im Vergleich zu der Kontrollcharge überwiegend als härter und bissfester bewertet wurden, kann vor allem auf die Verarbeitung des erhöhten Magerfleischanteiles sowie dem Einsatz von Simplese[®] 100 zurückgeführt werden. Während eine Erhöhung der Wassermenge im Austausch gegen den Fettanteil von Brühwurstzeugnissen zumeist zu einem weichlichen Mundgefühl führte (CLAUS et al. 1989; AHMED et al. 1990; MITTAL und BARBUT 1994), ging der Anstieg des Magerfleischanteiles mit einer Zunahme der Härte und Bissfestigkeit der Produkte einher. Der Einfluss des Magerfleischanteiles auf die Ausbildung der Härte und der Bissfestigkeit der rezepturmodifizierten Mortadellachargen der zweiten Hauptversuchsreihe überwog den Einfluss der Eiswassermenge. Dieser Zusammenhang lässt sich vor allem mit der in Folge einer Erhöhung des Magerfleischanteiles in Verbindung stehenden Zunahme der hochgradigen Protein-Protein Interaktionen erklären, durch die die molekularen Bindungen innerhalb des Produktes verstärkt wurden (CLAUS et al. 1989; MARQUEZ et al. 1989). Darüber hinaus konnte dem Fettaustauschstoff Simplese[®] 100 eine Rolle bei der Ausbildung der Textureigenschaften zugesprochen werden (SCHMIDT et al. 1993; MCMAHON et al. 1996; SANCHEZ und PAQUIN 1997; OHMES et al. 1998; GALLAGHER et al. 2003; YILSAY et al. 2006; SAHAN et al. 2008; KARACA et al. 2009). Zwischen der Bewertung der Härte und der verarbeiteten Menge an Eiswasser, Simplese[®] 100 und Magerfleisch lag jeweils ein hoher statistischer Zusammenhang vor, während zwischen der Beurteilung der Bissfestigkeit und den drei genannten Rezepturkomponenten eine mittlere statistische Wechselbeziehung bestand.

Positiv hervorzuheben ist die Bewertung der sensorischen Gesamtqualität der rezepturmodifizierten Mortadellacharge H2 C1, die nur für die Aufschnittware am dritten Lagerungstag einen statistisch signifikanten ($p \leq 0,05$) Unterschied gegenüber der Kontrollcharge aufwies. Dabei bewerteten die Prüfpersonen die fettreduzierte Brühwurstcharge H2 C1 in Bezug auf die sensorische Gesamtqualität als höherwertig ($0,42 \pm 0,65$) gegenüber der sensorischen Gesamtqualität der Kontrollcharge. Dem entgegen wurde die sensorische Gesamtqualität der fettreduzierten Brühwurstcharge H2 C2 von dem Panel nur äußerst geringfügig und statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) schlechter als die sensorische Gesamtqualität der Charge der Standardmortadella beurteilt. Diese Ergebnisse führen zu der Annahme, dass die Rezepturmodifikationen, die im Rahmen der Produktion der fettreduzierten Mortadellachargen H2 C1 und H2 C2 vorgenommen wurden, die sensorische Gesamtqualität dieser Erzeugnisse nicht deutlich negativ beeinträchtigten. Ebenfalls ein statistisch nicht signifikanter ($p > 0,05$) Unterschied

lag zwischen der Beurteilung der sensorischen Gesamtqualität der rezepturmodifizierten Mortadellacharge H2 C3 und der Kontrollcharge am dritten Lagerungstag der Stückware vor, während die sensorische Gesamtqualität dieser Brühwurstcharge am siebten Lagerungstag der Stückware sowie am dritten und am 23. Lagerungstag der unter modifizierter Atmosphäre gelagerten Produkte als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) schlechter bewertet wurde. Das Ergebnis der sensorischen Analyse der Brühwurstcharge H2 C3 signalisiert, dass die vorgenommenen Modifikationen der Rezeptur die sensorische Gesamtqualität dieser Erzeugnisse beeinträchtigten und die sensorischen Qualitätsanforderungen im Hinblick auf die Bewertung der Deskriptoren Glanz und Härte nicht erfüllten.

4.7.2 Instrumentelle Textur-Profil-Analyse (TPA)

4.7.2.1 Ergebnisse

In den beiden folgenden Abbildungen sind die Ergebnisse der instrumentellen Textur-Profil-Analyse der Brühwurstchargen der zweiten Hauptversuchsreihe in Säulendiagrammen dargestellt ($n = 3$, mit jeweils 15 Messungen). Die **Abbildung 29** umfasst die Ergebnisse für die Härte, die Bissfestigkeit sowie die Adhäsion und die **Abbildung 30** die Resultate für die Elastizität, die Kohäsivität sowie die Kaubarkeit. Auf der Abszisse sind die Brühwurstchargen (K = Kontrollcharge; C = fettreduzierte Brühwurstcharge), die Lagerungstage (3; 7; 23) und die Convenience-Grade (S = Stückware; A = Aufschnittware) angegeben, während auf der Ordinate die jeweilige Textureigenschaft aufgetragen ist. Die Säulen symbolisieren die Mittelwerte der Messdaten für die einzelnen Brühwurstchargen, unterteilt in Convenience-Grad und Lagerungstag.

Darüber hinaus sind den Abbildungen die Standardabweichungen zu entnehmen. Die statistisch signifikanten Unterschiede ($p \leq 0,05$) zwischen den untersuchten Lagerungstagen drei (L3 S) und sieben (L7 S) sowie drei (L3 A) und 23 (L23 A) innerhalb einer Brühwurstcharge und eines Convenience-Grades wurden mit einem Sternchen (*) gekennzeichnet. Die Unterschiede zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge wurden, gesondert für die Lagerungstage (3; 7; 23) und die Convenience-Grade (S; A), statistisch auf Signifikanz überprüft. Die rezepturmodifizierten Brühwurstchargen, die den gleichen hochgestellten Buchstaben wie die Kontrollcharge (H2 K L3 S = hochgestelltes a, H2 K L7 S = hochgestelltes b, H2 K L3 A = hochgestelltes C und H2 K L23 A = hochgestelltes D) aufweisen, sind statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) von dieser unterschiedlich.

Die in den **Abbildung 29** und **30** dargestellten Ergebnisse mit den jeweiligen Standardabweichungen sind der **Tabelle 37** zu entnehmen, während die Werte für die statistischen Signifikanzen den **Tabellen 50 und 51** zu entnehmen sind.

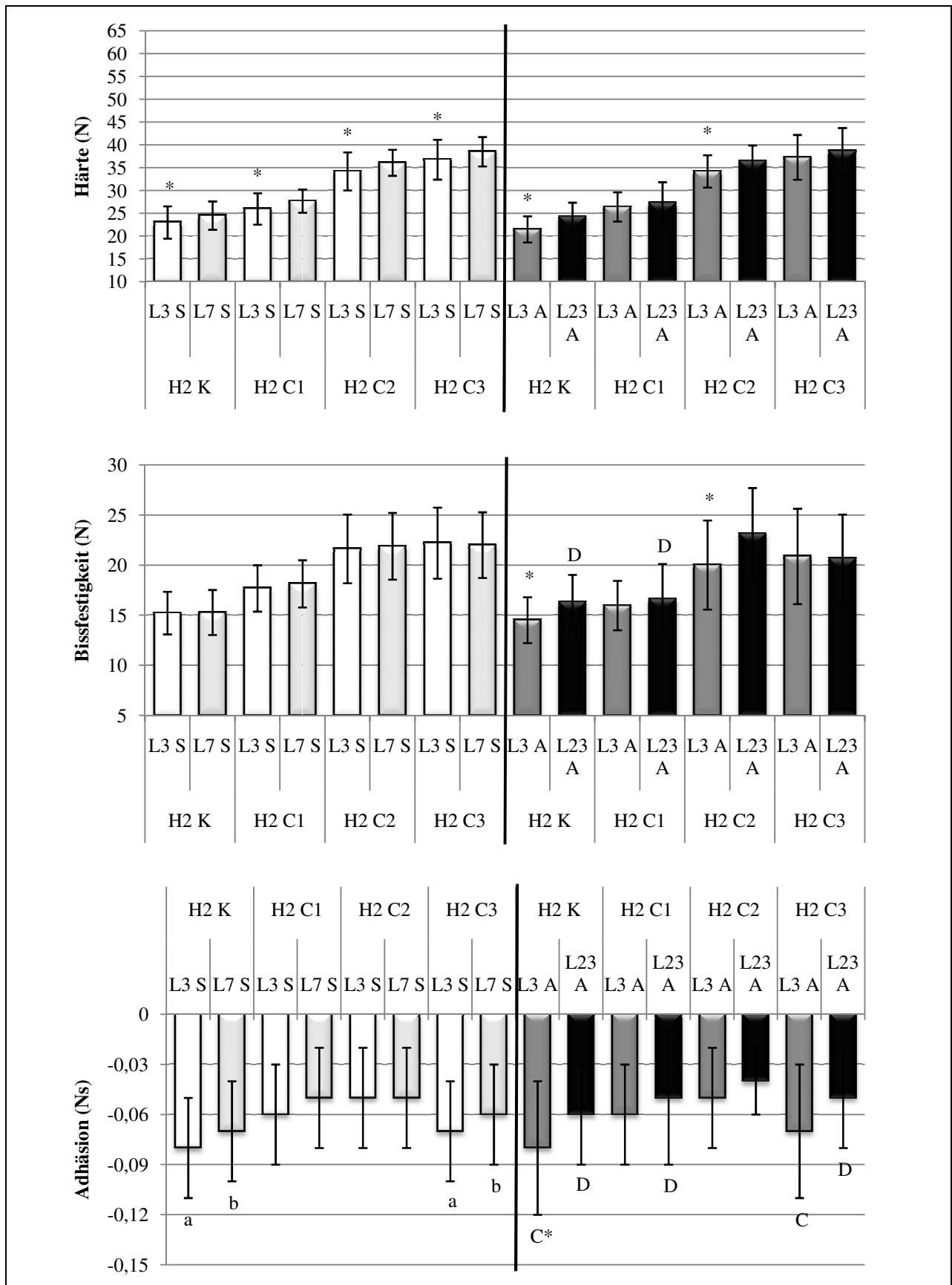


Abbildung 29: Instrumentell ermittelte Texturwerte (Härte, Bissfestigkeit, Adhäsion) der Brühwurstzeugnisse am dritten und am siebten Lagerungstag für die Stückware sowie am dritten und am 23. Lagerungstag für die Aufschnittware (+7 °C) (n = 3, mit jeweils 15 Messungen). N = Newton; Ns = Newtonsekunde; H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

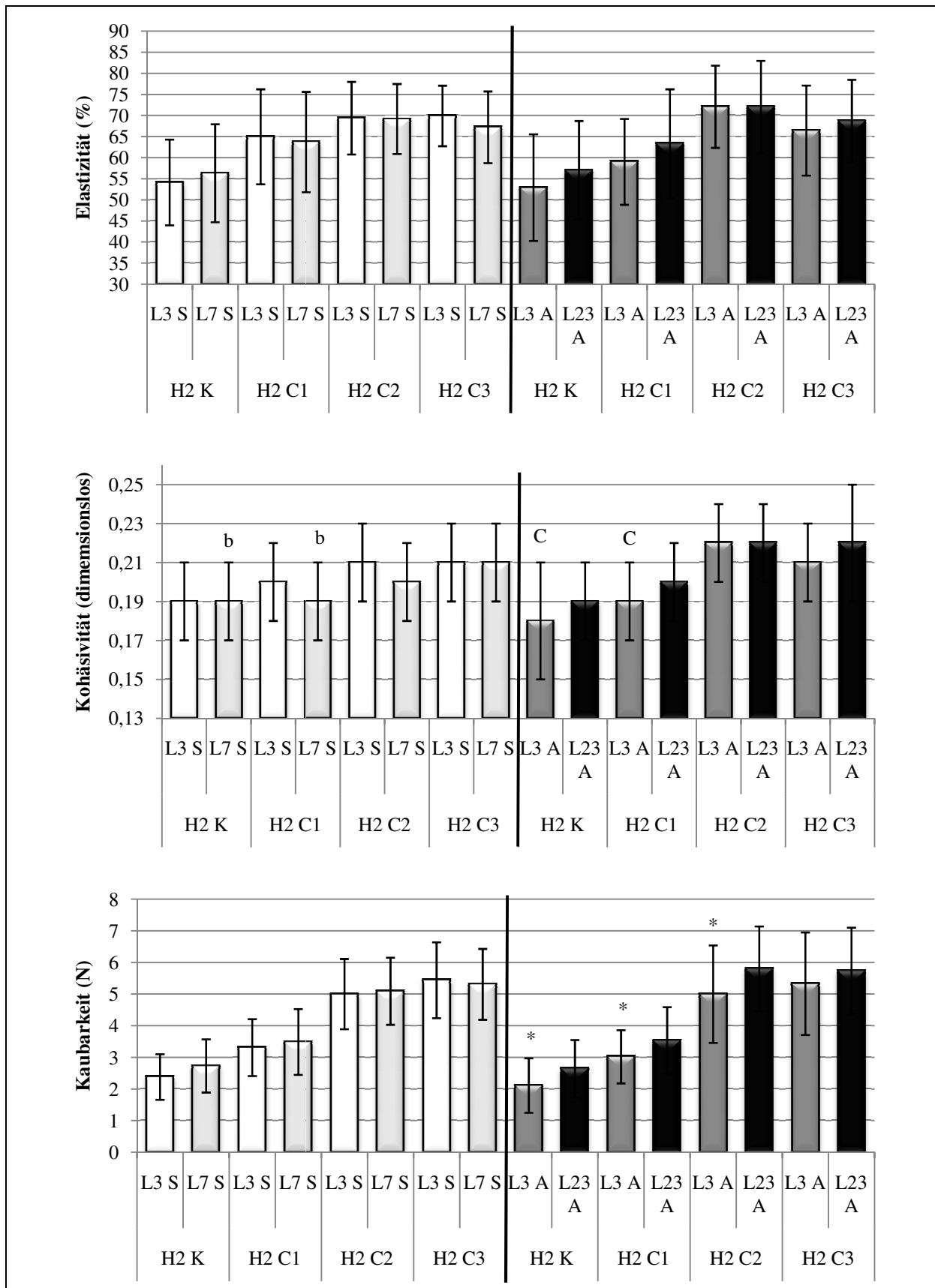


Abbildung 30: Instrumentell ermittelte Texturwerte (Elastizität, Kohäsivität, Kaubarkeit) der Brühwurstsergebnisse am dritten und am siebten Lagerungstag für die Stückware sowie am dritten und am 23. Lagerungstag für die Aufschnittware (+7 °C) (n = 3, mit jeweils 15 Messungen). N = Newton; H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

Charge der Standardmortadella (Kontrollcharge) H2 K

Eine statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Zunahme der Härte der Charge der Standardmortadella H2 K konnte sowohl zwischen den untersuchten Lagerungstagen der Stückware (von $22,99 \pm 3,53$ N auf $24,50 \pm 3,10$ N) als auch zwischen den untersuchten Lagerungstagen der Aufschnittware (von $21,48 \pm 2,87$ N auf $24,29 \pm 3,06$ N) festgestellt werden. Sowohl zwischen den untersuchten Lagerungstagen der Stückware (von $15,22 \pm 2,13$ N auf $15,28 \pm 2,25$ N) als auch zwischen den untersuchten Lagerungstagen der Aufschnittware (von $14,52 \pm 2,29$ N auf $16,31 \pm 2,72$ N) wurde ein Anstieg der Bissfestigkeit der Brühwurstzeugnisse dieser Kontrollcharge vernommen, wobei nur die Zunahme der Bissfestigkeit zwischen den untersuchten Lagerungstagen der Aufschnittware statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) war. Zwischen den untersuchten Lagerungstagen der Stückware (von $-0,08 \pm 0,03$ Ns auf $-0,07 \pm 0,03$ Ns) lag eine statistisch nicht signifikante ($p > 0,05$) und zwischen den untersuchten Lagerungstagen der Aufschnittware (von $-0,08 \pm 0,04$ Ns auf $-0,06 \pm 0,03$ Ns) eine statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Abnahme der Adhäsion vor. Statistisch nicht signifikante ($p > 0,05$) Zunahmen konnten für die Elastizität zwischen den untersuchten Lagerungstagen beider Convenience-Grade ermittelt werden (S = von $54,11 \pm 10,17$ % auf $56,29 \pm 11,61$ %; A = von $52,88 \pm 12,63$ % auf $56,98 \pm 11,71$ %). Die Stückware der Kontrollcharge besaß am dritten und am siebten Lagerungstag eine identische Kohäsivität ($0,19 \pm 0,02$), während die Kohäsivität der unter modifizierter Atmosphäre gelagerten Produkte zwischen dem dritten ($0,18 \pm 0,03$) und dem siebten ($0,19 \pm 0,02$) Lagerungstag geringfügig und statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) zunahm. Für die Kaubarkeit der Charge der Standardmortadella konnte sowohl zwischen den untersuchten Lagerungstagen der Stückware, als auch zwischen den untersuchten Lagerungstagen der Aufschnittware ein Anstieg festgestellt werden (S = von $2,38 \pm 0,72$ N auf $2,73 \pm 0,84$ N; A = von $2,11 \pm 0,86$ N auf $2,64 \pm 0,91$ N), wobei nur die Zunahme der Kaubarkeit von dem dritten auf den 23. Lagerungstag der Aufschnittware statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) war.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H2 C1

Die rezepturmodifizierte Mortadellacharge H2 C1 besaß im Vergleich zu der Kontrollcharge, sowohl bei der Stück- als auch bei der Aufschnittware, eine statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) höhere Härte (zwischen $25,97 \pm 3,43$ N und $27,68 \pm 2,54$ N), Elastizität (zwischen $58,99 \pm 10,17$ % und $64,94 \pm 11,26$ %) und Kaubarkeit (zwischen $3,02 \pm 0,84$ N und $3,53 \pm 1,06$ N). Des Weiteren war die Stückware an den untersuchten Lagerungstagen und die Aufschnittware am dritten Lagerungstag statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) bissfester (zwischen $15,97 \pm 2,47$ N und $18,14 \pm 2,35$ N) und zugleich weniger adhäsiv (zwischen $-0,05 \pm 0,03$ Ns und $-0,06 \pm$

0,03 Ns) als die Charge der Standardmortadella. Indessen wurde für die fettreduzierte Mortadellacharge am dritten Lagerungstag der Stückware und am 23. Lagerungstag der Aufschnittware eine statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) höhere Kohäsivität (jeweils $0,20 \pm 0,02$) ermittelt. Die sonstigen Unterschiede der Texturparameter zwischen der fettreduzierten Brühwurstcharge und der Charge der Standardmortadella waren statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Abweichungen der Texturparameter zwischen den untersuchten Lagerungstagen der rezepturmodifizierten Mortadellacharge H2 C1 drückten sich zum Einen in einem Anstieg der Härte von $25,97 \pm 3,43$ N auf $27,68 \pm 2,54$ N zwischen den untersuchten Lagerungstagen der Stückware und zum Anderen in einer Zunahme der Kaubarkeit der Aufschnittware von dem dritten auf den 23. Lagerungstag (von $3,02 \pm 0,84$ N auf $3,53 \pm 1,06$ N) aus. Alle weiteren Veränderungen der Texturparameter die sich über die Lagerungsdauer der beiden Convenience-Grade auftraten, waren statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) und zumeist nur geringfügig unterschiedlich.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H2 C2

Sowohl bei der Stück- als auch bei der Aufschnittware konnten zwischen der fettreduzierten Brühwurstcharge H2 C2 und der Kontrollcharge für alle im Rahmen der instrumentellen Textur-Profil-Analyse bestimmten Parameter statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Unterschiede ermittelt werden. Dabei waren bei der fettreduzierten Brühwurstcharge die Härte (zwischen $34,20 \pm 4,16$ N und $36,42 \pm 3,43$ N), die Bissfestigkeit (zwischen $20,02 \pm 4,45$ N und $23,14 \pm 4,56$ N), die Elastizität (zwischen $69,16 \pm 8,30$ % und $72,05 \pm 9,74$ %), die Kohäsivität (zwischen $0,20 \pm 0,02$ und $0,22 \pm 0,02$) und die Kaubarkeit (zwischen $5,00 \pm 1,54$ N und $5,80 \pm 1,34$ N) statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) stärker sowie die Adhäsion (zwischen $-0,04 \pm 0,02$ Ns und $-0,05 \pm 0,03$ Ns) statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) schwächer ausgebildet, als es bei der Charge der Standardmortadella der Fall war.

Statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Zunahmen für die Werte der Texturparameter zwischen den untersuchten Lagerungstagen der fettreduzierten Mortadellacharge H2 C2 waren für die Härte der Stückware und der Aufschnittware (S = von $34,20 \pm 4,16$ N auf $36,07 \pm 2,85$ N; A = von $34,20 \pm 3,54$ N auf $36,42 \pm 3,43$ N) sowie für die Bissfestigkeit (von $20,02 \pm 4,45$ N auf $23,14 \pm 4,56$ N) und die Kaubarkeit (von $5,00 \pm 1,54$ N auf $5,80 \pm 1,34$ N) der Aufschnittware zu erkennen, während die restlichen Veränderungen der Texturparameter innerhalb der Convenience-Grade zwischen den untersuchten Lagerungstagen statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) waren.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H2 C3

Die rezepturmodifizierte Mortadellacharge H2 C3 war sowohl im Fall der Stück- als auch im Fall der Aufschnittware statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) härter (zwischen $36,75 \pm 4,35$ N und $38,65 \pm 5,03$ N), bissfester (zwischen $20,66 \pm 4,40$ N und $22,20 \pm 3,54$ N), elastischer (zwischen $66,41 \pm 10,68$ % und $69,88 \pm 7,18$ %) sowie kohäsiver (zwischen $0,21 \pm 0,02$ und $0,22 \pm 0,03$) und besaß zudem eine höhere Kaubarkeit (zwischen $5,31 \pm 1,12$ N und $5,73 \pm 1,37$ N) als die Charge der Standardmortadella. Von den instrumentell bestimmten Texturparametern waren lediglich die Abweichungen in der Adhäsion (zwischen $-0,05 \pm 0,03$ Ns und $-0,07 \pm 0,04$ Ns) zwischen der fettreduzierten Brühwurstcharge und der Kontrollcharge statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Veränderungen der Texturparameter zwischen den untersuchten Lagerungstagen innerhalb der Brühwurstcharge H2 C3 lagen, mit Ausnahme des Anstieges der Härte der Stückware von dem dritten ($36,75 \pm 4,35$ N) auf den siebten ($38,49 \pm 3,22$ N) Lagerungstag, nicht vor.

4.7.2.2 Diskussion

Die rezepturmodifizierten Mortadellachargen waren im Vergleich zu der Kontrollcharge größtenteils statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) härter, bissfester, elastischer, kohäsiver und wiesen eine höhere Kaubarkeit sowie eine geringere Adhäsion auf (**siehe Tab. 37**).

Die Ausprägung der Textur der fettreduzierten Mortadellachargen stand in einem engen Zusammenhang mit der verwendeten Rezeptur (**siehe Tab. 9**). Dabei wurde die Rezeptur dahingehend modifiziert, dass ein Fettaustausch durch die Verarbeitung von Simplex[®] 100, eines erhöhten Magerfleischanteiles und einer moderat erhöhten Schüttwassermenge stattfand. Zudem wurde bei der Produktion der Brühwurstcharge H2 C2 anstelle des tierischen Fettgewebes Rapsöl zugesetzt. In der Regel ergeben sich die strukturbildenden Eigenschaften von Brühwursterzeugnissen durch die Ausbildung eines Eiweiß-Wasser-Fett-Gemisches (LAUTENSCHLÄGER und TROEGER 2007). In einer Vielzahl von Untersuchungen an fettreduzierten Brühwursterzeugnissen konnte das bestimmte Verhältnis von Fetten, Proteinen und Wasser als Ursache für die unterschiedlichen Ausprägungen der einzelnen Texturmerkmale der Produkte ausgemacht werden (CLAUS et al. 1989; MARQUEZ et al. 1989; AHMED et al. 1990; CAVESTANY et al. 1994; MITTAL und BARBUT 1994; CARBALLO et al. 1996; COLMENERO 1996). Die zugegebene Wassermenge trat mit den Proteinen, Lipiden, Polysacchariden und Salzen in Wechselwirkung und bedingte folglich die Ausprägung der Brühwursttextur (KALLWEIT 1988; OELKER 1996; SOUCI et al. 2000). Aufgrund der Tatsache, dass ein Fettaustausch mit einer erhöhten Schüttwassermenge überwiegend zu einem weichli-

chen Mundgefühl der Brühwurstzeugnisse führt (CLAUS et al. 1989; AHMED et al. 1990; MITTAL und BARBUT 1994), überwogen bei der Ausbildung der Textur (Erhöhung der Härte, Bissfestigkeit, Elastizität, Kohäsivität und Kaubarkeit) der fettreduzierten Brühwurstzeugnisse dieser Hauptversuchsreihe scheinbar der Einsatz von Simplese® 100 und die Verarbeitung einer gesteigerten Magerfleischmenge.

In zahlreichen Untersuchungen an diversen Lebensmitteln konnte belegt werden, dass der Einsatz von Simplese® 100 die Textur von Lebensmitteln beeinflusst (SCHMIDT et al. 1993; McMAHON et al. 1996; SANCHEZ und PAQUIN 1997; OHMES et al. 1998; GALLAGHER et al. 2003; YILSAY et al. 2006; SAHAN et al. 2008; KARACA et al. 2009). Dieser Fettaustauschstoff stellt ein Molkenproteinkonzentrat dar. Molkenproteine sind amphiphil. In Lösung befinden sich die hydrophilen Gruppen an der Oberfläche, wohingegen die hydrophoben Gruppen so ausgerichtet sind, dass sie innerhalb der gewendelten Moleküle verdeckt liegen. Diese Ausrichtung verleiht den Molekülen nicht nur einen Anstieg der Wasserlöslichkeit, sondern auch eine exzellente Oberflächenaktivität und Eigenschaften, die die Stabilität von Emulsionen fördern (LUCCA und TEPPER 1994). Während der Ausbildung von Emulsionen sind die Molkenproteine in der Grenzfläche zwischen Öl und Wasser weit zerstreut und richten sich neu aus, indem eine Ausbreitung der hydrophoben Segmente in die Ölphase und der hydrophilen Segmente in die wässrige Phase erfolgt. Hierdurch wird die Grenzflächenspannung herabgesetzt und die Emulsion stabilisiert (N.N. 1989, zitiert nach LUCCA und TEPPER 1994). Auch HUGHES et al. (1998) kamen in ihren Untersuchungen zu dem Ergebnis, dass der Einsatz Molkenproteine in fettreduzierten Brühwurstzeugnissen die Stabilität der Emulsion erhöht und die textuellen Eigenschaften positiv beeinflusst.

Neben dem Einsatz von Simplese® 100 hatte die Verarbeitung einer erhöhten Magerfleischmenge anstelle des Fettgewebes einen Anstieg der Texturparameter Härte, Bissfestigkeit, Elastizität, Kohäsivität und Kaubarkeit zur Folge. Die Erhöhung des Magerfleischanteiles führte zu einer Zunahme der hochgradigen Protein-Protein Interaktionen, durch die die molekularen Bindungen innerhalb des Produktes verstärkt wurden. In den Untersuchungen von CLAUS et al. (1989) an Brühwurstzeugnissen nach Art einer Mortadella nahmen, bedingt durch die Verarbeitung eines erhöhten Magerfleischanteiles, die Werte für die Härte, Elastizität und Kohäsivität der Proben zu. Ähnliche Ergebnisse erzielten MARQUEZ et al. (1989) in ihren Untersuchungen an fettreduzierten Frankfurter Würstchen, zudem ermittelten sie einen durch die Erhöhung des Proteinanteiles bedingten Anstieg der Kaubarkeit.

Die Korrelationsberechnungen belegen, in wie weit die diversen Rezepturveränderungen einen Einfluss auf die Ausbildung der einzelnen Texturparameter der fettreduzierten Brüh-

wursterzeugnisse ausübten. Während alle Texturparameter, mit Ausnahme der Adhäsion (geringe Korrelation), eine hohe Wechselbeziehung zu der verarbeiteten Eiswassermenge und dem Gehalt an Simplese® 100 besaßen, bestand zwischen der Verarbeitung eines erhöhten Magerfleischanteiles eine mittlere Korrelation mit der Adhäsion, eine hohe Korrelation mit der Bissfestigkeit, Elastizität und Kohäsivität sowie eine sehr hohe Korrelation mit der Härte und der Kaubarkeit der Produkte. Dagegen wies die verarbeitete Fettgewebemenge eine hohe gegenläufige Korrelation zu den einzelnen Texturparametern auf, mit Ausnahme einer geringeren gegenläufigen Korrelation mit der Adhäsion.

Die Substitution von tierischem Fettgewebe durch den Einsatz von Rapsöl hatte scheinbar keine bedeutsamen Auswirkungen auf die Textur der fettreduzierten Brühwurstcharge H2 C2 und wies nur eine geringe bis mittlere Wechselbeziehung zu den einzelnen Texturparametern auf. Ähnliche Ergebnisse in Bezug auf die Textur von Wursterzeugnissen wurden auch in anderen Untersuchungen erzielt, bei denen pflanzliche Öle im Austausch gegen tierisches Fettgewebe verarbeitet wurden (MARQUEZ et al. 1989; HAMMER 1992; BLOUKAS et al. 1997; MUGUREZA et al. 2002).

Des Weiteren wurden Unterschiede innerhalb der einzelnen Texturparameter der Mortadellachargen über die Lagerungsdauer festgestellt. Dabei lag überwiegend eine Zunahme der Härte, Bissfestigkeit und Kaubarkeit vor, während die Werte für die Adhäsion sanken. Die jeweiligen Differenzen waren teilweise statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) (siehe **Tab. 37**). Die Abweichungen der genannten Texturparameter konnten vermutlich auf Flüssigkeitsverluste während des Lagerungsprozesses zurückgeführt werden. Zudem kann es sein, dass sich das ausgebildete Netzwerk über die Dauer der Lagerung stabilisierte. Die Differenzen in der Elastizität und Kohäsivität, die sich über die Lagerungsdauer der Mortadellachargen ergaben, waren zumeist nur geringfügig und überwiegend statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

4.7.3 Instrumentelle Farbmessung

4.7.3.1 Ergebnisse

In der **Abbildung 31** sind die Ergebnisse der instrumentellen Farbmessung ($L^*a^*b^*$ -Werte) der Brühwurstchargen der zweiten Hauptversuchsreihe in Säulendiagrammen dargestellt ($n = 3$, mit jeweils 15 Messungen). Auf der Abszisse sind die Brühwurstchargen (K = Kontrollcharge; C = fettreduzierte Brühwurstcharge), die Lagerungstage (3; 7; 23) und die Convenience-Grade (S = Stückware; A = Aufschnittware) angegeben, während auf der Ordinate der jeweilige Farbwert aufgetragen ist. Die Säulen symbolisieren die Mittelwerte der Messdaten für die einzelnen Brühwurstchargen, unterteilt in Convenience-Grad und Lagerungstag.

Darüber hinaus kann der Abbildung die Standardabweichung der einzelnen Mittelwerte entnommen werden. Die statistisch signifikanten Unterschiede ($p \leq 0,05$) zwischen den untersuchten Lagerungstagen drei (L3 S) und sieben (L7 S) sowie drei (L3 A) und 23 (L23 A) innerhalb einer Brühwurstcharge und eines Convenience-Grades wurden mit einem Sternchen (*) gekennzeichnet. Die Unterschiede zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge wurden, gesondert für die Lagerungstage (3; 7; 23) und die Convenience-Grade (S; A), statistisch auf Signifikanz überprüft. Die rezepturmodifizierten Brühwurstchargen, die den gleichen hochgestellten Buchstaben wie die Kontrollcharge (H2 K L3 S = hochgestelltes a, H2 K L7 S = hochgestelltes b, H2 K L3 A = hochgestelltes C und H2 K L23 A = hochgestelltes D) aufweisen, sind statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) von dieser unterschiedlich.

Die in der **Abbildung 31** dargestellten Ergebnisse mit den jeweiligen Standardabweichungen sind der **Tabelle 37** zu entnehmen, während die Werte für die statistischen Signifikanzen den **Tabellen 50** und **51** zu entnehmen sind.

Charge der Standardmortadella (Kontrollcharge) H2 K

Die Helligkeit der als Stückware gelagerten Brühwurstzeugnisse der Kontrollcharge H2 K nahm von dem dritten ($71,46 \pm 1,49$) auf den siebten ($71,19 \pm 1,49$) Lagerungstag statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) ab. Indessen konnte eine statistisch nicht signifikante ($p > 0,05$) Zunahme des L*-Wertes zwischen den untersuchten Lagerungstagen der Aufschnittware von $71,09 \pm 1,46$ auf $71,28 \pm 1,30$ festgestellt werden. Die Intensität der Rotfärbung zeigte zwischen den untersuchten Lagerungstagen drei ($8,63 \pm 0,52$) und sieben ($8,67 \pm 0,49$) eine statistisch nicht signifikante ($p > 0,05$) und geringfügige Zunahme an, wohingegen eine statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Abnahme des a*-Wertes zwischen den untersuchten Lagerungstagen der Aufschnittware von $8,77 \pm 0,46$ auf $8,47 \pm 0,40$ erfolgte. Für beide Convenience-Grade konnte eine Zunahme der Gelbfärbung der Charge der Standardmortadella zwischen den untersuchten Lagerungstagen festgestellt werden (S = von $11,96 \pm 0,28$ auf $12,06 \pm 0,28$; A = von $12,15 \pm 0,34$ auf $12,20 \pm 0,37$), wobei nur der Anstieg der b*-Werte von dem dritten auf den siebten Lagerungstag der Stückware statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) war.

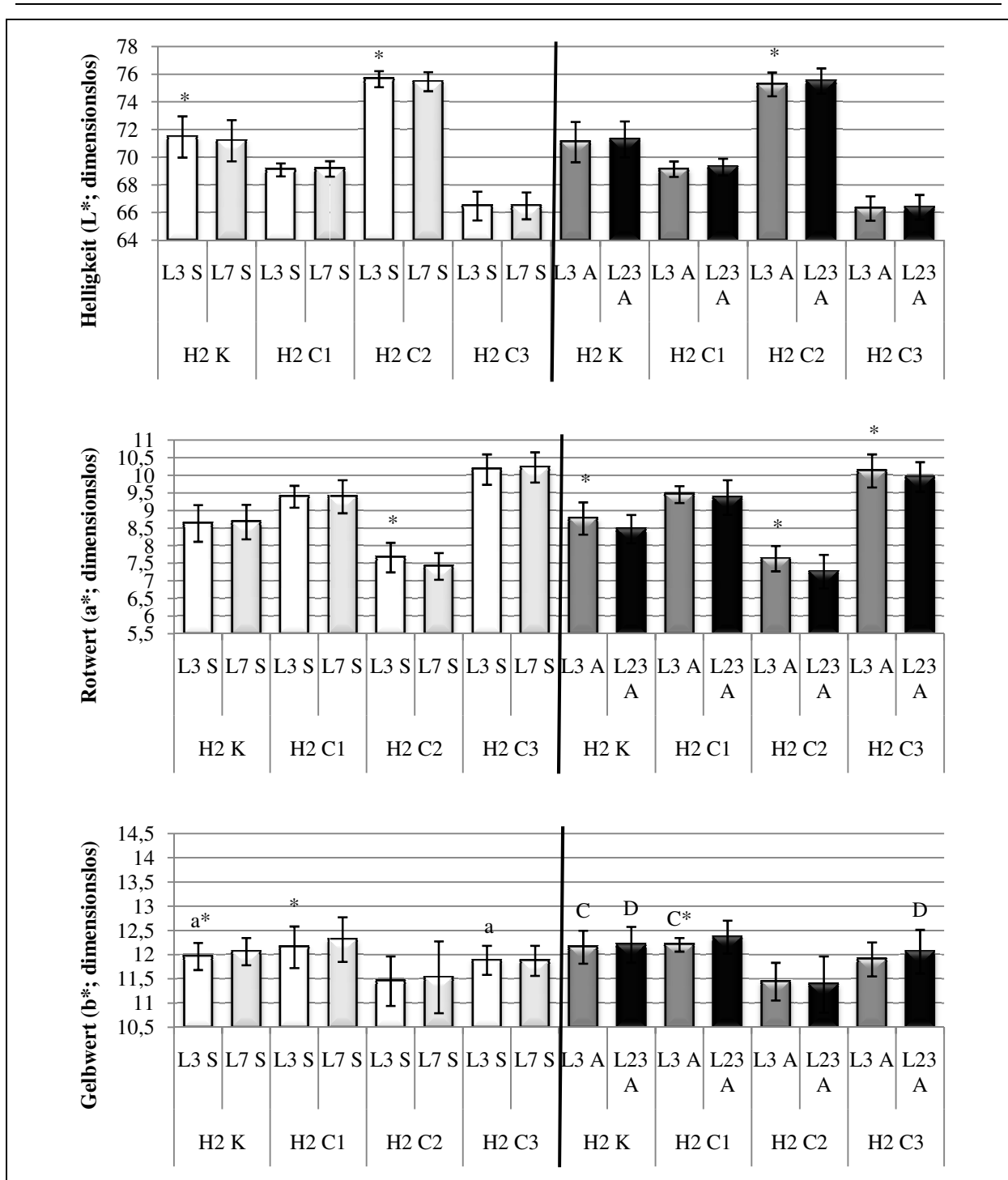


Abbildung 31: L*a*b*-Werte der Brühwurstzeugnisse am dritten und am siebten Lagerungstag für die Stückware sowie am dritten und am 23. Lagerungstag für die Aufschnittware (+7 °C) (n = 3, mit jeweils 15 Messungen). H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H2 C1

An den untersuchten Lagerungstagen der ungleichen Convenience-Grade verfügte die fettreduzierte Brühwurstcharge H2 C1 über einen statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) geringeren Wert der Helligkeit (zwischen $69,08 \pm 0,47$ und $69,29 \pm 0,60$) als die Charge der Standardmortadella, während der Rot-Wert (zwischen $9,37 \pm 0,49$ und $9,45 \pm 0,24$) statistisch signifikant

($p \leq 0,05$) höhere Werte annahm. Zudem war der Gelb-Wert der Stückware an den untersuchten Lagerungstagen ($12,15 \pm 0,43$ und $12,31 \pm 0,46$) und der Aufschnittware am dritten Lagerungstag ($12,36 \pm 0,34$) jeweils statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) größer. Die geringfügige Differenz zwischen dem b^* -Wert der rezepturmodifizierten Mortadellacharge und der Kontrollcharge am dritten Lagerungstag der Aufschnittware war indessen statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Veränderungen der Farbwerte zwischen den untersuchten Lagerungstagen lagen ausschließlich für die Gelb-Werte beider Convenience-Grade vor, wobei diese über die Dauer der Lagerung zunahm (S = von $12,15 \pm 0,43$ auf $12,31 \pm 0,46$; A = von $12,20 \pm 0,14$ auf $12,36 \pm 0,34$).

Fettreduzierte Brühwurstcharge H2 C2

Die Farbwerte der rezepturmodifizierten Mortadellacharge H2 C2 wiesen allesamt und unabhängig von dem Convenience-Grad statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Abweichungen von den Farbwerten der Kontrollcharge auf, wobei die L^* -Werte (zwischen $75,26 \pm 0,86$ und $75,64 \pm 0,58$) höher und die a^* -Werte (zwischen $7,26 \pm 0,48$ und $7,66 \pm 0,42$) sowie die b^* -Werte (zwischen $11,38 \pm 0,58$ und $11,53 \pm 0,75$) geringer waren.

Bei beiden Convenience-Graden der rezepturmodifizierten Brühwurstcharge H2 C2 lagen statistisch signifikante Differenzen ($p \leq 0,05$) bezüglich der Helligkeit und des Rottones zwischen den untersuchten Lagerungstagen vor. Dabei nahm die Helligkeit der Stückware von dem dritten ($75,64 \pm 0,58$) auf den siebten ($75,46 \pm 0,69$) Lagerungstag statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) ab, während zwischen den untersuchten Lagerungstagen der Aufschnittware eine statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Zunahme des L^* -Wertes (von $75,26 \pm 0,86$ auf $75,51 \pm 0,91$) vernommen werden konnte. Für den Rot-Wert der fettreduzierten Mortadellacharge konnte für beide Convenience-Grade eine statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Abnahme (S = von $7,66 \pm 0,42$ auf $7,41 \pm 0,38$; A = von $7,63 \pm 0,36$ auf $7,26 \pm 0,48$) zwischen den untersuchten Lagerungstagen ermittelt werden. Die Veränderungen des b^* -Wertes zwischen den untersuchten Lagerungstagen innerhalb der Convenience-Grade waren minimal und statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Fettreduzierte Brühwurstcharge H2 C3

Im Rahmen der instrumentellen Farbmessung konnten für die fettreduzierte Brühwurstcharge H2 C3, im Vergleich zu der Charge der Standardmortadella, für beide Convenience-Grade ein statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) geringerer L^* -Wert (zwischen $66,29 \pm 0,88$ und $66,48 \pm 0,97$) sowie ein statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) höherer a^* -Wert (zwischen $9,95 \pm 0,42$ und $10,22 \pm$

0,43) ermittelt werden. Der b^* -Wert der Stückware am siebten Lagerungstag ($11,87 \pm 0,31$) und der Aufschnittware am dritten Lagerungstag ($11,90 \pm 0,35$) war jeweils statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) niedriger als bei der Kontrollcharge, während die Differenz zwischen dem Gelb-Wert der rezepturmodifizierten Mortadellacharge und der Kontrollcharge am dritten Lagerungstag der Stückware sowie am 23. Lagerungstag der Aufschnittware statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) war.

Zwischen den untersuchten Lagerungstagen beider Convenience-Grade der fettreduzierten Brühwurstcharge H2 C3 bestanden ausschließlich für den Rot-Wert der Aufschnittware statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Differenzen, wobei dieser zwischen dem dritten und dem 23. Lagerungstag von $10,12 \pm 0,47$ auf $9,95 \pm 0,42$ sank.

4.7.3.1.1 Berechnung des Gesamtfarbabstandes (Δ_{Gesamt})

Der Gesamtfarbabstand (Δ_{Gesamt}) wurde mit der nachstehenden Formel berechnet:

$$\Delta_{\text{Gesamt}} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Die Ergebnisse sind in Säulendiagrammen in der **Abbildung 32** dargestellt. Die Abstandswerte (dimensionslos) der Gesamtfarbe zwischen den untersuchten Lagerungstagen der einzelnen Brühwurstchargen (differenziert nach Convenience-Graden) bzw. zwischen der Kontrollcharge und den fettreduzierten Brühwurstchargen (separat für Lagerungstage und Convenience-Grade) sind auf der Ordinate der Abbildung aufgetragen, während auf der Abszisse die Brühwurstchargen dargestellt sind. Die Einzelwerte der Abbildungen können den **Tabellen 38** und **39** entnommen werden.

Wie in der **Abbildung 32** zu erkennen ist, lagen alle Farbabstände zwischen den untersuchten Lagerungstagen der einzelnen Brühwurstchargen in einem sensorisch nicht wahrnehmbaren Bereich von $\Delta_{\text{Gesamt}} < 1,0$.

Hingegen wird bei der Betrachtung der Farbabstände zwischen den rezepturmodifizierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge deutlich, dass alle Farbabstände zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Charge der Standardmortadella in einem sensorisch wahrnehmbaren Bereich von $\Delta_{\text{Gesamt}} > 1,0$ lagen.

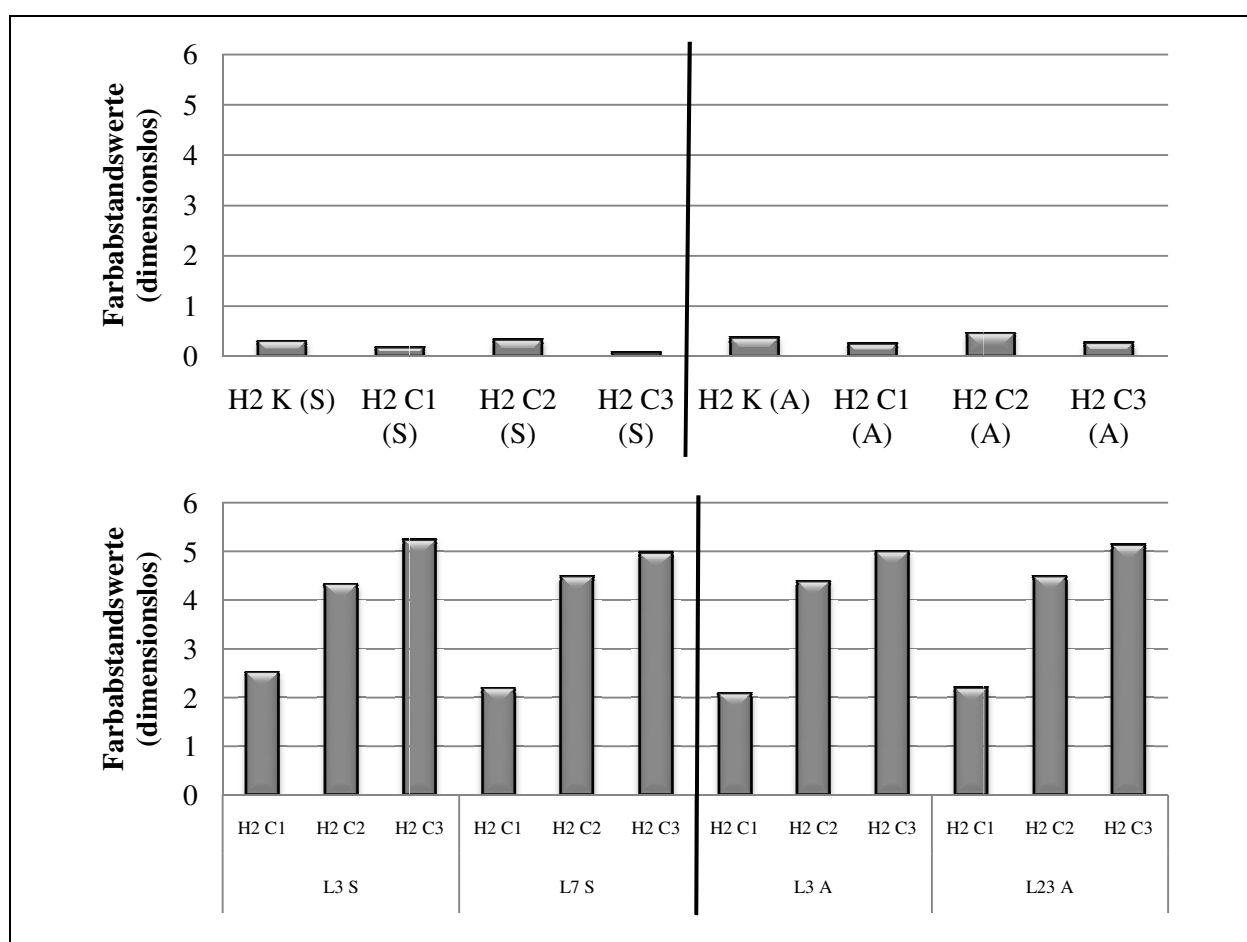


Abbildung 32: Farbabstände (Δ Gesamt) zwischen den untersuchten Lagerungstagen innerhalb der Brühwurstchargen (oben) sowie Farbabstände (Δ Gesamt) zwischen den rezepturmodifizierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge (unten) (jeweils $n = 3$). H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

4.7.3.2 Diskussion

Während die fettreduzierten Brühwurstchargen H2 C1 und H2 C3 im Vergleich zu der Kontrollcharge eine geringere Helligkeit sowie eine intensivere Rotfärbung besaßen, verhielt es sich mit den Mortadellaerzeugnissen der Charge H2 C2 entgegengesetzt. Dabei waren alle Differenzen zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Charge der Standardmortadella statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) (siehe Tab. 37). In zahlreichen Untersuchungen anderer Autoren an fettreduzierten Brühwurstserzeugnissen wurden Ergebnisse erzielt, die denen der fettreduzierten Brühwurstchargen H2 C1 und H2 C3 ähnelten (REAGAN et al. 1983; HAND et al. 1987; MARQUEZ et al. 1989; AHMED et al. 1990; KEETON 1994; MITTAL und BARBUT 1994; CARBALLO et al. 1995; COLMENERO 1996; PANERAS et al. 1996; GRIGELMO-MIGUEL et al. 1999; NOWAK et al. 2007). Auch die Produktaufhellung (HAMMER 1992; BLOUKAS et al. 1997; MUGUERZA et al. 2002; AYDOGDU 2005; MÜNCH et al. 2005) und die abnehmende Intensität der Rotfärbung (HAMMER 1992; AYDOGDU 2005), die die mit Rapsöl hergestellten Brühwurstserzeugnisse der Charge H2 C2

aufwiesen, konnten in Untersuchungen anderer Autoren ermittelt werden, bei denen eine Substitution von tierischem Fettgewebe durch diverse Pflanzenöle erfolgte.

Die dunklere Farbe und die intensivere Rotfärbung der fettreduzierten Mortadellchargen H2 C1 und H2 C3 gegenüber der Charge der Standardmortadella konnten auf die veränderten Rezepturen zurückgeführt werden. Diese umfassten eine Reduktion des Fettgehaltes, eine Erhöhung des Magerfleischanteiles und der Schüttwassermenge sowie den Einsatz des Fettaustauschstoffes Simplese® 100 (siehe Tab. 9). Die Farbgestaltung der Brühwurstzeugnisse wurde vor allem durch die Menge des Magerfleischanteiles und/oder durch das Verhältnis zwischen dem Fettgehalt, der Wassermenge und dem Magerfleischanteil beeinflusst (REAGAN et al. 1983; HAND et al. 1987; CLAUS et al. 1989; AHMED et al. 1990; HAMMER 1992). Mit einem erhöhten Magerfleischanteil ging eine erhöhte Konzentration an Myoglobin einher, wodurch die Produkte ihre dunklere Farbe und intensivere Rotfärbung erhielten (REAGAN et al. 1983; MARQUEZ et al. 1989; KLETTNER und SAKATA 2004). Den Einfluss der Verarbeitung des erhöhten Magerfleischanteiles auf die Farbentwicklung der Brühwurstcharge H2 C1 und H2 C3 belegten auch die Ergebnisse aus den Korrelationsberechnungen. Der Magerfleischanteil wies einen sehr hohen gegenläufigen Zusammenhang ($r = -0,974$) mit dem L*-Wert, eine sehr hohe Korrelation ($r = 0,982$) mit dem a*-Wert und einen geringen gegenläufigen Zusammenhang ($r = -0,317$) mit dem b*-Wert auf. Der Fettaustauschstoff Simplese® 100 und die zusätzlich verarbeitete Schüttwassermenge wiesen bei der instrumentellen Farbmessung der Mortadellchargen H2 C1 und H2 C3 jeweils einen sehr hohen gegenläufigen Zusammenhang ($r = -0,992$) mit dem L*-Wert, eine sehr hohe Korrelation ($r = 0,990$) mit dem a*-Wert und einen geringen gegenläufigen Zusammenhang ($r = -0,401$) mit dem b*-Wert auf. Der Fettgehalt besaß eine sehr hohe Korrelation ($r = 0,990$) mit dem Helligkeitswert, einen sehr hohen gegenläufigen Zusammenhang ($r = -0,989$) mit dem Rot-Wert und eine geringe Korrelation ($r = 0,385$) mit dem Gelb-Wert der Brühwurstchargen H2 C1 und H2 C3. Indessen kam im Rahmen der Farbentwicklung der fettreduzierten Brühwurstcharge H2 C2 vor allem der Substitution des tierischen Fettgewebes durch das Rapsöl ein entscheidender Einfluss zu. Das Rapsöl besaß eine hohe Korrelation ($r = 0,854$) mit dem Helligkeitswert, einen hohen gegenläufigen Zusammenhang ($r = -0,838$) mit dem Rot-Wert und einen geringen gegenläufigen Zusammenhang ($r = -0,284$) mit dem Gelb-Wert. Die Farbveränderungen der Brühwurstcharge H2 C2 können auf eine unterschiedliche Dispergierung des tierischen Fettgewebes bzw. des pflanzlichen Öles im Brät zurück geführt werden, wobei das Licht im Anschnitt der Proben, die mit pflanzlichem Öl hergestellt wurden, stärker gebrochen wurde und ein intensiverer Helligkeitseindruck die Folge war (HAMMER 1992).

Die Farbabstände (Δ Gesamt) zwischen den rezepturmodifizierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge betragen allesamt mehr als $\Delta 1$ (siehe **Tab. 39**). Die Farbunterschiede konnten demzufolge mit dem menschlichen Auge wahrgenommen werden.

Zudem konnten über die Lagerungsdauer eine Vielzahl an statistisch signifikanten Veränderungen ($p \leq 0,05$) der $L^*a^*b^*$ -Werte der Brühwurstchargen ermittelt werden (siehe **Tab. 37**). Die Veränderungen zwischen den einzelnen Lagerungstagen waren jedoch zumeist geringfügig und gingen überwiegend mit einer Zunahme der Helligkeit sowie einer Abnahme der Intensität des Rot- und des Gelb-Wertes der Mortadellprodukte einher. Die instrumentell ermittelten Farbabstände (Δ Gesamt) waren dabei so minimal, dass diese in einem Bereich lagen, der für das menschliche Auge nicht wahrnehmbar war ($< \Delta 1$) (siehe **Tab. 38**).

4.7.4 Physikalische Untersuchung

4.7.4.1 Ergebnisse

In der **Abbildung 33** sind die Ergebnisse der physikalischen Untersuchung (Bestimmung des pH- und a_w -Wertes) der einzelnen Brühwurstchargen der zweiten Hauptversuchsreihe in zwei Säulendiagrammen illustriert ($n = 3$, jeweils Doppelbestimmung). Auf der Abszisse sind die Brühwurstchargen (K = Kontrollcharge; C = fettreduzierte Brühwurstcharge), die Lagerungstage (3; 7; 23) und die Convenience-Grade (S = Stückware; A = Aufschnittware) angegeben, während auf der Ordinate der jeweilige Untersuchungsparameter aufgetragen ist. Die Säulen symbolisieren die Mittelwerte der Messdaten für die einzelnen Chargen, unterteilt in Convenience-Grad und Lagerungstag.

Darüber hinaus kann der **Abbildung** die Standardabweichung der einzelnen Mittelwerte entnommen werden. Die statistisch signifikanten Unterschiede ($p \leq 0,05$) zwischen den untersuchten Lagerungstagen drei (L3 S) und sieben (L7 S) sowie drei (L3 A) und 23 (L23 A) innerhalb einer Brühwurstcharge und eines Convenience-Grades wurden mit einem Sternchen (*) gekennzeichnet. Die Unterschiede zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge wurden, gesondert für die Lagerungstage (3; 7; 23) und die Convenience-Grade (S; A), statistisch auf Signifikanz überprüft. Die rezepturmodifizierten Brühwurstchargen, die den gleichen hochgestellten Buchstaben wie die Kontrollcharge (H2 K L3 S = hochgestelltes a, H2 K L7 S = hochgestelltes b, H2 K L3 A = hochgestelltes C und H2 K L23 A = hochgestelltes D) aufweisen, sind statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) von dieser unterschiedlich.

Die in der **Abbildung 33** dargestellten Ergebnisse mit den jeweiligen Standardabweichungen sind der **Tabelle 37** zu entnehmen, während die Werte für die statistischen Signifikanzen den **Tabellen 50** und **51** zu entnehmen sind.

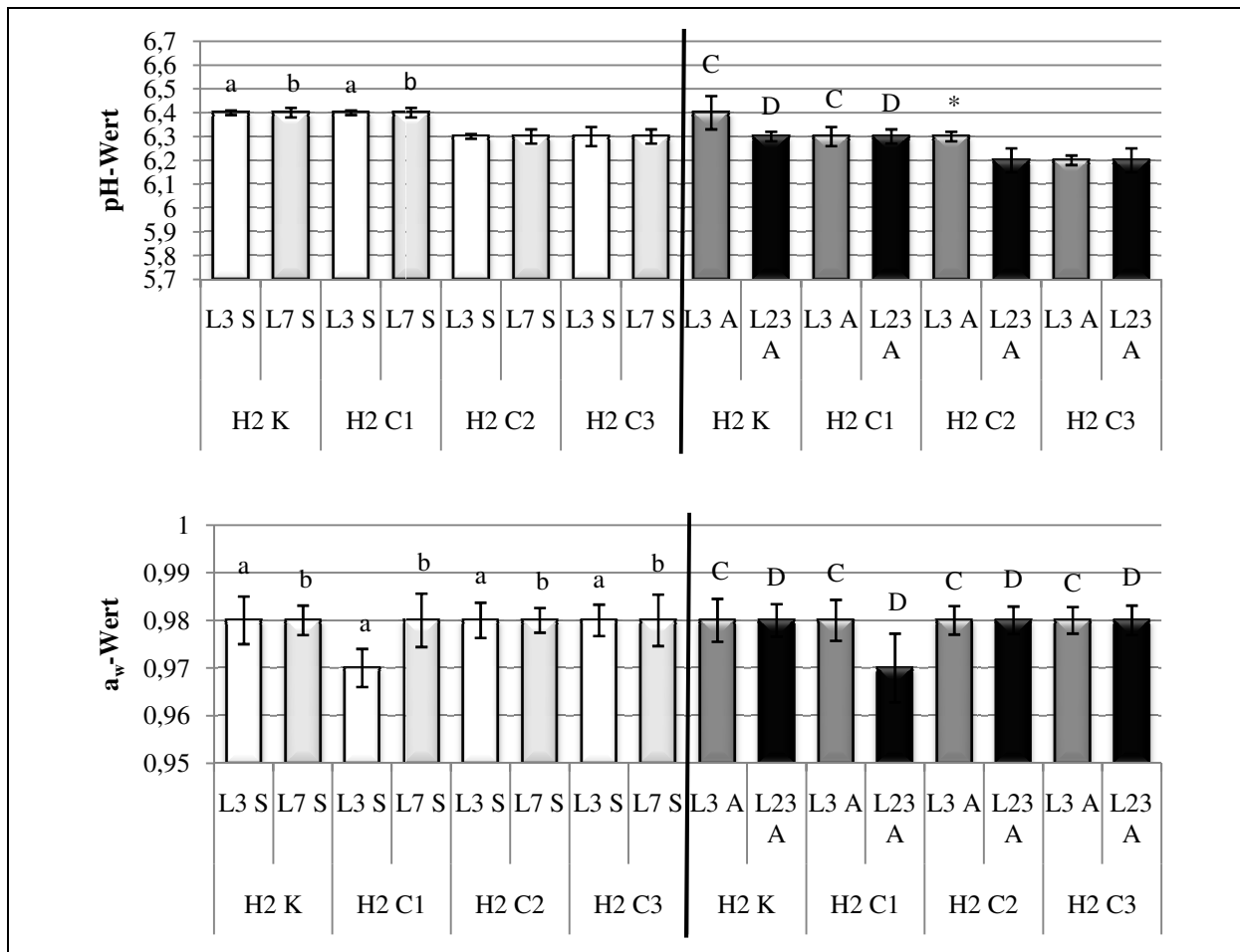


Abbildung 33: pH- und a_w-Werte der Brühwurstherzeugnisse am dritten und am siebten Lagerungstag für die Stückware sowie am dritten und am 23. Lagerungstag für die Aufschnittware (+7 °C) (n = 3, jeweils Doppelbestimmung). H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

Charge der Standardmortadella (Kontrollcharge) H2 K

Der pH-Wert der Stückware der Kontrollcharge war an den untersuchten Lagerungstagen identisch (pH 6,4 ± 0,01 bzw. pH 6,4 ± 0,02). Dahingegen konnte ein geringfügiger und statistisch nicht signifikanter Abfall des pH-Wertes von dem dritten (pH 6,4 ± 0,07) auf den 23. (pH 6,3 ± 0,02) Lagerungstag der Aufschnittware vernommen werden. Die Kontrollcharge besaß sowohl an den untersuchten Lagerungstagen der Stückware als auch an den untersuchten Lagerungstagen der Aufschnittware mit 0,98 einen einheitlichen a_w-Wert, der lediglich unterschiedliche Standardabweichungen aufwies.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H2 C1

Sowohl bei der Stück- als auch bei der Aufschnittware lagen zwischen der fettreduzierten Brühwurstcharge H2 C1 und der Charge der Standardmortadella keine oder nur geringfügige und statistisch nicht signifikante (p > 0,05) Unterschiede im pH- und a_w-Wert vor.

Zudem konnten keine statistisch signifikanten ($p > 0,05$) Abweichungen der physikalischen Untersuchungsparameter zwischen den untersuchten Lagerungstagen des jeweiligen Convenience-Grades ermittelt werden.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H2 C2

Beide Convenience-Grade der rezepturmodifizierten Brühwurstcharge H2 C2 wiesen gegenüber der Kontrollcharge an den jeweils untersuchten Lagerungstagen einen statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) niedrigeren pH-Wert (S = pH $6,3 \pm 0,01$ und pH $6,3 \pm 0,03$; A = pH $6,3 \pm 0,02$ und pH $6,2 \pm 0,05$) auf. Zwischen dem a_w -Wert der fettreduzierten Mortadellcharge und der Kontrollcharge lagen sowohl bei der Stück- als auch bei der Aufschnittware keine statistisch signifikanten ($p > 0,05$) Differenzen vor.

Ebenfalls keine statistisch signifikanten ($p > 0,05$) Veränderungen konnten in Bezug auf die pH- und a_w -Werte zwischen den untersuchten Lagerungstagen beider Convenience-Grade festgestellt werden, mit Ausnahme der statistisch signifikanten ($p \leq 0,05$) Abnahme des pH-Wertes der Aufschnittware von dem dritten (pH $6,3 \pm 0,02$) auf den 23. (pH $6,2 \pm 0,05$) Lagerungstag.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H2 C3

Der pH-Wert der fettreduzierten Brühwurstcharge H2 C3 war im Vergleich zu der Charge der Standardmortadella an den Lagerungstagen drei (pH $6,3 \pm 0,04$) und sieben (pH $6,3 \pm 0,03$) der Stückware sowie an den Lagerungstagen drei (pH $6,2 \pm 0,02$) und 23. (pH $6,2 \pm 0,05$) der Aufschnittware statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) niedriger, während für die a_w -Werte keine statistisch signifikanten ($p > 0,05$) Abweichungen ermittelt werden konnten.

Statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Veränderungen der pH- und a_w -Werte zwischen den untersuchten Lagerungstagen der beiden Convenience-Grade bestanden nicht.

4.7.4.2 Diskussion

Alle Brühwurgerzeugnisse der zweiten Hauptversuchsreihe wiesen einen pH-Wert zwischen pH 6,2 und pH 6,4 auf (**siehe Tab. 37**). Ähnliche pH-Werte wurden auch in anderen Untersuchungen an Brühwurgerzeugnissen ermittelt (BABEL 2001; YOO et al. 2005; NOWAK et al. 2007). Zwischen den pH-Werten der fettreduzierten Mortadellcharge H2 C1 und der Kontrollcharge konnten keine statistisch signifikanten ($p > 0,05$) Unterschiede ermittelt werden, während die rezepturmodifizierten Brühwurstchargen H2 C2 und H2 C3 einen statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) geringfügig niedrigeren pH-Wert als die Charge der Standardmortadella besaßen. Der geringere pH-Wert der Mortadellaerzeugnisse ist mit deren Zusammensetzung zu erklären, da die einzelnen am Fettaustausch beteiligten Bestandteile unterschiedliche pH-

Werte aufwiesen. Während der Rückenspeck vom Schwein einen pH-Wert von etwa pH 7,1 besaß, lag der pH-Wert von magerem Rindfleisch bei etwa pH 6,1 und von magerem Schweinefleisch bei etwa pH 6,2 (PANERAS et al. 1996). Der pH-Wert von Simplese[®] 100 betrug zwischen pH 6,0 und pH 6,5 (LIESKE und KONRAD 1993). Demzufolge stand ein Austausch des Fettanteiles mit Simplese[®] 100 und Magerfleisch in Verbindung mit einer pH-Wert-Reduktion des Produktes. Den Korrelationsberechnungen zufolge besaß der pH-Wert einen mittleren gegenläufigen Zusammenhang mit dem verarbeiteten Magerfleischanteil ($r = -0,664$) und dem Gehalt an Simplese[®] 100 ($r = -0,634$) sowie eine mittlere Korrelation ($r = 0,663$) mit dem verarbeiteten Fettgewebe bzw. Rapsöl.

Über die Dauer der Lagerung konnten größtenteils keine statistisch signifikanten ($p > 0,05$) Abweichungen der pH-Werte ermittelt werden (siehe **Tab. 37**).

Bei Betrachtung der **Tabelle 37** wird deutlich, dass der pH-Wert-Bereich der Aufschnittware zwischen pH 6,2 und pH 6,4 lag, während sich die pH-Werte der Stückware zwischen pH 6,3 und pH 6,4 bewegten. Die niedrigeren pH-Werte der Aufschnittware waren durch die Löslichkeit des Kohlendioxidanteils (30 %) des im Kopfraum der MAP-Verpackungen befindlichen Gasgemisches begründet (EKLUND und JARMUND 1983; FARBER 1990).

Statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Auswirkungen der einzelnen Rezepturmodifikationen auf den a_w -Wert der fettreduzierten Brühwurstzeugnisse konnten nicht ermittelt werden. Auch die Dauer der Lagerung hatte bei beiden Convenience-Graden keinen statistisch signifikanten ($p > 0,05$) Einfluss auf die Wasseraktivität der Produkte (siehe **Tab. 37**).

4.7.5 Chemische Analyse

Die chemische Analytik wurde einmalig und ausschließlich für die Stückware der Brühwurstchargen im Lagerungszeitraum von sieben Tagen durchgeführt, da keine nennenswerten Veränderungen der chemischen Zusammensetzung über die Lagerungsdauer bzw. zwischen den unterschiedlichen Convenience-Graden zu erwarten waren.

4.7.5.1 Chemische Vollanalyse

4.7.5.1.1 Ergebnisse

In der **Abbildung 34** sind die Ergebnisse der chemischen Vollanalyse für die fettreduzierten Brühwurstchargen der zweiten Hauptversuchsreihe in Kreisdiagrammen abgebildet ($n = 3$, jeweils Doppelbestimmung).

Die dargestellten Werte geben die chemische Zusammensetzung der jeweiligen Brühwurstcharge in Prozent wieder. Die Analysensumme setzt sich aus den Einzelsummen der Komponenten zusammen und ist der **Tabelle 40** zu entnehmen.

Die Standardabweichungen und die statistischen Signifikanzen der in **Abbildung 34** angegebenen Werte sind in der **Tabelle 40** dargestellt, wobei die exakten Werte für die statistischen Signifikanzen der **Tabellen 51** zu entnehmen sind.

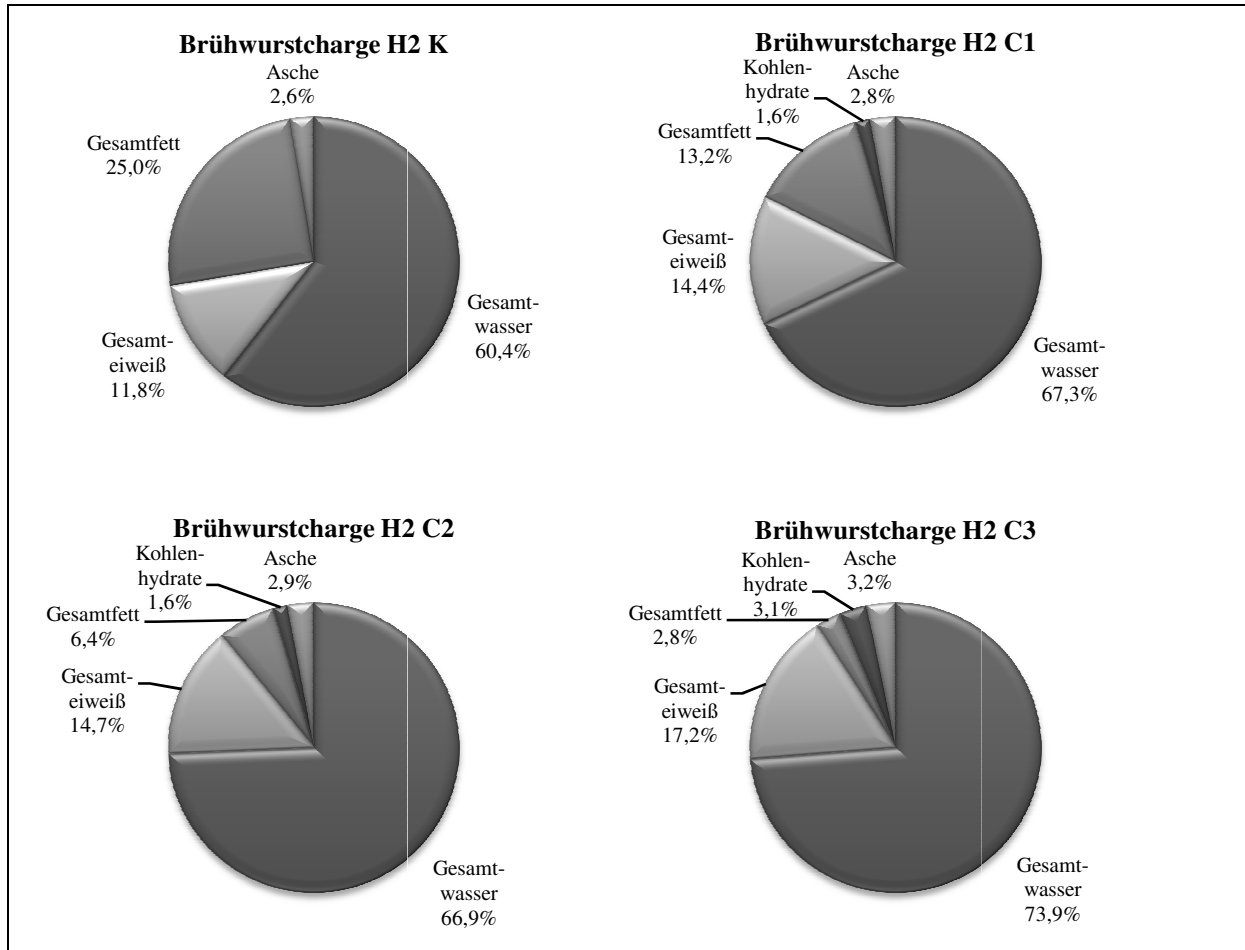


Abbildung 34: Chemische Zusammensetzung (%) der einzelnen Brühwurstchargen. Ergebnisse der chemischen Vollanalyse (n = 3, mit Doppelbestimmung). H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge.

Charge der Standardmortadella (Kontrollcharge) H2 K

Die chemische Vollanalyse der Charge der Standardmortadella H2 K ergab eine Analysensumme von 99,8 %. Diese setzte sich aus $60,4 \pm 0,71$ % Gesamtwasser, $11,8 \pm 0,15$ % Gesamteiweiß, $25,0 \pm 0,46$ % Gesamtfett und $2,6 \pm 0,10$ % Asche zusammen. Aufgrund der nicht erfolgten Zugabe des Fettaustauschstoffes Simplesse® 100 wurde die Analysensumme der Kontrollcharge mit einem Gehalt an Kohlenhydraten von 0 % berechnet.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H2 C1

Verglichen mit der Kontrollcharge wies die fettreduzierte Brühwurstcharge H2 C1 einen höheren Gehalt an Gesamtwasser ($67,3 \pm 0,35$ %), Gesamteiweiß ($14,4 \pm 0,10$ %), Kohlenhydraten (1,6 %) und Asche ($2,8 \pm 0,06$ %) auf, während der Fettgehalt mit $13,2 \pm 0,70$ % niedriger war. Alle Differenzen der genannten chemischen Komponenten zwischen der fettreduzierten

Brühwurstcharge H2 C1 und der Kontrollcharge waren statistisch signifikant ($p \leq 0,05$), mit Ausnahme der Differenz zwischen der Kohlenhydratmenge, da diese rechnerisch aus der Zugabemenge an Simplesse® 100 bestimmt wurde und aus diesem Grund keine Berechnung der statistischen Signifikanz erfolgte. Aus den genannten Werten ergab sich eine Analysensumme für die fettreduzierte Brühwurstcharge H2 C1 von 99,3 %.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H2 C2

Mit Ausnahme eines statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) geringeren Gesamtfettgehaltes ($6,4 \pm 0,00$ %) waren alle anderen Komponenten, die im Rahmen der chemischen Vollanalyse der fettreduzierten Brühwurstcharge H2 C2 zu der Analysensumme von 92,5 % beitrugen, im Vergleich zu der Charge der Standardmortadella als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) höher zu beurteilen (Gesamtwasser = $66,9 \pm 0,49$ %; Gesamteiweiß = $14,7 \pm 0,32$ %; Asche = $2,9 \pm 0,06$ %). Der aus der Zugabemenge des Fettaustauschstoffes Simplesse® 100 errechnete Kohlenhydratgehalt der Brühwurstzeugnisse betrug 1,6 %.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H2 C3

Die rezepturmodifizierte Mortadellacharge H2 C3 wies gegenüber der Kontrollcharge einen statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) höheren Gehalt an Gesamtwasser ($73,9 \pm 0,38$ %), Gesamteiweiß ($17,2 \pm 0,46$ %) und Asche ($3,2 \pm 0,06$ %) auf. Dagegen konnte ein statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) geringerer Gesamtfettgehalt ($2,8 \pm 0,17$) ermittelt werden. Aus diesen Summen und dem aus der Zugabemenge des Fettaustauschstoffes Simplesse® 100 rechnerisch bestimmten Kohlenhydratgehalt (3,1 %) ergab sich eine Analysensumme für die fettreduzierte Brühwurstcharge H2 C3 von 100,2 %.

4.7.5.1.2 Diskussion

Aufgrund der verschiedenartigen Rezepturveränderungen (**siehe Tab. 9**) konnten Abweichungen in der chemischen Zusammensetzung der fettreduzierten Brühwurstchargen gegenüber der Charge der Standardmortadella ermittelt werden (**siehe Tab. 40**).

Die fettreduzierten Mortadellachargen wiesen infolge der Verarbeitung einer erhöhten Eiswassermenge statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) größere Gesamtwassermengen als die Kontrollcharge auf. Dabei lag die Gesamtwassermenge (66,9 % - 73,9 %) der fettreduzierten Brühwurstchargen über den Werten, die in der Literatur für konventionell produzierte Brühwurstzeugnisse (Fettgehalt > 20 %) (40 bis 60 %) angegeben werden (CLAUS et al. 1989; CLAUS et al. 1990; MITTAL und BARBUT 1994; COLMENERO et al. 1997; NOVELLI et al. 1998; BABEL 2001; CÁCERES et al. 2004; NOWAK et al. 2007). Allerdings bewegten sich die Gesamtwassergehalte der fettreduzierten Brühwurstchargen durchaus in einem Rah-

men, wie er für fettreduzierte Brühwurstzeugnisse üblich ist (CLAUS et al. 1989; SOLHEIM 1992; COLMENERO et al. 1997). Zudem war der Gesamteiweißgehalt der rezepturmodifizierten Mortadellachargen gegenüber der Kontrollcharge statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) erhöht, was auf die Zugabe von Simplesse® 100 und einer erhöhten Magerfleischmenge im Rahmen des Fettaustausches zurückgeführt werden kann. Der Proteingehalt des Fettaustauschstoffes liegt laut Herstellerangaben bei 53 % (CP KELCO 2006), während der Proteingehalt von Schweinefleisch 20 % und von Rindfleisch 19,7 % beträgt (SEUß-BAUM 2007). Der Rückenspeck vom Schwein weist dagegen einen Eiweißgehalt von 2,9 % auf (SEUß-BAUM 2007). Der Gesamteiweißgehalt der einzelnen rezepturmodifizierten Mortadellachargen (14,4 % - 17,2 %) konnte als erhöht eingestuft werden, da in der Literatur für die meisten konventionellen und/oder fettreduzierten Brühwurstzeugnisse ein Wert von 10 bis 15 % für den Gesamteiweißanteil angegeben wird (CLAUS et al. 1989; CLAUS et al. 1990; SOLHEIM 1992; MITTAL und BARBUT 1994; COLMENERO et al. 1997; BABEL 2001; CÁCERES et al. 2004; HONIKEL 2005; NOWAK et al. 2007). Die Menge an Kohlenhydraten (1,6 – 3,1 %) der fettreduzierten Brühwurstchargen wurde rechnerisch anhand der Zugabemenge des Simplesse® 100 (36 % Laktose) bestimmt und lag über dem Anteil, der üblicherweise in Fleisch und Fleischerzeugnissen enthalten ist (etwa 0,2 %) (SEUß-BAUM 2007). Die fettreduzierten Mortadellachargen wiesen einen statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) höheren Aschegehalt als die Kontrollcharge auf. Der erhöhte Aschegehalt (2,8 % – 3,2 %) der rezepturmodifizierten Brühwurstchargen kann vor allem auf die Zugabe von Simplesse® 100 (5,4 % – 5,5 % Asche) zurückzuführen werden (LIESKE und KONRAD 1993; CLARK 1998), lag aber in einem Bereich, wie er für Brühwurstzeugnisse durchaus üblich ist (MITTAL und BARBUT 1994; COLMENERO 1997; NOVELLI 1998). Bedingt durch den Fettaustausch war der Gesamtfettgehalt der rezepturmodifizierten Mortadellaerzeugnisse statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) deutlich geringer (13,2 % - 2,8 %) als bei der Kontrollcharge. Damit lagen die fettreduzierten Brühwurstchargen zum Teil erheblich unter den Werten des Fettgehaltes, den fein zerkleinerte Brühwurstzeugnisse üblicherweise aufweisen (20 – 30 %) (CLAUS et al. 1989; CLAUS et al. 1990; MITTAL und BARBUT 1994; COLMENERO et al. 1997; NOVELLI et al. 1998; BABEL 2001; CÁCERES et al. 2004; HONIKEL 2005; NOWAK et al. 2007).

4.7.5.2 Weitere Ergebnisse der chemischen Analyse

In der **Tabelle 41** sind die weiteren Ergebnisse der chemischen Analyse der einzelnen Brühwurstchargen der zweiten Hauptversuchsreihe dargestellt. Diese umfassen die Werte für die Trockensubstanz, das Hydroxyprolin, die Nichtprotein-Stickstoffsubstanz, das organische

Nichtfett, das Fleischeiweiß, das Bindegewebeiseiweiß, das bindegewebeiseiweißfreie Fleischeiweiß, das bindegewebeiseiweißfreie Fleischeiweiß im Fleischeiweiß, das Eigen- und Fremdwasser sowie für das Fremdeiweiß ($n = 3$, jeweils Doppelbestimmung).

Im Folgenden werden die ermittelten Werte für das bindegewebeiseiweißfreie Fleischeiweiß und das bindegewebeiseiweißfreie Fleischeiweiß im Fleischeiweiß dargestellt.

Charge der Standardmortadella (Kontrollcharge) H2 K

Im Rahmen der chemischen Analytik der zweiten Hauptversuchsreihe wurden für die Charge der Standardmortadella H2 K rechnerisch ein Gehalt an bindegewebeiseiweißfreiem Fleischeiweiß von 9,2 % und an bindegewebeiseiweißfreiem Fleischeiweiß im Fleischeiweiß von 83,6 % ermittelt.

Fettreduzierte Brühwurstchargen der zweiten Hauptversuchsreihe (H2 C1 – H2 C3)

Das bindegewebeiseiweißfreie Fleischeiweiß und das bindegewebeiseiweißfreie Fleischeiweiß im Fleischeiweiß der fettreduzierten Brühwurstchargen H2 C1 – H2 C3 zeigten veränderte Werte gegenüber der Kontrollcharge H2 K auf. Dabei betrug die Menge an bindegewebeiseiweißfreiem Fleischeiweiß aller rezepturmodifizierten Brühwurstchargen mehr als 8 % (zwischen 9,6 % und 10,3 %) und an bindegewebeiseiweißfreiem Fleischeiweiß im Fleischeiweiß mehr als 75 % (zwischen 87,3 % und 93,6 %) (**siehe Tab. 41**). Die lebensmittelrechtlichen Konsequenzen, die sich aus diesen Werten ergaben, sind dem **Kapitel 4.7.9** zu entnehmen.

4.7.6 Berechnung des Energiegehaltes

4.7.6.1 Ergebnisse

In der **Abbildung 35** werden der Energiegehalt sowie die Reduktion des Energie- und Fettgehaltes der Brühwurstchargen der zweiten Hauptversuchsreihe in einem Liniendiagramm dargestellt. Die einzelnen Berechnungen basieren dabei auf den Ergebnissen der chemischen Vollanalyse ($n = 3$, jeweils Doppelbestimmung). Die Werte für die Energie- und Fettreduktion der einzelnen fettreduzierten Brühwurstchargen beziehen sich auf den Energiewert (272 kcal/100 g) und den Gesamtfettgehalt ($25,0 \pm 0,46$ %) der Charge der Standardmortadella H2 K.

Fettreduzierte Brühwurstchargen der zweiten Hauptversuchsreihe (H2 C1 – H2 C3)

Der Energiegehalt der fettreduzierten Brühwurstchargen (H2 C1 = 183 kcal/100 g; H2 C2 = 123 kcal/100 g; H2 C3 = 106 kcal/100 g bis) war geringer als der Energiewert der Kontrollcharge. Damit verbunden nahmen die Werte für die Energiereduktion der rezepturmodifizierten Mortadellachargen gegenüber der Charge der Standardmortadella beträchtliche Werte an

(H2 C1 = 32,7 %; H2 C2 = 54,8 %; H2 C3 = 61,0 %). Ebenfalls lag eine deutliche Reduktion des Fettgehaltes zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen gegenüber der Kontrollcharge dieser Hauptversuchsreihe vor (H2 C1 = 47,2 %; H2 C2 = 74,4 %; H2 C3 = 88,8 %).

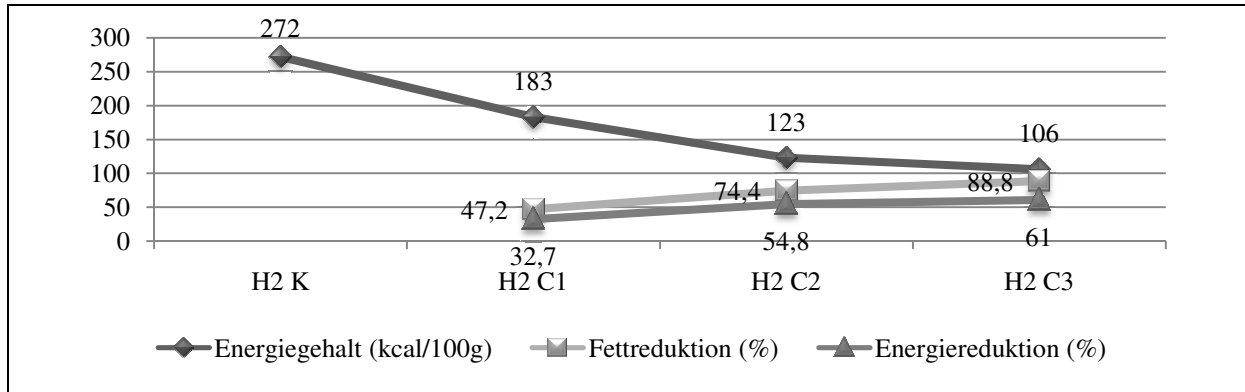


Abbildung 35: Energiegehalt (kcal/100 g) sowie Fett- und Energiereduktion (%) der einzelnen Brühwurstchargen. H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; kcal = Kilokalorien.

4.7.6.2 Diskussion

Die Energiereduktion der fettreduzierten Mortadellchargen der zweiten Hauptversuchsreihe betrug zwischen 32,7 und 61,0 %. Die fettreduzierte Mortadellcharge H2 C3 wies mit 88,8 % von allen rezepturmodifizierten Brühwurstherzeugnissen dieser Hauptversuchsreihe die größte Fettreduktion und mit 61,0 % die größte Energiereduktion gegenüber der Kontrollcharge auf und besaß mit 106 kcal/ 100 g den geringsten Energiegehalt (siehe Tab. 40). Die im Rahmen der sensorischen Profilprüfung als qualitativ akzeptabel bewertete Brühwurstcharge H2 C1 wies dagegen eine Energiereduktion von 32,7 % auf.

Der Fettgehalt der rezepturmodifizierten Mortadellchargen wurde durch Simplese® 100, einer erhöhten Schüttwassermenge und einem gesteigerten Magerfleischanteil ausgetauscht (siehe Tab. 9). Die zum Fettaustausch eingesetzten Rezepturbestandteile besaßen allesamt einen geringeren Brennwert als das Fettgewebe bzw. als das Rapsöl. Simplese® 100 stellt zwar kein akalisches Produkt dar, wies aber mit 3,8 kcal/g einen deutlich geringeren physiologischen Energiegehalt als das Fettgewebe auf (LUCCA und TEPPER 1994). Mit der Verarbeitung einer erhöhten Fremdwassermenge im direkten Austausch gegen das Fettgewebe konnte eine weitere Reduktion des Energiegehaltes erzielt werden, da Wasser keinen Beitrag zum Energiebetrag leistet. Ebenfalls zu einer Kalorienreduktion führte die Verarbeitung des Magerfleisches anstelle des Fettgewebes.

4.7.7 Mikrobiologische Untersuchung

4.7.7.1 Ergebnisse

In **Abbildung 36** werden die Ergebnisse der Bestimmung der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl der zweiten Hauptversuchsreihe dargestellt ($n = 3$, jeweils Doppelbestimmung). Auf der Abszisse sind die Brühwurstchargen (K = Kontrollcharge; C = fettreduzierte Brühwurstcharge), die Lagerungstage (3; 7; 23) und die Convenience-Grade (S = Stückware; A = Aufschnittware) angegeben, während auf der Ordinate der Logarithmus (lg) der koloniebildenden Einheiten pro Gramm (KbE/g) der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl aufgetragen ist. Die Säulen symbolisieren die Mittelwerte der Messdaten der einzelnen Brühwurstchargen, unterteilt in Convenience-Grad und Lagerungstag.

Darüber hinaus kann der Abbildung die Standardabweichung der einzelnen Mittelwerte entnommen werden. Die statistisch signifikanten Unterschiede ($p \leq 0,05$) zwischen den untersuchten Lagerungstagen drei (L3 S) und sieben (L7 S) sowie drei (L3 A) und 23 (L23 A) innerhalb einer Brühwurstcharge und eines Convenience-Grades wurden mit einem Sternchen (*) gekennzeichnet. Die Unterschiede zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge wurden, gesondert für die Lagerungstage (3; 7; 23) und die Convenience-Grade (S; A), statistisch auf Signifikanz überprüft. Die rezepturmodifizierten Brühwurstchargen, die den gleichen hochgestellten Buchstaben wie die Kontrollcharge (H2 K L3 S = hochgestelltes a, H2 K L7 S = hochgestelltes b, H2 K L3 A = hochgestelltes C und H2 K L23 A = hochgestelltes D) aufweisen, sind statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) von dieser unterschiedlich.

Die in der **Abbildung 36** dargestellten Ergebnisse mit den jeweiligen Standardabweichungen sind der **Tabelle 42** zu entnehmen, während die Werte für die statistischen Signifikanzen den **Tabellen 50** und **51** zu entnehmen sind

Charge der Standardmortadella (Kontrollcharge) H2 K

Die Stückware der Charge der Standardmortadella wies eine aerobe mesophile Gesamtkeimzahl von $9,1 \cdot 10^3 \pm 6,4 \cdot 10^3$ KbE/g ($3,96 \pm 3,81$ lg KbE/g) am dritten Lagerungstag und von $2,5 \cdot 10^3 \pm 1,8 \cdot 10^3$ KbE/g ($3,40 \pm 3,26$ lg KbE/g) am siebten Lagerungstag auf, während die Aufschnittware eine aerobe mesophile Gesamtkeimzahl von $9,5 \cdot 10^4 \pm 2,2 \cdot 10^4$ KbE/g ($4,98 \pm 4,34$ lg KbE/g) am dritten Lagerungstag und von $4,2 \cdot 10^6 \pm 6,6 \cdot 10^6$ KbE/g ($6,63 \pm 6,82$ lg KbE/g) am 23. Lagerungstag besaß. Die Differenzen in der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl zwischen den untersuchten Lagerungstagen der beiden Convenience-Grade waren statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Sowohl bei der Stück- als auch bei der Aufschnittware konnten für die Kontrollcharge keine koloniebildenden Einheiten für die *Enterobacteriaceae*, die aerob wachsenden Milchsäurebakterien sowie die Hefen und Schimmelpilze festgestellt werden. Das Ergebnis lautete somit in Anlehnung an die entsprechenden Methoden der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren für Fleisch und Fleischerzeugnisse (§ 64 LFGB) „weniger als $1,0 \cdot 10^2$ KbE/g“.

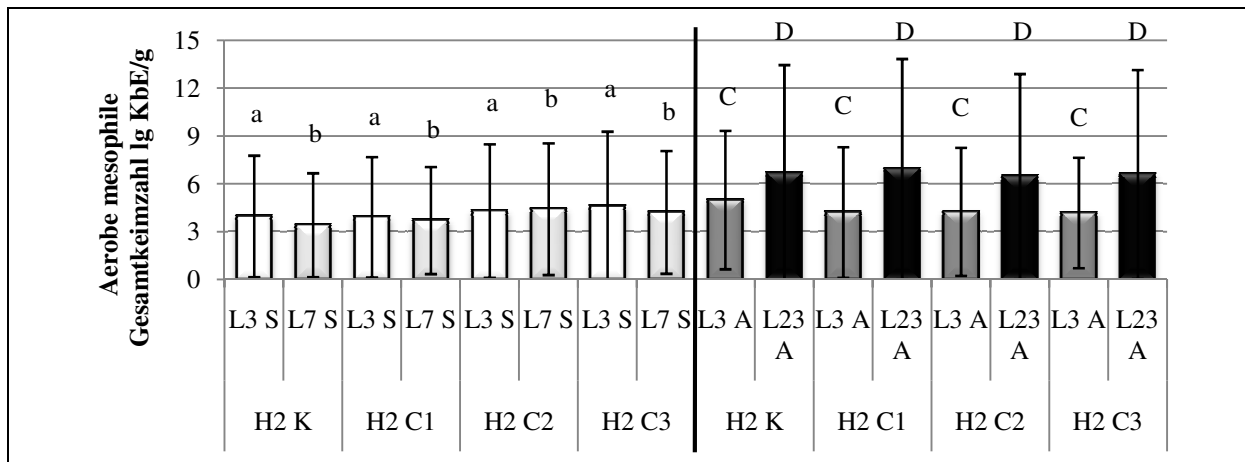


Abbildung 36: Aerobe mesophile Gesamtkeimzahl der Brühwursterzeugnisse am dritten und am siebten Lagerungstag der Stückware sowie am dritten und am 23. Lagerungstag der Aufschnittware (+7 °C) (n = 3, jeweils Doppelbestimmung). KbE/g = Kolonie bildende Einheiten pro Gramm; H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

Fettreduzierte Brühwurstchargen der zweiten Hauptversuchsreihe (H2 C1 – H2 C3)

Im Rahmen der mikrobiologischen Untersuchung der zweiten Hauptversuchsreihe konnten nur geringfügige und statistisch nicht signifikante ($p > 0,05$) Unterschiede für die aerobe mesophile Gesamtkeimzahl zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen (H2 C1 – H2 C3) und der Kontrollcharge bestimmt werden.

Abweichungen der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl zwischen den untersuchten Lagerungstagen der beiden Convenience-Grade der rezepturmodifizierten Mortadellchargen waren, trotz der in der **Abbildung 36** deutlich sichtbaren Abweichungen, statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Mit Ausnahme der Aufschnittware der rezepturmodifizierten Mortadellchargen H2 C1 am 23. Lagerungstag (aerob wachsende Milchsäurebakterien: $5,9 \cdot 10^2 \pm 2,6 \cdot 10^2$ KbE/g) sowie der unter Schutzgasatmosphäre verpackten Brühwurstcharge H2 C2, ebenfalls am 23. Lagerungstag (Hefen und Schimmelpilze: $2,5 \cdot 10^2 \pm 2,3 \cdot 10^2$ KbE/g), konnten für alle fettreduzierten Brühwurstchargen an den untersuchten Lagerungstagen beider Convenience-Grade keine koloniebildenden Einheiten an aerob wachsenden Milchsäurebakterien, *Enterobacteriaceae* oder an Hefen und Schimmelpilzen nachgewiesen werden. Das Ergebnis lautete infolge-

dessen in Anlehnung an die entsprechenden Methoden der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren für Fleisch und Fleischerzeugnisse (§ 64 LFGB) „weniger als $1,0 \cdot 10^2$ KbE/g“.

4.7.7.2 Diskussion

Zwischen den rezepturmodifizierten Mortadellchargen und der Kontrollcharge lagen nur geringfügige und statistisch nicht signifikante ($p > 0,05$) Abweichungen in der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl vor (**siehe Tab. 42**). Der Keimgehalt an *Enterobacteriaceae*, aerob wachsenden Milchsäurebakterien sowie Hefen und Schimmelpilzen betrug bei allen Mortadellchargen und zu jedem Untersuchungszeitpunkt jeweils weniger als $1,0 \cdot 10^2$ KbE/g, mit Ausnahme des Keimgehaltes an aerob wachsenden Milchsäurebakterien am 23. Lagerungstag der Aufschnittware der Charge H2 C1 sowie des Keimgehaltes an Hefen und Schimmelpilzen am 23. Lagerungstag der unter Schutzgasatmosphäre gelagerten Mortadellcharge H2 C2, die jeweils geringfügig über dem Wert von $1,0 \cdot 10^2$ KbE/g lagen.

Eine Verkaufsgrenze für konventionell hergestellte Brühwurstzeugnissen nach Art einer Mortadella (Aufschnittware) wurde bei einer aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl von $5 \cdot 10^6$ KbE/g (DYKES et al. 1996; DGHM 2010) festgelegt. Dieser Wert ist rechtlich nicht bindend, gibt aber Anhaltspunkte hinsichtlich der Zuordnung zu den allgemeinen rechtlichen Anforderungen. Von den Brühwurstchargen der zweiten Hauptversuchsreihe überschritt nur die Charge H2 C1 am 23. Lagerungstag mit einer aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl von $8,6 \cdot 10^6$ diesen Richtwert. Die von der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie aufgestellten Richtwerte für die *Enterobacteriaceae*, aerob wachsenden Milchsäurebakterien sowie Hefen und Schimmelpilze (**siehe Tab. 4**) wurden von allen Brühwurstprodukten deutlich unterschritten.

Die mikrobiologische Untersuchung ergab, dass für die Stückware allesamt eine Haltbarkeit von mindestens sieben Lagerungstagen und für die Aufschnittware eine Haltbarkeit von mindestens 23 Tagen, mit Ausnahme der Charge H2 C1, erzielt werden konnte.

Der statistisch nicht signifikante ($p > 0,05$) aber dennoch deutliche Anstieg um mehrere log-Stufen der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl von dem dritten auf den 23. Lagerungstag der Aufschnittware (**siehe Tab. 42**) lässt sich in erster Linie auf den Convenience-Grad zurückführen. Durch die Veränderung der Gaszusammensetzung, die über die Lagerungsdauer in Form einer Zunahme des Sauerstoffanteiles und einer Abnahme des Kohlendioxidgehaltes im Kopfraum der MAP-Verpackungen erfolgte (**siehe Tab. 42**), ist der Anstieg der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl zwischen den untersuchten Lagerungstagen zu erklären. Die Korrelationsberechnungen ergaben, dass zwischen dem Kohlendioxidgehalt und der aeroben

mesophilen Gesamtkeimzahl ein mittlerer gegenläufiger Zusammenhang ($r = -0,682$) sowie zwischen der Menge an Sauerstoff und der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl eine sehr hohe Korrelation ($r = 0,915$) bestand. Generell hat Sauerstoff einen fördernden Effekt auf das Wachstum der aeroben Keimflora (FARBER 1990), während sich der mit dem Wachstum der Mikroflora in Verbindung stehende Verderb durch die Verwendung einer mit Kohlendioxid angereicherten Atmosphäre verzögern lässt (STANBRIDGE und DAVIS 1998).

Von besonderem Interesse war die mikrobiologische Qualität der fettreduzierten Brühwurstchargen, da diese, vor allem bedingt durch die Verarbeitung erhöhter Wassermengen, unter dem Verdacht standen, gegenüber der Charge der Standardmortadella eine verkürzte Haltbarkeitsdauer aufzuweisen (BRADFORD et al. 1993; KEETON 1994; JIMÉNEZ COLMENERO 2000; BABEL 2001). Aufgrund der nur geringfügigen und statistisch nicht signifikanten ($p > 0,05$) Abweichungen in den aeroben mesophilen Gesamtkeimzahlen zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Charge der Standardmortadella kann ein Einfluss der unterschiedlichen Rezepturen auf die Haltbarkeit der fettreduzierten Mortadellachargen allerdings verworfen werden. Dies belegen auch die Ergebnisse aus den Korrelationsberechnungen. Die aerobe mesophile Gesamtkeimzahl weist eine sehr geringe Korrelation mit der verarbeiteten Eiswassermenge ($r = 0,150$) und einen sehr geringen gegenläufigen Zusammenhang mit dem eingesetzten Fettgehalt ($r = 0,128$) auf.

4.7.8 Bestimmung des Restgasgehaltes

4.7.8.1 Ergebnisse

In der folgenden Abbildung sind die Restgasgehalte an Sauerstoff und an Kohlendioxid im Kopfraum der MAP-Verpackungen der einzelnen Brühwurstchargen der zweiten Hauptversuchsreihe in zwei Säulendiagrammen veranschaulicht ($n = 3$, jeweils Doppelbestimmung). Auf der Abszisse sind die Brühwurstchargen (K = Kontrollcharge, C = fettreduzierte Brühwurstcharge), die Lagerungstage (3 und 23) und der Convenience-Grad (A = Aufschnittware) angegeben, während auf der Ordinate der jeweilige prozentuale Restgasgehalt (Vol.-%) aufgetragen ist. Die Säulen symbolisieren die Mittelwerte der Messdaten für die einzelnen Brühwurstchargen am jeweiligen Lagerungstag. Darüber hinaus kann der Abbildung die Standardabweichung der einzelnen Mittelwerte entnommen werden. Die statistisch signifikanten Unterschiede ($p \leq 0,05$) zwischen den untersuchten Lagerungstagen drei (L3 A) und 23 (L23 A) innerhalb einer Brühwurstcharge wurden mit einem Sternchen (*) gekennzeichnet. Die Unterschiede zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge wurden, gesondert für die Lagerungstage (3 und 23), statistisch auf Signifikanz überprüft. Die rezepturmodifizierten Brühwurstchargen, die den gleichen hochgestellten Buchstaben wie die Kont-

rollcharge (H2 K L3 A = hochgestelltes C und H2 K L23 A = hochgestelltes D) aufweisen, sind statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) von dieser unterschiedlich.

Die in der **Abbildung 37** dargestellten Ergebnisse mit den jeweiligen Standardabweichungen sind der **Tabelle 42** zu entnehmen, während die Werte für die statistischen Signifikanzen den **Tabellen 50** und **51** zu entnehmen sind.

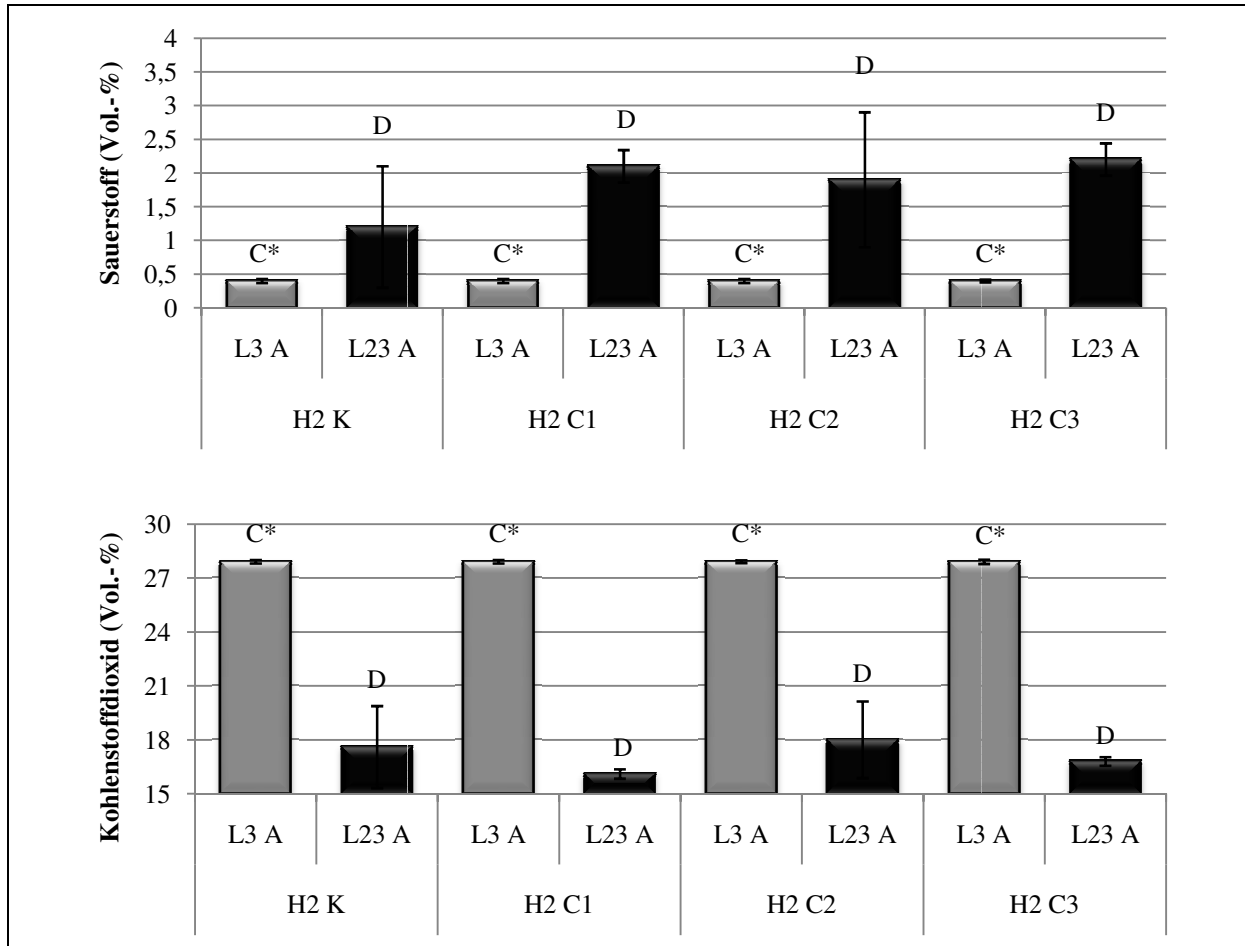


Abbildung 37: Ergebnisse der Bestimmung des Gehaltes an Sauerstoff (Vol.-%) und Kohlendioxid (Vol.-%) im Kopfraum der MAP-Verpackungen ($n = 3$, jeweils Doppelbestimmung). Vol.-% = Volumenprozent; H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

Charge der Standardmortadella (Kontrollcharge) H2 K

Im Kopfraum der MAP-Verpackungen der Kontrollcharge konnte ein statistisch signifikanter ($p \leq 0,05$) Anstieg des Sauerstoffgehaltes von dem dritten ($0,4 \pm 0,03$ Vol.-%) auf den 23. Lagerungstag ($1,2 \pm 0,90$ Vol.-%) ausgemacht werden.

Für den Kohlendioxidgehalt im Kopfraum der MAP-Verpackungen der Charge der Standardmortadella wurde dagegen eine statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Abnahme von $27,9 \pm 0,10$ Vol.-% am dritten Lagerungstag auf $17,6 \pm 2,28$ Vol.-% am 23. Lagerungstag festgestellt.

Fettreduzierte Brühwurstchargen der ersten Hauptversuchsreihe (H2 C1 – H2 C3)

Der Restgasgehalt an Sauerstoff und an Kohlendioxid im Kopfraum der MAP-Verpackungen der fettreduzierten Brühwurstchargen (H2 C1 – H2 C3) wies keine oder nur geringfügige und statistisch nicht signifikante ($p > 0,05$) Unterschiede zu den entsprechenden Restgasgehalten im Kopfraum der MAP-Verpackungen der Kontrollcharge auf.

Für jede der fettreduzierten Brühwurstchargen konnte im Kopfraum der MAP-Verpackungen ein statistisch signifikanter ($p \leq 0,05$) Anstieg des Sauerstoffgehaltes und ein statistisch signifikanter ($p \leq 0,05$) Abfall der Menge an Kohlendioxid von dem dritten auf den 23. Lagerungstag ermittelt werden, der in etwa der Größenordnung der Veränderung des Restgasgehaltes der Kontrollcharge entsprach.

4.7.8.2 Diskussion

Sowohl für den Restgasgehalt an Sauerstoff als auch an Kohlendioxid konnten keine statistisch signifikanten ($p < 0,05$) Unterschiede im Kopfraum der Verpackungen zwischen den fettreduzierten Mortadellchargen und der Kontrollcharge ermittelt werden. Indessen waren der Anstieg des Sauerstoffgehaltes und die Abnahme der Menge an Kohlendioxid zwischen dem dritten und dem 23. Lagerungstag bei allen Brühwurstchargen statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) (**siehe Tab. 42**).

Eine Abnahme des Kohlendioxidgehaltes (~ 7 bis 8 Vol.-%) und ein Anstieg der Sauerstoffmenge (~ 0,4 Vol.-%) im Headspace der MAP-Verpackungen von Fleischerzeugnissen wurde von verschiedenen Autoren beschrieben (CAYRÉ et al. 2005; SIVERTSVIK et al. 2005; NOWAK et al. 2007). Die Abweichungen des Restgasgehaltes, die im Rahmen dieser Hauptversuchsreihe bestimmt wurden, lagen mit durchschnittlich 10,8 Vol.-% für Kohlendioxid und mit durchschnittlich 1,5 Vol.-% für Sauerstoff deutlich über den üblichen Werten. Der Austritt des Kohlendioxids aus dem Gasraum der MAP-Verpackungen kann auf die Durchlässigkeit der verwendeten Folie zurückzuführen werden, die im Vergleich zu Sauerstoff ($< 1,5 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \text{ d bar}$) und Stickstoff ($< 1 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \text{ d bar}$) für Kohlendioxid mit $< 5,5 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \text{ d bar}$ relativ hoch ist. Aufgrund des geringen Gasdruckes in der Umgebungsluft, deren Kohlendioxidgehalt 0,03 bis 0,04 Vol.-% beträgt, war das Kohlendioxid innerhalb des Kopfraumes der Verpackung bestrebt, aus dieser heraus zu diffundieren. Bei Stickstoff und Sauerstoff trat der entgegengesetzte Fall ein. Zudem reagierten geringe Mengen des Kohlendioxids mit der Produktoberfläche der Brühwurstscheiben. Die Menge an Sauerstoff, die bereits am dritten Lagerungstag in einer Höhe von 0,4 Vol.-% im Headspace der Verpackungen vorlag, ist vermutlich zu einem Teil mit dem Produkt in die Verpackung eingebracht worden.

4.7.9 Lebensmittelrecht

An dieser Stelle sollen die rechtlichen Rahmenbedingungen, in denen sich die Brühwurstherzeugnisse der zweiten Hauptversuchsreihe bewegten, behandelt werden. Da keine gesetzlich vorgeschriebene Bezeichnung für Brühwurstherzeugnisse existiert, ist die Verkehrsbezeichnung gemäß § 4 Abs. 1 LMKV:

1. die nach allgemeiner Verkehrsauffassung übliche Bezeichnung oder
2. eine Beschreibung des Lebensmittels und erforderlichenfalls seine Verwendung, die es dem Verbraucher ermöglicht, die Art des Lebensmittels zu erkennen und von verwechselbaren Erzeugnissen zu unterscheiden.

Die Leitsätze für Fleisch und Fleischerzeugnisse, bei denen es sich um keine verbindliche Rechtsvorschrift handelt, können einen wesentlichen Anhaltspunkt auf die Frage geben, was die nach allgemeiner Verkehrsauffassung übliche Bezeichnung ist (Nr. 1). Nach 2.222.1 der Leitsätze für Fleisch und Fleischerzeugnisse wird für fein zerkleinerte Brühwürste nach Art einer norddeutschen Mortadella als Ausgangsmaterial grob entsehtes Rindfleisch, grob entfettetes Schweinefleisch, fettgewebereiches Schweinefleisch und Speck vorgegeben. Als Analysewerte werden in den Leitsätzen ein Gehalt von nicht weniger als 8 % bindegewebeisweißfreiem Fleischeiweiß sowie histometrisch nicht unter 65 Vol.-% und chemisch nicht unter 75 % bindegewebeisweißfreiem Fleischeiweiß im Fleischeiweiß genannt. Werden diese Vorgaben in Folge des Fettaustausches nicht erfüllt, ist die allgemein übliche Bezeichnung „Brühwurst nach Art einer norddeutschen Mortadella“ nicht mehr zutreffend. Eine histometrische Bestimmung des bindegewebeisweißfreien Fleischeiweißes im Fleischeiweiß wurde nicht durchgeführt, aber die im Rahmen der chemischen Analytik ermittelten Werte betrug für alle Mortadellchargen mehr als 75 % BEFFE im FE. Zudem besaßen alle fettreduzierten Brühwurstchargen der zweiten Hauptversuchsreihe einen BEFFE-Wert von mehr als 8 %. Im Rahmen der Produktion der fettreduzierten Mortadellchargen wurde auf die Verarbeitung der Schweinebacke (S IV) und bei der Herstellung der Brühwurstchargen H2 C2 und H2 C3 auch auf den Einsatz des Rückenspeckes vom Schwein (S VIII) verzichtet, weshalb die in den Leitsätzen für Fleisch- und Fleischerzeugnisse genannten Ausgangsmaterialien nicht vollständig im Produkt enthalten waren und somit gute Gründe dafür sprechen, dass die allgemein übliche Bezeichnung „Brühwurstherzeugnis nach Art einer norddeutschen Mortadella“ für die Produkte nicht mehr zutrifft. Daher ist die Verkehrsbezeichnung nach § 4 Abs. 1 Nr. 2 LMKV eine verständliche Beschreibung des Lebensmittels, wie beispielsweise „brühwurstartiges Erzeugnis mit einem Fettaustauschstoff“.

Gemäß der VO (EG) Nr. 1924/2006 können alle fettreduzierten Brühwurstchargen der zweiten Hauptversuchsreihe als „energiereduziert“ deklariert werden, da gegenüber der Kontrollcharge in jedem Fall eine Reduktion des physiologischen Brennwertes von über 30 % stattgefunden hat. Dabei sind die Eigenschaften anzugeben, die zu der Reduktion des physiologischen Gesamtbrennwertes geführt haben. Zudem kann die rezepturmodifizierte Mortadellacharge H2 C3 gemäß der VO (EG) Nr. 1924/2006 als „fettarm“ (< 3 g Fett/100 g) sowie die fettreduzierten Brühwurstchargen H2 C2 und H2 C3 zusätzlich als „Proteinquelle“ (mindestens 12 % des gesamten Brennwertes entfallen auf den Proteinanteil) gekennzeichnet werden. Infolge der genannten Kennzeichnungsmöglichkeiten könnten die rezepturmodifizierten Brühwurstprodukte für den Sektor der Fitnesssportler von Interesse sein.

Das Rapsöl kann gemäß § 6 Abs. 4 Nr. 1 i. V. m. Anlage 1 LMKV im Zutatenverzeichnis angegeben werden. Zulässig ist die Bezeichnung „pflanzliches Öl“.

4.7.10 Fazit der zweiten Hauptversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100 sowie einer Erhöhung der Wasser- und Magerfleischmenge)

Alle fettreduzierten Brühwurstchargen der zweiten Hauptversuchsreihe wiesen eine Energiereduktion von mehr als 30 % (32,7 – 61,0 %) auf. Die Energiereduktionen wurden durch einen Austausch des tierischen Fettgewebes (Verarbeitungsmenge zwischen 0 – 14 %) mit dem Fettaustauschstoff Simplese® 100 (4,5 – 8,5 %) sowie einer Erhöhung der Verarbeitungsmenge an Eiswasser (im Verhältnis von 1:1; 4,5 – 8,5 %) und Magerfleisch (0 – 16 %) erzielt. Im Falle der fettreduzierten Mortadellachargen H2 C1 und H2 C2 lagen zwar zum Teil statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Abweichungen in der Bewertung der einzelnen sensorischen Qualitätsparameter (Textur, Farbe, Glanz und Feuchtigkeit) vor, deren sensorische Gesamtqualität wurde im Rahmen der Profilprüfung allerdings überwiegend als statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) unterschiedlich von der sensorischen Gesamtqualität der Kontrollcharge bewertet. Die fettreduzierte Brühwurstcharge H2 C1 besaß für alle Merkmalseigenschaften eine akzeptable sensorische Qualität. Die sensorische Qualität der Brühwurstchargen H2 C2 und H2 C3 entsprach nur in Bezug auf die Bewertung des Rot-Wertes der fettreduzierten Mortadellacharge H2 C2 sowie des Rot-Wertes und des Glanzes der rezepturmodifizierten Brühwurstcharge H3 C2 nicht denen an sie gestellten Anforderungen.

Die im Rahmen der zweiten Hauptversuchsreihe produzierten Produkte wiesen Energiereduktionen gegenüber der Charge der Standardmortadella zwischen 32,7 % und 61,0 % auf, wobei die fettreduzierte Brühwurstcharge H2 C3 die höchste Energiereduktion (61,0 %) besaß und zugleich über den geringsten Energiewert mit 106 kcal/100 g verfügte. Der Fettgehalt dieser

Brühwurstcharge betrug weniger als 3 g/100 g Gesamtgewicht. Für die rezepturmodifizierte Mortadellacharge H2 C1, die die Qualitätsanforderungen in jeglicher Hinsicht erfüllte, konnte ein um 32,7 % geringerer Energiegehalt gegenüber der Kontrollcharge ermittelt werden.

Der Einsatz des ernährungsphysiologisch hochwertigen Rapsöles im Austausch gegen den reduzierten Anteil an tierischem Fettgewebe führte zu Produkten, die gegenüber der Kontrollcharge starke und zumeist signifikante ($p \leq 0,05$) Farbabweichungen in Form einer höheren Helligkeit und einer geringeren Intensität des Rotwertes aufwiesen. Allerdings ist davon auszugehen, dass durch die Verarbeitung des pflanzlichen Öles die ernährungsphysiologischen Eigenschaften des Produktes erhöht wurden. Rapsöl weist einen hohen Gehalt an ungesättigten Fettsäuren auf und trägt zu der notwendigen Zufuhr essentieller Fettsäuren bei. Zudem enthalten pflanzliche Öle im Gegensatz zu den Landtierfetten weder die mehrfach ungesättigte Arachidonsäure noch Cholesterol.

Mit dem Austausch des tierischen Fettgewebes durch Simplese[®] 100 und dem erhöhten Magerfleischanteil ging ein Anstieg der Produktionskosten einher, den die Verarbeitung erhöhter Fremdwasserzusätze nur geringfügig minimieren konnte. Es konnten Mehrkosten der fettreduzierten Brühwurstchargen gegenüber der Charge der Standardmortadella von bis zu etwa 67 % kalkuliert werden (H2 C1 = ~ 36 %; H2 C2 = ~ 37 %; H2 C3 = ~ 67 %).

Festzuhalten bleibt, dass im Rahmen der zweiten Hauptversuchsreihe Brühwurstherzeugnisse hergestellt werden konnten, die eine Energiereduktion von mehr als 30 % (32,7 %) aufwiesen und dabei eine akzeptable sensorische Qualität besaßen (H2 C1). Diese Produkten hätten gemäß der VO (EG) Nr. 1924/2006 als „energiereduziert“ deklariert werden können, unter Nennung der Eigenschaften, die zu der Reduktion des physiologischen Gesamtbrennwertes geführt haben. Dabei erfolgten gegenüber der Standardrezeptur eine Erhöhung des Magerfleischanteiles um 10 % und der Schüttwassermenge um 4,5 % sowie der Einsatz des Fettaus-tauschstoffes Simplese[®] 100 in Höhe von ebenfalls 4,5 %. Auf die Verarbeitung der Schweinebacke wurde verzichtet und der Anteil an Rückenspeck vom Schwein an der Gesamt-rezeptur um 10 % verringert. Die Mehrkosten für die energiereduzierte Mortadellacharge H2 C1 betragen etwa 36 %.

4.8 Dritte Hauptversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100 sowie einer Erhöhung der Wasser- und Magerfleischmenge in Kombination mit dem Einsatz von Transglutaminase)

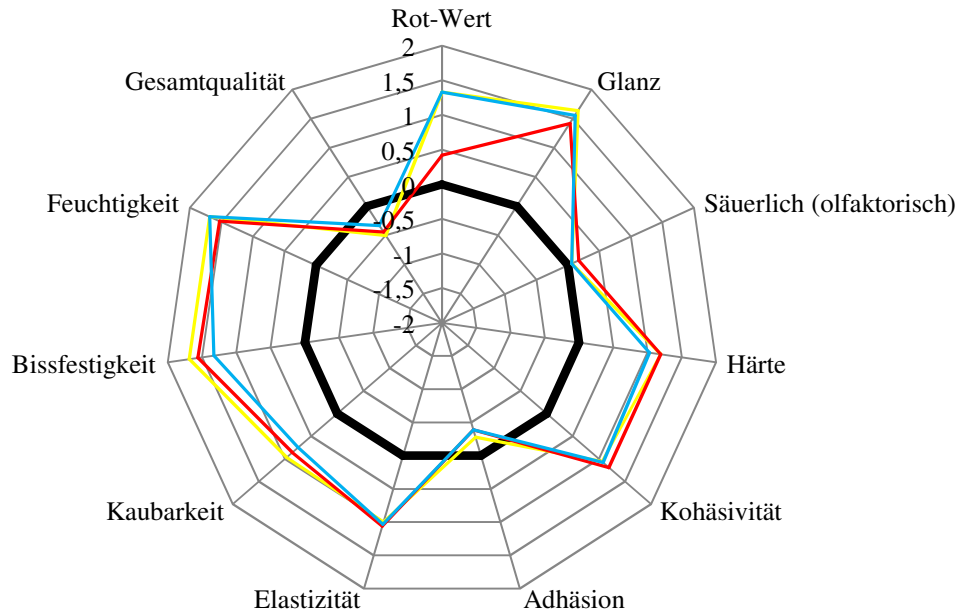
Nachdem in der zweiten Hauptversuchsreihe die optimale Rezeptur (Brühwurstchargen H2 C1 und H2 C2) in Bezug auf eine Energiereduktion von über 30 % in Verbindung mit einer sensorisch akzeptablen Qualität erarbeitet wurde, basierten die Rezepturen der fettreduzierten Brühwurstchargen der dritten Hauptversuchsreihe (n = 3) auf deren Grundlage. Demzufolge wurde der tierische Fettgehalt durch den Einsatz von Simplese® 100 sowie einer Erhöhung des Wasser- (Verhältnis 1:1) und Magerfleischanteiles ausgetauscht. Auf der Basis der Vorversuche von WORTMANN (2007) sollte ermittelt werden, ob der Einsatz von Transglutaminase in den fettreduzierten Brühwurstherzeugnissen dieser Hauptversuchsreihe sinnvoll ist. In Verbindung mit der Zugabe des Verarbeitungshilfsstoffes (0,05 %) erfolgte eine zusätzliche Steigerung der Schüttwassermenge um 12 %, wodurch im direkten Austausch weitere 12 % an tierischem Fettgewebe substituiert werden konnten. Im Rahmen der Produktion der fettreduzierten Brühwurstcharge H3 C2 wurde der reduzierte Anteil an tierischem Fettgewebe durch Rapsöl (2 %) ersetzt. Die für die Herstellung der einzelnen Brühwurstchargen der dritten Hauptversuchsreihe verwendeten Rezepturen sind der **Tabelle 10** zu entnehmen.

4.8.1 Sensorische Analyse

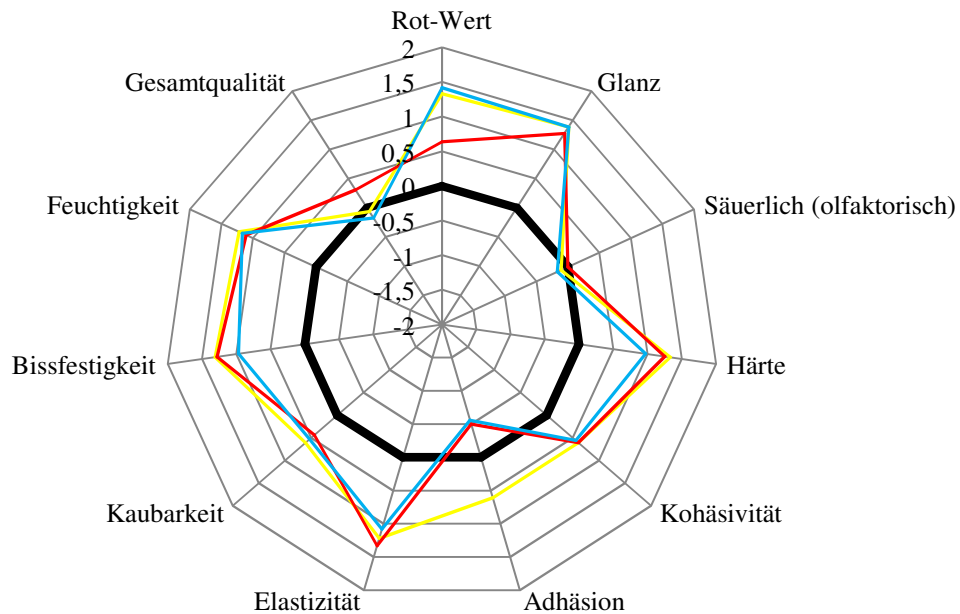
4.8.1.1 Ergebnisse

In den **Abbildungen 38** und **39** sind die Ergebnisse der sensorischen Profilprüfung für die fettreduzierten Brühwurstchargen der dritten Hauptversuchsreihe in Netzdiagrammen dargestellt (n = 3, mit jeweils 6 ausgewählten Prüfpersonen).

Die in den **Abbildungen 38** und **39** dargestellten Ergebnisse sind der **Tabelle 43** zu entnehmen. Auf eine Darstellung der Standardabweichungen (**siehe Tabelle 43**) und der statistischen Signifikanzen (**siehe Tabelle 51**) in den **Abbildungen 38** und **39** wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet.



— H3 K L3 S — H3 C1 L3 S — H3 C2 L3 S — H3 C3 L3 S



— H3 K L7 S — H3 C1 L7 S — H3 C2 L7 S — H3 C3 L7 S

Abbildung 38: Sensorische Qualität der Brühwurstzeugnisse (Stückware) am dritten und siebten Lagerungstag (+7 °C) (n = 3, mit jeweils 6 ausgewählten Prüfpersonen). H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware.

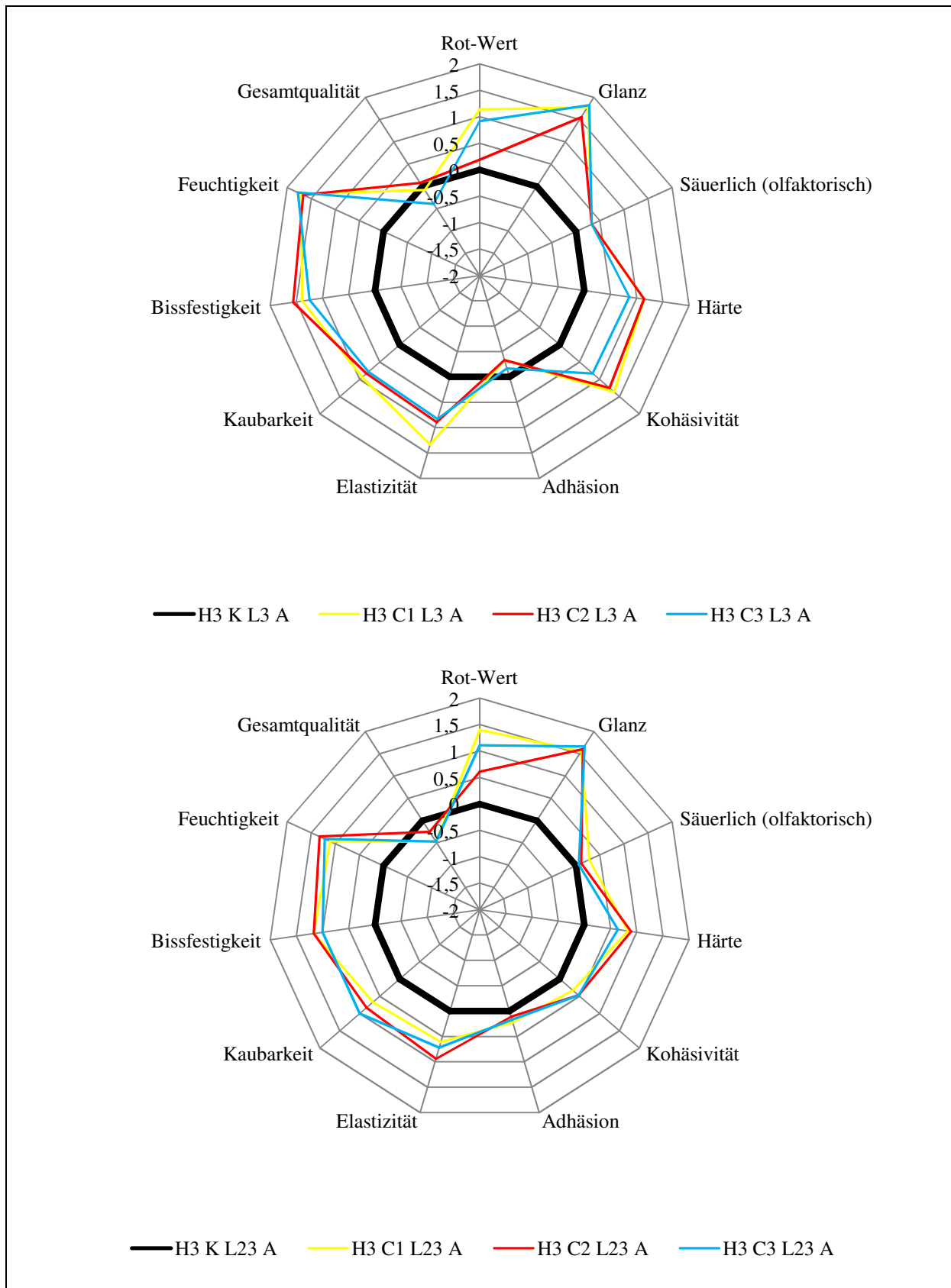


Abbildung 39: Sensorische Qualität der Brühwurstserzeugnisse (Aufschnittware) am dritten und 23. Lagerungstag (+7 °C) (n = 3, mit jeweils 6 ausgewählten Prüfpersonen; n = 1 für die Deskriptoren Bissfestigkeit und Kaubarkeit der Aufschnittware am 23. Lagerungstag). H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; A = Aufschnittware.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H3 C1

Der Rot-Wert (zwischen $1,14 \pm 0,33$ und $1,40 \pm 0,63$), der Glanz (zwischen $1,39 \pm 0,50$ und $1,78 \pm 0,43$), die Härte (zwischen $0,83 \pm 0,86$ und $1,33 \pm 0,57$), die Elastizität (zwischen $0,61 \pm 0,98$ und $1,33 \pm 0,69$), die Bissfestigkeit (zwischen $1,17 \pm 0,75$ und $1,69 \pm 0,46$) und die Feuchtigkeit (zwischen $1,11 \pm 0,83$ und $1,72 \pm 0,46$) der rezepturmodifizierten Mortadellacharge H3 C1 wurden gegenüber der Kontrollcharge als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) stärker ausgebildet bewertet. Zudem wurde die Kaubarkeit (zwischen $0,67 \pm 0,82$ und $0,97 \pm 0,85$) der Stückware am dritten Lagerungstag sowie der Aufschnittware an den untersuchten Lagerungstagen als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) ausgeprägter beurteilt. Im Vergleich zu der Kontrollcharge wurde die Stückware der fettreduzierten Brühwurstcharge am siebten Lagerungstag als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) adhäsiver ($0,61 \pm 0,85$) eingestuft, sowie die Stückware an den untersuchten Lagerungstagen und die Aufschnittware am dritten Lagerungstag als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) kohäsiver beurteilt. Die restlichen Differenzen in der sensorischen Bewertung der Merkmalseigenschaften zwischen der rezepturmodifizierten Brühwurstcharge und der Kontrollcharge waren statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Verglichen mit der sensorischen Gesamtqualität der Charge der Standardmortadella wurde die sensorische Gesamtqualität ($-0,50 \pm 0,79$ und $-0,47 \pm 0,92$) der fettreduzierten Brühwurstcharge H3 C1 für die Stückware am dritten Lagerungstag und der Aufschnittware am 23. Lagerungstag als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) schlechter bewertet. Indessen konnten in Bezug auf die Bewertung der sensorischen Gesamtqualität für die Stückware am siebten Lagerungstag und für die Aufschnittware am dritten Lagerungstag keine statistisch signifikanten ($p > 0,05$) Unterschiede zwischen der Kontrollcharge und der rezepturmodifizierten Mortadellacharge ermittelt werden.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H3 C2

Der Glanz (zwischen $1,28 \pm 0,50$ und $1,61 \pm 0,61$), die Härte (zwischen $0,89 \pm 0,78$ und $1,25 \pm 0,55$), die Elastizität (zwischen $0,89 \pm 0,96$ und $1,33 \pm 0,59$), die Bissfestigkeit (zwischen $1,17 \pm 1,17$ und $1,56 \pm 0,51$) und die Feuchtigkeit (zwischen $1,11 \pm 0,81$ und $1,67 \pm 0,49$) der rezepturmodifizierten Mortadellacharge H3 C2 wurden, verglichen mit der Kontrollcharge, als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) stärker ausgebildet bewertet. Zudem wurde der Rot-Wert (zwischen $0,42 \pm 0,71$ und $0,64 \pm 0,61$) für die Stückware an den untersuchten Lagerungstagen sowie für die Aufschnittware am 23. Lagerungstag als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) ausgeprägter eingestuft wurde. Ebenfalls erfolgte für die Stückware an den untersuchten Lagerungstagen und für die Aufschnittware am dritten Lagerungstag eine statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) höhere Bewertung für die Kohäsivität (zwischen $0,61 \pm 0,92$ und $1,25 \pm 0,73$) so-

wie für die Stückware am dritten Lagerungstag und für die Aufschnittware an den untersuchten Lagerungstagen eine statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) höherer Bewertung für die Kaubarkeit (zwischen $0,83 \pm 0,98$ und $0,86 \pm 0,76$) im Vergleich zu den entsprechenden Merkmals-eigenschaften bei der Charge der Standardmortadella. Die weiteren sensorischen Unterschiede in der Bewertung der Merkmalseigenschaften zwischen der rezepturmodifizierten Brühwurstcharge und der Kontrollcharge waren statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Die sensorische Gesamtqualität der fettreduzierten Brühwurstcharge H3 C2 wurde für die Stückware am dritten Lagerungstag als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) schlechter ($-0,44 \pm 0,78$) bewertet als die sensorische Gesamtqualität der Charge der Standardmortadella. Hingegen konnten für die Stückware am siebten Lagerungstag und für die Aufschnittware an den untersuchten Lagerungstagen keine statistisch signifikanten ($p > 0,05$) Unterschiede zu der sensorischen Gesamtqualität der Kontrollcharge ermittelt werden.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H3 C3

Im Rahmen der sensorischen Profilprüfung wurden der Rot-Wert (zwischen $0,92 \pm 0,55$ und $1,42 \pm 0,46$), der Glanz (zwischen $1,39 \pm 0,50$ und $1,83 \pm 0,38$), die Härte (zwischen $0,64 \pm 0,94$ und $1,03 \pm 0,81$), die Elastizität (zwischen $0,72 \pm 0,96$ und $1,08 \pm 0,77$), die Bissfestigkeit (zwischen $0,97 \pm 0,72$ und $1,33 \pm 0,59$) und die Feuchtigkeit (zwischen $1,17 \pm 0,77$ und $1,78 \pm 0,43$) der fettreduzierten Brühwurstcharge H3 C3, im Vergleich zu der Kontrollcharge als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) stärker ausgebildet bewertet. Des Weiteren wurde die Stückware an den untersuchten Lagerungstagen und die Aufschnittware am dritten Lagerungstag als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) stärker kohäsiv (zwischen $0,56 \pm 0,91$ und $1,08 \pm 0,60$) bewertet sowie die Kaubarkeit (zwischen $0,75 \pm 0,88$ und $1,00 \pm 1,10$) der Stückware am dritten Lagerungstag und der Aufschnittware an den untersuchten Lagerungstagen als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) ausgeprägter beurteilt. Die nicht genannten Abweichungen in der sensorischen Bewertung der Merkmalseigenschaften zwischen der rezepturmodifizierten Brühwurstcharge H3 C3 und der Kontrollcharge waren statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$). In der Bewertung der sensorischen Gesamtqualität lagen zwischen der fettreduzierten Brühwurstcharge H3 C3 und der Kontrollcharge keine statistisch signifikanten Ergebnisse ($p > 0,05$) vor, mit Ausnahme der Bewertung der Aufschnittware am 23. Lagerungstag, die gegenüber der sensorischen Gesamtqualität der Kontrollcharge als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) schlechter ($-0,47 \pm 0,70$) beurteilt wurde.

4.8.1.2 Diskussion

Im Rahmen der sensorischen Analyse der fettreduzierten Brühwurstchargen der dritten Hauptversuchsreihe konnten die Deskriptoren Bissfestigkeit und Kaubarkeit der Aufschnittware am 23. Lagerungstag nur einmalig ($n = 1$) einer sensorischen Analyse unterzogen werden, da die einzelnen Brühwurstchargen im Vorfeld der Verkostung Anzeichen eines mikrobiologischen Verderbes in Form einer Schleimbildung auf der Produktoberfläche aufwiesen. Größtenteils statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Abweichung konnten für die Bewertung der Deskriptoren Rot-Wert, Glanz, Härte, Kohäsivität, Elastizität, Kaubarkeit und Bissfestigkeit zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Charge der Standardmortadella ausgemacht werden. Die Abweichungen für die genannten Deskriptoren, mit Ausnahme der Kaubarkeit, lagen überwiegend in einem Bereich, in dem die sensorischen Qualitätsanforderungen der fettreduzierten Mortadellachargen als nicht erfüllt galten ($> +/-1$). Dagegen lagen für die Beurteilung der Attribute säuerlich (olfaktorisch) und Adhäsion sowie der sensorischen Gesamtqualität überwiegend keine statistisch signifikanten ($p > 0,05$) und zumeist nur geringfügige Unterschiede zwischen den rezepturmodifizierten Mortadellachargen und der Kontrollcharge vor (**siehe Tab. 43**). Im Folgenden werden ausschließlich die Deskriptoren der fettreduzierten Brühwurstherzeugnisse diskutiert, deren sensorische Bewertung gegenüber der Kontrollcharge einen statistisch signifikanten ($p \leq 0,05$) und zumeist deutlichen Unterschied aufwies.

Die hohe Bewertung des Rot-Wertes der rezepturmodifizierten Mortadellachargen ist auf die vorgenommenen Rezepturmodifikationen zurückzuführen (**siehe Tab. 10**). Rechnerisch lag eine hohe Wechselbeziehung zwischen der Bewertung des Rot-Wertes und der verarbeiteten Menge an Eiswasser ($r = 0,804$) und Simplex[®] 100 ($r = 0,774$) sowie eine geringe Korrelation ($r = 0,498$) mit dem Magerfleischanteil vor. Demgegenüber lag ein hoher gegenläufiger Zusammenhang ($r = -0,786$) zwischen der Bewertung des Rot-Wertes und der verarbeiteten Menge an tierischem Fettgewebe vor. Der als intensiver bewertete Rot-Wert der fettreduzierten Brühwurstchargen ist darauf zurückzuführen, dass durch den abnehmenden Fettgehalt in Verbindung mit einer Zunahme der Wassermenge die effektive Konzentration des im Magerfleischanteil befindlichen Muskelfarbstoffes Myoglobin erhöht wurde. Zudem verstärkte der erhöhte Magerfleischanteil, der im Rahmen der Produktion der rezepturmodifizierten Mortadellachargen verarbeitet wurde, die Intensität der Rotfärbung, da mit ihm eine gesteigerte Konzentration an Myoglobin einherging, wodurch die Brühwurstherzeugnisse eine dunklere Farbe und eine intensivere Rotfärbung erhielten (REAGAN et al. 1983; MARQUEZ et al. 1989; KLETTNER und SAKATA 2004). Im Vergleich zu den Brühwurstchargen H3 C1 und

H3 C3 wurde die Mortadellacharge H3 C2 als weniger intensiv rotgefärbt bewertet, wenn auch stärker als die Kontrollcharge. Demzufolge entsprach der Rot-Wert der fettreduzierten Brühwurstcharge H3 C2 von den rezepturmodifizierten Mortadellachargen der dritten Hauptversuchsreihe dem Rot-Wert der Kontrollcharge am ehesten. Die Substitution des verminderten tierischen Fettgewebes durch Rapsöl im Rahmen der Herstellung der Mortadellacharge H3 C2 besaß einen geringen gegenläufigen Zusammenhang ($r = -0,287$) mit der Beurteilung des Rot-Wertes. Eine weniger starke Intensität der Rotfärbung und/oder einen Anstieg der Intensität des Helligkeitseindruckes von Brühwurstherzeugnissen, bei denen das tierische Fettgewebe durch pflanzliches Öl ersetzt wurde, konnten auch in anderen Untersuchungen festgestellt werden (HAMMER 1992; AYDOGDU 2005; WILDENBEEST 2010). Der intensivere Helligkeitseindruck und vermutlich auch eine damit im Einklang stehende Abnahme der Intensität der Rotfärbung der Brühwurstprodukte war auf den Umstand zurückzuführen, dass das Licht im Anschnitt der mit Rapsöl hergestellten Brühwurstcharge H3 C2 stärker gebrochen wurde (HAMMER 1992).

Die fettreduzierten Mortadellachargen wurden gegenüber der Kontrollcharge als deutlich glänzender und feuchter bewertet, was darauf hindeutet, dass während des Herstellungsprozesses eine nicht ausreichende Bindung der zugegeben Schüttwassermenge im Eiweiß-Wasser-Fett-Gemisch des Brühwurstbrätes stattgefunden hat. Die Eiswassermenge wurde in Verbindung mit der Zugabe von Simplese® 100 in einem Verhältnis von 1:1 erhöht. Darüber hinaus erfolgte eine Steigerung der Schüttwassermenge in Verbindung mit der Zugabe des Verarbeitungshilfsstoffes Transglutaminase um weitere 12 %, sodass die fettreduzierten Brühwurstproben annähernd die doppelte Schüttwassermenge von der Kontrollcharge aufwiesen (siehe Tab. 10). Nach FRANZKE (1998) nimmt die Bindung des Schüttwassers mit einem steigenden Fettgehalt der Brätmasse zu und zwar bis zu einem Fett/Protein-Verhältnis von 2,8:1. Entgegengesetzt dazu führt eine Reduktion des Fettgehaltes bei einem gleichzeitig durch die Zugabe von Simplese® 100 und des erhöhten Magerfleischanteiles bedingten Anstieg des Proteingehaltes zu einer verminderten Bindekapazität des Schüttwassers. Erfolgt dabei eine zusätzliche Erhöhung der Zugabemenge an Eiswasser, wie dies im Rahmen der Produktion der fettreduzierten Brühwurstherzeugnisse geschehen ist, so ist das Brühwurstbrät nicht mehr in der Lage, dieses Eiswasser in einem ausreichenden Maße zu binden. Auch die Fähigkeit der mikropartikulierten Molkenproteine des Simplese® 100, aufgrund ihrer gleichmäßigen Verteilung das Wasser innerhalb der Lebensmittelmatrix zu binden, reichte nicht aus, um die erhöhte Schüttwasserzugabe zu kompensieren (MILLER 1994; CP KELCO 2000; CP KELCO 2006).

Die Bewertung der fettreduzierten Brühwurstchargen gegenüber der Charge der Standardmortadella in Bezug auf eine größtenteils höhere Härte, Kohäsivität, Elastizität, Kaubarkeit und Bissfestigkeit ist vor allem auf die Verarbeitung einer erhöhten Magerfleischmenge sowie den Einsatz von Transglutaminase und Simplese[®] 100 zurückzuführen. Während eine zusätzliche Eiswassermenge im Austausch gegen den Fettanteil von Brühwurstzeugnissen zu einem weichlichen Mundgefühl führte (CLAUS et al. 1989; AHMED et al. 1990; MITTAL und BARBUT 1994), ging der Anstieg des Magerfleischanteiles unter anderem mit einer Zunahme der Härte, der Bissfestigkeit und der Kaubarkeit der Produkte einher. Dieser Zusammenhang lässt sich vor allem mit der Erhöhung des Magerfleischanteiles in Verbindung stehenden Zunahme der hochgradigen Protein-Protein Interaktionen erklären, durch die die molekularen Bindungen innerhalb des Produktes verstärkt wurden (CLAUS et al. 1989; MARQUEZ et al. 1989). Durch die Verarbeitung von Transglutaminase in Brühwurstzeugnissen wurde eine Texturverbesserung der Produkte erzielt, indem die Bildung der Quervernetzung zwischen den schweren Myosinketten, die sich in den Muskelproteinen des Fleisches befinden, begünstigt wurde. Durch die Verbindung der Proteine Glutamin und Lysin entstand ein Netzwerk aus Eiweißen, das zu einer deutlichen Zunahme der physikalischen Eigenschaften wie der Härte, Festigkeit, Elastizität und Deformation führte (HAMMER 1998; KURAISHI et al. 1998; ENGEL et al. 2000; AJINOMOTO 2009e). Auch rechnerisch wies die Verarbeitung von Transglutaminase eine sehr hohe Wechselbeziehung zu den Bewertungen der Härte ($r = 0,936$), der Elastizität ($r = 0,919$), der Kaubarkeit ($r = 0,916$) und der Bissfestigkeit ($r = 0,952$) sowie eine hohe Korrelation zu der Kohäsivität ($r = 0,770$) auf. Der Einfluss des Magerfleischanteiles und der Transglutaminase auf die Ausbildung der Härte, Kohäsivität, Elastizität, Kaubarkeit und Bissfestigkeit der rezepturmodifizierten Mortadellachargen der dritten Hauptversuchsreihe überwog dabei den Einfluss der Eiswassermenge auf die genannten Texturparameter. Darüber hinaus kann dem Fettaustauschstoff Simplese[®] 100 eine Rolle bei der Ausbildung der Textureigenschaften zugesprochen werden (SCHMIDT et al. 1993; MCMAHON et al. 1996; SANCHEZ und PAQUIN 1997; OHMES et al. 1998; GALLAGHER et al. 2003; YILSAY et al. 2006; SAHAN et al. 2008; KARACA et al. 2009).

Zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge lagen überwiegend keine statistisch signifikanten ($p > 0,05$) Unterschiede in der Bewertung der sensorischen Gesamtqualität vor. Zudem wurde die sensorische Gesamtqualität aller rezepturmodifizierten Mortadellacharge maximal mit $-0,50 \pm 0,79$ als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) schlechter als die Charge der Standardmortadella beurteilt. Dieses Ergebnis kann durchaus positiv gewertet werden.

4.8.2 Instrumentelle Textur-Profil-Analyse (TPA)

4.8.2.1 Ergebnisse

In den beiden folgenden Abbildungen sind die Ergebnisse der instrumentellen Textur-Profil-Analyse der Brühwurstchargen der dritten Hauptversuchsreihe in Säulendiagrammen dargestellt ($n = 3$, mit jeweils 15 Messungen). Die **Abbildung 40** umfasst die Ergebnisse für die Härte, die Bissfestigkeit sowie die Adhäsion und die **Abbildung 41** die Resultate für die Elastizität, die Kohäsivität sowie die Kaubarkeit. Auf der Abszisse sind die Brühwurstchargen (K = Kontrollcharge; C = fettreduzierte Brühwurstcharge), die Lagerungstage (3; 7; 23) und die Convenience-Grade (S = Stückware; A = Aufschnittware) angegeben, während auf der Ordinate die jeweilige Textureigenschaft aufgetragen ist. Die Säulen symbolisieren die Mittelwerte der Messdaten für die einzelnen Brühwurstchargen, unterteilt in Convenience-Grad und Lagerungstag.

Darüber hinaus sind den Abbildungen die Standardabweichungen zu entnehmen. Die statistisch signifikanten Unterschiede ($p \leq 0,05$) zwischen den untersuchten Lagerungstagen drei (L3 S) und sieben (L7 S) sowie drei (L3 A) und 23 (L23 A) innerhalb einer Brühwurstcharge und eines Convenience-Grades wurden mit einem Sternchen (*) gekennzeichnet. Die Unterschiede zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge wurden, gesondert für die Lagerungstage (3; 7; 23) und die Convenience-Grade (S; A), statistisch auf Signifikanz überprüft. Die rezepturmodifizierten Brühwurstchargen, die den gleichen hochgestellten Buchstaben wie die Kontrollcharge (H3 K L3 S = hochgestelltes a, H3 K L7 S = hochgestelltes b, H3 K L3 A = hochgestelltes C und H3 K L23 A = hochgestelltes D) aufweisen, sind statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) von dieser unterschiedlich.

Die in den **Abbildungen 40** und **41** dargestellten Ergebnisse mit den jeweiligen Standardabweichungen sind der **Tabelle 44** zu entnehmen, während die Werte für die statistischen Signifikanzen den **Tabellen 50** und **51** zu entnehmen sind.

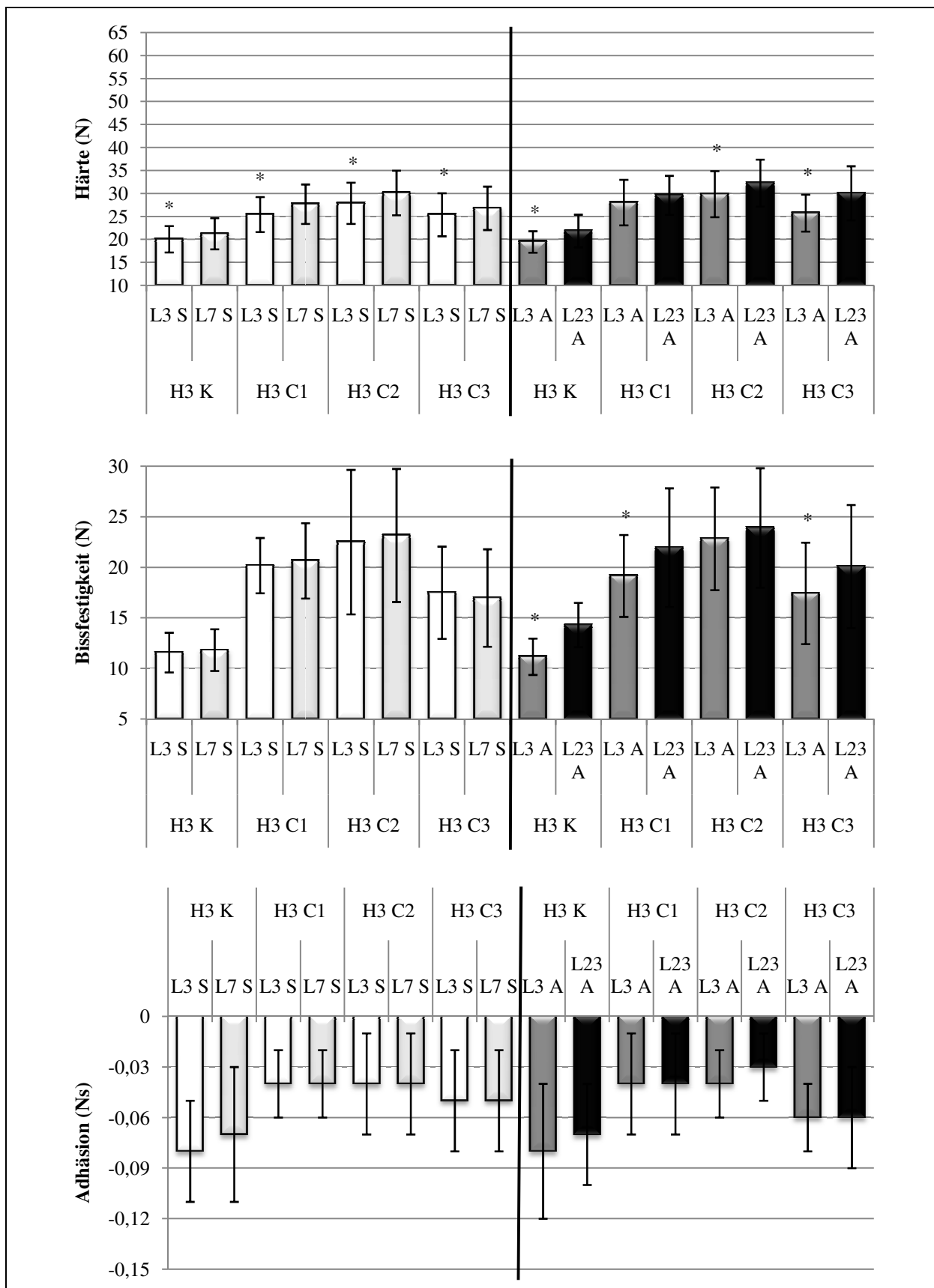


Abbildung 40: Instrumentell ermittelte Texturwerte (Härte, Bissfestigkeit, Adhäsion) der Brühwurstzeugnisse am dritten und am siebten Lagerungstag für die Stückware sowie am dritten und am 23. Lagerungstag für die Aufschnittware (+7 °C) (n = 3, mit jeweils 15 Messungen). N = Newton; Ns = Newtonsekunde; H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

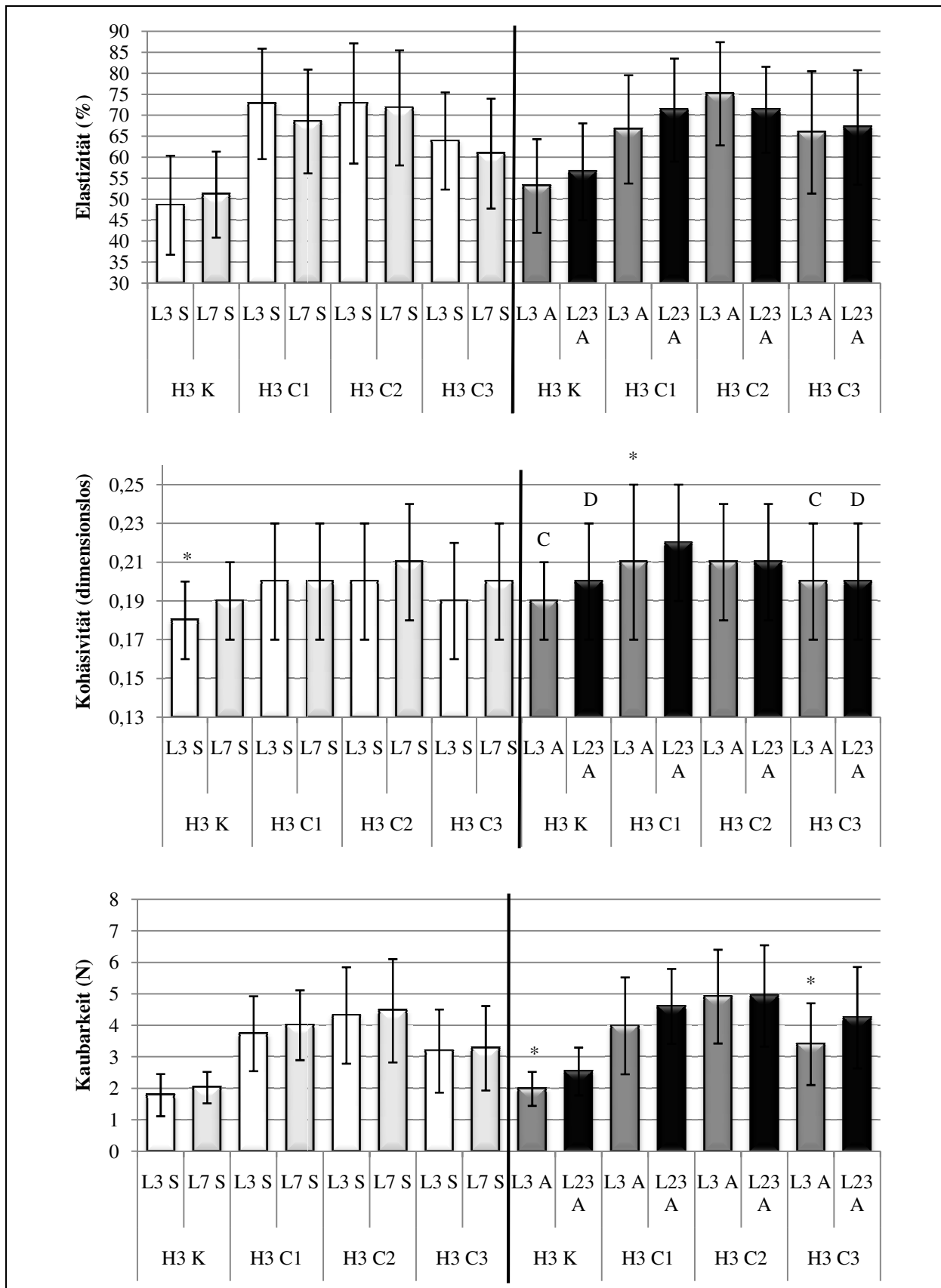


Abbildung 41: Instrumentell ermittelte Texturwerte (Elastizität, Kohäsivität, Kaubarkeit) der Brühwurstzeugnisse am dritten und am siebten Lagerungstag für die Stückware sowie am dritten und am 23. Lagerungstag für die Aufschnittware (+7 °C) (n = 3, mit jeweils 15 Messungen). N = Newton; H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

Charge der Standardmortadella (Kontrollcharge) H3 K

Die Härte der Kontrollcharge stieg sowohl zwischen dem dritten ($20,02 \pm 2,88$ N) und dem siebten ($21,21 \pm 3,39$ N) Lagerungstag der Stückware, als auch zwischen dem dritten ($19,45 \pm 2,33$ N) und dem 23. ($21,82 \pm 3,55$ N) Lagerungstag der Aufschnittware statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) an. Für die Bissfestigkeit der Stückware der Charge der Standardmortadella lag von dem dritten ($11,56 \pm 1,96$ N) auf den siebten ($11,80 \pm 2,06$ N) Lagerungstag eine statistisch nicht signifikante ($p > 0,05$) Zunahme vor, während der Anstieg zwischen dem dritten ($11,15 \pm 1,80$ N) und dem 23. ($14,28 \pm 2,19$ N) Lagerungstag der Aufschnittware statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) war. Sowohl die Stückware (von $-0,08 \pm 0,03$ Ns auf $-0,07 \pm 0,04$ Ns) als auch die Aufschnittware (von $-0,08 \pm 0,04$ Ns auf $-0,07 \pm 0,03$ Ns) der Kontrollcharge zeigten zwischen den entsprechenden Lagerungstagen jeweils eine identische und geringfügige sowie statistisch nicht signifikante ($p > 0,05$) Reduktion für die Adhäsion an. Die Differenzen in der Elastizität der Charge der Standardmortadella zwischen den untersuchten Lagerungstagen beider Convenience-Grade waren statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) (S = von $48,57 \pm 11,79$ % auf $51,09 \pm 10,24$ %; A = von $53,15 \pm 11,15$ % auf $56,53 \pm 11,53$ %). Die Kohäsivität der Kontrollcharge stieg von dem dritten Lagerungstag ($0,18 \pm 0,02$) auf den siebten Lagerungstag ($0,19 \pm 0,02$) der Stückware sowie von dem dritten Lagerungstag ($0,19 \pm 0,02$) auf den 23. Lagerungstag ($0,20 \pm 0,03$) der Aufschnittware jeweils geringfügig an, wobei nur die Zunahme der Kohäsivität der Stückware statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) war. Die instrumentell ermittelte Zunahme der Kaubarkeit der Stückware der Kontrollcharge von dem dritten ($1,78 \pm 0,67$ N) auf den siebten ($2,02 \pm 0,50$ N) Lagerungstag war statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$), während zwischen dem dritten und dem 23. Lagerungstag der Aufschnittware ein statistisch signifikanter ($p \leq 0,05$) Anstieg der Kaubarkeit von $1,98 \pm 0,54$ N auf $2,53 \pm 0,76$ N vernommen werden konnte.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H3 C1

Die Texturparameter der fettreduzierten Brühwurstcharge H3 C1 wiesen, unabhängig von dem Convenience-Grad, statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Unterschiede zu der Charge der Standardmortadella auf. Dabei waren die ermittelten Werte für die Härte (zwischen $25,41 \pm 3,81$ N und $29,58 \pm 4,24$ N), die Bissfestigkeit (zwischen $19,14 \pm 4,05$ N und $21,94 \pm 5,86$ N), die Elastizität (zwischen $66,64 \pm 12,89$ % und $72,70 \pm 13,14$ %), die Kohäsivität (zwischen $0,20 \pm 0,03$ und $0,22 \pm 0,03$) und die Kaubarkeit (zwischen $3,73 \pm 1,19$ N und $4,60 \pm 1,19$ N) statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) höher sowie für die Adhäsion (S = jeweils $-0,04 \pm 0,02$ Ns; A = jeweils $-0,04 \pm 0,03$ Ns) statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) niedriger.

Eine statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Zunahme der Texturparameter zwischen den untersuchten Lagerungstagen der fettreduzierten Mortadellacharge H3 C1 war für die Härte der Stückware (von $25,41 \pm 3,81$ N auf $27,66 \pm 4,28$ N) sowie für die Bissfestigkeit (von $19,14 \pm 4,05$ N auf $21,94 \pm 5,86$ N) und die Kohäsivität (von $0,21 \pm 0,04$ auf $0,22 \pm 0,03$) der Aufschnittware zu erkennen, während die weiteren Veränderungen der Texturparameter zwischen den untersuchten Lagerungstagen innerhalb der Convenience-Grade statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) waren.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H3 C2

Auch im Fall der fettreduzierten Brühwurstcharge H3 C2 waren an den untersuchten Lagerungstagen beider Convenience-Grade sämtliche Texturparameter statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) verschieden zu der Charge der Standardmortadella. Statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) höhere Werte wiesen dabei die Härte (zwischen $27,86 \pm 4,48$ N und $32,23 \pm 5,11$ N), die Bissfestigkeit (zwischen $22,48 \pm 7,15$ N und $23,88 \pm 5,91$ N), die Elastizität (zwischen $71,29 \pm 10,26$ % und $75,13 \pm 12,28$ %), die Kohäsivität (zwischen $0,20 \pm 0,03$ und $0,21 \pm 0,03$) und die Kaubarkeit (zwischen $4,31 \pm 1,53$ N und $4,93 \pm 1,61$ N) auf, während die Adhäsion (zwischen $-0,03 \pm 0,02$ Ns und $-0,04 \pm 0,03$ Ns) statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) geringere Werte besaß.

Statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Veränderungen zwischen den untersuchten Lagerungstagen der Texturparameter der fettreduzierten Mortadellacharge H3 C2 drückten sich ausschließlich in einer Zunahme der Härte bei beiden Convenience-Graden aus (S = von $27,86 \pm 4,48$ N auf $30,10 \pm 4,84$ N; A = von $29,84 \pm 5,01$ N auf $32,23 \pm 5,11$ N). Die weiteren, teilweise in den **Abbildung 40** und **41** sichtbaren Schwankungen waren statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Fettreduzierte Brühwurstcharge H3 C3

Die fettreduzierte Brühwurstcharge H3 C3 besaß, unabhängig von dem untersuchten Lagerungstag und dem Convenience-Grad, eine statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) härtere (zwischen $25,35 \pm 4,68$ N und $30,04 \pm 5,88$ N), bissfestere (zwischen $16,96 \pm 4,82$ N und $20,07 \pm 6,09$ N) sowie elastischere (zwischen $60,86 \pm 13,09$ % und $67,10 \pm 13,64$ %) Textur, wies eine höhere Kaubarkeit (zwischen $3,18 \pm 1,32$ N und $4,24 \pm 1,61$ N) auf und war statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) weniger adhäsiv (zwischen $-0,05 \pm 0,03$ Ns und $-0,06 \pm 0,03$ Ns) als die Charge der Standardmortadella. Die Kohäsivität der Stückware ($0,19 \pm 0,03$ und $0,20 \pm 0,03$) war an den untersuchten Lagerungstagen statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) höher als die Stückware der Kontrollcharge. Dagegen war die Kohäsivität ($0,20 \pm 0,03$) der Aufschnittware

am dritten Lagerungstag statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) höher und wies am 23. Lagerungstag identische Werte von $0,20 \pm 0,03$ mit der Charge der Standardmortadella auf.

Zwischen den untersuchten Lagerungstagen der Stückware der rezepturmodifizierten Mortadellacharge H3 C3 konnte ein statistisch signifikanter Anstieg ($p \leq 0,05$) der Härte von $25,35 \pm 4,68$ N auf $26,76 \pm 4,72$ N ermittelt werden. Des Weiteren wurde zwischen dem dritten und dem 23. Lagerungstag der Aufschnittware eine statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Zunahme der Härte (von $25,72 \pm 4,01$ N auf $30,04 \pm 5,88$ N), der Bissfestigkeit (von $17,41 \pm 5,02$ N auf $20,07 \pm 6,09$ N) und der Kaubarkeit (von $3,40 \pm 1,30$ N auf $4,24 \pm 1,61$ N) bestimmt. Die sonstigen Abweichungen der einzelnen Texturparameter zwischen den untersuchten Lagerungstagen beider Convenience-Grade waren statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) unterschiedlich.

4.8.2.2 Diskussion

Die fettreduzierten Brühwurstchargen waren gegenüber der Charge der Standardmortadella fast ausschließlich statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) härter, bissfester, elastischer, kohäsiver und wiesen eine höhere Kaubarkeit sowie eine geringere Adhäsion auf (**siehe Tab. 44**).

Die Ausprägung der Textur der fettreduzierten Mortadellachargen stand in einem engen Zusammenhang mit der verwendeten Rezeptur (**siehe Tab. 10**). Die Rezeptur wurde dahingehend verändert, als dass der Fettgehalt durch die Verarbeitung des Fettaustauschstoffes Simplesse® 100, eines erhöhten Magerfleischanteiles und einer erhöhten Schüttwassermenge ausgetauscht wurde. Zudem wurde dem Brät der fettreduzierten Mortadellachargen dieser Hauptversuchsreihe während des Kutterprozesses der Verarbeitungshilfsstoff Transglutaminase zugegeben. Im Rahmen der Produktion der Brühwurstcharge H3 C2 wurde anstelle des tierischen Fettgewebes Rapsöl verarbeitet, wobei sich der Anteil des Rapsöles an der Gesamtrezeptur auf 2 % beschränkte. In der Regel ergeben sich die strukturbildenden Eigenschaften von Brühwurstzeugnissen durch die Ausbildung eines Eiweiß-Wasser-Fett-Gemisches (LAUTENSCHLÄGER und TROEGER 2007). In einer Vielzahl von Untersuchungen an fettreduzierten Brühwurstzeugnissen konnte das bestimmte Verhältnis von Fetten, Proteinen und Wasser als Ursache für die unterschiedlichen Ausprägungen der einzelnen Texturmerkmale der Produkte ausgemacht werden (CLAUS et al. 1989; MARQUEZ et al. 1989; AHMED et al. 1990; CAVESTANY et al. 1994; MITTAL und BARBUT 1994; CARBALLO et al. 1996; COLMENERO 1996). Die zugegebene Wassermenge trat mit den Proteinen, Lipiden, Polysacchariden und Salzen in Wechselwirkung und bedingte folglich die Ausprägung der Brühwursttextur (KALLWEIT 1988; OELKER 1996; SOUCI et al. 2000). Aufgrund der Tatsache, dass ein Fettaustausch mit einer erhöhten Schüttwassermenge überwiegend zu ei-

nem weichlichen Mundgefühl der Brühwurstserzeugnisse führt (CLAUS et al. 1989; AHMED et al. 1990; MITTAL und BARBUT 1994), überwog bei der Ausbildung der Textur (höhere Härte, Bissfestigkeit, Elastizität, Kohäsivität und Kaubarkeit) der fettreduzierten Brühwurstserzeugnisse dieser Hauptversuchsreihe scheinbar die Verarbeitung von Simplesse® 100, einer gesteigerten Magerfleischmenge und Transglutaminase.

In zahlreichen Untersuchungen an diversen Lebensmitteln konnte belegt werden, dass der Einsatz von Simplesse® 100 die Textur von Lebensmitteln beeinflusst (SCHMIDT et al. 1993; McMAHON et al. 1996; SANCHEZ und PAQUIN 1997; OHMES et al. 1998; GALLAGHER et al. 2003; YILSAY et al. 2006; SAHAN et al. 2008; KARACA et al. 2009). Dieser Fettaustauschstoff stellt ein Molkenproteinkonzentrat dar. Molkenproteine sind amphiphil. In Lösung befinden sich die hydrophilen Gruppen an der Oberfläche, wohingegen die hydrophoben Gruppen so ausgerichtet sind, dass sie innerhalb der gewendelten Moleküle verdeckt liegen. Diese Ausrichtung verleiht den Molekülen nicht nur einen Anstieg der Wasserlöslichkeit, sondern auch eine exzellente Oberflächenaktivität und Eigenschaften, die die Stabilität von Emulsionen fördern (LUCCA und TEPPER 1994). Während der Ausbildung von Emulsionen sind die Molkenproteine in der Grenzfläche zwischen Öl und Wasser weit zerstreut und richten sich neu aus, indem eine Ausbreitung der hydrophoben Segmente in die Ölphase und der hydrophilen Segmente in die wässrige Phase erfolgt. Hierdurch wird die Grenzflächenspannung herabgesetzt und die Emulsion stabilisiert (N.N. 1989, zitiert nach LUCCA und TEPPER 1994). Auch HUGHES et al. (1998) kamen in ihren Untersuchungen zu dem Ergebnis, dass der Einsatz von Molkenproteinen in fettreduzierten Brühwurstserzeugnissen die Stabilität der Emulsion erhöht und die textuellen Eigenschaften positiv beeinflusst.

Neben dem Einsatz von Simplesse® 100 hatte die Verarbeitung einer erhöhten Magerfleischmenge anstelle des Fettgewebes einen Anstieg der Texturparameter Härte, Bissfestigkeit, Elastizität, Kohäsivität und Kaubarkeit zur Folge. Die Erhöhung des Magerfleischanteiles führte zu einer Zunahme der hochgradigen Protein-Protein Interaktionen, durch die die molekularen Bindungen innerhalb des Produktes verstärkt wurden. In den Untersuchungen von CLAUS et al. (1989) an Brühwurstserzeugnissen nach Art einer Mortadella nahmen, bedingt durch die Verarbeitung eines erhöhten Magerfleischanteiles, die Werte für die Härte, Elastizität und Kohäsivität der Proben zu. Ähnliche Ergebnisse erzielten MARQUEZ et al. (1989) in ihren Untersuchungen an fettreduzierten Frankfurter Würstchen, zudem ermittelten sie einen durch die Erhöhung des Proteinanteiles bedingten Anstieg der Kaubarkeit.

Einen immensen Einfluss auf die Ausbildung der Textur der fettreduzierten Brühwurstchargen der dritten Hauptversuchsreihe konnte dem Verarbeitungshilfsstoff Transglutaminase

zugeschrieben werden. Der Einsatz der Transglutaminase diente der Texturverbesserung der Mortadellaprodukte, indem die Bildung der Quervernetzung zwischen den schweren Myosinketten, die sich in den Muskelproteinen des Fleisches befinden, begünstigt wurde. Durch die Verbindung der Proteine Glutamin und Lysin entstand ein Netzwerk aus Eiweißen, das zu einer deutlichen Zunahme der physikalischen Eigenschaften wie der Härte, Festigkeit, Elastizität und Deformation führte (HAMMER 1998; KURAISHI et al. 1998; ENGEL et al. 2000; AJINOMOTO 2009e). In eigenen Vorversuchen zum Einsatz von Transglutaminase in fettreduzierten Brühwurstzeugnissen (ohne Fettaustauschstoff) konnte ermittelt werden, dass durch die Zugabe von 0,05 % Transglutaminase die Möglichkeit besteht, im Austausch gegen das tierische Fettgewebe eine zusätzliche Schüttwassermenge in der Höhe von 12 % zu verarbeiten, ohne dabei Einbußen in der instrumentell gemessene Textur der Produkte zu erhalten (WORTMANN 2007).

Die Korrelationsberechnungen belegen statistisch den Grad der Zusammenhänge zwischen den jeweiligen Rezepturmodifikationen und der Ausbildung der einzelnen Texturparameter. Der Einsatz des Verarbeitungshilfsstoffes Transglutaminase sowie die erhöhte Schüttwassermenge wiesen eine hohe Korrelation mit der Härte, Bissfestigkeit, Adhäsion, Elastizität und Kaubarkeit sowie eine mittlere Korrelation mit der Kohäsivität der Brühwurstzeugnisse auf. Die verarbeitete Menge an tierischem Fettgewebe besaß eine hohe gegenläufige Wechselbeziehung mit der Härte, Bissfestigkeit, Adhäsion, Elastizität und Kaubarkeit sowie eine mittlere gegenläufige Wechselbeziehung mit der Kohäsivität der Brühwurstzeugnisse. Dagegen lagen eine mittlere Korrelation zwischen dem Gehalt an Simplex® 100 und der Härte, Bissfestigkeit, Adhäsion, Elastizität und Kaubarkeit sowie ein geringer Zusammenhang mit der Kohäsivität vor. Eine sehr hohe Korrelation konnte zwischen dem erhöhten Magerfleischanteil und den Texturattributen Bissfestigkeit, Adhäsion und Elastizität sowie eine hohe Korrelation mit der Härte, Kohäsivität und Kaubarkeit der einzelnen Brühwurstchargen ermittelt werden.

Aufgrund der geringen Verarbeitungsmenge des Rapsöles (2 %), waren dessen Auswirkungen auf die Textur der fettreduzierten Brühwurstcharge H3 C2 zu vernachlässigen.

Zudem wurden für die Brühwurstchargen Texturveränderungen über die Dauer der Lagerung festgestellt. Dabei lag eine überwiegend statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Zunahme der Härte vor (**siehe Tab. 44**). Ebenfalls nahmen die Bissfestigkeit und Kaubarkeit über die Dauer der Lagerung zu, zumeist aber statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$). Die Abweichungen der genannten Texturparameter konnten vermutlich auf Flüssigkeitsverluste während des Lagerungsprozesses zurückgeführt werden. Zudem kann es sein, dass sich das ausgebildete Netz-

werk über die Dauer der Lagerung stabilisierte. Die Veränderungen in der Adhäsion, Elastizität und Kohäsivität, die sich über die Dauer der Lagerung der Mortadellchargen ergaben, waren zumeist nur geringfügig und überwiegend statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

4.8.3 Instrumentelle Farbmessung

4.8.3.1 Ergebnisse

In der **Abbildung 42** sind die Ergebnisse der instrumentellen Farbmessung ($L^*a^*b^*$ -Werte) der Brühwurstchargen der dritten Hauptversuchsreihe in Säulendiagrammen dargestellt ($n = 3$, mit jeweils 15 Messungen). Auf der Abszisse sind die Brühwurstchargen (K = Kontrollcharge; C = fettreduzierte Brühwurstcharge), die Lagerungstage (3; 7; 23) und die Convenience-Grade (S = Stückware; A = Aufschnittware) angegeben, während auf der Ordinate der jeweilige Farbwert aufgetragen ist. Die Säulen symbolisieren die Mittelwerte der Messdaten für die einzelnen Brühwurstchargen, unterteilt in Convenience-Grad und Lagerungstag.

Darüber hinaus kann der Abbildung die Standardabweichung der einzelnen Mittelwerte entnommen werden. Die statistisch signifikanten Unterschiede ($p \leq 0,05$) zwischen den untersuchten Lagerungstagen drei (L3 S) und sieben (L7 S) sowie drei (L3 A) und 23 (L23 A) innerhalb einer Brühwurstcharge und eines Convenience-Grades wurden mit einem Sternchen (*) gekennzeichnet. Die Unterschiede zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge wurden, gesondert für die Lagerungstage (3; 7; 23) und die Convenience-Grade (S; A), statistisch auf Signifikanz überprüft. Die rezepturmodifizierten Brühwurstchargen, die den gleichen hochgestellten Buchstaben wie die Kontrollcharge (H3 K L3 S = hochgestelltes a, H3 K L7 S = hochgestelltes b, H3 K L3 A = hochgestelltes C und H3 K L23 A = hochgestelltes D) aufweisen, sind statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) von dieser unterschiedlich.

Die in der **Abbildung 42** dargestellten Ergebnisse mit den jeweiligen Standardabweichungen sind der **Tabelle 44** zu entnehmen, während die Werte für die statistischen Signifikanzen den **Tabellen 50** und **51** zu entnehmen sind.

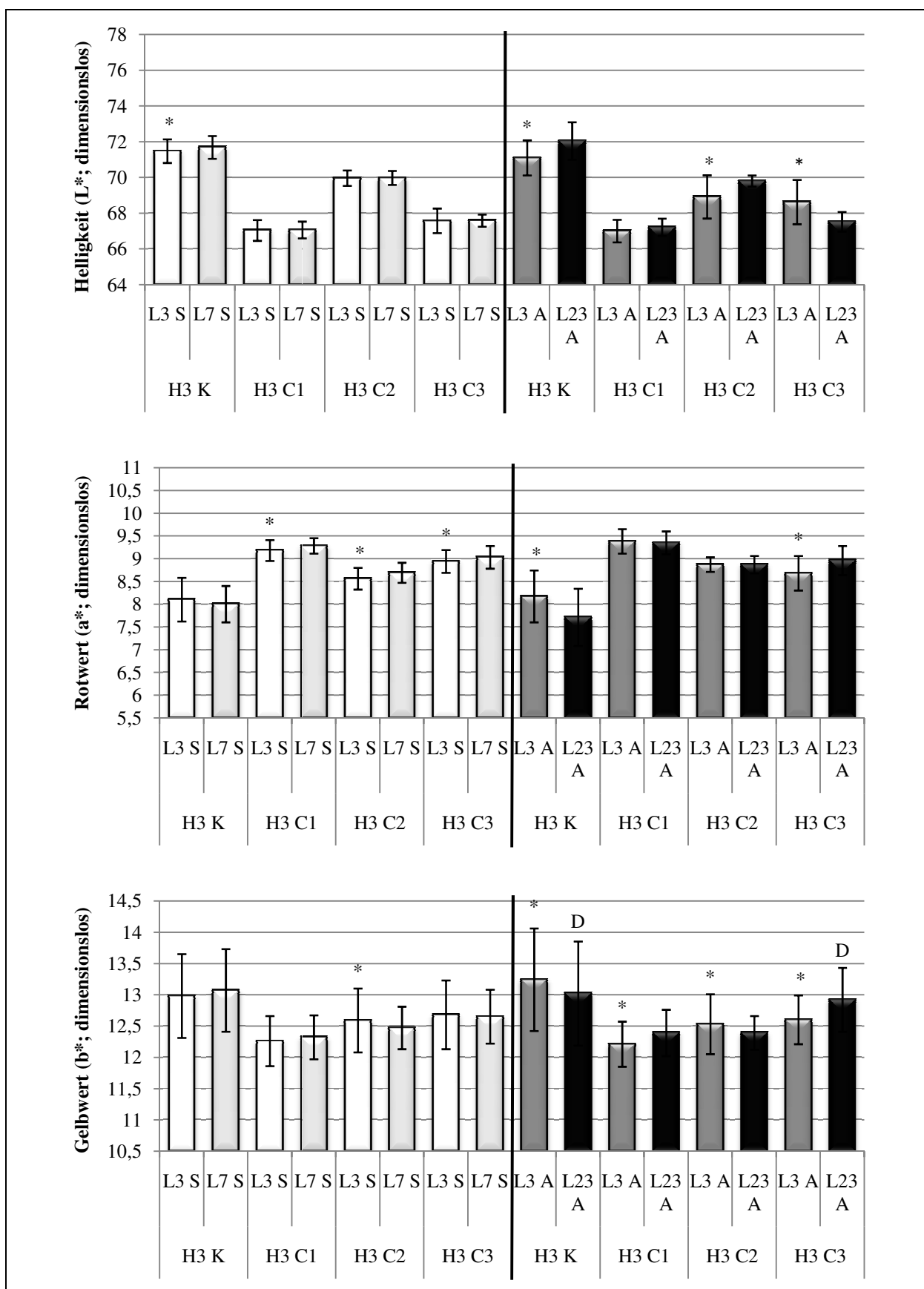


Abbildung 42: L*a*b*-Werte der Brühwurstzeugnisse am dritten und am siebten Lagerungstag für die Stückware sowie am dritten und am 23. Lagerungstag für die Aufschnittware (+7 °C) (n = 3, mit jeweils 15 Messungen). H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

Charge der Standardmortadella (Kontrollcharge) H3 K

Für die Charge der Standardmortadella konnte ein statistisch signifikanter ($p \leq 0,05$) Anstieg der Helligkeit zwischen den untersuchten Lagerungstagen beider Convenience-Grade festgestellt werden (S = von $71,47 \pm 0,66$ auf $71,68 \pm 0,64$; A von $71,09 \pm 0,98$ auf $72,04 \pm 1,05$). Der Rot-Wert der Kontrollcharge fiel zwischen den untersuchten Lagerungstagen beider Convenience-Grade ab (S = von $8,10 \pm 0,48$ auf $8,00 \pm 0,40$; A = von $8,17 \pm 0,57$ auf $7,71 \pm 0,63$), wobei nur die Abnahme zwischen dem dritten und dem 23. Lagerungstag der Aufschnittware statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) war. Die Intensität der Gelbfärbung der Charge der Standardmortadella zeigte zwischen den Lagerungstagen drei ($12,98 \pm 0,67$) und sieben ($13,07 \pm 0,66$) eine statistisch nicht signifikante ($p > 0,05$) Zunahme an. Stattdessen konnte ein statistisch signifikanter ($p \leq 0,05$) Abfall zwischen den untersuchten Lagerungstagen der Aufschnittware von $13,24 \pm 0,82$ auf $13,02 \pm 0,83$ festgestellt werden.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H3 C1

Die ermittelten Farbwerte der rezepturmodifizierten Mortadellacharge H3 C1 wiesen allesamt statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Abweichungen von den Farbwerten der Kontrollcharge auf. Dabei lagen für den a*-Wert (zwischen $9,18 \pm 0,23$ und $9,38 \pm 0,27$) höhere sowie für den L*-Wert (zwischen $67,00 \pm 0,63$ und $67,21 \pm 0,48$) und den b*-Wert (zwischen $12,21 \pm 0,36$ und $12,39 \pm 0,37$) niedriger Werte vor.

Statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Unterschiede der Farbwerte der Produkte der rezepturmodifizierten Brühwurstcharge H3 C1 bestanden zwischen den untersuchten Lagerungstagen für die Rot-Werte (von $9,18 \pm 0,23$ auf $9,28 \pm 0,17$) der Stückware und für die Gelb-Werte (von $12,21 \pm 0,36$ auf $12,39 \pm 0,37$) der Aufschnittware. Die restlichen Differenzen zwischen den untersuchten Lagerungstagen beider Convenience-Grade innerhalb der fettreduzierten Brühwurstcharge H3 C1 waren statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Fettreduzierte Brühwurstcharge H3 C2

Die fettreduzierte Mortadellacharge H3 C2 besaß gegenüber der Kontrollcharge unabhängig von dem Convenience-Grad und dem untersuchten Lagerungstag einen statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) geringeren L*-Wert (zwischen $68,91 \pm 1,21$ und $69,97 \pm 0,39$) und b*-Wert (zwischen $12,39 \pm 0,27$ und $12,59 \pm 0,51$) sowie einen statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) höheren a*-Wert (zwischen $8,56 \pm 0,24$ und $8,87 \pm 0,19$).

Statistisch signifikante Veränderungen ($p \leq 0,05$) der einzelnen Farbwerte zwischen den untersuchten Lagerungstagen der fettreduzierten Brühwurstcharge H3 C2 lagen für die Helligkeitswerte der Aufschnittware (von $68,91 \pm 1,21$ auf $69,80 \pm 0,31$), für den Rot-Wert der

Stückware von dem dritten auf den siebten Lagerungstag (von $8,56 \pm 0,24$ auf $8,69 \pm 0,22$) und für die Gelb-Werte beider Convenience-Grade (S = von $12,59 \pm 0,51$ auf $12,47 \pm 0,34$; A = von $12,53 \pm 0,48$ auf $12,39 \pm 0,27$) vor. Die nicht genannten Abweichungen der einzelnen Farbwerte zwischen den untersuchten Lagerungstagen beider Convenience-Grade waren statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) unterschiedlich.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H3 C3

Unabhängig von dem Convenience-Grad und dem untersuchten Lagerungstag besaß die rezepturmodifizierte Mortadellacharge H3 C3 im Vergleich zu der Kontrollcharge einen statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) niedrigeren L*-Wert (zwischen $67,52 \pm 0,55$ und $68,62 \pm 1,24$) sowie einen statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) höheren Rot-Wert (zwischen $8,68 \pm 0,38$ und $9,03 \pm 0,25$). Der Gelb-Wert der Stückware an den untersuchten Lagerungstagen ($12,68 \pm 0,55$ und $12,65 \pm 0,43$) und der Aufschnittware am dritten Lagerungstag ($12,60 \pm 0,39$) war jeweils statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) größer als bei der Charge der Standardmortadella, war, während am 23. Lagerungstag der Aufschnittware kein statistisch signifikanter ($p > 0,05$) Unterschied vorlag.

Zudem existierten Veränderungen der Farbwerte zwischen den untersuchten Lagerungstagen innerhalb der Convenience-Grade der fettreduzierten Mortadellacharge H3 C3. Dabei ergab die instrumentelle Farbmessung eine statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Abnahme der Helligkeit der Aufschnittware von dem dritten auf den 23. Lagerungstag (von $68,62 \pm 1,24$ auf $67,52 \pm 0,55$), während der Rot-Wert, unabhängig von dem Convenience-Grad (S = von $8,94 \pm 0,25$ auf $9,03 \pm 0,25$; A = von $8,68 \pm 0,38$ auf $8,96 \pm 0,32$) über die Dauer der Lagerung statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) zunahm. Ebenfalls ein statistisch signifikanter Anstieg ($p \leq 0,05$) konnte für die Gelb-Werte der Aufschnittware (von $12,60 \pm 0,39$ auf $12,92 \pm 0,51$) von dem dritten auf den 23. Lagerungstag vernommen werden. Die sonstigen Veränderungen der einzelnen Farbwerte zwischen den untersuchten Lagerungstagen beider Convenience-Grade innerhalb der fettreduzierten Brühwurstcharge H3 C3 waren statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

4.8.3.1.1 Berechnung des Gesamtfarbabstandes (Δ_{Gesamt})

Der Gesamtfarbabstand (Δ_{Gesamt}) wurde mit der nachstehenden Formel berechnet:

$$\Delta_{\text{Gesamt}} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Die Ergebnisse sind in Säulendiagrammen in der **Abbildung 43** dargestellt. Die Abstandswerte (dimensionslos) der Gesamtfarbe zwischen den untersuchten Lagerungstagen der einzelnen Brühwurstchargen (differenziert nach Convenience-Graden) bzw. zwischen der Kontrollchar-

ge und den fettreduzierten Brühwurstchargen (separat für Lagerungstage und Convenience-Grade) sind auf der Ordinate der Abbildung aufgetragen, während auf der Abszisse die Brühwurstchargen dargestellt sind. Die Einzelwerte der Abbildungen können der **Tabelle 45** sowie **46** entnommen werden.

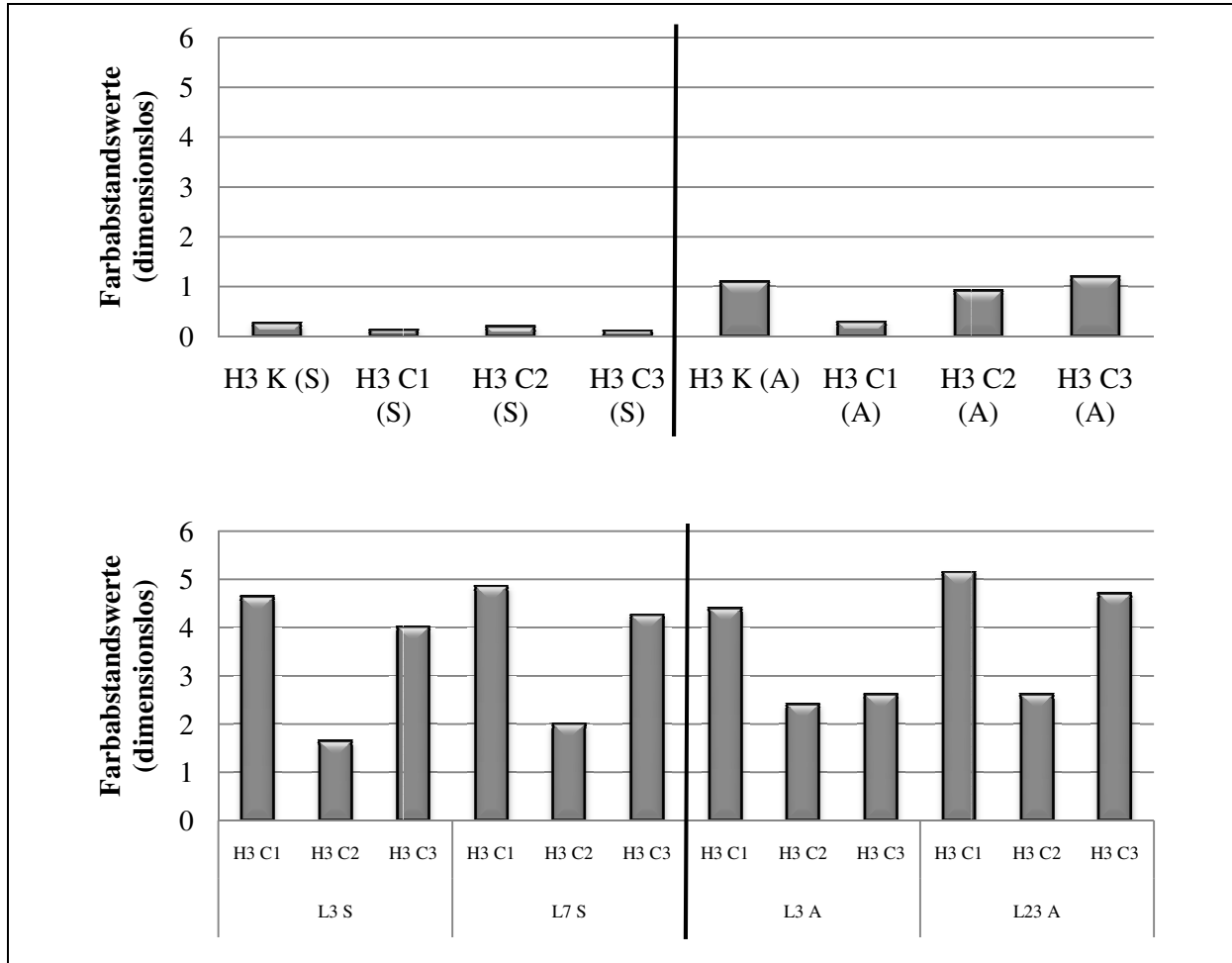


Abbildung 43: Farbabstände (Δ Gesamt) zwischen den untersuchten Lagerungstagen innerhalb der Brühwurstchargen (oben) sowie Farbabstände (Δ Gesamt) zwischen den rezepturmodifizierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge (unten) (jeweils $n = 3$). H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

Von den Farbabweichungen zwischen den untersuchten Lagerungstagen der einzelnen Brühwurstchargen lagen ausschließlich die Farbabweichungen zwischen dem dritten und dem 23. Lagerungstag der Aufschnittware der Kontrollcharge H3 K (Δ 1,08) und der fettreduzierten Brühwurstcharge H3 C3 (Δ 1,18) in einem sensorisch wahrnehmbaren Bereich von Δ Gesamt $> 1,0$ (siehe **Abb. 43**).

Indessen befanden sich die Farbabweichungen zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Charge der Standardmortadella allesamt in einem sensorisch wahrnehmbaren Bereich von Δ Gesamt $> 1,0$ (siehe **Abb. 43**).

4.8.3.2 Diskussion

Die drei fettreduzierten Mortadellchargen wiesen eine geringere Helligkeit, eine intensivere Rotfärbung und eine weniger starke Gelbfärbung als die Kontrollcharge auf. Dabei waren die Differenzen zwischen den rezepturmodifizierten Brühwurstchargen und der Charge der Standardmortadella überwiegend statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) (**siehe Tab. 44**). Vergleichbare Ergebnisse, wie für die rezepturmodifizierten Mortadellchargen der dritten Hauptversuchsreihe ermittelt werden konnten, wurden auch in zahlreichen Untersuchungen anderer Autoren an fettreduzierten Brühwurstzeugnissen erzielt (REAGAN et al. 1983; HAND et al. 1987; MARQUEZ et al. 1989; AHMED et al. 1990; KEETON 1994; MITTAL und BARBUT 1994; CARBALLO et al. 1995; COLMENERO 1996; PANERAS et al. 1996; GRIGELMO-MIGUEL et al. 1999; NOWAK et al. 2007).

Die dunklere Farbe und die intensivere Rotfärbung sowie die geringfügigen Veränderungen der Gelb-Werte der fettreduzierten Mortadellprodukte konnten auf die modifizierten Rezepturen zurückgeführt werden (**siehe Tab. 10**). Diese umfassten eine Reduktion des Fettgehaltes, eine Erhöhung des Magerfleischanteiles und der Schüttwassermenge sowie den Einsatz des Fettaustauschstoffes Simplese[®] 100. Zudem wurde im Rahmen der Herstellung der fettreduzierten Brühwurstcharge H3 C2 der Anteil des tierischen Fettgewebes durch Rapsöl ersetzt. Vorwiegend wird die Farbgestaltung von Brühwurstzeugnissen durch die Menge des Magerfleisches und durch das Verhältnis zwischen dem Fettgehalt, der Wassermenge und dem Magerfleischanteil beeinflusst (REAGAN et al. 1983; HAND et al. 1987; CLAUS et al. 1989; AHMED et al. 1990; HAMMER 1992). Mit einem erhöhten Magerfleischanteil ging eine erhöhte Konzentration an Myoglobin einher, wodurch die Produkte ihre dunklere Farbe und intensivere Rotfärbung erhielten (REAGAN et al. 1983; MARQUEZ et al. 1989; KLETTNER und SAKATA 2004).

Die Substitution von tierischem Fettgewebe durch pflanzliches Öl besaß Auswirkungen auf die Farbe der Brühwurstcharge H3 C2. Aufgrund der geringen Zugabemenge an Rapsöl (2%), konnten diese jedoch als geringfügig beurteilt werden. Dementsprechend lag nur eine geringe Korrelation ($r = 0,204$) mit dem Helligkeitswert, eine sehr geringe Korrelation ($r = 0,014$) mit dem Rot-Wert und ein geringer gegenläufiger Zusammenhang ($r = -0,284$) mit dem Gelb-Wert vor.

Die Farbabstände (Δ Gesamt) zwischen den rezepturmodifizierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge lagen allesamt oberhalb von $\Delta 1$ (**siehe Tab. 46**). Die Farbunterschiede konnten demzufolge mit dem menschlichen Auge wahrgenommen werden.

Über die Lagerungsdauer konnten mehrere statistisch signifikante Veränderungen ($p \leq 0,05$) der $L^*a^*b^*$ -Werte der Brühwurstchargen ermittelt werden (**siehe Tab. 44**). Die Farbveränderungen zwischen den einzelnen Lagerungstagen waren jedoch überwiegend geringfügig und gingen zumeist mit einer Zunahme der Helligkeit und einer Abnahme der Intensität des Rot-Wertes der Mortadellaprodukte einher. Für die Veränderung der Gelb-Werte über die Dauer der Lagerung war keine Tendenz auszumachen. Die instrumentell ermittelten Gesamtfarbabstände (Δ Gesamt) waren in den meisten Fällen minimal, so dass diese in einem Bereich lagen, der für das menschliche Auge nicht wahrnehmbar war ($< \Delta 1$), mit Ausnahme der Gesamtfarbveränderungen zwischen dem dritten und dem 23. Lagerungstag der Aufschnittware der Kontrollcharge sowie zwischen den untersuchten Lagerungstagen der Aufschnittware der fettreduzierten Brühwurstcharge H3 C3 (**siehe Tab. 45**). Die Korrelationsberechnungen ergaben, dass der Sauerstoffgehalt im Kopfraum der Verpackungen sowie die aerobe mesophile Gesamtkeimzahl nur eine sehr geringe Wechselbeziehung bzw. einen sehr geringen gegenläufigen Zusammenhang zu der Entwicklung der $L^*a^*b^*$ -Werte aller Brühwurstchargen dieser Hauptversuchsreihe aufwiesen. Bei Betrachtung der **Tabelle 49** wird indessen deutlich, dass über die Dauer der Lagerung eine Zunahme des Sauerstoffgehaltes und eine Abnahme der Kohlendioxidmenge im Headspace der MAP-Verpackungen erfolgten. Die Farbveränderungen zwischen dem dritten und dem 23. Lagerungstag der Aufschnittware der Mortadellachargen H3 K und H3 C3 waren daher vermutlich auf den Kontakt der Brühwurstoberfläche mit Sauerstoff zurückzuführen (THIPPAREDDI UND PHEBUS 2003). In Einzelfällen könnte auch ein mikrobiologischer Wachstum Grund für die Farbveränderungen sein, da neben dem Einfluss von Sauerstoff auch Mikroorganismen an den Farbveränderungen von Brühwursterezeugnissen beteiligt sein können (KRÄMER 2002; WEBER 2003a; HONIKEL 2007).

4.8.4 Physikalische Untersuchungen

4.8.4.1 Ergebnisse

In der **Abbildung 44** sind die Ergebnisse der physikalischen Untersuchung (Bestimmung des pH- und a_w -Wertes) der einzelnen Brühwurstchargen der dritten Hauptversuchsreihe in zwei Säulendiagrammen illustriert ($n = 3$, jeweils Doppelbestimmung). Auf der Abszisse sind die Brühwurstchargen (K = Kontrollcharge; C = fettreduzierte Brühwurstcharge), die Lagerungstage (3; 7; 23) und die Convenience-Grade (S = Stückware; A = Aufschnittware) angegeben, während auf der Ordinate der jeweilige Untersuchungsparameter aufgetragen ist. Die Säulen symbolisieren die Mittelwerte der Messdaten für die einzelnen Chargen, unterteilt in Convenience-Grad und Lagerungstag.

Darüber hinaus kann der Abbildung die Standardabweichung der einzelnen Mittelwerte entnommen werden. Die statistisch signifikanten Unterschiede ($p \leq 0,05$) zwischen den untersuchten Lagerungstagen drei (L3 S) und sieben (L7 S) sowie drei (L3 A) und 23 (L23 A) innerhalb einer Brühwurstcharge und eines Convenience-Grades wurden mit einem Sternchen (*) gekennzeichnet. Die Unterschiede zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge wurden, gesondert für die Lagerungstage (3; 7; 23) und die Convenience-Grade (S; A), statistisch auf Signifikanz überprüft. Die rezepturmodifizierten Brühwurstchargen, die den gleichen hochgestellten Buchstaben wie die Kontrollcharge (H3 K L3 S = hochgestelltes a, H3 K L7 S = hochgestelltes b, H3 K L3 A = hochgestelltes C und H3 K L23 A = hochgestelltes D) aufweisen, sind statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) von dieser unterschiedlich.

Die in der **Abbildung 44** dargestellten Ergebnisse mit den jeweiligen Standardabweichungen sind der **Tabelle 44** zu entnehmen, während die Werte für die statistischen Signifikanzen den **Tabellen 50** und **51** zu entnehmen sind.

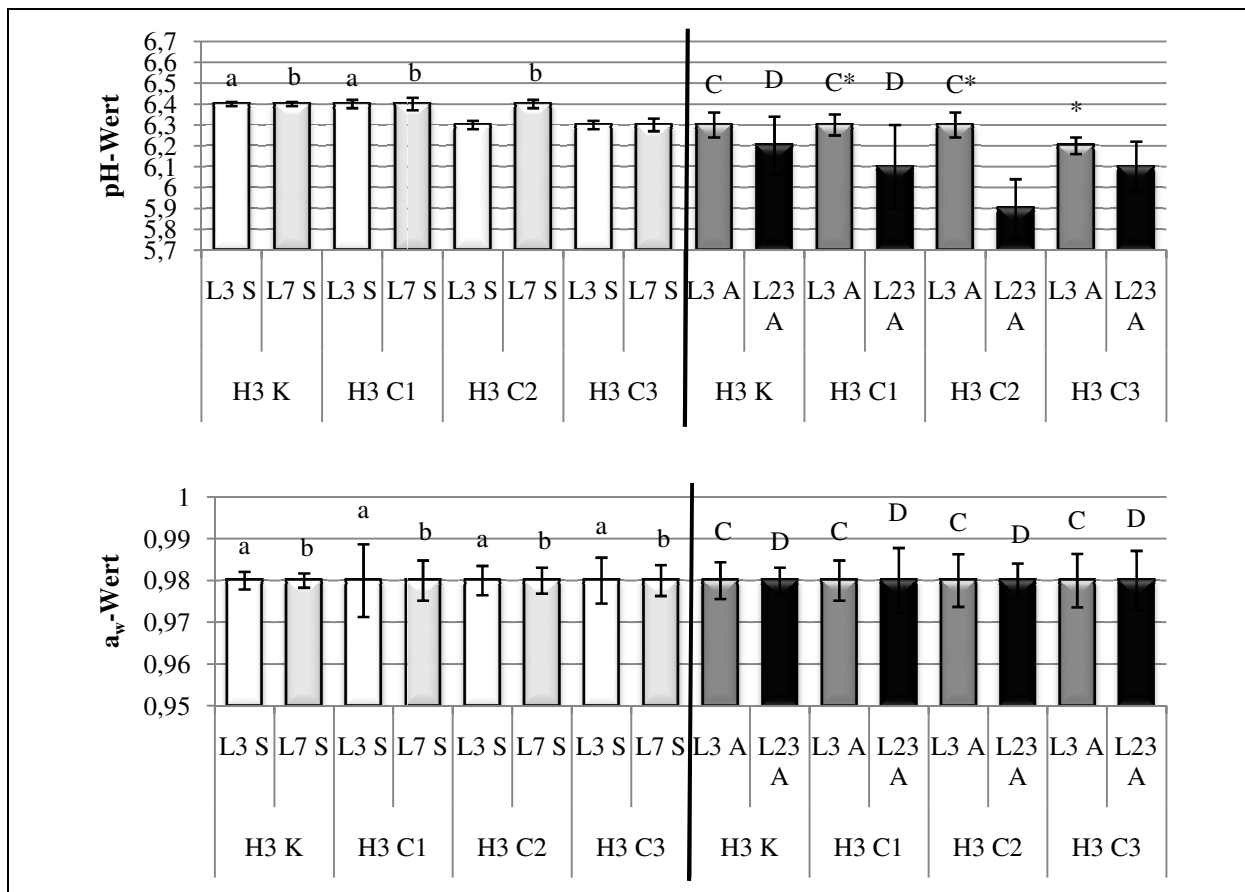


Abbildung 44: pH- und a_w-Werte der Brühwurstherzeugnisse am dritten und am siebten Lagerungstag für die Stückware sowie am dritten und am 23. Lagerungstag für die Aufschnittware (+7 °C) (n = 3, jeweils Doppelbestimmung). H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

Charge der Standardmortadella (Kontrollcharge) H3 K

Mit einem pH-Wert von jeweils $\text{pH } 6,4 \pm 0,01$ besaß die Charge der Standardmortadella an den untersuchten Lagerungstagen der Stückware einen identischen pH-Wert. Stattdessen war zwischen dem dritten und dem 23. Lagerungstag der Aufschnittware ein statistisch nicht signifikanter ($p > 0,05$) Abfall des pH-Wertes von $\text{pH } 6,3 \pm 0,06$ auf $\text{pH } 6,2 \pm 0,14$ zu verzeichnen. Der a_w -Wert der Kontrollcharge betrug an den untersuchten Lagerungstagen beider Convenience-Grade einheitlich 0,98 und variierte einzig in den Standardabweichungen.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H3 C1

Sowohl bei der Stück- als auch bei der Aufschnittware existierten zwischen der fettreduzierten Brühwurstcharge H3 C1 und der Charge der Standardmortadella keine oder nur geringfügige und statistisch nicht signifikante ($p > 0,05$) Unterschiede im pH- und a_w -Wert.

Innerhalb der rezepturmodifizierten Mortadellacharge H3 C1 konnte eine statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Abnahme des pH-Wertes zwischen den untersuchten Lagerungstagen der unter modifizierter Atmosphäre gelagerten Produkte von $\text{pH } 6,3 \pm 0,05$ auf $\text{pH } 6,1 \pm 0,20$ bestimmt werden, während die restlichen Abweichungen in den physikalischen Untersuchungsparametern zwischen den untersuchten Lagerungstagen des jeweiligen Convenience-Grades statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) waren.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H3 C2

Der pH-Wert der rezepturmodifizierten Brühwurstcharge H3 C2 war am dritten Lagerungstag der Stückware mit $\text{pH } 6,3 \pm 0,02$ und am 23. Lagerungstag der Aufschnittware mit $\text{pH } 5,9 \pm 0,14$ statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) niedriger als der pH-Wert der Kontrollcharge. Am siebten Lagerungstag der Stückware und am dritten Lagerungstag der Aufschnittware lagen keine statistisch signifikanten ($p > 0,05$) Abweichungen vor. Zwischen dem a_w -Wert der fettreduzierten Mortadellacharge und der Charge der Standardmortadella existierten ebenfalls keine statistisch signifikanten ($p > 0,05$) Differenzen.

Zwischen den untersuchten Lagerungstagen beider Convenience-Grade der rezepturmodifizierten Brühwurstcharge H3 C2 war von den physikalischen Untersuchungsparametern ausschließlich der Abfall des pH-Wertes von dem dritten auf den 23. Lagerungstag der Aufschnittware von $6,3 \pm 0,06$ auf $5,9 \pm 0,14$ statistisch signifikant ($p \leq 0,05$).

Fettreduzierte Brühwurstcharge H3 C3

An den untersuchten Lagerungstagen der ungleichen Convenience-Grade verfügte die fettreduzierte Brühwurstcharge H3 C3 über einen statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) niedrigeren pH-Wert als die Charge der Standardmortadella (S = $6,3 \pm 0,02$ und $6,3 \pm 0,03$; A = $6,2 \pm 0,04$

und $6,1 \pm 0,12$). Unterdessen waren die a_w -Wert-Unterschiede zwischen der fettreduzierten Mortadellacharge und der Charge der Standardmortadella statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Ebenfalls statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) waren die Veränderungen der pH- und a_w -Werte zwischen den untersuchten Lagerungstagen beider Convenience-Grade der fettreduzierten Brühwurstcharge H3 C3, mit Ausnahme der statistisch signifikanten ($p \leq 0,05$) Abnahme des pH-Wertes der Aufschnittware von dem dritten ($\text{pH } 6,2 \pm 0,04$) auf den 23. ($\text{pH } 6,1 \pm 0,12$) Lagerungstag.

4.8.4.2 Diskussion

Die pH-Werte der Mortadellachargen der dritten Hauptversuchsreihe lagen in einem Bereich zwischen pH 5,9 und pH 6,4 (**siehe Tab. 44**). Ähnliche pH-Werte (pH 5,8 – pH 6,3) konnten für Brühwursterzeugnisse in anderen Untersuchungen ermittelt werden (CLAUS und HUNT 1991; BLOUKAS und PANERAS 1993; GREGG et al. 1993; PANERAS et al. 1996; BABBEL 2001; YOO et al. 2005; NOWAK et al. 2007). Zwischen den pH-Werten der fettreduzierten Mortadellacharge H3 C1 und der Kontrollcharge lagen keine statistisch signifikanten ($p > 0,05$) Unterschiede vor, während die rezepturmodifizierten Brühwurstchargen H3 C2 und H3 C3 einen überwiegend statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) niedrigeren pH-Wert als die Charge der Standardmortadella besaßen. Die geringeren pH-Werte der fettreduzierten Mortadellacherzeugnisse der Chargen H3 C2 und H3 C3 sind mit deren Zusammensetzung zu erklären, da die einzelnen am Fettaustausch beteiligten Bestandteile unterschiedliche pH-Werte aufwiesen. Während der Rückenspeck vom Schwein einen pH-Wert von etwa pH 7,1 besaß, lag der pH-Wert von magerem Rindfleisch bei etwa pH 6,1 und von magerem Schweinefleisch bei etwa pH 6,2 (PANERAS et al. 1996). Der pH-Wert von Simplese[®] 100 betrug zwischen pH 6,0 und pH 6,5 (LIESKE und KONRAD 1993). Demzufolge stand ein Austausch des Fettanteiles mit Simplese[®] 100 und Magerfleisch in Verbindung mit einer pH-Wert-Reduktion des Produktes.

Statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Abweichungen der pH-Werte zwischen den untersuchten Lagerungstagen beider Convenience-Grade konnten ausschließlich in Form einer Abnahme der pH-Werte von dem dritten auf den 23. Lagerungstag der Aufschnittware der fettreduzierten Brühwurstchargen ermittelt werden (**siehe Tab. 44**). Eine Erklärung für diesen minimalen, aber statistisch signifikanten ($p \leq 0,05$) Abfall der pH-Werte könnte das Wachstum von Mikroorganismen sein. Milchsäurebakterien bilden aus Kohlenhydraten Säuren, wodurch der pH-Wert von etwa pH 6,3 auf Werte von bis zu pH 4,8 gesenkt werden kann (SCHREITER 1981). Allerdings wurden Milchsäurebakterien im Rahmen der mikrobiologischen Untersu-

chung ausschließlich in geringen Mengen in den Produkten der Mortadellcharge H3 C1 am 23. Lagerungstag der Aufschnittware nachgewiesen. Dennoch ist es nicht auszuschließen, dass ein mikrobiologischer Wachstum in dem Probenmaterial erfolgte, das zur Messung des pH-Wertes herangezogen wurde.

Bei Betrachtung der **Tabelle 44** wird deutlich, dass die pH-Werte der Aufschnittware zwischen pH 5,9 und pH 6,3 lagen, während sich die pH-Werte der Stückware zwischen pH 6,3 und pH 6,4 bewegten. Die niedrigeren pH-Werte der Aufschnittware waren durch die Löslichkeit des Kohlendioxidanteils (30 %) des im Kopfraum der MAP-Verpackungen befindlichen Gasgemisches begründet (EKLUND und JARMUND 1983; FARBER 1990).

Statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Auswirkungen der einzelnen Rezepturmodifikationen auf den a_w -Wert der fettreduzierten Brühwurstzeugnisse konnten nicht ermittelt werden. Auch die Dauer der Lagerung hatte bei beiden Convenience-Graden keinen statistisch signifikanten ($p > 0,05$) Einfluss auf die Wasseraktivität der Produkte (**siehe Tab. 44**).

4.8.5 Chemische Analyse

Die chemische Analytik wurde einmalig und ausschließlich für die Stückware der Brühwurstchargen im Lagerungszeitraum von sieben Tagen durchgeführt, da keine nennenswerten Veränderungen der chemischen Zusammensetzung über die Lagerungsdauer bzw. zwischen den unterschiedlichen Convenience-Graden zu erwarten waren.

4.8.5.1 Chemische Vollanalyse

4.8.5.1.1 Ergebnisse

In der **Abbildung 45** sind die Ergebnisse der chemischen Vollanalyse für die fettreduzierten Brühwurstchargen der dritten Hauptversuchsreihe in Kreisdiagrammen abgebildet ($n = 3$, jeweils Doppelbestimmung).

Die dargestellten Werte geben die chemische Zusammensetzung der jeweiligen Brühwurstcharge in Prozent wieder. Die Analysensumme setzt sich aus den Einzelsummen der Komponenten zusammen und ist der **Tabelle 47** zu entnehmen.

Die Standardabweichungen und die statistischen Signifikanzen der in **Abbildung 45** angegebenen Werte sind in der **Tabelle 47** dargestellt, wobei die exakten Werte für die statistischen Signifikanzen der **Tabellen 51** zu entnehmen sind.

Charge der Standardmortadella (Kontrollcharge) H3 K

Die chemische Vollanalyse der Charge der Standardmortadella H3 K ergab eine Analysensumme von 99,9 %. Diese setzte sich aus $59,9 \pm 0,44$ % Gesamtwasser, $11,7 \pm 0,30$ % Gesamteiweiß, $25,8 \pm 0,45$ % Gesamtfett und $2,5 \pm 0,06$ % Asche zusammen. Aufgrund der

nicht erfolgten Zugabe des Fettaustauschstoffes Simplesse® 100 wurde die Analysensumme der Kontrollcharge mit einem Gehalt an Kohlenhydraten von 0 % berechnet.

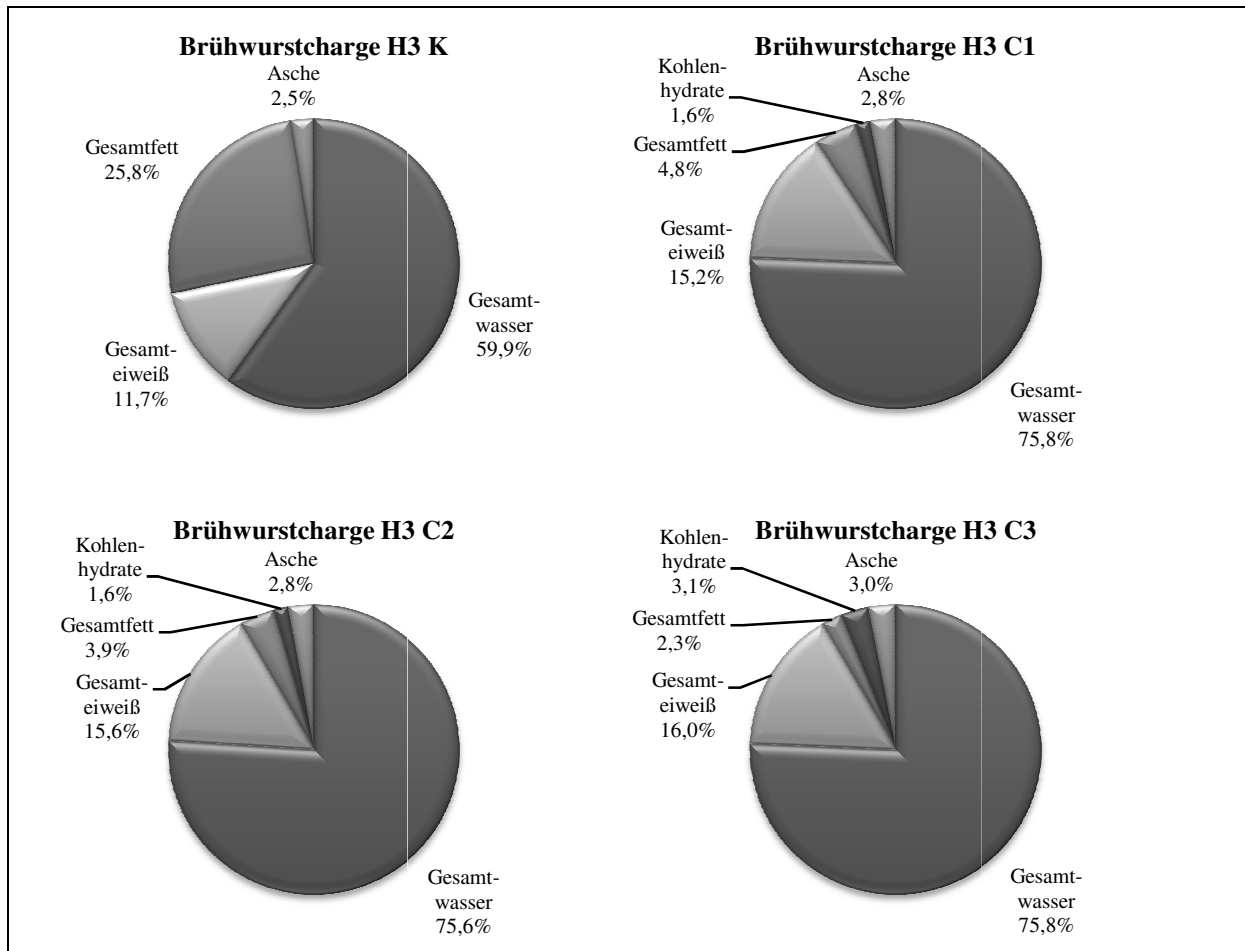


Abbildung 45: Chemische Zusammensetzung (%) der einzelnen Brühwurstchargen. Ergebnisse der chemischen Vollanalyse (n = 3, mit Doppelbestimmung). H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H3 C1

Verglichen mit der Kontrollcharge wies die fettreduzierte Brühwurstcharge H3 C1 einen höheren Gehalt an Gesamtwasser ($75,8 \pm 1,63$ %), Gesamteiweiß ($15,2 \pm 1,92$ %), Kohlenhydraten (1,6 %) und Asche ($2,8 \pm 0,06$ %) auf, während der Fettgehalt mit $4,8 \pm 0,61$ % niedriger war. Alle Differenzen der genannten chemischen Komponenten zwischen der fettreduzierten Brühwurstcharge H3 C1 und der Kontrollcharge waren statistisch signifikant ($p \leq 0,05$), mit Ausnahme der Differenz zwischen der Kohlenhydratmenge, da diese rechnerisch aus der Zugabemenge an Simplesse® 100 bestimmt wurde und demzufolge keine Berechnung der statistischen Signifikanz erfolgte. Aus den genannten Werten ergab sich eine Analysensumme für die fettreduzierte Brühwurstcharge H3 C1 von 100,2 %.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H3 C2

Mit Ausnahme eines statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) geringeren Gesamtfettgehaltes ($3,9 \pm 0,26$ %) waren alle anderen Komponenten, die im Rahmen der chemischen Vollanalyse der fettreduzierten Brühwurstcharge H3 C2 zu der Analysensumme von 99,5 % beitrugen, im Vergleich zu der Charge der Standardmortadella als statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) höher zu beurteilen (Gesamtwasser = $75,6 \pm 1,90$ %; Gesamteiweiß = $15,6 \pm 1,25$ %; Asche = $2,8 \pm 0,06$ %). Der aus der Zugabemenge des Fettaustauschstoffes Simplese® 100 errechnete Kohlenhydratgehalt der Brühwurstherzeugnisse lag bei 1,6 %.

Fettreduzierte Brühwurstcharge H3 C3

Die rezepturmodifizierte Mortadellacharge H3 C3 wies gegenüber der Kontrollcharge einen statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) höheren Gehalt an Gesamtwasser ($75,8 \pm 1,33$ %), Gesamteiweiß ($16,0 \pm 1,31$ %) und Asche ($3,0 \pm 0,06$ %) auf. Dagegen konnte ein statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) geringerer Gesamtfettgehalt ($2,3 \pm 0,46$) ermittelt werden. Aus diesen Summen und dem aus der Zugabemenge des Fettaustauschstoffes Simplese® 100 rechnerisch bestimmten Kohlenhydratgehalt ($3,1$ %) ergab sich eine Analysensumme für diese fettreduzierte Brühwurstcharge von 100,2 %.

4.8.5.1.2 Diskussion

Die Rezepturveränderungen (**siehe Tab. 10**) gegenüber der Kontrollcharge, die im Rahmen der Herstellung der fettreduzierten Brühwurstherzeugnisse stattfanden, führten zu Abweichungen in deren chemischen Zusammensetzung (**siehe Tab. 47**).

Die fettreduzierten Mortadellachargen wiesen infolge der Verarbeitung einer erhöhten Eiswassermenge eine statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) größere Gesamtwassermenge als die Kontrollcharge auf. Dabei lag die Gesamtwassermenge ($75,6$ % - $75,8$ %) der fettreduzierten Brühwurstchargen über den Werten, die in der Literatur für konventionell produzierte Brühwurstherzeugnisse (Fettgehalt > 20 %) mit 40 bis 60 % angegeben werden (CLAUS et al. 1989; CLAUS et al. 1990; MITTAL und BARBUT 1994; COLMENERO et al. 1997; NOVELLI et al. 1998; BABEL 2001; CÁCERES et al. 2004; NOWAK et al. 2007). Allerdings bewegten sich die Gesamtwassergehalte der fettreduzierten Brühwurstchargen durchaus in einem Rahmen, wie er für fettreduzierte Brühwurstherzeugnisse üblich ist (CLAUS et al. 1989; SOLHEIM 1992; COLMENERO et al. 1997). Zudem war der Gesamteiweißgehalt der rezepturmodifizierten Mortadellachargen gegenüber der Kontrollcharge statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) erhöht, was auf die Zugabe von Simplese® 100 und einen erhöhten Magerfleischanteil zurückgeführt werden kann. Der Proteingehalt des Fettaustauschstoffes liegt laut Herstel-

lerangaben bei 53 % (CP KELCO 2006), während der Proteingehalt von Schweinefleisch 20 % und von Rindfleisch 19,7 % beträgt (SEUß-BAUM 2007). Findet ein Austausch des tierischen Fettgewebes (Schwein-Rückenspeck), das laut Literatur einen Eiweißgehalt von 2,9 % besitzt (SEUß-BAUM 2007), mit den zuvor angeführten Rezepturbestandteilen statt, steigt der Gesamteiweißgehalt der fettreduzierten Brühwurstzeugnisse an. Der Gesamteiweißgehalt der einzelnen rezepturmodifizierten Mortadellchargen (15,2 % - 16,0 %) kann als erhöht bezeichnet werden, da in der Literatur für die meisten konventionellen oder fettreduzierten Brühwurstzeugnisse ein Proteingehalt von 10 bis 15 % angegeben wird (CLAUS et al. 1989; CLAUS et al. 1990; SOLHEIM 1992; MITTAL und BARBUT 1994; COLMENERO et al. 1997; BABEL 2001; CÁCERES et al. 2004; HONIKEL 2005; NOWAK et al. 2007). Der Anteil an Kohlenhydraten (1,6 – 3,1 %) der fettreduzierten Brühwurstchargen wurde rechnerisch anhand der Zugabemenge des Simplese® 100 (36 % Laktose) bestimmt und lag über dem Anteil, der üblicherweise in Fleisch und Fleischerzeugnissen enthalten ist (etwa 0,2 %) (SEUß-BAUM 2007). Die fettreduzierten Mortadellchargen wiesen einen statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) höheren Aschegehalt als die Kontrollcharge auf, der vor allem auf die Zugabe von Simplese® 100 (5,4 – 5,5 % Asche) zurückzuführen ist (LIESKE und KONRAD 1993; CLARK 1998). Der Aschegehalt lag allerdings in einem Bereich, wie er für Brühwurstzeugnisse üblich ist (MITTAL und BARBUT 1994; COLMENERO 1997; NOVELLI 1998). Bedingt durch den Fettaustausch war der Gesamtfettgehalt der rezepturmodifizierten Mortadellaerzeugnisse deutlich und statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) niedriger (4,8 % - 2,3 %) als bei der Kontrollcharge. Damit lagen die fettreduzierten Brühwurstchargen zum Teil deutlich unter den Werten des Fettgehaltes, den fein zerkleinerte Brühwurstzeugnisse üblicherweise aufweisen (20 – 30 %) (CLAUS et al. 1989; CLAUS et al. 1990; MITTAL und BARBUT 1994; COLMENERO et al. 1997; NOVELLI et al. 1998; BABEL 2001; CÁCERES et al. 2004; HONIKEL 2005; NOWAK et al. 2007).

4.8.5.2 Weitere Ergebnisse der chemischen Analyse

In der **Tabelle 48** sind die weiteren Ergebnisse der chemischen Analyse der einzelnen Brühwurstchargen der dritten Hauptversuchsreihe dargestellt. Diese umfassen die Werte für die Trockensubstanz, das Hydroxyprolin, die Nichtprotein-Stickstoffsubstanz, das organische Nichtfett, das Fleischeiweiß, das Bindegewebeiseiweiß, das bindegewebeiseiweißfreie Fleischeiweiß, das bindegewebeiseiweißfreie Fleischeiweiß im Fleischeiweiß, das Eigen- und Fremdwasser sowie für das Fremdeiweiß ($n = 3$, jeweils Doppelbestimmung).

Im Folgenden werden die ermittelten Werte für das bindegewebeiseiweißfreie Fleischeiweiß und das bindegewebeiseiweißfreie Fleischeiweiß im Fleischeiweiß dargestellt.

Charge der Standardmortadella (Kontrollcharge) H3 K

Im Rahmen der chemischen Analytik der dritten Hauptversuchsreihe wurden für die Charge der Standardmortadella H3 K rechnerisch ein Gehalt an bindegewebeisweißfreiem Fleischiweiß von 9,4 % und an bindegewebeisweißfreiem Fleischiweiß im Fleischiweiß von 86,2 % ermittelt.

Fettreduzierte Brühwurstchargen der dritten Hauptversuchsreihe (H3 C1 – H3 C3)

Das bindegewebeisweißfreie Fleischiweiß und das bindegewebeisweißfreie Fleischiweiß im Fleischiweiß der fettreduzierten Brühwurstchargen H3 C1 – H3 C3 zeigten veränderte Werte gegenüber der Kontrollcharge H3 K auf. Dabei betrug die Menge an bindegewebeisweißfreiem Fleischiweiß aller rezepturmodifizierten Brühwurstchargen mehr als 8 % (zwischen 9,3 % und 11,2 %) und an bindegewebeisweißfreiem Fleischiweiß im Fleischiweiß mehr als 75 % (zwischen 89,7 % und 91,8 %) (siehe Tab. 48). Die lebensmittelrechtlichen Konsequenzen, die sich aus diesen Werten ergaben, sind dem Kapitel 4.8.9 zu entnehmen.

4.8.6 Berechnung des Energiegehaltes

4.8.6.1 Ergebnisse

In der Abbildung 46 werden der Energiegehalt sowie die Reduktion des Energie- und Fettgehaltes der Brühwurstchargen der dritten Hauptversuchsreihe in einem Liniendiagramm dargestellt. Die einzelnen Berechnungen basieren dabei auf den Ergebnissen der chemischen Vollanalyse (n = 3, jeweils Doppelbestimmung). Die Werte für die Energie- und Fettreduktion der einzelnen fettreduzierten Brühwurstchargen beziehen sich auf den Energiewert (279 kcal/

100 g) und den Gesamtfettgehalt ($25,8 \pm 0,45$ %) der Charge der Standardmortadella H3 K.

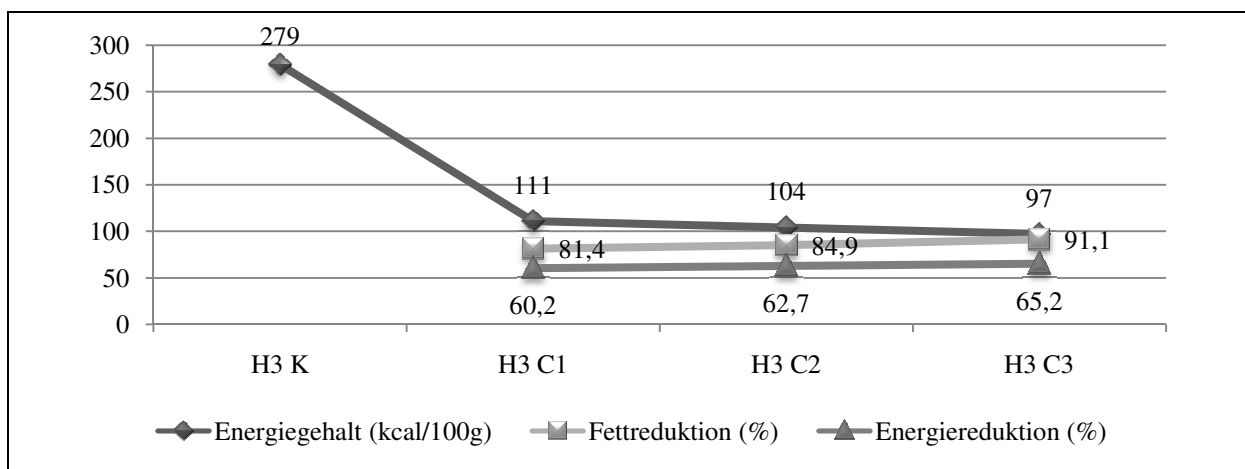


Abbildung 46: Energiegehalt (kcal/100 g) sowie Fett- und Energiereduktion (%) der einzelnen Brühwurstchargen. H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; kcal = Kilokalorien.

Fettreduzierte Brühwurstchargen der dritten Hauptversuchsreihe (H3 C1 – H3 C3)

Der Energiegehalt der fettreduzierten Brühwurstchargen (H3 C1 = 111 kcal/100 g; H3 C2 = 104 kcal/100 g; H3 C3 = 97 kcal/100 g bis) war geringer als der Energiewert der Kontrollcharge. Damit verbunden nahmen die Werte für die Energiereduktion der rezepturmodifizierten Mortadellachargen gegenüber der Charge der Standardmortadella beträchtliche Werte an (H3 C1 = 60,2 %; H3 C2 = 62,7 %; H3 C3 = 65,2 %). Ebenfalls lag eine deutliche Reduktion des Fettgehaltes zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen gegenüber der Kontrollcharge dieser Hauptversuchsreihe vor (H3 C1 = 81,4 %; H3 C2 = 84,9 %; H3 C3 = 91,1 %).

4.8.6.2 Diskussion

Die Energiereduktionen der fettreduzierten Brühwurstchargen der dritten Hauptversuchsreihe betragen zwischen 60,2 und 65,2 %. Die rezepturmodifizierte Brühwurstcharge H3 C3 wies von allen rezepturmodifizierten Brühwursterzeugnissen dieser Hauptversuchsreihe mit 91,1 % die größte Fettreduktion und mit 65,2 % die größte Energiereduktion gegenüber der Kontrollcharge auf. Mit 97 kcal/ 100 g besaß sie zudem den geringsten Energiegehalt (**siehe Tab. 47**). Allerdings müssen den hohen Energiereduktionen, die die fettreduzierten Brühwurstchargen dieser Hauptversuchsreihe aufwiesen, denen zum Teil schlechten Ergebnissen aus der sensorischen Analyse gegenüber gestellt werden. Hier erfüllten die rezepturmodifizierten Produkte in Hinblick auch die Bewertung vieler Deskriptoren nicht die an sie gestellten Qualitätsanforderungen.

Der Fettgehalt der rezepturmodifizierten Mortadellachargen wurde durch Simplese[®] 100, einer erhöhten Schüttwassermenge und einem gesteigerten Magerfleischanteil ausgetauscht (**siehe Tabelle 10**). Die zum Austausch eingesetzten Rezepturbestandteile besaßen allesamt einen geringeren Brennwert als das Fettgewebe bzw. als das Rapsöl. Simplese[®] 100 stellt zwar kein akalorisches Produkt dar, weist aber mit 3,8 kcal/g einen deutlich geringeren physiologischen Energiegehalt als Fett auf (LUCCA und TEPPER 1994). Mit der Verarbeitung einer erhöhten Fremdwassermenge im direkten Austausch gegen das Fettgewebe konnte eine weitere Reduktion des Energiegehaltes erzielt werden, da das Wasser keinen Beitrag zum Energiebetrag leistete. Ebenfalls zu einer Kalorienreduktion führte die Verarbeitung des Magerfleisches anstelle des Fettgewebes.

4.8.7 Mikrobiologische Untersuchung

4.8.7.1 Ergebnisse

In **Abbildung 47** werden die Ergebnisse der Bestimmung der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl der dritten Hauptversuchsreihe dargestellt (n = 3, jeweils Doppelbestimmung). Auf

der Abszisse sind die Brühwurstchargen (K = Kontrollcharge; C = fettreduzierte Brühwurstcharge), die Lagerungstage (3; 7; 23) und die Convenience-Grade (S = Stückware; A = Aufschnittware) angegeben, während auf der Ordinate der Logarithmus (lg) der koloniebildenden Einheiten pro Gramm (KbE/g) der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl aufgetragen ist. Die Säulen symbolisieren die Mittelwerte der Messdaten der einzelnen Brühwurstchargen, unterteilt in Convenience-Grad und Lagerungstag.

Darüber hinaus kann der Abbildung die Standardabweichung der einzelnen Mittelwerte entnommen werden. Die statistisch signifikanten Unterschiede ($p \leq 0,05$) zwischen den untersuchten Lagerungstagen drei (L3 S) und sieben (L7 S) sowie drei (L3 A) und 23 (L23 A) innerhalb einer Brühwurstcharge und eines Convenience-Grades wurden mit einem Sternchen (*) gekennzeichnet. Die Unterschiede zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge wurden, gesondert für die Lagerungstage (3; 7; 23) und die Convenience-Grade (S; A), statistisch auf Signifikanz überprüft. Die rezepturmodifizierten Brühwurstchargen, die den gleichen hochgestellten Buchstaben wie die Kontrollcharge (H3 K L3 S = hochgestelltes a, H3 K L7 S = hochgestelltes b, H3 K L3 A = hochgestelltes C und H3 K L23 A = hochgestelltes D) aufweisen, sind statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) von dieser unterschiedlich.

Die in der **Abbildung 47** dargestellten Ergebnisse mit den jeweiligen Standardabweichungen sind der **Tabelle 49** zu entnehmen, während die Werte für die statistischen Signifikanzen den **Tabellen 50** und **51** zu entnehmen sind.

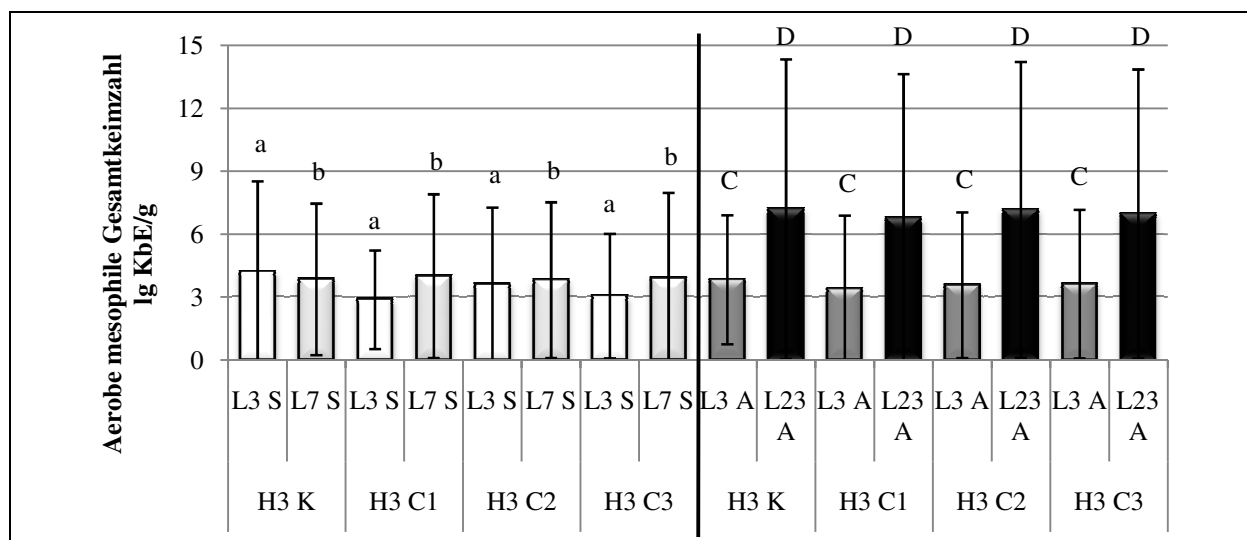


Abbildung 47: Aerobe mesophile Gesamtkeimzahl der Brühwusterzeugnisse am dritten und am siebten Lagerungstag der Stückware sowie am dritten und am 23. Lagerungstag der Aufschnittware (+7 °C) (n = 3, jeweils Doppelbestimmung). KbE/g = Kolonie bildende Einheiten pro Gramm; H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

Charge der Standardmortadella (Kontrollcharge) H3 K

Die aerobe mesophile Gesamtkeimzahl der Stückware der Kontrollcharge H3 K lag am dritten Lagerungstag bei $1,6 * 10^4 \pm 2,2 * 10^4$ KbE/g ($4,21 \pm 4,31$ lg KbE/g) und am siebten Lagerungstag bei $7,2 * 10^3 \pm 4,0 * 10^3$ KbE/g ($3,85 \pm 3,61$ lg KbE/g) sowie im Fall der Aufschnittware am siebten Lagerungstag der Stückware bei $6,7 * 10^3 \pm 1,2 * 10^3$ KbE/g ($3,83 \pm 3,07$ lg KbE/g) und am 23. Lagerungstag bei $1,5 * 10^7 \pm 1,4 * 10^7$ KbE/g ($7,19 \pm 7,14$ lg KbE/g). Dabei waren die Differenzen in der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl zwischen den untersuchten Lagerungstagen beider Convenience-Grade statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$). Zudem konnten für die Aufschnittware am 23. Lagerungstag $3,3 * 10^2 \pm 5,5 * 10^2$ KbE/g an Hefen und Schimmelpilzen nachgewiesen werden.

Sowohl bei der Stück- als auch bei der Aufschnittware der Kontrollcharge konnten keine koloniebildenden Einheiten für die *Enterobacteriaceae* und die aerob wachsenden Milchsäurebakterien ermittelt werden. Auch der Nachweis der Hefen und Schimmelpilze an den untersuchten Lagerungstagen der Stückware und am dritten Lagerungstag der Aufschnittware brachte keine koloniebildenden Einheiten zum Vorschein. Das Ergebnis lautete somit in Anlehnung an die entsprechenden Methoden der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren für Fleisch und Fleischerzeugnisse (§ 64 LFGB) „weniger als $1,0 * 10^2$ KbE/g“.

Fettreduzierte Brühwurstchargen der dritten Hauptversuchsreihe (H3 C1 – H3 C3)

Im Rahmen der mikrobiologischen Untersuchung der dritten Hauptversuchsreihe wurden nur unwesentliche und statistisch nicht signifikante ($p > 0,05$) Abweichungen für die aerobe mesophile Gesamtkeimzahl zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen (H3 C1 – H3 C3) und der Charge der Standardmortadella bestimmt. Selbiges gilt auch für die Keimzahlen der Hefen und Schimmelpilze am 23. Lagerungstag der Aufschnittware aller fettreduzierten Brühwurstchargen gegenüber der Kontrollcharge. Aerob wachsende Milchsäurebakterien konnten im Rahmen der dritten Hauptversuchsreihe ausschließlich für die fettreduzierte Brühwurstcharge H3 C1 am 23. Lagerungstag der Aufschnittware ermittelt werden.

Unterschiede der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl zwischen den untersuchten Lagerungstagen der beiden Convenience-Grade der rezepturmodifizierten Mortadellachargen waren, trotz der in der **Abbildung 47** deutlich sichtbaren Abweichungen, statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$).

Für die fettreduzierten Brühwurstchargen fiel der Nachweis an koloniebildenden Einheiten an Hefen und Schimmelpilzen an den untersuchten Lagerungstagen der Stückware und am dritten Lagerungstag der Aufschnittware negativ aus. Zudem konnten, mit Ausnahme der Aufschnittware der rezepturmodifizierten Mortadellachargen H3 C1 am 23. Lagerungstag (aerob

wachsende Milchsäurebakterien: $3,4 * 10^2 \pm 5,8 * 10^2$ KbE/g), für alle rezepturmodifizierten Mortadellachargen an den untersuchten Lagerungstagen beider Convenience-Grade keine koloniebildenden Einheiten an aerob wachsenden Milchsäurebakterien und *Enterobacteriaceae* ermittelt werden. Das Ergebnis lautete infolgedessen in Anlehnung an die entsprechenden Methoden der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren für Fleisch und Fleischerzeugnisse (§ 64 LFGB) „weniger als $1,0 * 10^2$ KbE/g“.

4.8.7.2 Diskussion

Die Unterschiede zwischen der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl der rezepturmodifizierten Mortadellachargen und der Kontrollcharge waren geringfügig und statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) (siehe Tab. 49). Der Keimgehalt an *Enterobacteriaceae*, aerob wachsenden Milchsäurebakterien sowie Hefen und Schimmelpilzen betrug bei allen Mortadellachargen und zu jedem Untersuchungszeitpunkt jeweils weniger als $1,0 * 10^2$ KbE/g, mit Ausnahme des Keimgehaltes an aerob wachsenden Milchsäurebakterien am 23. Lagerungstag der Aufschnittware der Charge H3 C1 sowie des Keimgehaltes an Hefen und Schimmelpilze am 23. Lagerungstag aller unter Schutzgasatmosphäre gelagerten Mortadellachargen. Dabei lagen die Keimgehalte jeweils nur geringfügig über dem Wert von $1,0 * 10^2$ KbE/g.

Eine Verkaufsgrenze für konventionell hergestellte Brühwurstzeugnissen nach Art einer Mortadella (Aufschnittware) wurde bei einer aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl von $5 * 10^6$ KbE/g (DYKES et al. 1996; DGHM 2010) festgelegt. Dieser Wert ist rechtlich nicht bindend, gibt aber Anhaltspunkte hinsichtlich der Zuordnung zu den allgemeinen rechtlichen Anforderungen. Alle Brühwurstchargen überschritten am 23. Lagerungstag der Aufschnittware diesen Richtwert für die aerobe mesophile Gesamtkeimzahl. Die von der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie aufgestellten Richtwerte für die *Enterobacteriaceae*, aerob wachsenden Milchsäurebakterien sowie Hefen und Schimmelpilze (siehe Tab. 49) wurden von allen Brühwurstprodukten deutlich unterschritten.

Die mikrobiologische Untersuchung ergab, dass für die Stückware eine Haltbarkeit von mindestens sieben Lagerungstagen gewährleistet werden konnte. Dahingegen konnte die gewünschte Haltbarkeit von 23 Tagen für die Aufschnittware bei keiner Brühwurstcharge dieser Hauptversuchsreihe erzielt werden.

Der statistisch nicht signifikante ($p > 0,05$) aber dennoch deutliche Anstieg der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl von dem dritten auf den 23. Lagerungstag der Aufschnittware um mehrere log-Stufen (siehe Tab. 49) lässt sich in erster Linie auf den Convenience-Grad zurückführen. Durch die Veränderung der Gaszusammensetzung, die über die Lagerungsdauer in Form einer Zunahme des Sauerstoffanteiles und einer Abnahme des Kohlendioxidgehaltes

im Kopfraum der MAP-Verpackungen erfolgte (**siehe Tab. 49**), ist der Anstieg der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl zwischen den untersuchten Lagerungstagen zu erklären. Die Korrelationsberechnungen ergaben, dass zwischen dem Kohlendioxidgehalt und der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl ein sehr hoher gegenläufiger Zusammenhang ($r = -0,915$) sowie zwischen der Menge an Sauerstoff und der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl eine hohe Korrelation ($r = 0,880$) bestand. Generell hat Sauerstoff einen fördernden Effekt auf das Wachstum der aeroben Keimflora (FARBER 1990), während sich der mit dem Wachstum der Mikroflora in Verbindung stehende Verderb durch die Verwendung einer mit Kohlendioxid angereicherten Atmosphäre verzögern lässt (STANBRIDGE und DAVIS 1998).

Von besonderem Interesse war die mikrobiologische Qualität der fettreduzierten Brühwurstchargen, da diese, vor allem bedingt durch die Verarbeitung erhöhter Wassermengen, unter dem Verdacht standen, gegenüber der Charge der Standardmortadella eine verkürzte Haltbarkeitsdauer aufzuweisen (BRADFORD et al. 1993; KEETON 1994; JIMÉNEZ COLMENERO 2000; BABEL 2001). Aufgrund der nur geringfügigen und statistisch nicht signifikanten ($p > 0,05$) Abweichungen in der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Charge der Standardmortadella kann ein Einfluss der unterschiedlichen Rezepturen auf die Haltbarkeit der fettreduzierten Mortadellachargen allerdings verworfen werden. Dies belegen auch die Ergebnisse aus den Korrelationsberechnungen. Die aerobe mesophile Gesamtkeimzahl weist einen sehr geringen gegenläufigen Zusammenhang mit der verarbeiteten Eiswassermenge ($r = -0,111$) und eine sehr geringe Korrelation mit dem eingesetzten Fettgehalt ($r = 0,112$) auf.

4.8.8 Bestimmung des Restgasgehaltes

4.8.8.1 Ergebnisse

In der folgenden Abbildung sind die Restgasgehalte an Sauerstoff und an Kohlendioxid im Kopfraum der MAP-Verpackungen der einzelnen Brühwurstchargen der dritten Hauptversuchsreihe in zwei Säulendiagrammen veranschaulicht ($n = 3$, jeweils Doppelbestimmung). Auf der Abszisse sind die Brühwurstchargen (K = Kontrollcharge, C = fettreduzierte Brühwurstcharge), die Lagerungstage (3 und 23) und der Convenience-Grad (A = Aufschnittware) angegeben, während auf der Ordinate der jeweilige prozentuale Restgasgehalt (Vol.-%) aufgetragen ist. Die Säulen symbolisieren die Mittelwerte der Messdaten für die einzelnen Brühwurstchargen am jeweiligen Lagerungstag. Darüber hinaus kann der Abbildung die Standardabweichung der einzelnen Mittelwerte entnommen werden. Die statistisch signifikanten Unterschiede ($p \leq 0,05$) zwischen den untersuchten Lagerungstagen drei (L3 A) und 23 (L23 A) innerhalb einer Brühwurstcharge wurden mit einem Sternchen (*) gekennzeichnet. Die Unter-

schiede zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge wurden, gesondert für die Lagerungstage (3 und 23), statistisch auf Signifikanz überprüft. Die rezepturmodifizierten Brühwurstchargen, die den gleichen hochgestellten Buchstaben wie die Kontrollcharge (H3 K L3 A = hochgestelltes C und H3 K L23 A = hochgestelltes D) aufweisen, sind statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) von dieser unterschiedlich.

Die in der **Abbildung 48** dargestellten Ergebnisse mit den jeweiligen Standardabweichungen sind der **Tabelle 49** zu entnehmen, während die Werte für die statistischen Signifikanzen den **Tabellen 50** und **51** zu entnehmen sind.

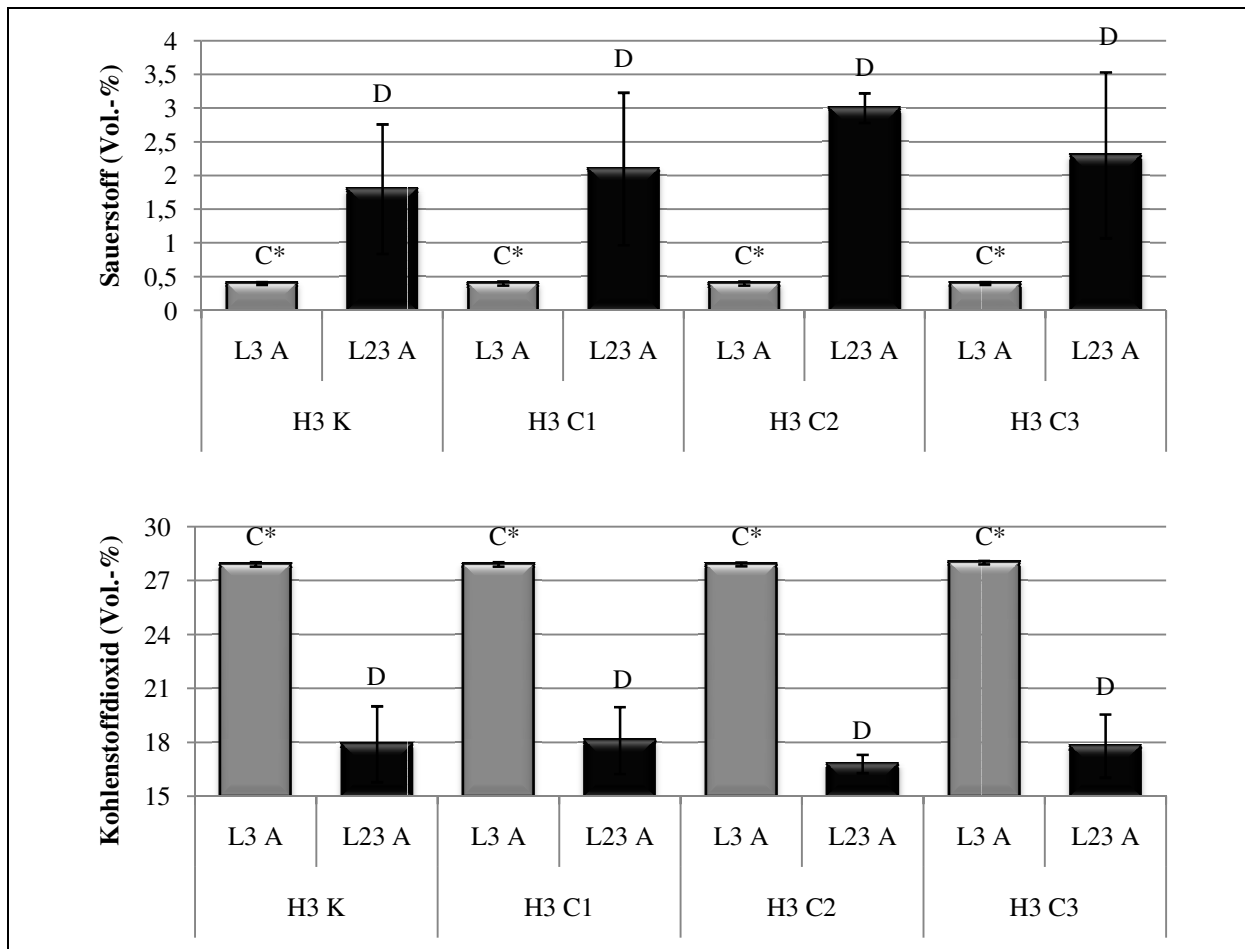


Abbildung 48: Ergebnisse der Bestimmung des Gehaltes an Sauerstoff (Vol.-%) und Kohlendioxid (Vol.-%) im Kopfraum der MAP-Verpackungen ($n = 3$, jeweils Doppelbestimmung). Vol.-% = Volumenprozent; H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

Charge der Standardmortadella (Kontrollcharge) H3 K

Von dem dritten und auf den 23. Lagerungstag konnte im Kopfraum der MAP-Verpackungen der Charge der Standardmortadella ein statistisch signifikanter ($p \leq 0,05$) Anstieg des Sauerstoffgehaltes von $0,4 \pm 0,02$ Vol.-% auf $1,8 \pm 0,96$ Vol.-% sowie ein statistisch signifikanter ($p \leq 0,05$) Abfall der Menge an Kohlendioxid von $27,9 \pm 0,12$ Vol.-% auf $17,9 \pm 2,11$ Vol.-% bestimmt werden.

Fettreduzierte Brühwurstchargen der ersten Hauptversuchsreihe (H3 C1 – H3 C3)

Der Restgasgehalt an Sauerstoff und an Kohlendioxid im Kopfraum der MAP-Verpackungen der fettreduzierten Brühwurstchargen (H3 C1 – H3 C3) wies keine oder nur geringfügige und statistisch nicht signifikante ($p > 0,05$) Unterschiede zu dem Restgasgehalt an Sauerstoff und an Kohlendioxid im Kopfraum der MAP-Verpackungen der Kontrollcharge auf.

Statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) waren dagegen der Anstieg des Sauerstoffgehaltes sowie der Abfall der Menge an Kohlendioxid zwischen den untersuchten Lagerungstagen im Kopfraum der MAP-Verpackungen der einzelnen fettreduzierten Brühwurstchargen dieser Hauptversuchsreihe.

4.8.8.2 Diskussion

Sowohl für den Restgasgehalt an Sauerstoff als auch an Kohlendioxid konnten keine statistisch signifikanten ($p < 0,05$) Unterschiede im Kopfraum der MAP-Verpackungen zwischen den fettreduzierten Mortadellchargen und der Kontrollcharge ermittelt werden. Indessen waren der Anstieg des Sauerstoffgehaltes und die Abnahme der Menge an Kohlendioxid zwischen dem dritten und dem 23. Lagerungstag bei allen Brühwurstherzeugnissen statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) (**siehe Tab. 49**).

Eine Abnahme des Kohlendioxidgehaltes (~ 7 bis 8 Vol.-%) und ein Anstieg der Sauerstoffmenge (~ 0,4 Vol.-%) im Kopfraum der MAP-Verpackungen von Fleischerzeugnissen wurde von verschiedenen Autoren beschrieben (CAYRÉ et al. 2005; SIVERTSVIK et al. 2005; NOWAK et al. 2007). Die Abweichungen des Restgasgehaltes, die im Rahmen dieser Hauptversuchsreihe bestimmt wurden, lagen mit durchschnittlich 10,3 Vol.-% für Kohlendioxid und mit durchschnittlich 1,9 Vol.-% für Sauerstoff deutlich über den üblichen Werten. Der Austritt des Kohlendioxids aus dem Gasraum der MAP-Verpackungen kann auf die Durchlässigkeit der verwendeten Folie zurückzuführen werden, die im Vergleich zu Sauerstoff ($< 1,5 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \text{ d bar}$) und Stickstoff ($< 1 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \text{ d bar}$) für Kohlendioxid mit $< 5,5 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \text{ d bar}$ relativ hoch ist. Aufgrund des geringen Gasdruckes in der Umgebungsluft, deren Kohlendioxidgehalt 0,03 bis 0,04 Vol.-% beträgt, war das Kohlendioxid im Kopfraum der Verpackung bestrebt, aus dieser heraus zu diffundieren. Bei Stickstoff und Sauerstoff trat der entgegengesetzte Fall ein. Zudem reagierten geringe Mengen des Kohlendioxids mit der Produktoberfläche der Brühwurstscheiben. Die Menge an Sauerstoff, die bereits am dritten Lagerungstag in einer Höhe von 0,4 Vol.-% im Headspace der Verpackung vorlag, ist vermutlich zu einem Teil mit dem Produkt in die Verpackung eingebracht worden.

4.8.9 Lebensmittelrecht

An dieser Stelle sollen die rechtlichen Rahmenbedingungen, in denen sich die Brühwurstherzeugnisse der dritten Hauptversuchsreihe bewegten, behandelt werden. Da keine gesetzlich vorgeschriebene Bezeichnung für Brühwurstherzeugnisse existiert, ist die Verkehrsbezeichnung gemäß § 4 Abs. 1 LMKV:

1. die nach allgemeiner Verkehrsauffassung übliche Bezeichnung oder
2. eine Beschreibung des Lebensmittels und erforderlichenfalls seine Verwendung, die es dem Verbraucher ermöglicht, die Art des Lebensmittels zu erkennen und von verwechselbaren Erzeugnissen zu unterscheiden.

Die Leitsätze für Fleisch und Fleischerzeugnisse, bei denen es sich um keine verbindliche Rechtsvorschrift handelt, können einen wesentlichen Anhaltspunkt auf die Frage geben, was die nach allgemeiner Verkehrsauffassung übliche Bezeichnung ist (Nr. 1). Nach 2.222.1 der Leitsätze für Fleisch und Fleischerzeugnisse wird für fein zerkleinerte Brühwürste nach Art einer norddeutschen Mortadella als Ausgangsmaterial grob entsehtes Rindfleisch, grob entfettetes Schweinefleisch, fettgewebereiches Schweinefleisch und Speck vorgegeben. Als Analysewerte werden in den Leitsätzen ein Gehalt von nicht weniger als 8 % bindegewebeisweißfreiem Fleischeiweiß sowie histometrisch nicht unter 65 Vol.-% und chemisch nicht unter 75 % bindegewebeisweißfreiem Fleischeiweiß im Fleischeiweiß genannt. Werden diese Vorgaben in Folge des Fettaustausches nicht erfüllt, ist die allgemein übliche Bezeichnung „Brühwurst nach Art einer norddeutschen Mortadella“ nicht mehr zutreffend. Eine histometrische Bestimmung des bindegewebeisweißfreien Fleischeiweißes im Fleischeiweiß wurde nicht durchgeführt, aber die im Rahmen der chemischen Analytik ermittelten Werte betrogen für alle Mortadellchargen mehr als 75 % BEFFE im FE. Zudem besaßen alle fettreduzierten Brühwurstchargen der dritten Hauptversuchsreihe einen BEFFE-Wert von mehr als 8 %. Im Rahmen der Produktion der fettreduzierten Mortadellchargen wurde auf die Verarbeitung der Schweinebacke (S IV) und bei der Herstellung der Brühwurstchargen H3 C2 und H3 C3 auch auf den Einsatz des Rückenspeckes vom Schwein (S VIII) verzichtet, weshalb die in den Leitsätzen für Fleisch- und Fleischerzeugnisse genannten Ausgangsmaterialien nicht vollständig im Produkt enthalten waren und somit gute Gründe dafür sprechen, dass die allgemein übliche Bezeichnung „Brühwurstherzeugnis nach Art einer norddeutschen Mortadella“ für die Produkte nicht mehr zutrifft. Daher ist die Verkehrsbezeichnung nach § 4 Abs. 1 Nr. 2 LMKV eine verständliche Beschreibung des Lebensmittels, wie beispielsweise „brühwurstartiges Erzeugnis mit einem Fettaustauschstoff“.

Gemäß der VO (EG) Nr. 1924/2006 können alle fettreduzierten Brühwurstchargen der dritten Hauptversuchsreihe als „energiereduziert“ deklariert werden, da gegenüber der Kontrollcharge in jedem Fall eine Reduktion des physiologischen Brennwertes von über 30 % stattgefunden hat. Dabei sind die Eigenschaften anzugeben, die zu der Reduktion des physiologischen Gesamtbrennwertes geführt haben. Zudem kann die rezepturmodifizierte Mortadellacharge H3 C3 gemäß der VO (EG) Nr. 1924/2006 als „fettarm“ (< 3 g Fett/100 g) sowie alle fettreduzierten Brühwurstchargen zusätzlich als „Proteinquelle“ (mindestens 12 % des gesamten Brennwertes entfallen auf den Proteinanteil) gekennzeichnet werden. Infolge der genannten Kennzeichnungsmöglichkeiten könnten die rezepturmodifizierten Brühwurstprodukte für den Sektor der Fitnesssportler von Interesse sein.

Das Rapsöl kann gemäß § 6 Abs. 4 Nr. 1 i. V. m. Anlage 1 LMKV im Zutatenverzeichnis angegeben werden. Zulässig ist die Bezeichnung „pflanzliches Öl“.

Für Enzyme (EC 2.3.2.13) wie Transglutaminase findet die Verordnung (EG) Nr. 1333/2008 Anwendung. Nach dem Erwägungsgrund der Verordnung müssen Lebensmittelenzyme grundsätzlich als Zutat gekennzeichnet werden. Das gilt jedoch dann nicht, wenn die Enzyme keine technologische Funktion im Enderzeugnis erfüllen und nur wegen ihrer Verwendung als Verarbeitungshilfsstoff im Lebensmittel vorhanden sind. Ein Verarbeitungshilfsstoff ist ein Stoff, der nicht selbst als Zutat eines Lebensmittels verzehrt wird, jedoch aus technologischen Gründen während der Be- oder Verarbeitung von Lebensmitteln verwendet wird und unbeabsichtigte, technisch unvermeidbare Rückstände in gesundheitlich unbedenklichen Anteilen hinterlässt, die sich technologisch nicht auf das Lebensmittel auswirken (§ 2 Abs. 2 Nr. 1 LFGB). Da die Transglutaminase als Verarbeitungshilfsstoff eingesetzt wird, muss das Enzym gemäß §§ 6, 5 Abs. 2 Nr. 3 LMKV nicht im Zutatenverzeichnis aufgeführt werden.

4.8.10 Fazit der dritten Hauptversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100 sowie einer Erhöhung der Wasser- und Magerfleischmenge in Kombination mit dem Einsatz von Transglutaminase)

Die fettreduzierten Brühwurstchargen der dritten Hauptversuchsreihe wiesen Energiereduktionen von 60,2 % bis 65,2 % auf. Die Energiereduktionen wurden durch einen Austausch des tierischen Fettgewebes (Verarbeitungsmenge max. 2 %) mit dem Fettaustauschstoff Simplese® 100 (4,5 – 8,5 %) sowie einer Erhöhung der Verarbeitungsmenge an Eiswasser (im Verhältnis von 1:1; 4,5 – 8,5 %) und Magerfleisch (4 – 10 %) bedingt. Darüber hinaus wurde das Enzym Transglutaminase (0,05 %) verarbeitet. Dessen Einsatz erfolgte in Verbindung mit einer zusätzlichen Steigerung der Schüttwassermenge um 12 %, im Austausch gegen das tierische Fettgewebe.

Die fettreduzierte Brühwurstcharge H3 C3 wies mit 65,2 % die höchste Energiereduktion auf und verfügte zugleich über den geringsten Energiewert mit 97 kcal/100 g. Der Fettgehalt dieser Brühwurstcharge betrug weniger als 3 g/100 g Gesamtgewicht.

Aus den Ergebnissen der dritten Hauptversuchsreihe lässt sich ableiten, dass durch den Einsatz von Simplese® 100 in Kombination mit einer erhöhten Eiswasser- und Magerfleischmenge sowie der Verarbeitung des Enzymes Transglutaminase im Austausch gegen das tierische Fettgewebe durchaus die Möglichkeit besteht, fettreduzierte bzw. fettarme Brühwurstzeugnisse herzustellen, die eine hohe Energiereduktion gegenüber den Produkten mit einer konventionellen Rezeptur aufweisen. Allerdings wurden zum Teil deutliche und statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Abweichungen in Bezug auf die Bewertung der einzelnen sensorischen Qualitätsparameter (Textur, Farbe, sensorische Bewertung von Glanz und Feuchtigkeit) zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Charge der Standardmortadella ermittelt. Dabei lagen die Abweichungen für die genannten Deskriptoren, mit Ausnahme der Kaubarkeit, überwiegend in einem Bereich, in dem die sensorischen Qualitätsanforderungen der fettreduzierten Mortadellachargen als nicht erfüllt galten. Dem entgegen war die Bewertung der sensorischen Gesamtqualität aller fettreduzierten Brühwurstchargen gegenüber der Bewertung der sensorischen Gesamtqualität der Kontrollcharge überwiegend statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) unterschiedlich.

Auch der Einsatz des ernährungsphysiologisch hochwertigen Rapsöles schien keine negativen Auswirkungen auf die Bewertung der sensorischen Gesamtqualität bzw. der einzelnen sensorischen Deskriptoren der Brühwurstzeugnisse der Charge H3 C2 zu besitzen, was in erster Linie auf die geringe Verarbeitungsmenge (2 %) zurückgeführt werden kann.

Der Einsatz des Verarbeitungshilfsstoffes Transglutaminase führte zu einer Texturstabilisierung der fettreduzierten Mortadellachargen.

Allerdings sind die hohen Schüttwassermengen (37,5 % - 41,5 %), die im Rahmen der Produktion der fettreduzierten Brühwurstzeugnisse der dritten Hauptversuchsreihe eingesetzt wurden, aus sensorischer Betrachtungsweise als kritisch zu beurteilen, da diese mit hohen Abweichungen in den Bewertungen des Glanzes einhergingen.

Durch den Austausch des tierischen Fettgewebes mit Simplese® 100 und einer erhöhten Magerfleischmenge sowie dem Einsatz der Transglutaminase ging zwar eine Erhöhung der Produktionskosten einher, die aber in Verbindung mit der Verarbeitung deutlich erhöhter Fremdwasserzusätze begrenzt werden konnte. Es wurden Mehrkosten der fettreduzierten Brühwurstchargen gegenüber der Charge der Standardmortadella von bis zu etwa 50 % kalkuliert (H3 C1 = ~ 30 %; H3 C2 = ~ 30 %; H3 C3 = ~ 50 %).

4.9 Korrelationen zwischen sensorischen und instrumentellen Messergebnissen

In den beiden folgenden Abbildungen werden die Korrelationen zwischen den sensorischen und instrumentellen Messergebnissen der drei Hauptversuchsreihen in Streudiagrammen dargestellt. Die **Abbildung 49** umfasst die Ergebnisse für den Rot-Wert, die Härte, die Bissfestigkeit und die Adhäsion, während in der **Abbildung 50** die Resultate für die Elastizität, die Kohäsivität und die Kaubarkeit veranschaulicht werden.

Bei den Messergebnissen handelt es sich um die Mittelwerte der einzelnen Brühwurstchargen, die, unterteilt nach dem untersuchten Lagerungstag und Convenience-Grad, im Rahmen der drei Hauptversuchsreihen ermittelt wurden. Auf der Abszisse sind die sensorischen und auf der Ordinate die instrumentellen Messergebnisse aufgetragen. In der durch beide Achsen aufgespannten Diagrammfläche wird die Lage der Wertepaare durch Punkte gekennzeichnet.

Den Abbildungen kann der Ranglistenkoeffizient nach Spearman (r_s), die statistische Signifikanz (p) sowie die Regressionsgerade und deren Steigung entnommen werden.

Wie in den **Abbildungen 49** und **50** zu erkennen ist, konnte im Rahmen der durchgeführten bivariaten Korrelationsanalyse für den Rot-Wert ($r_s = 0,815$; $p = 0,000$; $y = 0,8093x + 8,2563$), die Bissfestigkeit ($r_s = 0,712$ $p = 0,000$; $y = 4,3238x + 15,345$), die Elastizität ($r_s = 0,701$; $p = 0,000$; $y = 10,163x + 58,94$), die Kohäsivität ($r_s = 0,786$; $p = 0,000$; $y = 0,0177x + 0,1918$) und die Kaubarkeit ($r_s = 0,781$; $p = 0,000$; $y = 2,2038x + 2,8079$) ein statistisch signifikanter und hoher linearer Zusammenhang zwischen den sensorisch und instrumentell ermittelten Messergebnissen festgestellt werden, während für die Härte ($r_s = 0,484$; $p = 0,000$; $y = 2,8359x + 26,706$) eine statistisch signifikante und geringe Korrelation vorlag. Indessen wurde eine statistisch nicht signifikante ($p = 0,568$) und sehr geringe Abhängigkeit zwischen den sensorischen und instrumentellen Messergebnissen der Adhäsion festgestellt, die sich in dem Koeffizienten $r_s = 0,081$ und einer Steigung der Regressionsgeraden von $y = 0,0026x - 0,066$ ausdrückte.

Aus den Resultaten der Korrelationsberechnungen lässt sich ableiten, dass zwischen den Ergebnissen aus den subjektiven und objektiven Messmethoden, mit Ausnahme der Ergebnisse für die Härte und die Adhäsion, ein hoher Grad der Übereinstimmung vorlag.

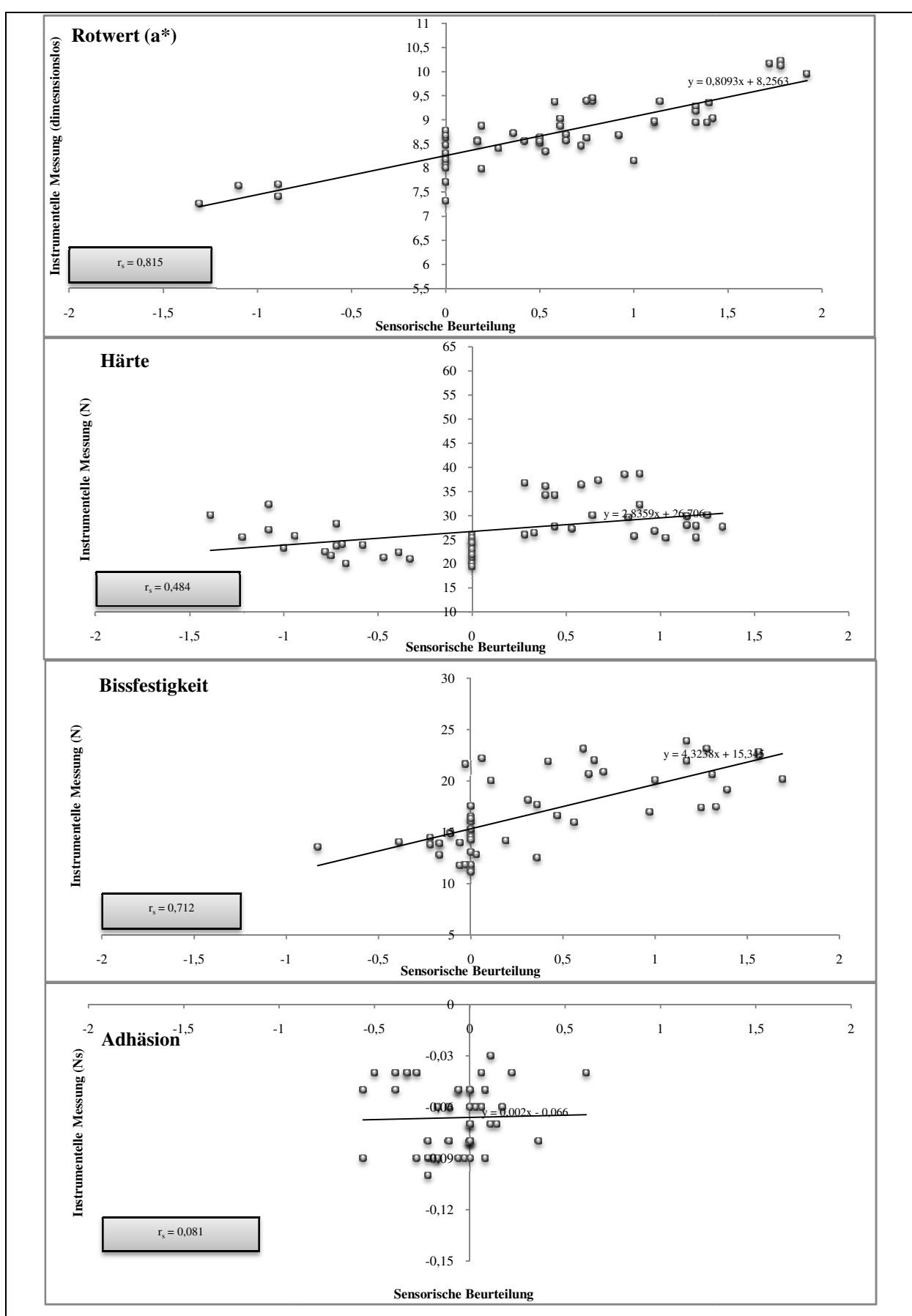


Abbildung 49: Korrelation zwischen den sensorischen und instrumentellen Messergebnissen der drei Hauptversuchsreihen – Rot-Wert, Härte, Bissfestigkeit und Adhäsion. N = Newton; Ns = Newtonsekunden; r_s = Ranglistenkoeffizient nach Spearman; p = statistische Signifikanz.

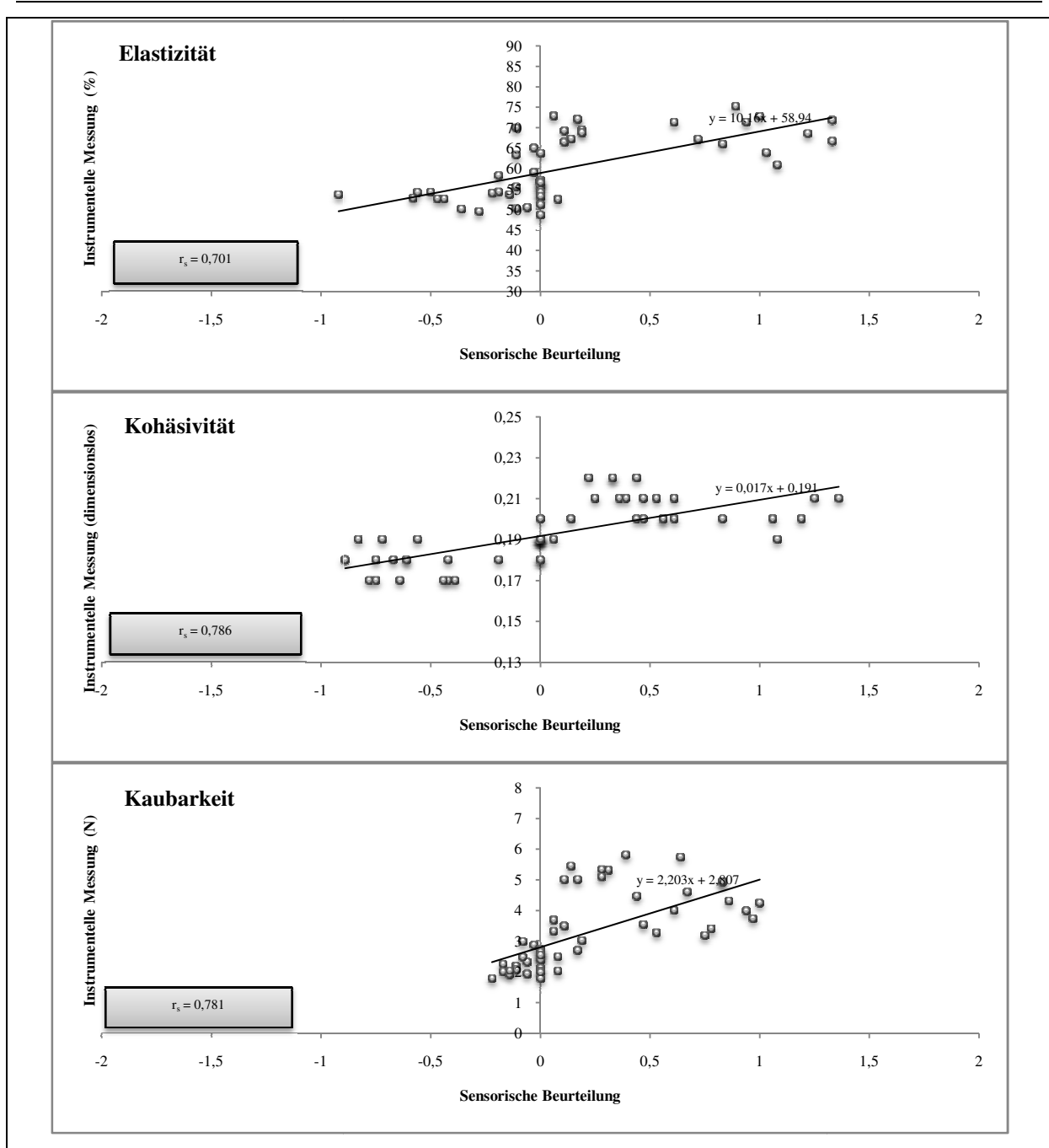


Abbildung 50: Korrelation zwischen den sensorischen und instrumentellen Messergebnissen der drei Hauptversuchsreihen – Elastizität, Kohäsivität und Kaubarkeit. N = Newton; r_s = Ranglistenkoeffizient nach Spearman; p = statistische Signifikanz.

4.10 Vergleich der Ergebnisse der drei Hauptversuchsreihen

Die Energiereduktionen der fettreduzierten Brühwurstzeugnisse der ersten Hauptversuchsreihe wurden durch einen Austausch des tierischen Fettgewebes (Verarbeitungsmenge zwischen 0 und 24 %) mit dem Fettaustauschstoff Simplese® 100 (4,5 – 16,5 %) sowie einer zusätzlichen Zugabemenge an Eiswasser (im Verhältnis von 1:1; 4,5 – 16,5 %) erzielt. Im Produktionsprozess der rezepturmodifizierten Mortadellchargen der zweiten Hauptversuchsreihe wurde eine Reduktion des Fettgehaltes durch einen Austausch des tierischen Fettgewebes (Verarbeitungsmenge zwischen 0 – 14 %) mit dem Fettaustauschstoff Simplese® 100 (4,5 – 8,5 %) sowie einer Erhöhung der Verarbeitungsmenge an Eiswasser (im Verhältnis von 1:1; 4,5 – 8,5 %) und Magerfleisch (0 – 16 %) erzielt. Bei den Brühwurstzeugnissen der dritten Hauptversuchsreihe wurden die Energiereduktionen durch einen Austausch des tierischen Fettgewebes (Verarbeitungsmenge max. 2 %) mit dem Fettaustauschstoff Simplese® 100 (4,5 – 8,5 %) sowie einer Erhöhung der Verarbeitungsmenge an Eiswasser (im Verhältnis von 1:1; 4,5 – 8,5 %) und Magerfleisch (4 – 10 %) bedingt. Darüber hinaus wurde das Enzym Transglutaminase (0,05 %) verarbeitet. Dessen Einsatz erfolgte in Verbindung mit einer zusätzlichen Steigerung der Schüttwassermenge um 12 %, im Austausch gegen das tierische Fettgewebe. Im Rahmen der zweiten und der dritten Hauptversuchsreihe wurde jeweils bei einer der rezepturmodifizierten Brühwurstchargen (H2 C2 und H3 C2) der Anteil des reduzierten tierischen Fettgewebes durch Rapsöl (11 % und 2 %) substituiert.

Die Energiereduktionen der rezepturmodifizierten Brühwurstzeugnisse der ersten Hauptversuchsreihe betrugen zwischen 5,5 und 56,5 %. Mit einem Anstieg der Energiereduktion ging eine Zunahme der sensorischen Abweichungen der fettreduzierten Brühwurstchargen gegenüber der Kontrollcharge einher. Diese drückten sich überwiegend in einer statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) geringeren Härte, Kohäsivität, Bissfestigkeit und Kaubarkeit sowie in einer dunkleren Farbe, intensiveren Rotfärbung und einem stärkeren Glanzeindruck aus. Dabei konnten teilweise die sensorischen Qualitätsanforderungen an die Produkte nicht erfüllt werden. Im Rahmen der ersten Hauptversuchsreihe konnten sensorisch akzeptable Produkte hergestellt werden, die eine Energiereduktion gegenüber der Charge der Standardmortadella von 22,5 % aufwiesen.

Die fettreduzierten Brühwurstzeugnisse der zweiten Hauptversuchsreihe wiesen eine Energiereduktion von 32,7 bis 61,0 % auf. Dabei konnten z. T. deutliche und statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Abweichungen für die einzelnen sensorischen Qualitätsparameter (Textur, Farbe, sensorische Bewertung von Glanz und Feuchtigkeit) ermittelt werden. Allerdings kamen die Brühwurstzeugnisse dieser Hauptversuchsreihe größtenteils denen an sie gestellten sensori-

schen Qualitätsanforderungen nach. Die rezepturmodifizierte Mortadellacharge H2 C1, erfüllte die an sie gestellten Qualitätsanforderungen in jeglicher Hinsicht und wies eine Energiereduktion gegenüber der Kontrollcharge von 32,7 % auf.

Die fettreduzierten Brühwurstzeugnisse der dritten Hauptversuchsreihe wiesen allesamt eine Energiereduktion von mehr als 60 % auf (zwischen 60,2% und 65,2 %). Allerdings wurden zum Teil deutliche und statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Abweichungen in Bezug auf die Bewertung der einzelnen sensorischen Qualitätsparameter (Textur, Farbe, sensorische Bewertung von Glanz und Feuchtigkeit) zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Charge der Standardmortadella ermittelt. Dabei lagen die Abweichungen zumeist in einem Bereich, in dem die sensorischen Qualitätsanforderungen der fettreduzierten Mortadellachargen als nicht erfüllt galten. Dem entgegen waren die Bewertungen der sensorischen Gesamtqualität aller fettreduzierten Brühwurstchargen gegenüber der Bewertung der sensorischen Gesamtqualität der Kontrollcharge überwiegend statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) unterschiedlich.

In allen drei Hauptversuchsreihen wurden Brühwurstzeugnisse produziert, deren Energiehalt gegenüber dem Standard um mehr als 30 % reduziert werden konnte. Demzufolge wäre eine Auslobung dieser Produkte als „energiereduzierte“ Brühwurstzeugnisse möglich gewesen, unter Benennung der Eigenschaften, die zu der Reduktion des physiologischen Gesamtbrennwertes geführt haben. Darüber hinaus konnten im Rahmen der zweiten und der dritten Hauptversuchsreihe Brühwurstzeugnisse hergestellt werden, deren Gesamtfettgehalt weniger als 3 % betrug. Diese Produkte könnten dementsprechend als „fettarm“ gekennzeichnet werden.

Die Mehrkosten gegenüber der Kontrollcharge, die im Laufe der Herstellung der fettreduzierten Brühwurstchargen entstanden, waren Abhängig von den einzelnen Rezepturmodifikationen. Die Produktionskosten stiegen mit der Verarbeitung des Fettaustauschstoffes Simplese[®] 100 an, während im Gegenzug durch die Verarbeitung erhöhter Wassermengen der Mehrkostenaufwand begrenzt werden konnte. Zu einem weiteren Anstieg der Produktionskosten führte die Verarbeitung erhöhter Magerfleischmengen. Für eine kostenneutrale Rezeptur in Bezug auf den Einsatz von Transglutaminase genügte die Verarbeitung einer zusätzlichen Wassermenge zwischen 1 und 2 %. Die Kalkulation der ungefähren Produktionskosten ergab, dass die Herstellung der fettreduzierten Brühwurstzeugnisse aller Hauptversuchsreihen mit einem zum Teil deutlichen Mehrkostenaufwand gegenüber der Charge der Standardmortadella einherging. Diese betragen für die erste Hauptversuchsreihe zwischen ~ 27 und ~ 103 %, für die zweite Hauptversuchsreihe zwischen ~ 36 und ~ 67 % und für die dritte Hauptversuchs-

reihe zwischen ~ 30 und ~ 50 %. Die Produktion der fettreduzierten Brühwurstcharge H2 C1, die eine Energiereduktion gegenüber dem Standard von 32,7 % besaß und zudem über eine akzeptable sensorische Qualität verfügte, war mit einem zusätzlichen Kostenaufwand von etwa 36 % verbunden.

Die Verarbeitung von Rapsöl anstelle des reduzierten Gehaltes an tierischem Fettgewebe führte offensichtlich zu keinen negativen Auswirkungen auf die sensorischen Produkteigenschaften der fettreduzierten Brühwurstherzeugnisse, mit Ausnahme der Abweichungen in der Farbgestaltung der Produkte. Diese drückte sich in einem Anstieg der Helligkeit sowie in einem Abfall des Rotwertes aus. Zudem müssen die ernährungsphysiologischen Vorteile, die mit dem Austausch des tierischen Fettgewebes durch das pflanzliche Öl einhergingen, positiv bewertet werden. Pflanzliche Öle sind reich an ernährungsphysiologisch wertvollen einfach sowie mehrfach ungesättigten Fettsäuren, enthalten weder die mehrfach ungesättigte Arachidonsäure noch Cholesterin und zudem kann durch ihren Verzehr die notwendige Zufuhr von essentiellen Fettsäuren gewährleistet werden (DÄHLER und SANER 2007; HAHN et al. 2005)

Die Verarbeitung des Enzymes Transglutaminase (0,05 %) schien positive Auswirkungen auf die Textureigenschaften (Erhöhung der Härte, Kohäsivität, Elastizität, Kaubarkeit, Bissfestigkeit) der fettreduzierten Brühwurstherzeugnisse zu besitzen. Allerdings war der kombinierte Einsatz mit einer erhöhten Schüttwassermenge (12 %) als zu hoch zu beurteilen, da die fettreduzierten Brühwurstherzeugnisse mit Transglutaminase gegenüber der Kontrollcharge als deutlich und statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) glänzender sowie feuchter bewertet wurden und nicht den sensorischen Qualitätsanforderungen entsprachen.

Für sämtliche Brühwurstchargen, die im Rahmen dieser Arbeit hergestellt wurden, konnte eine mikrobiologische Haltbarkeit der Frischware von mindestens sieben Tagen ermittelt werden. Unterdessen wiesen nicht alle Brühwurstchargen, die als Aufschnittware gelagert wurden, eine mikrobiologische Haltbarkeit von 23 Tagen auf. Hierbei konnten allerdings keine expliziten Einflüsse der einzelnen Brühwurstrezepturen bzw. Rezepturkomponenten auf die Haltbarkeit ausgemacht werden.

4.11 Ausblick

An dieser Stelle soll ein Ausblick auf die Entwicklung des Sortimentes von fettreduzierten Brühwurstzeugnissen erfolgen, da die Reduktion des Fettgehaltes von Nahrungsmitteln nach wie vor ein aktuelles Thema in der Lebensmittelindustrie ist.

Um den Fettgehalt von Brühwurstprodukten zu reduzieren, liegen aktuell zahlreiche Möglichkeiten vor. Ein Fettaustausch mit diversen Rezeptur- und Kombinationsmöglichkeiten wie der Erhöhung des Magerfleischanteiles, der Erhöhung der Wassermenge (häufig in Verbindung mit der Verarbeitung von Carrageen, Johannesbrotkernmehl, Xanthan o. ä.), natürlicher Rohstoffe (Ballaststoffe, Proteine, Kohlenhydrate), pflanzlicher Rohstoffe (Füllmaterial ohne besondere Funktion, z. B. Produkte aus Kartoffel, Spinat, o. ä.) sowie sonstiger Produkte (Texturstabilisatoren wie bspw. Soja, Bohnen, Weizen, Lupinen) (WILDENBEEST 2010) lassen auch in der Zukunft noch gewisse Handlungsmöglichkeiten offen.

In Bezug auf die sensorische Produktqualität gelang bis dato die Herstellung fettreduzierter Brühwurstzeugnisse mit diesen Fettsubstituenten meist nur mit einem mindergroßen Erfolg. Aus diesem Grund besteht nach wie vor Forschungsbedarf im Bereich der funktionellen Fleischerzeugnisse, wobei sich die aktuellen Forschungsansätze vor allem auf den Bereich neuer Ingredient-Systeme wie Enzyme, Faserstoffe und Hydrokolloide erstrecken, die in erster Linie der Strukturgestaltung der Fleischerzeugnisse dienen sollen (WEISS 2010). Beispiele für diese neuen Ingredient-Systeme sind Polyphenol Oxidase, Tyrosinase, Laccase, Zellulosederivate wie Carboxymethylzellulose und mikrokristalline Zellulose sowie Mikro/Nano-partikulierte Proteinaggregate.

5. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Kevin Schmeelke

Technologische und qualitative Auswirkungen von Fettaustauschstoffen auf Proteinbasis und Transglutaminase bei der Herstellung von Brühwursterezeugnissen.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es, fett- und kalorienreduzierte Brühwursterezeugnisse nach Art einer norddeutschen Mortadella (LS 2.222.1) zu produzieren, unter Beibehaltung der sensorischen, mikrobiologischen und physikalisch-chemischen Qualitätseigenschaften über den gesamten Lagerungszeitraum. Dabei wurde der Einfluss eines Fettaustauschstoffes auf Proteinbasis (Simplese[®] 100) und des Verarbeitungshilfsstoffes Transglutaminase in Kombination mit weiteren Rezepturmodifikationen auf die Qualität der fettreduzierten Brühwursterezeugnisse analysiert.

Als Standard wurden Brühwursterezeugnisse nach Art einer norddeutschen Mortadella gemäß den Leitsätzen für Fleisch und Fleischerzeugnisse (LS 2.222.1) hergestellt. Im Rahmen der ersten Vorversuchsreihe (n = 1) erfolgte der Fettaustausch ausschließlich mit Simplese[®] 100 (5 – 20 %), während die zweite Vorversuchsreihe (n = 1) eine Substitution des Fettgehaltes durch die Verarbeitung von Simplese[®] 100 (3 – 12 %) und einer zusätzlichen Wassermenge (Verhältnis 1:2; 6 – 24 %) umfasste. Auf der Grundlage der Ergebnisse der beiden Vorversuchsreihen fand der Fettaustausch in der ersten Hauptversuchsreihe (n = 3) statt. Dabei erfolgte die Fettsubstitution durch die Verarbeitung des Fettaustauschstoffes Simplese[®] 100 und einer erhöhten Schüttwassermenge in einem Verhältnis von 1:1. Die zugesetzte Menge des Fettaustauschstoffes und der Mehrmenge an Schüttwasser betrug jeweils zwischen 4,5 und 16,5 %. Die Substitution des Fettgehaltes der rezepturmodifizierten Brühwursterezeugnisse der zweiten Hauptversuchsreihe erfolgte ebenfalls durch den Einsatz von Simplese[®] 100 sowie einer Erhöhung des Wasser- (Verhältnis 1:1; jeweils 4,5 – 8,5 %) und Magerfleischanteiles (10 – 16 %). In der dritten Hauptversuchsreihe fand der Fettaustausch im Rahmen der Produktion der fettreduzierten Brühwursterezeugnisse ebenfalls durch die Verarbeitung von Simplese[®] 100 sowie einer Erhöhung des Wasser- (Verhältnis 1:1; jeweils 4,5 – 8,5 %) und Magerfleischanteiles (4– 10 %) statt. Zudem wurde den rezepturmodifizierten Brühwursterezeugnissen der dritten Hauptversuchsreihe das Enzym Transglutaminase (0,05 %) zugesetzt, in Kombination mit einer weiteren Erhöhung der Schüttwassermenge von 12 %. Im Rahmen der zweiten und der dritten Hauptversuchsreihe wurde jeweils bei einer der rezepturmodifi-

zierten Brühwurstchargen der Anteil des reduzierten tierischen Fettgewebes durch Rapsöl (11 % und 2 %) substituiert.

Die Lagerung (< +7 °C) der Brühwurstchargen erfolgte als Stückware in Zellulosehüllen für sieben Tage und als Aufschnittware unter modifizierter Atmosphäre (70 % N₂, 30 % CO₂) für 23 Tage. Die Qualität der Brühwurstherzeugnisse wurde mittels sensorischer Profilanalyse, instrumenteller Textur-Profil-Analyse, instrumenteller Farbmessung sowie in physikalischen, chemischen und mikrobiologischen Untersuchungen bestimmt. Zudem wurde der Restgasgehalt im Kopfraum der SB-Verpackungen der Aufschnittware gemessen und auf der Grundlage der Ergebnisse der chemischen Analytik die Energiewerte der einzelnen Mortadellchargen berechnet.

Die sensorische Analyse wurde als konventionelle Profilprüfung mit einer numerischen Skala nach DIN 10967-1 durchgeführt. Dabei wurden die Unterschiede zwischen den fettreduzierten Brühwurstherzeugnissen und dem Standard in Hinblick auf festgelegte Attribute beurteilt. An allen Verkostungen nahmen mindestens sechs ausgewählte und produktspezifisch geschulte Prüfpersonen teil.

Die instrumentelle Bestimmung der Textur der einzelnen Brühwurstherzeugnisse erfolgte mit einer Textur-Profil-Analyse (TPA). Dabei wurden die Texturattribute Bissfestigkeit, Härte, Elastizität, Kohäsivität, Adhäsion und Kaubarkeit bestimmt.

Die Farbe der Brühwurstherzeugnisse wurde mit einer instrumentellen Farbmessung ermittelt. Diese erfolgte nach der Methode des L*a*b* - Farbsystems.

An physikalischen Parametern wurde der pH-Wert gemäß der entsprechenden Methode der amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 des LFGB untersucht sowie der a_w-Wert bestimmt.

Einmalig im Verlauf der Lagerung der Stückware wurde eine chemische Analyse für die Brühwurstherzeugnisse durchgeführt, bei der die Gehälter der Proben an Wasser, Asche, Gesamtfett, Rohprotein, Hydroxyprolin und Nichtprotein-Stickstoffsubstanz gemäß den Methoden der amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 des LFGB ermittelt wurden.

Aus den Ergebnissen der chemischen Analyse konnten die Energiegehalte und die infolge des Fettaustausches erzielten Energiereduktionen berechnet werden.

Im Rahmen der mikrobiologischen Untersuchung wurden über den Verlauf der Lagerung die einzelnen Brühwurstchargen auf die aerobe mesophile Gesamtkeimzahl, *Enterobacteriaceae*, aerob wachsenden Milchsäurebakterien sowie Hefen und Schimmelpilze gemäß oder in Anlehnung an die entsprechenden Methoden der amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 des LFGB untersucht.

Für die SB-verpackte Aufschnittware wurde die Zusammensetzung der Gasatmosphäre im Kopfraum der Verpackungen ermittelt.

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit Hilfe des Statistikprogrammes SPSS für Windows, in der Version 17.0.2.

Im Rahmen dieser Arbeit konnten fettreduzierte Brühwurstherzeugnisse hergestellt werden, die eine Energiereduktion gegenüber dem Standard von 32,7 % aufwiesen und zudem über eine akzeptable sensorische Qualität verfügten. Diese Produkte wurden im Rahmen der zweiten Hauptversuchsreihe produziert (H2 C1). Dabei wurde deren Rezeptur gegenüber der Rezeptur des Standards wie folgt modifiziert: der Magerfleischanteil wurde um 10 % erhöht, auf die Verarbeitung der Schweinebacke verzichtet, der Anteil an Rückenspeck vom Schwein um 10 % reduziert und der Fettaustauschstoff Simplese® 100 in Höhe von 4,5 % verarbeitet. Zudem erfolgte eine Steigerung der Schüttwassermenge in einem Verhältnis zu dem eingesetzten Fettaustauschstoff von 1:1, sodass die Schüttwassermenge 25,5 % der Brühwurstrezeptur ausmachte. Zudem konnten zahlreiche weitere fettreduzierte Mortadellchargen hergestellt werden, die Energiereduktionen zwischen 4,7 % und 65,2 % aufwiesen, deren sensorische Qualität jedoch oftmals mehr oder weniger stark von dem Standard abwich. Die Einflüsse der Verarbeitung von Simplese® 100 und Transglutaminase auf die Bewertung der sensorischen Eigenschaften der fettreduzierten Brühwurstherzeugnisse konnten aufgrund der Vielzahl an Rezepturmodifikationen nicht explizit festgestellt werden, wobei die Zugabe von Transglutaminase Auswirkungen auf die Bewertung der textuellen Eigenschaften (Erhöhung der Härte, Kohäsivität, Elastizität, Kaubarkeit, Bissfestigkeit) besaß. Die Versuche ergaben, dass bei der Herstellung der Brühwurstherzeugnisse, die unter Verwendung des Enzymes Transglutaminase produziert wurden, der Herstellerempfehlung in Bezug auf die Erhöhung der Fremdwassermenge Folge geleistet werden sollte. Diese beträgt für eine kostenneutrale Rezeptur etwa 1 – 2 %. Hierdurch kann dem starken Glanz- und Feuchtigkeitseindruck, der aus einer zu hohen Schüttwassermenge resultiert, entgegnet werden.

Generell ging die Verarbeitung einer erhöhten Menge an Magerfleisch, Simplese® 100 und Transglutaminase mit einer Zunahme der Härte, Bissfestigkeit, Elastizität, Kohäsivität und Kaubarkeit der Produkte einher. Währenddessen konnte die Zufuhr einer erhöhten Wassermenge mit einem weicheren Mundgefühl und einer geringeren Adhäsion in Verbindung gebracht werden. Tendenziell konnten umso höhere Differenzen in den genannten Texturparametern zwischen den fettreduzierten Brühwurstzeugnissen und der Kontrollcharge ermittelt werden, desto größer der Fettaustausch bzw. desto größer die Verarbeitungsmenge der genannten Rezepturbestandteile war.

Eine Zunahme des Fettaustausches führte tendenziell zu einer Abnahme der Helligkeit und zu einer Zunahme der Intensität des Rot-Wertes. Vor allem der Einsatz einer erhöhten Magerfleischmenge im Rahmen der Herstellung der fettreduzierten Brühwurstzeugnisse der zweiten und der dritten Hauptversuchsreihe führte zu einer verstärkten Abnahme der Helligkeit und zu einer Zunahme der Intensität des Rot-Wertes. Die instrumentell ermittelten Farbabstände zwischen den fettreduzierten Brühwurstzeugnissen und dem Standard waren zumeist groß genug, um diese auch visuell wahrnehmen zu können.

Mit einem zunehmenden Fettaustausch nahm der pH-Wert der rezepturmodifizierten Brühwurstzeugnisse geringfügig ab. Maximal wies der pH-Wert dabei einen statistisch signifikanten ($p \leq 0,05$) Unterschied von pH 0,5 auf, wobei die Differenzen überwiegend statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) waren. Der Fettaustausch hatte keine statistisch signifikanten ($p \leq 0,05$) Auswirkungen auf den a_w -Wert der Produkte.

Die chemische Zusammensetzung der fettreduzierten Brühwurstzeugnisse variierte mit der verwendeten Rezeptur. Durch die Zugabe von Simplese® 100 wurde der Gehalt an Gesamteiweiß, Asche und Kohlenhydraten erhöht. Die Verarbeitung von Transglutaminase hatte keinen Einfluss auf die chemische Zusammensetzung. Mit dem Anstieg der Magerfleischmenge ging eine Zunahme des Gesamteiweißgehaltes einher, während die Verarbeitung einer erhöhten Schüttwassermenge zu einer Steigerung des Gesamtwassergehaltes führte.

Es konnten fettreduzierte Brühwurstzeugnisse hergestellt werden, die gegenüber dem Standard Energiereduktionen von 4,7 bis 65,2 % aufwiesen. Die höchste Energiereduktion (65,2 %) wurde im Rahmen des Fettaustausches durch den gleichzeitigen Einsatz des Fettaustauschstoffes Simplese® 100, des Enzymes Transglutaminase und der Verarbeitung einer erhöhten Menge an Magerfleisch und Fremdwasser erzielt (H3 C3). Allerdings erfüllten diese Produkte die sensorischen Qualitätsanforderungen überwiegend nicht, wenn auch die Unter-

schiede in der Bewertung der sensorischen Gesamtqualität oftmals statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) waren. Die fettreduzierten Brühwurstzeugnisse, die eine akzeptable sensorische Qualität besaßen, wiesen eine Energiereduktion gegenüber dem Standard von 32,7 % auf.

Für die Stückware konnte eine Haltbarkeit von mindestens sieben Tagen nachgewiesen werden, während die Haltbarkeit der Aufschnittware oftmals nicht die gewünschte Dauer von 23 Tagen betrug. Zwischen den fettreduzierten Brühwurstzeugnissen und dem Standard lagen überwiegend nur geringfügige und jederzeit statistisch nicht signifikante ($p > 0,05$) Unterschiede in Bezug auf die einzelnen mikrobiologischen Untersuchungsparameter vor. Demzufolge hatten die verschiedenen Rezepturmodifikationen scheinbar keine Auswirkungen auf die mikrobiologische Produktqualität.

Zwischen dem Restgasgehalt im Kopfraum der MAP-Verpackungen der Aufschnittware der fettreduzierten Brühwurstzeugnisse und der Kontrollcharge konnten in den Hauptversuchsreihen keine statistisch signifikanten ($p > 0,05$) Abweichungen festgestellt werden. Dahingegen konnten jederzeit statistisch signifikante ($p \leq 0,05$) Veränderung der Gasatmosphäre zwischen dem dritten und dem 23. Lagerungstag bei allen Brühwurstchargen ermittelt werden, die sich in einer Zunahme des Sauerstoffgehaltes und in einer Abnahme der Kohlenstoffdioxidmenge ausdrückten.

Die Substitution des tierischen Fettgewebes durch Rapsöl erfolgte im Rahmen der Herstellung zweier fettreduzierter Brühwurstchargen. In diesen Chargen konnte eine Energiereduktion von 62,7 % (2 % Rapsöl) bzw. von 54,8 % (11 % Rapsöl) erzielt werden, wobei für die Energiereduktionen nicht der Austausch des tierischen Fettgewebes durch das Rapsöl entscheidend war, sondern vielmehr die weiteren Rezepturveränderungen von Bedeutung waren. Durch den Einsatz des Rapsöles wurde in erster Linie die Farbe der Brühwurstzeugnisse beeinflusst, wobei die Intensität des Rot-Wertes abnahm und die Helligkeit anstieg. Die Farbveränderungen waren dabei groß genug, um in der sensorischen Profilanalyse statistisch signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) zwischen den jeweiligen fettreduzierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge zu ermitteln. Trotz der genannten sensorischen Abweichungen in Bezug auf die Farbe der Produkte muss bedacht werden, dass durch die Substitution des tierischen Fettgewebes durch das pflanzliche Öl die Brühwurstzeugnisse eine ernährungsphysiologische Aufwertung erfuhren.

Ein Großteil der Brühwursterzeugnisse, die im Rahmen dieser Arbeit produziert wurden, wiesen eine Reduktion des physiologischen Brennwertes von mehr als 30 % auf und hätten dementsprechend gemäß der VO (EG) Nr. 1924/2006 als „energiereduziert“ deklariert werden können, unter Angabe der Eigenschaften, die zur Reduzierung des Gesamtbrennwertes führten. Darüber hinaus bestand die Möglichkeit, die Erzeugnisse, die einen Fettgehalt von weniger als 3 g/100 g Gesamtgewicht besaßen als „fettarm“ zu kennzeichnen. Aufgrund der Rezepturveränderungen und den daraus resultierenden Abweichungen in der chemischen Zusammensetzung hätten die fettreduzierten Brühwursterzeugnisse teilweise als „Proteinquelle“ deklariert werden können, da auf den Proteingehalt mehr als 12 % des gesamten Brennwertes entfielen.

Allerdings gingen mit den diversen Rezepturmodifikationen auch einige Einschränkungen in der Kennzeichnung der Produkte einher, sodass gemäß der Lebensmittel-Kennzeichnungsverordnung die allgemein übliche Bezeichnung „Brühwurst nach Art einer norddeutschen Mortadella“ für die fettreduzierten Produkte oftmals nicht mehr zutreffend war. In diesem Fall hätte als Verkehrsbezeichnung nach § 4 Abs. 1 Nr. 2 LMKV eine verständliche Beschreibung des Lebensmittels verwendet werden müssen, wie beispielsweise „brühwurstartiges Erzeugnis mit einem Fettaustauschstoff“.

Die Mehrkosten gegenüber der Kontrollcharge, die im Laufe der Herstellung der fettreduzierten Brühwurstchargen entstanden, waren Abhängig von den einzelnen Rezepturmodifikationen. Die Produktionskosten stiegen mit der Verarbeitung des Fettaustauschstoffes Simplese[®] 100 an, während im Gegenzug durch die Verarbeitung erhöhter Wassermengen der Mehrkostenaufwand begrenzt werden konnte. Zu einem weiteren Anstieg der Produktionskosten führte die Verarbeitung erhöhter Magerfleischmengen. Für eine kostenneutrale Rezeptur in Bezug auf den Einsatz von Transglutaminase genügte die Verarbeitung einer zusätzlichen Wassermenge zwischen 1 und 2 %. Die Kalkulation der ungefähren Produktionskosten ergab, dass die Herstellung der fettreduzierten Brühwursterzeugnisse aller Hauptversuchsreihen mit einem zum Teil deutlichen Mehrkostenaufwand gegenüber der Charge der Standardmortadella einherging. Diese betragen für die erste Hauptversuchsreihe zwischen ~ 27 und ~ 103 %, für die zweite Hauptversuchsreihe zwischen ~ 36 und ~ 67 % und für die dritte Hauptversuchsreihe zwischen ~ 30 und ~ 50 %. Die Produktion der fettreduzierten Brühwurstcharge H2 C1, die eine Energiereduktion gegenüber dem Standard von 32,7 % besaß und zudem über eine akzeptable sensorische Qualität verfügte, war mit einem zusätzlichen Kostenaufwand von etwa 36 % verbunden.

Die Ergebnisse dieser Arbeit lassen die Schlussfolgerung zu, dass die Zielstellung erreicht wurde. Es konnten fettreduzierte Brühwurstzeugnisse hergestellt werden, die eine Energiereduktion von 32,7 % gegenüber dem Standard aufwiesen und dabei über eine sensorisch akzeptable Qualität verfügten. Zudem konnten zahlreiche Brühwurstchargen produziert werden, die ebenfalls hohe Energiereduktionen von zum Teil deutlich über 30 % besaßen und nur in geringem Maße inakzeptable Qualitätsabweichungen aufwiesen.

Durch die Produktion solcher fett- und kalorienreduzierter Lebensmittel kann ein Beitrag dazu geleistet werden, der Zunahme des Anteils an übergewichtigen und adipösen Menschen in der Bevölkerung der westlichen Industrienationen und der Entstehung ernährungsbedingter Erkrankungen entgegenzuwirken. Allerdings müssen die neuen und positiven Aspekte dieser innovativen Produkte dem Konsumenten in einer verständlichen Art und Weise zugetragen werden, sodass dieser dazu bereit ist, die Mehrkosten, die bei der Produktion solcher Lebensmittel entstehen, zu tragen.

6. Quellenverzeichnis

6.1 Literaturverzeichnis

Adam, O.; Arnold, R.; Forth, W. (1999):

Pharmakologische Bewertung von Adipositas-Therapeutika. Deutsches Ärzteblatt 96 (50), S. A-3243-3247.

Adam, O.; Arnold, R.; Forth, W. (2000):

Lifestyle- Drogen. Teil 2. Adipositas-Therapeutika, Stoffwechselblocker, Appetitzügler, Fett-simulatoren, Fettersatzstoffe. Hessisches Ärzteblatt 12, S. 538–541.

Aggett, P.J.; Antoine, J.-M.; Asp, N.-G.; Bellisle, F.; Contor, L.; Cummings, J.H.; Howlett, J.; (...), Shrott, C. (2005):

PASSCLAIM. Process for the assessment of scientific support for claims on foods: consensus on criteria. European Journal of Nutrition 44 (1), p. I/1 -I/30.

Ahhmed, A.M.; Kawahara, S.; Ohta, K.; Nakade, K.; Soeda, T.; Muguruma, M. (2007):
Differentiation in improvements of gel strength in chicken and beef sausages induced by transglutaminase. Meat Science 76 (3), p. 455–462.

Ahmed, P.O.; Miller, M.F.; Lyon, C.E.; Vaughters, H.M.; Reagan, J.O. (1990):

Physical and sensory characteristics of low-fat fresh pork sausage processed with various levels of added water. Journal of Food Science 55 (3), p. 625–628.

Ajinomoto (Ajinomoto Foods Europe SAS – Hamburg Branch) (2009a):

Was ist TG? Allgemeine Informationen über Transglutaminase.

URL: http://www.ajinomoto.de/cms/front_content.php?idart=330.

(Elektronische Publikation, URL am 21.12.2009).

Ajinomoto (Ajinomoto Foods Europe SAS – Hamburg Branch) (2009b):

Zeit und Temperatur.

URL: http://www.ajinomoto.de/cms/front_content.php?idcat=97.

(Elektronische Publikation, URL am 21.12.2009).

Ajinomoto (Ajinomoto Foods Europe SAS – Hamburg Branch) (2009c):

Optimale Bedingungen.

URL: http://www.ajinomoto.de/cms/front_content.php?idcat=98.

(Elektronische Publikation, URL am 21.12.2009).

Ajinomoto (Ajinomoto Foods Europe SAS – Hamburg Branch) (2009d):

Primäre Struktur von TG.

URL: http://www.ajinomoto.de/cms/front_content.php?idcat=99.

(Elektronische Publikation, URL am 21.12.2009).

Ajinomoto (Ajinomoto Foods Europe SAS – Hamburg Branch) (2009e):

Standardisierung der Brühwurstproduktion mit ACTIVA® WM - für Wurst mit Biss.

URL: http://www.ajinomoto.de/cms/front_content.php?idart=125.

(Elektronische Publikation, URL am 21.12.2009).

Akoh, C.C. (1998):

Fat replacers. Food Technology 52 (3), p. 47–53.

Ando, H.; Adachi, M.; Umeda, K.; Matsuura, A.; Nonaka, M.; Uchio, R.; Tanaka, H.; Motoki, M. (1989):

Purification and characteristics of a novel transglutaminase derived from microorganisms. Agricultural and Biological Chemistry 53 (10), p. 2613–2617.

- Andrae, W.** (1996):
Verpacken von Fleisch und Fleischerzeugnissen. In: Sielaff, H. (Hrsg.), *Fleischtechnologie.* Hamburg: Behr, S. 511-557.
- Arneth, W.** (1996):
Chemisch-physikalische Untersuchungen. In: Stiebing, A.; Barciaga, J.; Krell, U. (Hrsg.), *Handbuch Fleisch und Fleischwaren.* Hamburg: Behr, A Kap. 9.2.
- Arneth, W.** (2003):
Die ernährungsphysiologische Bedeutung von Fleisch. In: *Chemie des Lebensmittels Fleisch.* Kulmbach: Bundesanstalt für Fleischforschung, S. 178-212.
- Atkins, P.W.; Beran, J.A.** (1998):
Chemie. Einfach alles. Weinheim: Wiley-VCH.
- Aydogdu, S.** (18.12.2005):
Herstellung einer Brühwurst mit pflanzlichen Ölen unter besonderer Berücksichtigung des Fettsäuremusters und der Textur (Examensarbeit). Hannover: Leibniz Universität.
- Babbel, I.** (2001):
Die Spezifikation im deutschen Lebensmittelrecht - Sensorische, mikrobiologische und physikalisch-chemische Untersuchungen zur Beurteilung der Qualität von Fleischerzeugnissen in Herstellung und Handel. München: Hieronymus.
- Baltes, W.** (2000):
Lebensmittelchemie. Heidelberg, New York: Springer.
- Barker, P.; Cauvain, S.** (1994):
Fat and calorie modified bakery products. *International Food Ingredients* 1 (2), p. 19–24.
- Barth, C.A.; Behnke, U.** (1997):
Ernährungsphysiologische Bedeutung von Molke und Molkenbestandteilen. *Nahrung* 41 (1), S. 2–12.
- Baumgart, J.** (1996):
Mikrobiologische Untersuchungen. In: Stiebing, A.; Barciaga, J.; Krell, U. (Hrsg.), *Handbuch Fleisch und Fleischwaren.* Hamburg: Behr, A Kap. 9.1.
- Bech-Larsen, T.; Scholderer, J.** (2007):
Functional foods in Europe: consumer research, market experiences and regulatory aspects. *Trends in Food Science & Technology* 18 (4), p. 231–234.
- Belitz, H.-D.; Grosch, W.; Schieberle, P.** (2001):
Fleisch. In: Belitz, H.-D.; Grosch, W.; Schieberle, P. (Hrsg.), *Lehrbuch der Lebensmittelchemie.* Berlin: Springer, S. 551-604.
- Bellisle, F.; Blundell, J. E.; Dye, L.; Fantino, M.; Fern, E.; Fletscher, R. J. (...)** (1998):
Functional food science and behaviour and psychological functions. *British Journal of Nutrition* 80 (1), p. 173–193.
- Berger-Schunn, A.** (1994):
Praktische Farbmessung. Göttingen [u. a.]: Muster-Schmidt.
- Beriain, M.J.; Chasco, J.; Liazaso, G.** (2000):
Relationship between biochemical and sensory quality characteristics of different commercial brands of salchichon. *Food Control* 11 (3), p. 231–237.
- Bernard, B.K.; Tsubuku, S.; Shioya, S.** (1998):
Acute toxicity and genotoxicity studies of a microbial transglutaminase. *International Journal of Toxicology* 17 (6), p. 703–721.

-
- Bielig, H.J.; Fischer-Ayloff-Cook, K.P.** (1984):
Bedeutung der Rheologie in der Lebensmitteltechnologie. Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und Forschung 179 (5), S. 364–370.
- Blickstad, E.; Molin, G.** (1983):
The microbial flora of smoked pork loin and frankfurter sausage stored in different gas atmospheres at 4 °C. Journal of Applied Bacteriology 54 (1), p. 45–56.
- Bloukas, J.G.; Paneras, E.D.** (1993):
Substitution olive oil for pork backfat affects quality of low-fat frankfurters. Journal of Food Science 58 (4), p. 705–709.
- Bloukas, J.G.; Paneras, E.D.; Fournitzis, G.C.** (1997):
Effect of replacing pork backfat with olive oil on processing and quality characteristics of fermented sausages. Meat Science 45 (2), p. 133–144.
- Blüchel, E.; Honikel, K.-O.** (2006):
Handbuch der chemischen und physikalischen Fleisch- und Fleischwarenanalyse. Kulmbach: Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel.
- Bourne, M.C.** (1978):
Texture profile analysis. Food Technology 32 (7), p. 62–72.
- Bourne, M.C.** (2002):
Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement. New York, London: Academic Press.
- Bourne, M.C.; Szczesniak, A.S.** (1998):
Issues pertaining of the texture profile analysis. Journal of Texture Studies 29 (4), p. vii - viii.
- Bradford, D.D.; Huffman, D.L.; Egbert, W.R.; Jones, W.R.** (1993):
Low-fat fresh pork sausage patty stability in refrigerated storage with potassium lactate. Journal of Food Science 58 (3), p. 488–491.
- Branscheid, W.** (2004):
Zukunftsperspektiven für Fleisch und Fleischerzeugnisse. Fleischwirtschaft 84 (5), S. 213–217.
- Brauer, H.** (2004):
Brühwurst-Technologie. Ein technologischer Leitfaden. Frankfurt am Main: Deutscher Fachverlag.
- Brüggemann, D.** (1996):
Mechanische Methoden zur Texturbestimmung von Fleisch. Bundesanstalt für Fleischforschung Kulmbach: Mitteilungsblatt, S. 338–344.
- Buchner, N.** (1999):
Verpackung von Lebensmitteln. Lebensmitteltechnologische, verpackungstechnische und mikrobiologische Grundlagen. Berlin: Springer.
- Bühl, A.** (2008):
SPSS 16. Einführung in die moderne Datenanalyse. München [u. a.]: Pearson Studium.
- Busch-Stockfisch, M.** (2002):
Sensorische Grundlagen. In: Busch-Stockfisch, M. (Hrsg.), Praxishandbuch Sensorik in der Produktentwicklung und Qualitätssicherung. Hamburg: Behr, I, 1.
- Byers, F.M.; Turner, N.D.; Cross, H.R.** (1993):
Meat products in low-fat diet. In: Altschult, A.M. (ed.): Low-calorie foods handbook. New York, NY: Dekker, p. 343–376.

- Cáceres, E.; García, M.L.; Toro, J.; Selgas, M.D.** (2004):
The effect of fructooligosaccharides on the sensory characteristics of cooked sausages. Meat Science 68 (1), p. 87–96.
- Carballo, J.; Cavestany, M.; Jiménez-Colmenero F.** (1991):
Effect of light on colour and reaction of nitrite in Effect of light on colour of nitrite in sliced pork bologna under different chilled storage temperatures. Meat Science 30 (3), p. 235–244.
- Carballo, J.; Barreto, G.; Colmenero, F.J.** (1995):
Starch and egg white influence on properties of bologna sausage as related to fat content. Journal of Food Science 60 (4), p. 673–677.
- Carballo, J.; Mota, N.; Barreto, G.; Colmenero, F.J.** (1995):
Binding properties and colour of bologna sausage made with varying fat levels, protein levels and cooking temperatures. Meat Science 41 (3), p. 301–313.
- Carballo, J.; Fernandez, P.; Barreto, G.; Solas, M.T.; Colmenero, F.J.** (1996):
Morphology and texture of bologna sausage as related to content of fat, starch and egg white. Journal of Food Science 61 (3), p. 652–655.
- Carlin, F.C.; Nguyen-The, C.; Da Silva, A.A.; Cochet, C.** (1996):
Effects of carbon dioxide on the fate of Listeria monocytogenes, of aerobic bacteria and on the development of spoilage in minimally processed fresh endive. International Journal of Food Microbiology 32, p. 159–172.
- Cayré, M.E.; Garro, O.; Vignolo, G.** (2005):
Effect of storage temperature and gas permeability of packaging film on the growth of lactic acid bacteria and Brochothrix thermosphacta in cooked meat emulsions. Food Microbiology 22 (6), p. 505–512.
- Chambers, D.H.; Chambers, E.; Bowers J.R.** (1996):
Consumer acceptance of commercially available frankfurters. Journal of Sensory Studies 11 (2), p. 85–101.
- Chatelain, Y.; Guggisberg, D.; Dufey, P.A.; Vergeres, G.; Hadorn, R.** (2007):
Farbmessung an Fleisch und Fleischerzeugnissen. Bern: Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux (ALP).
- Cheftel, J.C.; Cuq, J.-L.; Lorient, D.; Reimerdes, E.** (1992):
Lebensmittelpoteine. Biochemie, funktionelle Eigenschaften, Ernährungsphysiologie, chemische Modifizierung. Hamburg: Behr.
- Cheftel, J.C.; Dumay E.** (1993):
Microcoagulation of proteins for development of "creaminess". Food Reviews International 9 (4), p. 473–702.
- Cheung, I.; Gomes, F.; Ramsden, R.; Roberts D.G.** (2002):
Evaluation of fat replacers AvicelTM, N Lite STM and SimplexTM in mayonnaise. International Journal of Consumer Studies 26 (1), p. 27–33.
- Chizzolini, R.; Zanardi, E.; Dorigoni, V.; Ghidini, S.** (1999):
Colorific value and cholesterol content of normal and low-fat meat and meat products. Trends in Food Science & Technology 10 (4-5), p. 119–128.
- Chung, S.-J.; Heymann, H.; Grün, I.U.** (2004):
Release of artificial cherry flavor from ice creams varying in fat and fat replacers. Journal of Sensory Studies 19 (3), p. 211–236.

Church, I.J.; Parsons, A.L. (1995):

Modified atmosphere packaging technology: a review. Journal of Science of Food and Agriculture 67 (2), S. 143–152.

Clark, D.R. (1998):

Simplesse®. In: Dalzell, J.M. (ed.), *Ingredients handbook: fat substitutes.* Leatherhead: Leatherhead Food RA, p. 135–142.

Claus, J.R.; Hunt, M.C.; Kastner, C.L. (1989):

Effects of substituting water for fat on the textural, sensory, and processing characteristics of bologna. Journal of Muscle Foods 1 (1), p. 1–21.

Claus, J.R.; Hunt, M.C.; Kastner, C.L.; Kropf, D.H. (1990):

Low-fat, high-added water bologna: effects of massaging, preblending, and time of addition of water and fat on physical and sensory characteristics. Journal of Food Science 55 (2), p. 338–341.

Claus, J.R.; Hunt, M.C. (1991):

Low-fat, high added-water bologna formulated with texture-modifying ingredients. Journal of Food Science 56 (3), p. 643–647.

Colmenero, F.J. (1996):

Technologies for developing low-fat meat products. Trends in Food Science & Technology 7 (2), p. 41–48.

Colmenero, F.J.; Carballo, J.; Fernández, P.; Cofrades, S.; Cortés E. (1997):

Retail chilled display storage of high- and reduced-fat sliced bologna. Journal of Food Protection 60 (9), p. 1099–1104.

Colmenero, F.J. (2000):

Relevant factors in strategies for fat reduction in meat products. Trends in Food Science & Technology 11 (2), p. 56–66.

Colmenero, F.J.; Carbello, J.; Cofares, S. (2001):

Healthier meat and products: their role as functional foods. Meat Science 59 (1), p. 5–13.

Colmenero, F.J.; Ayo, M.J.; Carballo, J. (2004):

Physicochemical properties of low sodium frankfurter with added walnut: effect of transglutaminase combined with caseinate, KCl and dietary fibre as salt replacers. Meat Science 69 (4), p. 781–788.

Cover S.; Ritchey, S.J.; Hostetler R.L. (1962):

Tenderness of beef. II. Juiciness and the softness components of tenderness. Journal of Food Science 27 (5), p. 476–482.

CP Kelco (2000):

Simplesse® Microparticulated Whey Protein Concentrate. CP Kelco: Produktblatt.

CP Kelco (2006):

Simplesse® Natural Dairy Ingredient. CP Kelco: Simplesse® Technical Bulletin, p. 1–8.

CP Kelco (2010):

Simplesse® Microparticulated Whey Protein Concentrate.

URL: http://www.cpkelco.com/market_food/prod-simplesse.html.

(Elektronische Publikation, URL am 11.01.2010).

Dähler, F.; Saner, H. (2007):

Die Rolle des Rapsöls in der gesunden Ernährung. Schweizer Zeitschrift für Ernährungsmedizin 4, p. 36–41.

-
- De Bie, R.; Kool, J.** (2004):
Wissenschaftliches Arbeiten. In: Hüter-Becker, A.; Dölken, M. (Hrsg.), Beruf, Recht, wissenschaftliches Arbeiten. Stuttgart: Thieme, S. 133-231.
- Derndorfer, E.** (2006):
Lebensmittelsensorik. Wien: Facultas Verlags- und Buchhandels AG.
- Devlieghere, F.; Vermeiren L.; Debevere, J.** (2004):
New preservation technologies: possibilities and limitations. International Dairy Journal 14 (4), p. 273–285.
- DFV (Deutscher Fleischer-Verband e.V.)** (2009):
Geschäftsbericht 2008. Frankfurt am Main: Eigenverlag.
- DGE (Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V.)** (2008):
Ernährungsbericht 2008. Bonn: Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V.
- DGHM (Deutsche Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie)** (2010):
Veröffentlichte mikrobiologische Richt- und Warnwerte zur Beurteilung von Lebensmitteln.
URL: <http://www.dghm.org/texte/Richt-%20und%20Warnwerte.pdf>.
(Elektronische Publikation, URL am 10.05.2010).
- Dickinson, E.** (1997):
Enzymic crosslinking as a tool for food colloid rheology control and interfacial stabilization.
Trends in Food Science & Technology 8 (10), p. 334–339.
- Diplock, A.T.; Aggett, P.J.; Aschwell, M.; Bornet, F.; Fern, E.B.; Roberfroid, M.B.** (1999):
Scientific concepts of functional foods in Europe: consensus document. British Journal of Nutrition 81 (1), p. 1–27.
- Dixon, N.M.; Kell, D.B.** (1989):
The inhibition by CO₂ of the growth and metabolism of microorganisms. Journal of Applied Bacteriology 67 (2), p. 109–136.
- DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V.)** (2000):
Prüfschema für Brühwürste, Brühwurstpasteten, Leberkäse, Fleischkäse, Gefüllte Erzeugnisse, Gelantinen und Ballontinen.
- Drewnowski, A.** (1987):
Fats and food acceptance: sensory and hedonic and attitudinal aspects. In: Solms, J.; Booth, D. A.; Pangborn, R.M.; Raunhardt, O. (ed.), Food Acceptance and Nutrition. London: Academic Press.
- Dykes, G.A.; Marshall, L.A.; Meissner, D.; von Holy, A.** (1996):
Acid treatment and pasteurization affect the shelf life and spoilage ecology of vacuum-packaged Vienna sausages. Food Microbiology 13 (1), p. 69–74.
- Eberhard, P.; Schlüchter, D.G.; Guggisberg, D.; Hadorn R.** (2009):
Transglutaminase als Phosphatersatz in Brühwürsten? Fleisch und Feinkost 8, S. 20–21.
- Eklund, T.; Jarmund, T.** (1983):
Microculture model studies on the effect of various gas atmospheres on microbial growth at different temperatures. Journal of Applied Bacteriology 55 (1), p. 119–125.
- Ellrott, T.; Ranke C.; Yilmaz O.; Wegner K.; Austel A.; Pudel V.** (2006):
Wurstwaren mit unterschiedlichen Fett- und Ballaststoffgehalten. Effekte auf Körpergewicht und kardiovaskuläre Risikofaktoren. Ernährungs-Umschau 53 (7), S. 261–266.

Emschermann, B.M. (12.10.1982):

Texturveränderungen bei sterilisierten Fertiggerichten (Dissertation). Berlin: Technische Universität.

Ender, B. (05.11.2002):

Die Bedeutung von Fleisch in der Ernährung. Dresden-Pillnitz: Fachtagung für Multiplikatoren der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft.

Engel, K.-H.; Moreano, F.; Sakamoto, J. (2000):

Mikrobielle Transglutaminase in der Lebensmittelindustrie - Grundlagen. In: Lösche, K. (Hrsg.), *Enzyme in der Lebensmitteltechnologie*. Hamburg: Behr, S. 145-153.

Erdmann, R.; Wenzel, S.; Kiebling, M.; Bottlinger, M.; Windhab, E. (1994):

Rheometrische Analyse des Fließverhaltens von Brühwurstbrät. *Fleischwirtschaft* 74 (10), S. 1089–1091.

Escher, F. (1993):

Textureigenschaften von Lebensmitteln. In: Weipert, D.; Tscheuschner, H.D.; Windhab, E. (Hrsg.), *Rheologie der Lebensmittel*. Hamburg: Behr, S. 151-171.

Færgemand, M.; Sørensen, M.V.; Jørgensen, U.; Budolfson, G.; Qvist, K.B. (1999):

Transglutaminase: effect on instrumental and sensory texture of set style yoghurt. *Milchwissenschaft* 54 (10), p. 563-566.

Farber, J.M. (1990):

Microbiological aspects of modified-atmosphere packaging technology - a review. *Journal of Food Protection* 54 (1), p. 58–70.

Feiner, G. (2006):

Meat products handbook. Cambridge, Boca Raton: Woodhead Publishing Limited.

Fellows, P. (2000):

Food processing technology. Cambridge, Boca Raton: Woodhead Publishing Limited.

Fernández-Ginéz, J.M.; Fernández-López, J.; Sayas-Barberá, E.; Pérez-Alvarez J.A. (2005):

Meat products as functional foods: a review. *Journal of Food Science* 70 (2), p. 37–43.

Fink M.L., Chung S.I., Folk J.E. (1980):

γ -glutamylamine cyclotransferase: specify toward ϵ -(L- γ -glutamyl)-L-lysine and related compounds. *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A.* 77, p. 4564-4568.

Fischer A. (1988):

Produktbezogene Technologie - Herstellung von Fleischerzeugnissen. In: Prändel, O.; Fischer, A. Schmidhofer T.; Sinell, H.-J. (Hrsg.), *Fleisch - Technologie und Hygiene der Gewinnung und Verarbeitung*. Stuttgart: Ulmer.

Fliedner, I.; Wilhelmi, F. (1993):

Grundlagen und Prüfverfahren der Lebensmittelsensorik. Hamburg: Behr.

Folk, J.E. (1980):

Transglutaminases. *Annual Review of Biochemistry* 49, p. 517–531.

Folk J.E.; Park M.H.; Chung S.I.; Schrode J.; Lester E.P.; Cooper H.L. (1980):

Polyamines as physiological substrates for transglutaminase. *The Journal of Biological Chemistry* 255, p. 3695–3700.

Forrest, J.C.; Aberle, E.D.; Hedrick, H.B.; Judge, M.D.; Merkel, R.A. (1975):

Principles of meat science. San Francisco: W.H. Freeman and Company.

Fox Jr., J.B. (1987):

The pigments of meat. In: Price, J.F.; Schweigert, B.S. (ed.), *The Science of meat and meat products.* Westport, Conn: Food and Nutrition Press.

Franzke, C. (1998):

Allgemeines Lehrbuch der Lebensmittelchemie. Hamburg: Behr.

Friedman, M.; Finot, P.-A. (1990):

Nutritional Improvement of bread with Lysine and γ -glutamyllysine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 38, p. 2011–2020.

Fries, R. (2003):

Mikrobiologie erhitzter Erzeugnisse. In Weber, H. (Hrsg.), *Fleisch-Fisch-Feinkost.* Hamburg: Behr, S. 379-400.

Fritschi, A.-R.; Gassmann, J.; Hodel, H.-R.; Liebherr, R.; Rosetti, A. (1981):

Handbuch für die Brühwurstherstellung. Zürich: MPV, Metzgereipersonal-Verband der Schweiz.

Fuchsbauer, H.-L.; Pasternack, R. (1996):

Transglutinasen – Biologische Proteinvernetzter für Produkte von morgen. Querschnitt: Beiträge aus Forschung und Entwicklung der Fachhochschule Darmstadt, 10. Ausgabe, April 1996, S. 92-103.

Gallagher, E.; O'Brien, C.M.; Scannell, A.G.M.; Arendt, E.K. (2003):

Use of response surface methodology to produce functional short dough biscuits. *Journal of Food Engineering* 56 (2-3), p. 269–271.

Gacía, M.I.; Cáceres, E.; Selgas, M.D. (2006):

Effect of inulin on the textural and sensory properties of mortadella, a Spanish cooked meat product. *International Journal of Food Science and Technology* 41 (19), p. 1207-1215.

Geidel, H.; Weber, A. (1987):

Zur Bildung einer Qualitätszahl aus Bewertungen mehrerer Prüfmerkmale. *Fleischwirtschaft* 11, S. 1-4

Giese, J. (1992):

Developing low-fat meat products. A variety of techniques to reduce or replace fat are being used to make meat products more marketable. *Food Technology (Special Report)*, p. 100–108.

Giese, J. (1995):

Measuring physical properties of foods. *Food Technology (Special Report)*, p. 54–63.

Gill, C.O. (1988):

The solubility of carbon dioxide in meat. *Meat Science* 22 (1), p. 65–71.

Glicksman, M. (1991):

Hydrocolloides and the search for the "Oily Grail". *Food Technology* 45 (10), p. 94–103.

Gómez-Guillén, M.C.; Sarabia, A.I.; Solas, M.T.; Montero, P. (2001):

*Effect of microbial transglutaminase on the functional properties of megrim (*Lepidorhombus boscii*) skin gelatin.* *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81 (7), p. 665-673.

Gregg, L.L.; Claus, J.R.; Hackney, C.R.; Marriott, N.G. (1993):

Low-fat, high added water bologna from massaged, minced batter. *Journal of Food Science* 58 (2), p. 259–264.

Griguelmo-Miguel, N.; Abadias-Serós M.I.; Martin-Belleso, O. (1999):

Characterisation of low-fat high dietary fibre frankfurters. *Meat Science* 52 (3), p. 247–256.

-
- Grundhöfer, F.; Glatz, J.** (2006):
Fleisch und Erzeugnisse aus Fleisch. In: Frede, W.: Taschenbuch für Lebensmittelchemiker. Berlin: Springer, S. 491-513.
- Haack, G.** (2002):
Sensorik und Verpackung. In: Busch-Stockfisch, M. (Hrsg.), Praxishandbuch Sensorik in der Produktentwicklung und Qualitätssicherung. Hamburg: Behr, V 1.
- Hahn, A.; Ströhle, A.; Wolters, M.** (2005):
Ernährung. Physiologische Grundlagen, Prävention, Therapie. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft.
- Hamm, R.** (1975):
Muskelfarbstoff und Fleischfarbe. Fleischwirtschaft 55, S. 1415–1417.
- Hammer, F.G.** (1992):
Verarbeitung pflanzlicher Öle zu Brühwurst. Fleischwirtschaft 72 (1), S. 36–45.
- Hammer, F.G.** (1998):
Mikrobielle Transglutaminase und Diphosphat bei feinzerkleinerter Brühwurst. Fleischwirtschaft 78 (11), S. 1155–1162.
- Hand, L.W.; Hollingsworth, C.A.; Calkins, C.R.; Mandigo, R.W.** (1987):
Effects of preblending, reduced fat and salt levels on frankfurter characteristics. Journal of Food Science 52 (5), p. 1149–1151.
- Harris, W.S.; Hurwitz, A.; Stargel, W.W.; Burns, T.S.; Tschanz, C.** (1992):
Evaluation of clinical and biochemical parameters after short term consumption of microparticulated protein fat substitute (Simplesse®) in a frozen dessert. Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition 1, p. 81–87.
- Hemmy, B.** (30.11.2007): Möglichkeiten der Nutzung von Transglutaminase in der Fischindustrie (Dissertation). Hannover: Leibniz Universität Hannover.
- Higgs, J. D.** (2000):
The changing nature of red meat: 20 years of improving nutritional quality. Trends in Food Science & Technology 11 (3), p. 85–95.
- Hilse, E.** (1984):
Empfohlene Mindesthaltbarkeitsfristen bei Fleischwaren. Fleischwirtschaft 64 (11), p. 1288–1295.
- Hoffmann, W.; Buchheim, W.** (1999):
Fettaustauschstoffe auf Proteinbasis. In: Warwel, S.; Weber N. (wissenschaftliche Koordination): Fettersatzstoffe, Fettaustauschstoffe, Designer-Lipide. Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Angewandte Wissenschaft, Heft 484. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag.
- Homer, D.B.; Matthews, K.R.; Warkup, C.C.** (2000):
The acceptability of low fat sausages. Nutrition & Food Science 30 (2), p. 67–72.
- Honikel, K.O.** (2000):
Standardisierung physikalischer Messverfahren bei Fleisch. Fleischwirtschaft 80 (7), S. 75–80.
- Honikel, K.O.** (2005):
Die Zusammensetzung deutscher Fleischerzeugnisse. Der Lebensmittelbrief 3/4, S. 48–50.

Honikel, K.O. (2007):

Physikalische Messmethoden zur Erfassung der Fleischqualität. In: Branscheid, W.; Honikel, K.O.; von Lengerken, G.; Troeger, K. (Hrsg.), *Qualität von Fleisch und Fleischwaren.* Frankfurt am Main: Deutscher Fachverlag, S.855-882.

Hughes, E.; Mullen, A.M.; Troy, D.J. (1998):

Effects of fat level, tapioca starch and whey protein on frankfurters formulated with 5% and 12% fat. *Meat Science* 48 (1/2), p. 169–180.

Ikura, K.; Katsuzumi, O.; Yoshikawa, M.; Sasaki, R.; Chiba, H. (1985):

Incorporation of lysyl dipeptides into food protein by transglutaminase. *Agricultural and Biological Chemistry* 49 (6), p. 1877–1878.

Inns, R. (1987):

Modified atmosphere packaging. In: Paine, F.A. (ed.), *Modern processing, packaging and distribution systems for food.* Glasgow: Blackie.

Issanchou, S. (1996):

Consumer expectations and perceptions of meat and meat product quality. *Meat Science* 43 (1), p. 5–19.

Johnson, B.R. (2000):

Whey protein concentrates in low-fat applications.

<http://www.usdec.org/files/publications/8Lowfat.pdf>.

(Elektronische Publikation, URL am 20.01.2010).

Kallweit, E. (1988):

Qualität tierischer Nahrungsmittel. Stuttgart: Ulmer.

Kammerlehner, J. (1993):

Simplexse[®]100 - Dry Simplexse[®]100. *Lebensmittelindustrie und Milchwirtschaft* 29, S. 848–852.

Kanaji, T.; Ozaki, H.; Takao, T.; Kawajiri, H.; Ide, H.; Motoki, M.; Shimonishi, Y. (1993):

Primary structure of microbial transglutaminase from streptovercillium sp. strain s-8112. *The Journal of Biological Chemistry* 268, p. 11565–11572.

Karaca, O.B.; Güven, M.; Yasar, K.; Kaya, S.; Kahyaoglu, T. (2009):

The functional, rheological and sensory characteristics of ice creams with various fat replacers. *International Journal of Dairy Technology* 62 (1), p. 93–99.

Kato, A.; Wada, T.; Kobayashi, K.; Seguro, K.; Motoki, M. (1991):

Ovomucin-food protein conjugates prepared through the transglutaminase reaction. *Agricultural and Biological Chemistry* 55, p. 1027-1031.

Keeton, J.T. (1994):

Low-fat meat products - Technological problems with processing. *Meat Science* 36 (36), p. 261–276.

Keim, H.; Franke, R. (2007):

Fachwissen Fleischtechnologie. Frankfurt am Main: Deutscher Fachverlag.

Kleessen, B.; Sykura, B.; Zunft, H.-J.; Blaut, M. (1997):

Effects of inulin and lactose on fecal microflora, microbial activity, and bowel habit in elderly constipated persons. *American Journal of Clinical Nutrition* 65 (5), p. 1397–1402.

Klettner, P.-G. (1985):

Zerkleinerungstechnik bei Brühwurst. *Fleischwirtschaft* 65 (1), S. 22–30.

Klettner, P.-G. (1988):

Beziehung zwischen instrumentellen Festigkeitswerten und sensorischem Kaueindruck bei Brühwurst. Fleischwirtschaft 68 (9), S. 1052–1054.

Klettner, P.-G. (1994):

Fleisch und Fleischerzeugnisse. Messungen der Textur oder Konsistenz mit Prüfmaschinen. Fleischwirtschaft 74 (4), S. 378–381.

Klettner, P.-G. (2002):

Einfluss des pH-Wertes auf verschiedene Untersuchungsparameter bei Brühwurst. Fleischwirtschaft 82 (5), S. 122–124.

Klettner, P.-G.; Sakata, R. (2004):

Brühwurst aus Schweine- und Rindfleisch. Bedeutung der Umrötung des Brätes bei einer Temperatur von 50 °C auf die Festigkeit und Farbe. Fleischwirtschaft 84 (5), S. 221–223.

Koch, H.; Fuchs, M. (2004):

Die Fabrikation feiner Fleisch- und Wurstwaren. Frankfurt am Main: Deutscher Fachverlag.

Kofrányi, E.; Wirths, W. (1994):

Einführung in die Ernährungslehre. Frankfurt am Main: Umschau-Verlag.

Konica Minolta (2002):

Exakte Farbkommunikation. Konica Minolta Co., Ltd.
URL: http://www.lepen.de/assets/files/efk_konica.pdf.
(Elektronische Publikation, URL am 03.05.2010).

Konica Minolta (2010):

Spectrophotometer 3600-d. Instruction manual. Konica Minolta Co., Ltd.
www.konicaminolta.com/content/download/4715/34881/CM-3600I.PDF
(Elektronische Publikation, URL am 18.08.2010).

Koutsoumanis, K.; Tassou, C.C.; Taoukis, P.S.; Nychas, G.-J.E. (1998):

Modelling the effectiveness of a natural antimicrobial on Salmonella enteritidis as a function of concentration, temperature and pH, using conductance measurements. Journal of Applied Microbiology 84 (6), p. 981–987.

Krämer, J. (2002):

Lebensmittel-Mikrobiologie. Stuttgart: Ulmer.

Kretzschmann, F. (1996):

Nichtoriginäre Stoffe in Fleisch und Fleischerzeugnissen. In: Sielaff, H. (Hrsg.), Fleischtechnologie. Hamburg: Behr, S. 167–179.

Kröckel, L. (2007):

Chemisch-physikalische Analyse von Makroinhaltsstoffen. In: Branscheid, W.; Honikel, K.O.; von Lengerken, G.; Troeger, K. (Hrsg.), Qualität von Fleisch und Fleischwaren. Hamburg: Behr, S. 785–802.

Kunz, B. (1994):

Grundriß der Lebensmittel-Mikrobiologie. Hamburg: Behr.

Kuraishi, C.; Sakamoto, J.; Soeda, T. (1996):

The usefulness of transglutaminase for food processing. American Chemical Society: ACS Symposium Series 637, Washington D.C.: American Chemical Society, p. 29–38.

Kuraishi, C.; Sakamoto, J.; Yamazaki, K.; Susa, Y.; Kuhara, C.; Soeda, T. (1997):

Production of restructured meat using microbial transglutaminase without salt or cooking. Journal of Food Science 62 (3), p. 488–490.

Kuraishi, C.; Sakamoto, J.; Soeda, T. (1998):

Anwendung von Transglutaminase für die Fleischverarbeitung. Fleischwirtschaft 78 (6), S. 657-660.

Kuraishi, C.; Yamazaki, K.; Susa, Y. (2001):

Transglutaminase: Its utilization in the food industry. Food Reviews International 17 (2), p. 221–246.

Kütemeyer, C. (12.12.2005):

Beiträge zur Qualitätssicherung von Fischprodukten am Beispiel des Schwarzen Heilbutts (Reinhardtius hippoglossoides) (Dissertation). Hannover: Leibniz Universität Hannover.

Lautenschläger, R. (2007):

Rohpökelfleisch. In: Branscheid, W.; Honikel, K.O.; von Lengerken, G.; Troeger, K. (Hrsg.), Qualität von Fleisch und Fleischwaren. Frankfurt am Main: Deutscher Fachverlag, S. 1003-1030.

Lautenschläger, R.; Troeger, K. (2007):

Brühwurst. In: Branscheid W.; Honikel, K.O.; von Lengerken, G.; Troeger K. (Hrsg.), Qualität von Fleisch und Fleischwaren. Frankfurt am Main: Deutscher Fachverlag, S. 938-971.

Lawless, H.T.; Heymann, H. (1998):

Sensory evaluation of food. Principles and practices. New York, London: Chapman & Hall.

Lee, C.M.; Whiting, R.C.; Jenkins, R.K. (1987):

Texture and sensory evaluations of frankfurters made with different formulations and processes. Journal of Food Science 52 (4), S. 896–900.

Lee, H.G.; Lanier, T.C.; Hamann, D.D.; Knopp, J.A. (1997):

Transglutaminase effects on low temperature gelation of fish protein sols. Journal of Food Science 62 (1), p. 20-24.

Leistner, L. (1977):

Hurdle effect and energy saving. In: Downey, W.K. (ed.), Food quality and nutrition. London: Applied Science Publ.

Leitzmann, C.; Sichert-Oevermann, W. (1990):

Lebensmittelqualität aus der Sicht des Verbrauchers. AID-Verbraucherdienst 35 (4), S. 69-76.

Lieske, B.; Konrad, G. (1993):

Beitrag zur Gewinnung und Verwertung von Molkeneiweiß. Lebensmittelindustrie und Milchwirtschaft 44, S. 1296–1302.

Lieske, B.; Konrad, G. (1994):

Microparticulation of whey protein: related factors affecting the solubility. Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und –Forschung 199, S. 289–293.

Liou, B.K.; Grün, I.U. (2007):

Effect of fat level on the perception of five flavor chemicals in ice cream with or without fat mimetics by using a descriptive test. Journal of Food Science 72 (8), p. 595–604.

Liptay-Reuter, I.; Ptach C. (1998):

Sensorische Methoden und ihre statistische Auswertung. Dexheim: NGV Verlag für Nahrung Gesundheit und Vitalität.

List, D.; Emschermann, B.M. (1981):

Korrelation zwischen sensorisch und instrumentell ermittelten Texturdaten an ausgewählten Lebensmitteln. Gordian 9, S. 189–234.

LLM Schwäbisch Gmünd (2007):

Kompendium "Agrarmarkt und Ernährung". Schwäbisch Gmünd: Landesstelle für landwirtschaftliche Marktkunde Schwäbisch Gmünd.

Lucca, P.A.; Trepper, B.J. (1994):

Fat replacers and the functionality of fat in foods. Trends in Food Science & Technology 5 (1), p. 512–519.

Lücke, F.-K.; Tröger, K. (2007):

Mikrobiologische Risiken. In: Branscheid, W.; Honikel, K.O.; von Lengerken, G.; Troeger, K. (Hrsg.), *Qualität von Fleisch und Fleischwaren*. Frankfurt am Main: Deutscher Fachverlag, S. 553-624.

Luginbühl, W. (1996):

Teigbeschaffenheit von Käse - instrumentell beurteilt. Agrarforschung 3 (8), S. 361–363.

Maier, T.; Kammerer, D.R.; Schieber, A.; Carle, R. (2008):

Functional Food - Lebensmittel des 21. Jahrhunderts? Deutsche Lebensmittel-Rundschau 104 (2), S. 53–59.

Marquez, E.J.; Ahmed, E.M.; West, R.L.; Johnson, D.D. (1989):

Emulsion Stability and Sensory Quality of Beef Frankfurters Produced at Different Fat or Peanut Oil Levels. Journal of Food Science 54 (4), p. 867–870.

Matheis, G. (1995):

Wechselwirkungen zwischen flüchtigen Aromastoffen und Lebensmittelbestandteilen. Teil 3: Fettersatzstoffe. Dragoco-Bericht 1, S. 22–33.

Matheis, G.; Whitaker, J.R. (1987):

A Review: Enzymatic cross-linking of proteins applicable to foods. Journal of Food Biochemistry 11 (4), p. 309-327.

McMahon, D.J.; Alleyne, M.C.; Fife, R.L.; Oberg C.J. (1996):

Use of fat replacers in low fat mozzarella cheese. Journal of Dairy Science 79 (11), p. 1991-1921.

Meilgaard, M.C.; Civille, G.V.; Carr, B.T. (1999):

Sensory evaluation techniques. Boca Raton, Fla: CRC Press.

Menden, E. (1991):

Fettersatzstoffe - Zusammensetzung und praktische Bedeutung. Ernährungs-Umschau 38 (8), S. 311–315.

Mendoza, E.; García, M.L.; Casas, C.; Selgas, M.D. (2001):

Inulin as fat substitute in low-fat, dry fermented sausages. Meat science 57, p. 387-393.

Menrad, K. (2003):

Market and marketing of functional food in Europe. Journal of Food Engineering 56 (2-3), p. 181–188.

Mensink, G.; Burger, M.; Beitz, R.; Henschel, Y.; Hintzpeter, B. (2002):

Was essen wir heute? - Beiträge zur Gesundheitsberichterstattung des Bundes - Ernährungsverhalten in Deutschland. Berlin: Robert-Koch-Institut.

Miller, M.S. (1994):

Protein as fat substitutes. In: Hettiarachchy, N.S.; Ziegler, G.R (ed.), *Protein functionality in food systems*. New York: Dekker, p. 435-467.

Miraglio, A.M. (1995):

Nutrient substitutes and their energy in fat substitutes and replacers. American Journal of Clinical Nutrition 62, p. 1175–1179.

Mittal G.S.; Barbut, S. (1994):

Effects of fat reduction on frankfurters' physical and sensory characteristics. Food Research International 27 (5), p. 425–431.

Morris, C.E. (1992):

Balancing act: engineering flavors for low-fat foods. Food Engineering 64 (8), p. 77-78, 80, 82.

Motoki, M.; Nio, N. (1983):

Crosslinking between different food proteins by transglutaminase. Journal of Food Science 48 (2), p. 561-566.

Motoki, M.; Seguro, K. (1998):

Transglutaminase and its use for food processing. Trends in Food Science & Technology 9, p. 204–210.

Motoki, M.; Kumazawa Y. (2000):

Recent research trends in transglutaminase technology for food processing. Food Science Technology Research 6 (3), p. 151–160.

Muguerza, E.; Gimeno, O.; Ansorena, D.; Bloukas, J.G.; Astiasarán, I. (2001):

Effect of replacing pork backfat with pre-emulsified olive oil on lipid fraction and sensory quality of Chorizo de Pamplona - a traditional Spanish fermented sausage. Meat Science 59 (3), p. 251–258.

Muguerza, E.; Fista, G.; Ansorena, D.; Astiasaran, I.; Bloukas, J.G. (2002):

Effect of fat level and partial replacement of pork backfat with olive oil on processing and quality characteristics of fermented sausages. Meat Science 61 (4), p. 397–404.

Mühle, C. (2003):

Anleitung für ein Schulungsprogramm zur sensorischen Texturmessung. In: Busch-Stockfisch, M. (Hrsg.), Praxishandbuch Sensorik in der Produktentwicklung und Qualitätssicherung. Hamburg: Behr, III, 2.4.

Müller, W.D. (1998):

Untersuchung zur Eignung pflanzlicher Proteinisolate für die Brühwurstherstellung. Fleischwirtschaft 78 (11), p. 1150–1154.

Müller, W.D. (2007):

Kochpökelfleisch. In: Branscheid W.; Honikel, K.O.; von Lengerken, G.; Troeger K. (Hrsg.), Qualität von Fleisch und Fleischwaren. Frankfurt am Main: Deutscher Fachverlag, S. 1031-1053 .

Münch, S.; Nitsch, P.; Eigner, G. (2005):

Funktionelle Fleischerzeugnisse. In: Jahresbericht der Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel 2005 (Standort Kulmbach), S. 183–187.

Münch, S. (2006):

Funktionelle Fleischerzeugnisse und deren analytische Bewertung. Mitteilungsblatt der Fleischforschung Kulmbach 45, S. 153–161.

Münch, S.; Müller, W.D.; Nitsch, P.; Kröckel, L.; Troeger, K. (2007):

Funktionelle Fleisch-Erzeugnisse. Forschungsreport 1, S. 24–26.

-
- Muñoz, A.M.** (1986):
Development and application of texture reference scales. Journal of Sensory Studies 1 (1), p. 55–83.
- Neumann, R.; Molnár, P.** (1991):
Sensorische Lebensmitteluntersuchung. Leipzig: Fachbuchverlag.
- Nielsen, P.M.** (1995):
Reactions and potential industrial applications of Transglutaminase. Review of literature and patents. Food Biotechnology 9 (3), p. 119–156.
- Novelli, E.; Zanardi, E.; Ghiretti, G.; Campanini, G.; Dazzi, G.; Madarena, G.; Chizzolini, R.** (1998):
Lipid and cholesterol oxidation in frozen stored pork, salame milano and mortadella. Meat Science 48 (1-2), p. 29–40.
- Nowak, B.; von Mueffling, T.; Grotheer, J.; Klein, G.; Watkinson, B.-M.** (2007):
Energy content, sensory properties, and microbiological shelf life of german bologna-type sausages produced with citrate or phosphate and with inulin as fat replacer. Journal of Food Science 72 (9), p. 629–638.
- O'Brien, C.M.; Mueller, A.; Scannell, A.G.M.; Arendt, E.K.** (2003):
Evaluation of the effects of fat replacers on the quality of wheat bread. Journal of Food Engineering 56 (2-3), p. 265–267.
- Oelker, P.** (1996):
Brühwurstherstellung. In: Sielaff, H. (Hrsg.), *Fleischtechnologie.* Hamburg: Behr, S. 397–423.
- Ohmes, R.L.; Marshall, R.T.; Heymann, H.** (1998):
Sensory and physical properties of ice creams containing milk fat of fat replacers. Journal of Dairy Science 81 (5), p. 1222–1228.
- Ordóñez, M.; Rovira J.; Jaime, I.** (2001):
The relationship between the composition and texture of conventional and low-fat frankfurters. International Journal of Food Science & Technology 36 (7), p. 748–758.
- Paneras, E.D.; Bloukas, J.G.** (1994):
Vegetable oils replace pork backfat for low-fat frankfurters. Journal of Food Science 59 (4), p. 725–728.
- Paneras E.D.; Bloukas, J.G.; Papadima, S.N.** (1996):
Effect of meat source and fat level on processing and quality characteristics of frankfurters. LWT - Food Science and Technology 29 (5-6), p. 507–514.
- Pappa, I.C.; Bloukas, J.G.; Arvanitoyannis, I.S.** (2000):
Optimization of salt, olive oil and pectin level for low-fat frankfurters produced by replacing pork backfat with olive oil. Meat Science 56 (1), p. 81–88.
- Park, J.; Rhee, K.S.; Ziprin, Y.A.** (1990):
Low-fat frankfurters with elevated levels of water and oleic acid. Journal of Food Science 55 (3), p. 871–872.
- Pasternack, R.** (05.03.1998):
Mikrobielle Transglutaminase von Streptovercillium spezies: Nachweis, Charakterisierung und Regulationsmechanismen der Enzyme (Dissertation). Darmstadt: Technische Universität.
- Paulus, K.; Koch, T.** (2000):
Qualitätsmanagement. Die Sensorik hat viele Aufgaben. Sensorische Tests dienen bei der Lebensmittelherstellung nicht nur der Geschmacksprüfung. Fleischwirtschaft 4, S. 64–68.

Pedersen, M.H.; Hansen, T.K.; Stern, E.; Seguro, K.; Ohtsuka, T.; Morita, A.; Bindslev-Jensen C.; Poulsen L.K. (2004)

Evaluation of the potential allergenicity of the enzyme microbial transglutaminase using the 2001 FAO/WHO decision tree. Molecular Nutrition and Food Research 48 (6), p. 434-440.

Peters, H.; Sielaff, H. (1996):

Chemisch-physikalische, sensorische und funktionelle Eigenschaften. In: Sielaff, H. (Hrsg.), *Fleischtechnologie.* Hamburg: Behr, S. 133-166.

Phillips, G.O.; Williams, P.A. (2000):

Handbook of hydrocolloids. Boca Raton, Fla.: CRC Press (u. a.).

Phillips, L.G.; Barbano, D.M. (1997):

The influence of fat substitutes based on protein and titanium dioxide on the sensory properties of lowfat milk. Journal of Dairy Science 80 (11), p. 2726–2731.

Piper, D.; Scharf, A. (2001):

Deskriptive Verfahren der sensorischen Produktforschung. Teil 1. H&R Contact 83, S. 3-8.

Piper, D.; Scharf, A. (2001):

Deskriptive Verfahren der sensorischen Produktforschung. Teil 2. H&R Contact 84, S. 3-8.

Poulsen L.K. (2004)

Allergy assessment of foods or ingredients derived from biotechnology, gene-modified organisms, or novel foods. Molecular Nutrition and Food Research 48 (6), p. 413-423.

Raczynski, G.; Snochiwski M.; Buraczewski, S. (1975):

Metabolism of ϵ -(γ -L-glutamyl)-L-lysine in the rat. British Journal of Nutrition 34 (2), p. 291–296.

Raeuber, H.-J. (1993):

Fleisch, Fisch und deren Produkte. In: Weipert, D.; Tscheuschner, H.-D.; Windhab, E. (Hrsg.), *Rheologie der Lebensmittel.* Hamburg: Behr, S. 471-502.

Ragotzky, K. (1997):

Fettaustausch und Fettersatz. Neue Lebensmittel auf dem Prüfstand. Lebensmittelchemische Gesellschaft – Fachgruppe in der GDCh. (Hrsg.). Hamburg: Behr.

Reagan, J.O.; Liou, F.H.; Reynolds, A.E.; Carpenter, J.A. (1983):

Effect of processing variables on the microbial, physical and sensory characteristics of pork sausage. Journal of Food Science 48 (1), p. 146–149.

Reichert, J.E. (1984):

Zur technologischen Wirkung von Zusatzstoffen bei Brühwurst. Die Fleischerei 4, S. 272–282.

RKI (Robert-Koch-Institut) (2003):

Übergewicht und Adipositas. In: Gesundheitsberichterstattung des Bundes 16, S. 1–25.

Rogowski, B. (1981):

Die ernährungsphysiologische Bedeutung von Fleisch und Fett. In: Beiträge zur Chemie und Physik des Fleisches. Kulmbacher Reihe Band 2. Kulmbach: Bundesanstalt für Fleischforschung.

Rohm, H.; Veits, V. (1989):

Adaptierung der sensorischen Texturprofilanalyse. 1. Mitteilung: Skalierung mechanischer Textureigenschaften. 2. Mitteilung: Geometrische und sonstige Eigenschaften - Basistexturprofile. Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und Forschung 189, S. 538 –549.

- Romeih, E.A.; Michaelidou, A.; Biliaderis, C.G.; Zerfiridis, G.K.** (2002):
Low-fat white-brined cheese made from bovine milk and two commercial fat mimetics: chemical, physical and sensory attributes. International Dairy Journal 12 (6), p. 525–540.
- Roos, N.; Lorenzen, P.C.; Sick, H.; Schlimme, E.; Schrezenmeir, J.** (1999)
Mit Transglutaminase vernetztes Casein weist eine ebenso hohe Verdaulichkeit auf wie natives Casein. In: Forschungsreport 3.1.2.01, Institut für Physiologie und Biochemie der Ernährung, Bundesanstalt für Ernährung und Lebensmittel (BfEL), Standort Kiel.
- Ruusunen, M.; Vianionpää, J.; Puolanne, E.; Lyly, M.; Lähteenmäki, L.; Niemistö, M.; Ahvenainen R.** (2003):
Effect of sodium citrate, carboxymethyl cellulose and carrageenan levels on quality characteristics of low-salt and low-fat bologna-type sausages. Meat Science 64 (4), p. 371–381.
- Sahan, N.; Yasar, K.; Hayaloglu, A.A.; Karaca, O.B.; Kaya, A.** (2008):
Influence of fat replacers on chemical composition, proteolysis, texture profiles, meltability and sensory properties of low-fat kashar cheese. Journal of Dairy Research 75 (1), p. 1–7.
- Sakamoto, H.; Kumazawa, Y.; Ohtsuka, T.; Toiguchi, S.; Motoki, M.** (1995):
Gel strength enhancement by addition of microbial transglutaminase during onshore surimi manufacture. Journal of Food Science 60 (2), p. 300–304.
- Sanchez, C.; Paquin, P.** (1997):
Protein and protein-polysaccharide microparticles. In: Damodaran, S.; Paraf, A. (ed.), Food proteins and their applications. New York: Marcel Dekker Inc., p. 503–528.
- Scharf, A.** (2000):
Sensorische Produktforschung im Innovationsprozeß. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag.
- Schmid, A.** (2007):
Fett aus Fleisch und Fleischerzeugnissen in der Ernährung des Menschen. Bern: Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux (ALP).
- Schmidt, K.; Lundy A.; Reynolds J.; Yee, L.N.** (1993):
Carbohydrate or protein based fat mimicker effects on ice milk properties. Journal of Food Science 58 (4), p. 761–763.
- Schreiter, M.** (1987):
Mikrobiologie des Fleisches. In: Münch, H.-D.; Wegner, K.; Schiefer, G.; Saupe, C. (Hrsg.), Mikrobiologie tierischer Lebensmittel. Eine Einführung. Frankfurt am Main: Thun.
- Schrode J.; Folk J.E.** (1978):
Transglutaminase-catalyzed cross-linking through diamines and polyamines. The Journal of Biological Chemistry 253 (14), p. 4837–4840.
- Schwägele, F.** (2007):
Tierartbestimmung bei Fleisch- und Fleischerzeugnissen. In: Branscheid W.; Honikel, K.O.; von Lengerken, G.; Troeger K. (Hrsg.), Qualität von Fleisch und Fleischwaren. Frankfurt am Main: Deutscher Fachverlag, S. 831–852.
- Schwedt, G.** (1999):
Taschenatlas der Lebensmittelchemie. Stuttgart; New York: Georg Thieme.
- Scott Blair, G.W.** (1958):
Rheology in food research. Advances in Food Research 8, p. 1–61.
- Seguro, K.; Kumazawa, Y.; Ohtsuka, T.; Toiguchi, S.; Motoki, M.** (1995):
Microbial transglutaminase and ϵ -(γ -glutamyl)lysine crosslink effects on elastic properties of kamaboko gels. Journal of Food Science 60 (2), p. 305–311.

- Seguro, K.; Kumazawa, Y; Kuraishi, C.; Sakamoto, H.; Motoki, M.** (1996)
The ϵ -(γ -glutamyl)lysine moiety in crosslinked casein is an available source of lysine for rats. Journal of Nutrition 126 (10), p. 2557-2562.
- Seguro, K.** (1999):
Transglutaminase. In: Flickinger M.C., Drew S.W. (ed.), Bioprocess Technology: Fermentation, Biocatalysis and Bioseparation. New York: John Wiley & Sons, Inc, p. 2568-2580.
- Seiler, K.** (1979):
Struktur und Textur. Definition am Beispiel stärkehaltiger Lebensmittel. Süßwaren 2, S. 18–24.
- Seki, N.; Uno, H.; Lee, N.-H.; Kimura, I.; Toyoda, K.; Fujita, T.; Arai, K.** (1990):
Transglutaminase activity in alaska pollack muscle and surimi, and its reaction with myosin B. Nippon Suisan Gakkaishi 56 (1), p. 125–132.
- Selgas, M.D.; Cáceres, E.; García, M.L.** (2005):
Long-chain soluble dietary fibre as functional ingredient in cooked meat sausages. Food Science and Technology International 11 (1), p. 41-47.
- Seppelt, B.; Weststrate, J.A.; Reinert, A.; Johnson, D.; Lüder, W.; Zunft, H.-J.F.** (1996):
Langzeiteffekte einer Ernährung mit fettreduzierten Lebensmitteln auf die Energieaufnahme und das Körpergewicht. Zeitschrift für Ernährungswissenschaft 35 (4), S. 369 - 377.
- Seuß-Baum, I.** (2007):
Ernährungsphysiologische Bedeutung von Fleisch und Fleischerzeugnissen. In: Branscheid W.; Honikel, K.O.; von Lengerken, G.; Troeger K. (Hrsg.), Qualität von Fleisch und Fleischwaren. Frankfurt am Main: Deutscher Fachverlag, S. 755-778.
- Sielaff, H.** (1996):
Fleischerzeugung und ernährungsphysiologische Aspekte. In: Sielaff, H. (Hrsg.), Fleischtechnologie. Hamburg: Behr, S. 21-30.
- Silbernagl, S.; Despopoulos A.** (2003):
Taschenatlas der Physiologie. Stuttgart; New York: Thieme.
- Simonne, A.H.; Gollub, E.A.** (2007):
Decoding food labels: tools for people with food allergies. In: University of Florida. IFAS Extension.
URL: <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/files/FY/FY72300.pdf>.
(Elektronische Publikation, URL am 19.02.2010).
- Sinell, H.-J.** (1992):
Einführung in die Lebensmittelhygiene. Berlin: Paul Parey.
- Sivertsvik, M.; Jensen, J.S.** (2005):
Solubility and absorption rate of carbon dioxide into non-respiring foods. Part 3: Cooked meat products. Journal of Food Engineering 70, p. 499-505.
- Smith, J.P.; Ramaswamy, H.S.; Simpson, B.K.** (1990):
Developments in food packaging technology. Part II: Storage aspects. Trends in Food Science and Technologie 1 (C), p. 111–118.
- Sofos J.N.** (2005.):
Improving the safety of fresh meat. Boca Raton, Fla. [u. a.]: CRC Press; Woodhead Publishing Limited.

Sofos, J.N.; Allen, C.E. (1977):

Effects of lean meat source and levels of fat and soy protein on the properties of wiener-type products. Journal of Food Science 42 (4), p. 875–878.

Solheim, R. (1992):

Consumer liking for sausages affected by sensory quality and information on fat content. Appetite 19, p. 285–292.

Souci, S.W.; Fachmann, W.; Kraut, H. (2008):

Food composition and nutrition tables. Stuttgart: MedPharm Scientific Publ.

St. John, L.C.; Buyck, M.J.; Keeton, J.T.; Leu, R.; Smith, S.B. (1986):

Sensory and physical attributes of frankfurters with reduced fat and elevated monosaturated fats. Journal of Food Science 51 (5), p. 1144–1146.

Stanbridge, L.H.; Davies, A.R. (1998):

The microbiology of chill-stored meat. In: Davies, A.; Board, R. (ed.), *The microbiology of meat and poultry.* London: Blackie Academic & Professional, p. 174-219.

Stehle, P. (2007):

Ernährungssituation in Deutschland: Bewegt sich was? BLL-Konferenz Ernährung, Genuss, Gesundheit. Veranstaltung vom 05.12.2007. Berlin: dbb Forum.

Stiebing, A.; Klettner P.-G. (1980):

Beitrag zur Bestimmung der Farbe bei Fleisch und Fleischerzeugnissen. Teil II: Praktische Erfahrungen mit dem Elrephomat + DFC5. Fleischwirtschaft 60, S. 2179–2184.

Stockwell, A. (2001):

On the lighter side. Developing low-fat products that taste good. Meat & Poultry, S. 59–64.

Stone, H.; Sidel, J.L.; Oliver, S.; Woolsey, A.; Singleton, C. (1974):

Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. Food Technology 28 (11), p. 24–34.

Stone, H.; Sidel, J.L. (2004):

Sensory Evaluation Practices. San Diego: Elsevier.

Szczesniak, A.S.; Brandt, M.A.; Friedman H.H. (1963):

Development of standard rating scales for mechanical parameters of texture and correlation between the objective and the sensory methods of texture evaluation. Journal of Food Science 28 (4), p. 397–403.

Szczesniak, A.S.; Kleyn, D.H. (1963):

Consumer awareness of texture and other food attributes. Food Technology 17 (1), p. 74–77.

Szczesniak, A.S. (1975):

General foods texture profile revisited - ten years perspective. Journal of Texture Studies 6 (1), p. 5–17.

Terjung, B.; Lammert, F. (2007)

Laktoseintoleranz: Neue Aspekte eines alten Problems. Dtsch med Wochenschr 132 (6), S. 271-275.

Theophilou, P.; Wilbey, R.A. (2007):

Effects of fat on the properties of halloumi cheese. International Journal of Dairy Technology 60 (1), p. 1–4.

Thippareddi, H.; Phebus, R.K. (2003)

Modified atmosphere packaging (MAP): microbial control and quality. National Pork Board and American Meat Science Association.

[https://www.extension.org/pages/Modified_Atmosphere_Packaging_\(MAP\):_Microbial_Control_and_Quality](https://www.extension.org/pages/Modified_Atmosphere_Packaging_(MAP):_Microbial_Control_and_Quality). (Elektronische Publikation, URL am 10.03.2010).

Tilgner, D.J. (1979):

Textur - ein sensorischer Qualitätskomplex. 1. Teil. Fleischwirtschaft 59 (7), S. 932–937.

Troeger, K.; Nitsch, P.; Müller, W.D.; Münch, S. (2005):

Kein Angriff auf Geschmack und Textur. Funktionelle Fleischerzeugnisse: Ein Beitrag zur gesunden Ernährung? Fleischwirtschaft 85 (7), S. 54–56.

Tsai, G.-J.; Lin, S.-M.; Jiang, S.-T. (1996):

Transglutaminase from streptovorticillium ladakanum and application to minced fish product. Journal of Food Science 61 (6), p. 1234–1238.

Tscheuschner, H.-D. (2004):

Grundzüge der Lebensmitteltechnik. Hamburg: Behr.

von Lengerken, G.; Wicke M.; Fischer, K. (2007):

Schlachttierwert des Schweines. In: Branscheid W.; Honikel, K.O.; von Lengerken, G.; Troeger, K. (Hrsg.), Qualität von Fleisch und Fleischwaren. Frankfurt am Main: Deutscher Fachverlag, S 207-242.

Walsh, H.M.; Kerry, J.P. (2002):

Meat packing. In: Kerry, J.; Ledwards, D. (ed.), Meat processing: Improving quality. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.

Wassermann, L. (1993):

Historische Aspekte der Lebensmittelrheologie. In: Weipert, D.; Tscheuschner, H.-D.; Windhab, E. (Hrsg.), Rheologie der Lebensmittel. Hamburg: Behr, S. 27-50.

Weber, H. (2003a):

Haltbarkeit und sensorische Qualität von Brühwurst. Mikrobiologische Aspekte und deren Auswirkungen. Fleischwirtschaft 83 (2), S. 89–94.

Weber, H. (2003b):

Zutaten bei der Verarbeitung – Wirkung und Wirkungsweise. In: Chemie des Lebensmittels Fleisch. Kulmbacher Reihe Band 18. Kulmbach: Bundesanstalt für Fleischforschung. S. 95-118.

Weber, N.; Mukherjee, K.D.; Warwel, S. (2002):

Alles für die schlanke Linie. Xenical, Simplese & Co. UGB - Forum 4, S. 183–186.

Weipert, D.; Tscheuschner, H.-D.; Windhab, E. (1993):

Rheologie der Lebensmittel. Hamburg: Behr.

Weiss, J. (2010):

Strukturgestaltung in Fleischerzeugnissen -Moderne Ingredient Systeme-. 34. Informationstag Fleischtechnologie. Veranstaltung vom 23.04.2010. Berlin.

Widhalm, K.; Stargel, W.W.; Burns, T.S.; Tschanz, C. (1994):

Evaluation of clinical and biochemical parameters in children after consumption of micro-particulated protein fat substitutes (Simplese). Journal of the American Collage of Nutrition 13 (4), p. 392–396.

Wildenbeest, H. (2010):

Fat replacement helps create healthier meat products. Meat international 20 (1), p. 18–19.

Winopal, R.A. (2009 a):

Untersuchung der Frischhaltung von Brot mittels des Texture Analysers TA.XTplus und der Texture Profile Analyse. In: Becker, Mitzscherling und Lösche (Hrsg.), Analytik von Getreide und Backwaren. Bergen-Dumme: Agri-Media Verlag.

Winopal, R.A. (2009 b):

Vortrag: III. Texture Analyser Anwenderseminar. Veranstaltung vom 17. - 18. Juni 2009. Celle.

Wirth, F. (1970):

Zerkleinerung unter Vakuum. Fleischerei 21, S. 38–40.

Wirth, F. (1984):

Pökeln - Farbbildung, Farberhaltung. In: Woltersdorf, W. (Hrsg.), Technologie der Brühwürste. Kulmbacher Reihe 4. Kulmbach: BAFF.

Wirth, F. (1985):

Brühwurst. Wasserbindung, Fettbindung, Strukturbildung. Fleischwirtschaft 65 (1), S. 10–20.

Wirth, F. (1991):

Reducing the fat and sodium content of meat products. What possibilities are there? Fleischwirtschaft 71 (3), p. 294–297.

Wirths, W. (1977):

Lebensmittel in ernährungsphysiologischer Bedeutung. Paderborn: UTB Schöningh.

World Health Organization (WHO) (2000):

Obesity: preventing and managing the global epidemic: a report of a WHO consultation. Technical Report Series No 894. Genf: World Health Organization.

Wortmann, A. (14.08.2007):

Auswirkungen von Ballaststoffen auf die Qualität von phosphatreduzierter Brühwurst (Examensarbeit). Hannover: Leibniz Universität.

Yackel, W.C.; Cox, C. (1992):

Application of starch-based fat replacers. Food Technology 46 (6), p. 146–148.

Yazici, F.; Akgun, A. (2004):

Effect of some protein based fat replacers on physical, chemical, textural, and sensory properties of strained yoghurt. Journal of Food Engineering 62 (3), p. 245–254.

Yildiz-Turp, G.; Serdaroglu, M. (2008):

Effect of replacing fat with hazelnut oil on quality characteristics of sucuk - A Turkish fermented sausage. Meat Science 78 (4), p. 447–454.

Yilmaz, I.; Şimşek, O.; Işikli, M. (2002):

Fatty acid composition and quality characteristics of low-fat cooked sausages made with beef and chicken meat, tomato juice and sunflower oil. Meat Science 62 (2), p. 253–258.

Yilsay, T.Ö.; Yilmaz, L.; Bayizit, A.A. (2006):

The effect of using a whey protein fat replacer on textural and sensory characteristics of low-fat vanilla ice-cream. European Food Research and Technology 222 (1-2), p. 171–175.

Yoo, S.S.; Kook, S.H.; Chin, K.B.; Shim, J.H. (2005):

The comparison of physico-chemical and textural properties, as well as volatile compounds, from low-fat and regular-fat sausages. International Journal of Food Science & Technology 40 (1), p. 83–90.

Young, L.L.; Reviere, R.D.; Cole, A.B. (1988):

Fresh Meats: A place to apply modified atmospheres. Food Technology 42, p. 65–69.

Zanardi, E.; Novelli, E.; Campanini, G.; Madarena, G.; Chizzolini, R. (2000):

Low-fat mortadella: experimental formulations with some fat substitutes. Annali-della-Facolta-di-Medicina-Veterinaria 19, p. 317–326.

Zellner, M. (2000):

Transglutaminase – Proteine natürlich vernetzten. In: Lösche, K. (Hrsg.), Enzyme in der Lebensmitteltechnologie. Hamburg: Behr, S. 156-170.

Zhu, Y.; Rinzema, A.; Tramper, J.; Bol, J. (1995):

Microbial transglutaminase – a review of its production and application in food processing. Applied Microbiology and Biotechnology 44 (3-4), p. 277-282.

ZMP-Marktbilanz Vieh und Fleisch, Zentrale Markt und Preisberichtsstelle GmbH (2005).

Bonn: Eigenverlag, S. 21 - 26.

Zoulias, E.I.; Oreopoulou, V.; Kounalaki, E. (2002):

Effect of fat and sugar replacement on cookie properties. Journal of the Science of Food and Agriculture 82 (14), p. 1637–1644.

Zunft, H. –J.F.; Ragotzky, K. (1997):

Strategien zur Fettsubstitution in Lebensmitteln. Fett/Lipid 99 (6), S. 204–213.

Zunft, H.-J.F. (1999):

Substitution des Nahrungsfetts - eine Übersicht. In: Warwel, S.; Weber N. (wissenschaftliche Koordination): Fettersatzstoffe, Fettaustauschstoffe, Designer-Lipide. Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Angewandte Wissenschaft, Heft 484. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag.

Zweig, K.; Sielaff H. (1996):

Ausrüstungen für die Fleischverarbeitung. In: Sielaff, H. (Hrsg.), Fleischtechnologie. Hamburg: Behr, S. 217-256.

6.2 Gesetze und Normen

Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren. Bekanntmachungen nach § 64 Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch (LFGB), neugefasst durch Bek. am 26.04.2006.

British Standard Institution, BS 5098: Glossary of Terms relating to Sensory Analysis of Food.

Deutsches Institut für Normung e.V. (2009). DIN EN ISO 5492:2009: Sensorische Analyse - Vokabular. Berlin: Beuth Verlag.

Deutsches Institut für Normung e.V. (2008). DIN EN ISO 8586-2:2008: Sensorische Analyse - Allgemeiner Leitfaden für die Auswahl, Schulung und Überprüfung von Prüfpersonen - Teil 2: Sensoriker. Berlin: Beuth Verlag.

Deutsches Institut für Normung e.V. (2009). DIN EN ISO 8589:2009: Sensorische Analyse - Allgemeiner Leitfaden für die Gestaltung von Prüfräumen. Berlin: Beuth Verlag.

Deutsches Institut für Normung e.V. (2005). DIN EN ISO 9000:2005: Qualitätsmanagementsysteme – Grundlagen und Begriffe. Berlin Beuth Verlag.

Deutsches Institut für Normung e.V. (10952). DIN 10952-2: Sensorische Prüfverfahren - Bewertende Prüfung mit Skale – Erstellen von Prüfskalen und Bewertungsschemata. Berlin Beuth Verlag.

Deutsches Institut für Normung e.V. (1996). DIN 10961:1996-08: Schulung von Prüfpersonen für sensorische Prüfungen. Berlin Beuth Verlag.

Deutsches Institut für Normung e.V. (1999). DIN 10967-1:1999-10: Sensorische Prüfverfahren - Profilprüfung - Teil 1 Konventionelles Profil. Berlin: Beuth Verlag.

Deutsches Institut für Normung e.V. (2001). DIN 10967-3:2001-08: Sensorische Prüfverfahren - Profilprüfung - Teil 3 Freies Auswahlprofil. Berlin: Beuth Verlag.

Deutsches Institut für Normung e.V. (2000). Beiblatt 1 zu DIN 10967: Sensorische Prüfverfahren - Profilprüfung - Beispiele zur statistischen Auswertung. Berlin: Beuth Verlag.

Deutsches Institut für Normung e.V. (2002). DIN 10970-1:2002-09: Sensorische Prüfverfahren - Zeitintensitätsprüfung. Berlin: Beuth Verlag.

Deutsches Institut für Normung e.V. (2005). DIN 19260:2005: pH-Messung - Allgemeine Begriffe. Berlin: Beuth Verlag.

Deutsches Lebensmittelbuch (LmB) (2008): Leitsätze für Fleisch und Fleischerzeugnisse, in der Fassung der Bekanntmachung vom 19.06.2008.

International Organization for Standardization (2003). ISO 4121:2003: Sensory analysis - Methodology - Guidelines for the use of quantitative response scales, Second edition 2003-11-15.

International Organization for Standardization (1985). ISO 6564:1985: Sensory analysis - Methodology – Flavour profile methods, 1985-10-00.

International Organization for Standardization (2005). ISO 6658:2005: Sensory analysis - Methodology – General guidance.

International Organization for Standardization (1993). ISO 8586-1:1993: Sensory analysis - General guidance for the selection, training and monitoring of assessors - Part 1: Selected assessors, First edition 1993-03-15.

International Organization for Standardization (1994). ISO 11035:1994: Sensory analysis - Identification and selection of descriptors for establishing a sensory profile by a multidimensional approach, First edition 1994-12-15.

International Organization for Standardization (1994). ISO 11036:1994: Sensory analysis - Methodology - Texture Profile.

International Organization for Standardization (2003). ISO 13299:2003: Sensory analysis - Methodology - General guidance for establishing a sensory profile, First edition 2003-03-01.

Verordnung (EG) Nr. 258/97 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. Januar 1997 über neuartige Lebensmittel und neuartige Lebensmittelzutaten.

Verordnung (EG) Nr. 853/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 mit spezifischen Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs.

Verordnung (EG) Nr. 1333/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über Lebensmittelzusatzstoffe.

Verordnung (EG) Nr. 1924/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Dezember 2006 über nährwert- und gesundheitsbezogene Angaben über Lebensmittel.

Verordnung über die Kennzeichnung von Lebensmitteln (Lebensmittel - Kennzeichnungsverordnung - LMKV). Anfertigungsdatum: 22.12.1981.

Richtlinie 2003/89/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 10. November 2003.

Zusatzstoff-Zulassungsverordnung - ZZulV (2008): Verordnung über die Zulassung von Zusatzstoffen zu technologischen Zwecken.

7. Anhang

7.1 Tabellenanhang

7.1.1 Erste Vorversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100)

In den folgenden Tabellen sind die Ergebnisse der ersten Vorversuchsreihe dargestellt.

Die Unterschiede zwischen den untersuchten Lagerungstagen drei (L3 S) und sieben (L7 S) bzw. drei (L3 A) und 23 (L23 A) wurden innerhalb einer Brühwurstcharge und eines Convenience-Grades statistisch auf Signifikanz untersucht (z. B. zwischen V1 C4 L3 A und V1 C4 L23 A), wobei die statistisch signifikanten Differenzen ($p \leq 0,05$) mit einem Sternchen (*) gekennzeichnet wurden.

Die Unterschiede zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Charge der Standardmortadella wurden gesondert für den jeweiligen Lagerungstag (3; 7; 23) und den Convenience-Grad (S = Stückware; A = Aufschnittware) statistisch auf Signifikanz überprüft (z. B. zwischen V1 K L23 A und V1 C1 L23 A; zwischen V1 K L23 A und V1 C2 L23 A usw.). Die rezepturmodifizierten Mortadellachargen in einer Spalte, die den gleichen hochgestellten Buchstaben wie die Kontrollcharge (V1 K L3 S = hochgestelltes a, V1 K L7 S = hochgestelltes b, V1 K L3 A = hochgestelltes C und V1 K L23 A = hochgestelltes D) aufweisen, sind statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) von der dieser unterschiedlich.

Im Rahmen der statistischen Auswertung der sensorischen Profilprüfung und der chemischen Analyse wurden ausschließlich die Differenzen zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Kontrollchargen statistisch auf Signifikanz überprüft.

Die einzelnen Werte für die errechneten statistischen Signifikanzen sind den **Tabellen 50** und **51** entnehmen.

Tabelle 19: Vorversuchsreihe 1: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der sensorischen Profilprüfung.

<u>Charge</u>	<u>Rot-Wert</u>	<u>süß-sauer</u> (<u>gustatorisch</u>)	<u>Härte</u>	<u>Kohäsivität</u>	<u>Adhäsion</u>
V1 K L3 S	0,00 \pm 0,00 ^a	0,00 \pm 0,00 ^a	0,00 \pm 0,00 ^a	0,00 \pm 0,00 ^a	0,00 \pm 0,00 ^a
V1 K L7 S	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b
V1 K L3 A	0,00 \pm 0,00 ^c	0,00 \pm 0,00 ^c	0,00 \pm 0,00 ^c	0,00 \pm 0,00 ^c	0,00 \pm 0,00 ^c
V1 K L23 A	0,00 \pm 0,00 ^d	0,00 \pm 0,00 ^d	0,00 \pm 0,00 ^d	0,00 \pm 0,00 ^d	0,00 \pm 0,00 ^d
V1 C1 L3 S	0,00 \pm 0,63 ^a	0,00 \pm 1,10 ^a	0,58 \pm 0,49 ^a	0,42 \pm 0,80	-0,42 \pm 0,49 ^a
V1 C1 L7 S	-0,17 \pm 0,41 ^b	-0,33 \pm 0,52 ^b	1,00 \pm 0,32	0,75 \pm 0,42	0,67 \pm 0,82 ^b
V1 C1 L3 A	-0,17 \pm 0,41 ^c	-0,17 \pm 0,41 ^c	0,42 \pm 0,80 ^c	0,25 \pm 0,42 ^c	0,08 \pm 0,49 ^c
V1 C1 L23 A	-0,17 \pm 0,75 ^d	-0,33 \pm 0,52 ^d	0,50 \pm 0,84 ^d	0,00 \pm 0,89 ^d	0,00 \pm 0,63 ^d
V1 C2 L3 S	0,50 \pm 0,55 ^a	-0,33 \pm 0,82 ^a	1,33 \pm 0,52	1,00 \pm 1,10 ^a	-0,33 \pm 0,82 ^a
V1 C2 L7 S	0,17 \pm 0,75 ^b	0,00 \pm 0,63 ^b	0,50 \pm 0,84 ^b	1,00 \pm 0,32	0,17 \pm 0,75 ^b
V1 C2 L3 A	0,50 \pm 0,55 ^c	0,33 \pm 0,82 ^c	0,83 \pm 0,41	0,25 \pm 0,42 ^c	0,08 \pm 0,66 ^c
V1 C2 L23 A	0,67 \pm 0,52 ^d	0,17 \pm 0,76 ^d	1,00 \pm 0,32	-0,33 \pm 1,03 ^d	0,00 \pm 0,63 ^d
V1 C3 L3 S	0,33 \pm 0,82 ^a	0,00 \pm 0,89 ^a	1,17 \pm 1,17 ^a	0,67 \pm 0,82 ^a	-0,33 \pm 0,82 ^a
V1 C3 L7 S	0,17 \pm 0,75 ^b	0,00 \pm 1,10 ^b	1,83 \pm 0,41	1,00 \pm 0,32	0,50 \pm 0,84 ^b
V1 C3 L3 A	0,50 \pm 0,55 ^c	0,33 \pm 1,21 ^c	1,50 \pm 0,55	0,00 \pm 1,10 ^c	0,50 \pm 0,84 ^c
V1 C3 L23 A	0,67 \pm 0,52 ^d	-0,33 \pm 1,37 ^d	1,92 \pm 0,20	-0,17 \pm 1,47 ^d	0,17 \pm 0,76 ^d
V1 C4 L3 S	0,42 \pm 0,66 ^a	-0,17 \pm 1,47 ^a	1,83 \pm 0,41	0,33 \pm 1,51 ^a	-0,58 \pm 1,11 ^a
V1 C4 L7 S	1,00 \pm 1,10 ^b	0,17 \pm 1,60 ^b	1,92 \pm 0,20	1,17 \pm 0,41 ^b	0,33 \pm 0,82 ^b
V1 C4 L3 A	0,67 \pm 0,52 ^c	0,67 \pm 1,51 ^c	1,67 \pm 0,52	0,17 \pm 1,33 ^c	0,00 \pm 0,89 ^c
V1 C4 L23 A	0,92 \pm 0,92 ^d	-0,33 \pm 1,21 ^d	1,50 \pm 0,55	-0,33 \pm 1,03 ^d	-0,17 \pm 1,17 ^d
<u>Charge</u>	<u>Kaubarkeit</u>	<u>Bissfestigkeit</u>	<u>Feuchtigkeit</u>	<u>Grießigkeit</u>	<u>Gesamtqualität</u>
V1 K L3 S	0,00 \pm 0,00 ^a	0,00 \pm 0,00 ^a	0,00 \pm 0,00 ^a	0,00 \pm 0,00 ^a	0,00 \pm 0,00 ^a
V1 K L7 S	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b
V1 K L3 A	0,00 \pm 0,00 ^c	0,00 \pm 0,00 ^c	0,00 \pm 0,00 ^c	0,00 \pm 0,00 ^c	0,00 \pm 0,00 ^c
V1 K L23 A	0,00 \pm 0,00 ^d	0,00 \pm 0,00 ^d	0,00 \pm 0,00 ^d	0,00 \pm 0,00 ^d	0,00 \pm 0,00 ^d
V1 C1 L3 S	0,25 \pm 0,88 ^a	0,42 \pm 0,49 ^a	-0,83 \pm 0,66 ^a	-0,17 \pm 0,41 ^a	-0,08 \pm 0,66 ^a
V1 C1 L7 S	-0,50 \pm 0,55 ^b	0,50 \pm 0,55 ^b	-0,17 \pm 0,41 ^b	0,00 \pm 0,63 ^b	0,67 \pm 0,52 ^b
V1 C1 L3 A	-0,83 \pm 0,66 ^c	0,42 \pm 0,49 ^c	-0,25 \pm 0,42 ^c	0,00 \pm 0,00 ^c	0,42 \pm 0,66 ^c
V1 C1 L23 A	0,83 \pm 0,41	0,00 \pm 1,10 ^d	0,17 \pm 0,75 ^d	-0,33 \pm 0,82 ^d	0,17 \pm 0,98 ^d
V1 C2 L3 S	-0,17 \pm 1,33 ^a	1,00 \pm 0,63	-1,00 \pm 0,32	0,17 \pm 0,75 ^a	-0,83 \pm 0,98 ^a
V1 C2 L7 S	-0,67 \pm 1,03 ^b	0,67 \pm 0,52 ^b	-0,67 \pm 0,82 ^b	0,67 \pm 0,82 ^b	-0,50 \pm 1,05 ^b
V1 C2 L3 A	0,33 \pm 1,03 ^c	0,33 \pm 0,82 ^c	-0,83 \pm 0,41	0,33 \pm 0,52 ^c	-0,17 \pm 0,98 ^c
V1 C2 L23 A	0,17 \pm 0,41 ^d	0,00 \pm 0,89 ^d	-0,17 \pm 0,41 ^d	-0,50 \pm 0,84 ^d	-0,67 \pm 0,82 ^d
V1 C3 L3 S	-0,17 \pm 1,33 ^a	1,00 \pm 0,60	-0,83 \pm 0,98 ^a	0,00 \pm 0,63 ^a	-0,50 \pm 1,22 ^a
V1 C3 L7 S	-1,00 \pm 0,32	1,00 \pm 0,63	-0,83 \pm 0,41	1,33 \pm 0,82	-1,17 \pm 0,41
V1 C3 L3 A	0,00 \pm 1,26 ^c	0,33 \pm 1,21 ^c	-1,00 \pm 0,32	0,50 \pm 0,55 ^c	-1,33 \pm 0,52
V1 C3 L23 A	0,33 \pm 1,21 ^d	0,50 \pm 1,22 ^d	-0,83 \pm 0,41	0,33 \pm 1,21 ^d	-1,33 \pm 0,82
V1 C4 L3 S	-0,17 \pm 1,33 ^a	0,67 \pm 1,03 ^a	-1,33 \pm 0,82	-0,33 \pm 1,03 ^a	-1,00 \pm 1,26 ^a
V1 C4 L7 S	-0,67 \pm 1,37 ^b	1,17 \pm 0,75	-1,83 \pm 0,41	1,50 \pm 0,55	-1,67 \pm 0,52
V1 C4 L3 A	-0,17 \pm 1,83 ^c	1,17 \pm 1,33 ^c	-1,83 \pm 0,41	0,83 \pm 0,98 ^c	-1,83 \pm 0,41
V1 C4 L23 A	0,17 \pm 1,33 ^d	0,50 \pm 1,76 ^d	-0,33 \pm 0,82 ^d	0,17 \pm 1,47 ^d	-1,33 \pm 0,82

n = 1, mit je 6 Prüfpersonen pro Charge, Convenience-Grad und Lagerungstag. V = Vorversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

Tabelle 20: Vorversuchsreihe 1: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der instrumentellen Textur-Profil-Analyse (TPA), der instrumentellen Farbmessung und der physikalischen Analyse.

<u>Charge</u>	<u>Härte</u> (N)	<u>Bissfestigkeit</u> (N)	<u>Adhäsion</u> (Ns)	<u>Elastizität</u> (%)	<u>Kohäsivität</u> (dimensionslos)	<u>Kaubarkeit</u> (N)
V1 K L3 S	22,27 \pm 2,42	14,87 \pm 1,67 ^a	-0,06 \pm 0,03 ^a	53,92 \pm 11,75 ^a	0,18 \pm 0,02 ^a	2,13 \pm 0,74 ^a
V1 K L7 S	24,7 \pm 3,84	15,21 \pm 2,27 ^b	-0,08 \pm -0,03 ^b	49,56 \pm 9,78 ^b	0,17 \pm 0,02 ^b	2,13 \pm 0,74 ^b
V1 K L3 A	25,05 \pm 3,26	15,87 \pm 1,32 ^{c*}	-0,06 \pm 0,03 ^c	46,51 \pm 8,26 ^{c*}	0,17 \pm 0,02 ^c	2,07 \pm 0,70 ^{c*}
V1 K L23 A	27,07 \pm 4,14	19,07 \pm 2,31 ^d	-0,05 \pm 0,03 ^d	57,85 \pm 11,13 ^d	0,18 \pm 0,02 ^d	2,80 \pm 0,86 ^d
V1 C1 L3 S	32,13 \pm 3,25	22,77 \pm 2,05	-0,07 \pm 0,02 ^a	58,13 \pm 11,84 ^a	0,17 \pm 0,02 ^a	3,2 \pm 0,94
V1 C1 L7 S	33,71 \pm 3,34	22,52 \pm 2,57	-0,07 \pm 0,02 ^b	58,73 \pm 9,85	0,17 \pm 0,01 ^b	3,2 \pm 0,56
V1 C1 L3 A	32,31 \pm 3,95	25,31 \pm 3,91	-0,08 \pm 0,03 ^c	65,60 \pm 11,79 [*]	0,17 \pm 0,02 ^c	3,40 \pm 0,99
V1 C1 L23 A	35,13 \pm 4,58	24,01 \pm 2,95	-0,06 \pm 0,03 ^d	56,46 \pm 8,30 ^d	0,18 \pm 0,02 ^d	2,80 \pm 0,86 ^d
V1 C2 L3 S	38,81 \pm 3,89 [*]	26,43 \pm 3,37	-0,06 \pm 0,03 ^a	67,00 \pm 10,43	0,17 \pm 0,02 ^a	2,13 \pm 0,74 ^{a*}
V1 C2 L7 S	43,11 \pm 5,62	23,9 \pm 4,91	-0,05 \pm 0,03	58,53 \pm 11,30	0,18 \pm 0,02 ^b	4,53 \pm 1,36
V1 C2 L3 A	49,53 \pm 4,57 [*]	19,35 \pm 4,99 [*]	-0,06 \pm 0,03 ^c	58,01 \pm 8,25	0,20 \pm 0,02 [*]	5,80 \pm 1,42 [*]
V1 C2 L23 A	43,23 \pm 4,16	25,92 \pm 3,05	-0,06 \pm 0,03 ^d	55,49 \pm 8,89 ^d	0,18 \pm 0,02 ^d	4,27 \pm 0,80
V1 C3 L3 S	52,09 \pm 5,13	20,79 \pm 4,24	-0,06 \pm 0,03	58,70 \pm 9,71 ^a	0,20 \pm 0,02	6,13 \pm 1,30
V1 C3 L7 S	52,51 \pm 5,69	20,21 \pm 3,07	-0,07 \pm 0,02 ^b	55,54 \pm 9,71 ^b	0,19 \pm 0,01	5,50 \pm 1,06
V1 C3 L3 A	53,65 \pm 3,27	23,03 \pm 4,58	-0,07 \pm 0,03 ^c	60,45 \pm 8,62	0,19 \pm 0,02	6,27 \pm 1,10
V1 C3 L23 A	52,28 \pm 4,91	24,07 \pm 4,45	-0,05 \pm 0,03 ^d	58,97 \pm 8,20 ^d	0,19 \pm 0,01 ^d	5,73 \pm 1,10
V1 C4 L3 S	52,93 \pm 3,32 [*]	16,95 \pm 4,67 ^a	-0,09 \pm 0,04 ^a	53,93 \pm 7,65 ^a	0,19 \pm 0,01	5,53 \pm 0,83
V1 C4 L7 S	56,01 \pm 5,87	16,58 \pm 3,52 ^b	-0,08 \pm 0,04 ^b	49,93 \pm 6,81 ^b	0,19 \pm 0,02	5,33 \pm 0,98
V1 C4 L3 A	55,01 \pm 2,82	17,04 \pm 3,12 ^{c*}	-0,10 \pm 0,04	51,34 \pm 5,79 ^{c*}	0,19 \pm 0,02	5,20 \pm 1,01 [*]
V1 C4 L23 A	55,88 \pm 3,68	20,79 \pm 4,71 ^d	-0,10 \pm 0,04	57,64 \pm 7,85 ^d	0,19 \pm 0,02 ^d	6,00 \pm 1,07

<u>Charge</u>	<u>Helligkeitswert</u> (L*-Wert)	<u>Rot-Wert</u> (a*-Wert)	<u>Gelb-Wert</u> (b*-Wert)	<u>pH-Wert</u>	<u>a_w-Wert</u>
V1 K L3 S	71,45 \pm 0,49	7,85 \pm 0,30 [*]	12,82 \pm 0,52 ^{a*}	6,4 \pm 0,06 ^a	0,98 \pm 0,0042 ^a
V1 K L7 S	71,16 \pm 0,48 ^b	8,50 \pm 0,14 ^b	12,30 \pm 0,23 ^b	6,5 \pm 0,04 ^b	0,98 \pm 0,0035 ^b
V1 K L3 A	71,79 \pm 0,46	8,21 \pm 0,26 [*]	11,92 \pm 0,38 ^{c*}	6,3 \pm 0,17 ^c	0,97 \pm 0,0078 ^c
V1 K L23 A	72,06 \pm 0,61	6,6 \pm 0,88	12,74 \pm 0,38 ^d	6,3 \pm 0,01 ^d	0,98 \pm 0,0007 ^d
V1 C1 L3 S	70,93 \pm 0,52	8,75 \pm 0,25	12,37 \pm 0,23	6,4 \pm 0,04 ^a	0,97 \pm 0,0014 ^a
V1 C1 L7 S	71,31 \pm 0,42 ^b	8,60 \pm 0,16 ^b	12,46 \pm 0,19	6,3 \pm 0,01 ^b	0,97 \pm 0,0007 ^b
V1 C1 L3 A	70,84 \pm 0,48	8,74 \pm 0,21 [*]	11,99 \pm 0,25 ^{c*}	6,4 \pm 0,04 ^c	0,97 \pm 0,0156 ^c
V1 C1 L23 A	70,76 \pm 0,59	7,97 \pm 0,38	12,42 \pm 0,45	6,2 \pm 0,04	0,97 \pm 0,0035 ^d
V1 C2 L3 S	70,56 \pm 0,35 [*]	8,86 \pm 0,15	12,57 \pm 0,22 ^{a*}	6,3 \pm 0,16 ^a	0,97 \pm 0,0021 ^a
V1 C2 L7 S	70,89 \pm 0,36 ^b	8,88 \pm 0,18	12,32 \pm 0,22 ^b	6,3 \pm 0,01	0,97 \pm 0,0078 ^b
V1 C2 L3 A	70,72 \pm 0,73	8,78 \pm 0,26 [*]	12,58 \pm 0,22 [*]	6,2 \pm 0,05 ^c	0,96 \pm 0,0084 ^c
V1 C2 L23 A	71,09 \pm 0,54	7,66 \pm 0,26	12,87 \pm 0,13 ^d	6,3 \pm 0,01 ^d	0,98 \pm 0,0028 ^d
V1 C3 L3 S	70,48 \pm 0,32	8,64 \pm 0,16	12,84 \pm 0,20 ^a	6,1 \pm 0,06 ^a	0,97 \pm 0,0014 ^a
V1 C3 L7 S	70,29 \pm 0,28	8,87 \pm 0,23	12,88 \pm 0,25	6,2 \pm 0,04	0,97 \pm 0,0049 ^b
V1 C3 L3 A	70,66 \pm 0,45 [*]	8,76 \pm 0,22	12,60 \pm 0,24	6,1 \pm 0,06 ^c	0,96 \pm 0,0078 ^c
V1 C3 L23 A	70,06 \pm 0,50	8,71 \pm 0,20	12,76 \pm 0,20 ^d	6,2 \pm 0,04 ^d	0,97 \pm 0,0042 ^d
V1 C4 L3 S	69,42 \pm 0,51	9,14 \pm 0,24 [*]	13,21 \pm 0,17	6,1 \pm 0,01 ^a	0,96 \pm 0,0035 ^a
V1 C4 L7 S	69,58 \pm 0,27	8,92 \pm 0,24	13,07 \pm 0,28	6,1 \pm 0,04	0,96 \pm 0,0014 ^b
V1 C4 L3 A	69,55 \pm 0,45 [*]	8,98 \pm 0,17 [*]	12,99 \pm 0,20 [*]	6,1 \pm 0,01 ^c	0,96 \pm 0,106 ^c
V1 C4 L23 A	69,19 \pm 0,37	8,69 \pm 0,26	13,33 \pm 0,26	6,1 \pm 0,01	0,97 \pm 0,0057 ^d

Instrumentelle Textur-Profil-Analyse und instrumentelle Farbmessung: n = 1, mit je 15 Messungen pro Charge, Convenience-Grad und Lagerungstag; physikalische Analyse: n = 1, Doppelbestimmung pro Charge, Convenience-Grad und Lagerungstag. N = Newton; Ns = Newtonsekunde; V = Vorversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

Tabelle 21: Vorversuchsreihe 1: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der chemischen Analyse und des Energiegehaltes.

<u>Charge</u>	<u>Gesamt- wasser</u>	<u>Gesamt- eiweiß</u>	<u>Gesamt- fett</u>	<u>Fett- reduktion</u>	<u>KH</u>	<u>Energie (kcal/100 g)</u>	<u>Energie- reduktion</u>	<u>Asche</u>	<u>Analysensumme</u>
V1 K	60,3 \pm 0,11	11,3 \pm 0,18	25,8 \pm 0,08		0,0	278		2,5 \pm 0,01	99,9
V1 C1	58,8 \pm 0,23	13,2 \pm 0,14	22,9 \pm 0,06	11,2	1,8	265	4,7	2,8 \pm 0,03	99,5
V1 C2	58,9 \pm 0,06	15,2 \pm 0,14	18,9 \pm 0,03	26,7	3,6	245	11,9	3,1 \pm 0,01	99,7
V1 C3	58,0 \pm 0,16	17,7 \pm 0,23	15,0 \pm 0,04	41,9	5,4	228	18,0	3,3 \pm 0,01	99,4
V1 C4	57,7 \pm 0,10	19,6 \pm 0,01	11,5 \pm 0,11	55,4	7,2	210	24,5	3,6 \pm 0,02	99,6

n = 1, Doppelbestimmung pro Charge. KH = Kohlenhydrate; kcal = Kilokalorien; V = Vorversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge. Die Berechnung der statistischen Signifikanz zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Charge der Standardmortadella erfolgte ausschließlich für die Ergebnisse des Gesamtwassers, des Gesamteiweißes, des Gesamtfettes und der Asche.

Tabelle 22: Vorversuchsreihe 1: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der chemischen Analyse. Teil 2.

<u>Charge</u>	<u>Trocken- substanz</u>	<u>HP</u>	<u>NPN</u>	<u>ONF</u>	<u>FE</u>	<u>BE</u>	<u>BEFFE</u>	<u>BEFFE im FE</u>	<u>Eigen- wasser</u>	<u>Fremd- wasser</u>	<u>FrE</u>
V1 K	39,7 \pm 0,11	0,21 ^a \pm 0,01	0,72 ^a \pm 0,02	11,4	10,6	1,7	10,6	83,9	42,3	18,0	0,0
V1 C1	41,2 \pm 0,23	0,18 ^a \pm 0,01	0,81 ^a \pm 0,02	15,5	9,7	1,4	9,7	85,6	39	19,8	2,7
V1 C2	41,1 \pm 0,06	0,17 \pm 0,01	0,88 \pm 0,29	19,1	9,0	1,4	9,0	84,5	36,1	22,8	5,3
V1 C3	42,0 \pm 0,16	0,18 ^a \pm 0,02	1,13 ^a \pm 0,29	23,7	8,6	1,4	8,6	83,8	34,5	23,5	8,0
V1 C4	42,4 \pm 0,10	0,16 ^a \pm 0,01	0,92 \pm 0,01	27,3	8,1	1,2	8,1	85,2	32,3	25,4	10,6

n = 1, Doppelbestimmung pro Charge. HP = Hydroxyprolin; NPN = Nichtprotein-Stickstoffsubstanz; ONF = Organisches Nichtfett; FE = Fleischiweiß; BE = Bindegewebsiweiß; BEFFE = Bindegewebsiweißfreies Fleischiweiß; BEFFE im FE = Bindegewebsiweißfreies Fleischiweiß im Fleischiweiß; FrE = Fremdeiweiß; V = Vorversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge. Die Berechnung der statistischen Signifikanz zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Charge der Standardmortadella erfolgte ausschließlich für die Ergebnisse der Trockensubstanz, des Hydroxyprolins und der Nichtprotein-Stickstoffsubstanz.

Tabelle 23: Vorversuchsreihe 1: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung und der Bestimmung des Restgasgehaltes.

<u>Charge</u>	<u>Aerobe mesophile GKZ (KbE/g)</u>	<u>Entero- bacteriaceae (KbE/g)</u>	<u>Aerob wachsende Milchsäurebakterien (KbE/g)</u>	<u>Hefen und Schimmelpilze (KbE/g)</u>	<u>Restgasge- halt: Sauerstoff (Vol.-%)</u>	<u>Restgasge- halt: Kohlendioxid (Vol.-%)</u>
V1 K L3 S	1,8 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²		
V1 K L7 S	9,5 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²		
V1 K L3 A	1,1 * 10 ⁴	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	0,4 \pm 0,01 ^{C*}	28,1 \pm 0,21 ^{C*}
V1 K L23 A	8,7 * 10 ³	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	0,7 \pm 0,01 ^D	20,0 \pm 0,14 ^D
V1 C1 L3 S	5,2 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²		
V1 C1 L7 S	1,3 * 10 ⁴	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²		
V1 C1 L3 A	3,6 * 10 ³	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	0,4 \pm 0,00 ^{C*}	28,0 \pm 0,14 ^{C*}
V1 C1 L23 A	4,3 * 10 ³	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	0,6 \pm 0,01 ^D	20,0 \pm 0,07 ^D
V1 C2 L3 S	8,9 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²		
V1 C2 L7 S	2,2 * 10 ⁴	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²		
V1 C2 L3 A	1,3 * 10 ³	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	0,4 \pm 0,01 ^{C*}	28,0 \pm 0,08 ^{C*}
V1 C2 L23 A	4,0 * 10 ³	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	0,7 \pm 0,01 ^D	20,1 \pm 0,07 ^D
V1 C3 L3 S	2,5 * 10 ³	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²		
V1 C3 L7 S	5,6 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²		
V1 C3 L3 A	1,5 * 10 ³	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	0,4 \pm 0,01 ^C	28,1 \pm 0,07 ^{C*}
V1 C3 L23 A	10,0 * 10 ³	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	0,6 \pm 0,02 ^D	19,9 \pm 0,07 ^D
V1 C4 L3 S	5,7 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²		
V1 C4 L7 S	1,8 * 10 ³	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²		
V1 C4 L3 A	3,1 * 10 ³	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	0,4 \pm 0,00 ^C	28,0 \pm 0,14 ^{C*}
V1 C4 L23 A	1,7 * 10 ⁴	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	1,5 * 10 ²	1,9 \pm 0,53 ^D	17,0 \pm 0,85 ^D

n = 1, Doppelbestimmung pro Charge, Convenience-Grad und Lagerungstag. GKZ = Gesamtkeimzahl; KbE/g = Kolonie bildende Einheiten pro Gramm; Vol.-% = Volumenprozent; V = Vorversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

7.1.2 Zweite Vorversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100 und einer Erhöhung der Wassermenge (Verhältnis 1:2))

In den folgenden Tabellen sind die Ergebnisse der zweiten Vorversuchsreihe dargestellt.

Die Unterschiede zwischen den untersuchten Lagerungstagen drei (L3 S) und sieben (L7 S) bzw. drei (L3 A) und 23 (L23 A) wurden innerhalb einer Brühwurstcharge und eines Convenience-Grades statistisch auf Signifikanz untersucht (z. B. zwischen V1 C4 L3 A und V1 C4 L23 A), wobei die statistisch signifikanten Differenzen ($p \leq 0,05$) mit einem Sternchen (*) gekennzeichnet wurden.

Die Unterschiede zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Charge der Standardmortadella wurden gesondert für den jeweiligen Lagerungstag (3; 7; 23) und Convenience-Grad (S = Stückware; A = Aufschnittware) statistisch auf Signifikanz überprüft (z. B. zwischen V2 K L23 A und V2 C1 L23 A; zwischen V2 K L23 A und V2 C2 L23 A usw.). Die rezepturmodifizierten Mortadellachargen in einer Spalte, die den gleichen hochgestellten Buchstaben wie die Kontrollcharge (V2 K L3 S = hochgestelltes a, V2 K L7 S = hochgestelltes b, V2 K L3 A = hochgestelltes C und V2 K L23 A = hochgestelltes D) aufweisen, sind statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) von der dieser unterschiedlich.

Im Rahmen der statistischen Auswertung der sensorischen Profilprüfung und der chemischen Analyse wurden ausschließlich die Differenzen zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Kontrollchargen statistisch auf Signifikanz überprüft.

Die einzelnen Werte für die errechneten statistischen Signifikanzen sind den **Tabellen 50** und **51** entnehmen.

Tabelle 24: Vorversuchsreihe 2: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der sensorischen Profilprüfung.

<u>Charge</u>	<u>Rot-Wert</u>	<u>Glanz</u>	<u>säuerlich (olfaktorisch)</u>	<u>Härte</u>	<u>Kohäsivität</u>	<u>Adhäsion</u>
V2 K L3 S	0,00 \pm 0,00 ^a	0,00 \pm 0,00 ^a	0,00 \pm 0,00 ^a	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00 ^a	0,00 \pm 0,00 ^a
V2 K L7 S	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b
V2 K L3 A	0,00 \pm 0,00 ^c	0,00 \pm 0,00 ^c	0,00 \pm 0,00 ^c	0,00 \pm 0,00 ^c	0,00 \pm 0,00 ^c	0,00 \pm 0,00 ^c
V2 K L23 A	0,00 \pm 0,00 ^D	0,00 \pm 0,00 ^D	0,00 \pm 0,00 ^D	0,00 \pm 0,00 ^D	0,00 \pm 0,00 ^D	0,00 \pm 0,00 ^D
V2 C1 L3 S	-0,17 \pm 0,41 ^a	0,17 \pm 0,41 ^a	-0,17 \pm 0,75 ^a	-1,08 \pm 0,80	-0,08 \pm 0,66 ^a	0,08 \pm 0,49 ^a
V2 C1 L7 S	0,17 \pm 0,41 ^b	0,33 \pm 0,52 ^b	0,33 \pm 0,82 ^b	-0,25 \pm 0,42 ^b	-0,83 \pm 0,20 ^b	0,00 \pm 0,63 ^b
V2 C1 L3 A	0,00 \pm 0,00 ^C	0,00 \pm 0,00 ^C	0,17 \pm 0,41 ^C	-0,25 \pm 0,42 ^C	-0,42 \pm 0,80 ^C	0,08 \pm 0,49 ^C
V2 C1 L23 A	0,5 \pm 0,55 ^D	0,67 \pm 0,52 ^D	0,33 \pm 0,52 ^D	-0,17 \pm 0,75 ^D	-0,50 \pm 1,05 ^D	0,17 \pm 0,41 ^D
V2 C2 L3 S	-0,17 \pm 0,41 ^a	0,83 \pm 0,41	-0,17 \pm 0,41 ^a	-1,00 \pm 0,32	0,33 \pm 0,82 ^a	-0,50 \pm 0,55 ^a
V2 C2 L7 S	0,67 \pm 0,52 ^b	1,00 \pm 0,32	0,00 \pm 0,63 ^b	-1,25 \pm 0,42	-1,17 \pm 0,41	-0,17 \pm 0,75 ^b
V2 C2 L3 A	0,33 \pm 0,52 ^C	1,00 \pm 0,32	0,17 \pm 0,41 ^C	-1,00 \pm 0,63	0,50 \pm 0,84 ^C	0,17 \pm 0,98 ^C
V2 C2 L23 A	0,67 \pm 0,52 ^D	1,67 \pm 0,41	0,17 \pm 0,75 ^D	-1,83 \pm 0,41	-0,50 \pm 1,22 ^D	0,17 \pm 0,75 ^D
V2 C3 L3 S	1,33 \pm 0,52	1,50 \pm 0,55	0,50 \pm 0,84 ^a	-1,33 \pm 0,52	0,00 \pm 1,26 ^a	-0,67 \pm 0,82 ^a
V2 C3 L7 S	1,42 \pm 0,66	1,42 \pm 0,66	0,00 \pm 0,63 ^b	-1,67 \pm 0,52	-1,33 \pm 0,52	-0,50 \pm 0,55 ^b
V2 C3 L3 A	1,17 \pm 0,41	1,67 \pm 0,52	0,50 \pm 0,55 ^C	-1,50 \pm 0,55	1,17 \pm 0,75	-0,17 \pm 1,33 ^C
V2 C3 L23 A	1,83 \pm 0,41	1,92 \pm 0,20	0,67 \pm 1,03 ^D	-1,50 \pm 0,55	-0,17 \pm 1,33 ^D	0,00 \pm 0,63 ^D
V2 C4 L3 S	1,50 \pm 0,55	1,67 \pm 0,52	0,83 \pm 0,41	-1,83 \pm 0,41	0,17 \pm 1,33 ^a	-0,50 \pm 1,05 ^a
V2 C4 L7 S	1,67 \pm 0,52	1,67 \pm 0,52	-0,17 \pm 0,75 ^b	-1,33 \pm 0,52	-1,17 \pm 0,41	-0,33 \pm 0,82 ^b
V2 C4 L3 A	1,33 \pm 0,52	1,67 \pm 0,82	0,67 \pm 0,52 ^C	-1,33 \pm 0,52	0,67 \pm 1,51 ^C	0,50 \pm 1,05 ^C
V2 C4 L23 A	1,50 \pm 0,84	1,92 \pm 0,20	0,17 \pm 0,75 ^D	-1,67 \pm 0,52	0,17 \pm 1,72 ^D	0,00 \pm 1,26 ^D
<u>Charge</u>	<u>Elastizität</u>	<u>Kaubarkeit</u>	<u>Bissfestigkeit</u>	<u>Feuchtigkeit</u>	<u>Gesamtqualität</u>	
V2 K L3 S	0,00 \pm 0,00 ^a	0,00 \pm 0,00 ^a	0,00 \pm 0,00 ^a	0,00 \pm 0,00 ^a	0,00 \pm 0,00 ^a	
V2 K L7 S	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b	
V2 K L3 A	0,00 \pm 0,00 ^C	0,00 \pm 0,00 ^C	0,00 \pm 0,00 ^C	0,00 \pm 0,00 ^C	0,00 \pm 0,00 ^C	
V2 K L23 A	0,00 \pm 0,00 ^D	0,00 \pm 0,00 ^D	0,00 \pm 0,00 ^D	0,00 \pm 0,00 ^D	0,00 \pm 0,00 ^D	
V2 C1 L3 S	-0,25 \pm 0,99 ^a	-0,25 \pm 0,42 ^a	0,42 \pm 0,80 ^a	0,33 \pm 0,52 ^a	0,00 \pm 0,63 ^a	
V2 C1 L7 S	-0,83 \pm 0,66 ^b	-0,50 \pm 0,55 ^b	0,17 \pm 0,75 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b	0,42 \pm 0,66 ^b	
V2 C1 L3 A	-0,33 \pm 0,52 ^C	-0,25 \pm 0,42 ^C	0,25 \pm 0,42 ^C	0,25 \pm 0,42 ^C	0,08 \pm 0,49 ^C	
V2 C1 L23 A	1,17 \pm 0,75 ^D	-0,33 \pm 0,82 ^D	-0,50 \pm 0,84 ^D	0,83 \pm 0,41	0,33 \pm 0,52 ^D	
V2 C2 L3 S	-0,33 \pm 0,82 ^a	-0,17 \pm 0,98 ^a	0,00 \pm 0,89 ^a	1,00 \pm 0,32	-1,00 \pm 0,32	
V2 C2 L7 S	-0,50 \pm 1,22 ^b	-0,50 \pm 1,22 ^b	0,33 \pm 1,21 ^b	0,83 \pm 0,41	-1,17 \pm 0,41	
V2 C2 L3 A	-0,67 \pm 1,03 ^C	-0,83 \pm 0,41	0,67 \pm 1,03 ^C	1,00 \pm 0,32	-1,00 \pm 0,32	
V2 C2 L23 A	0,33 \pm 0,52 ^D	-0,33 \pm 1,21 ^D	-0,67 \pm 0,52 ^D	0,83 \pm 0,98 ^D	-0,67 \pm 0,82 ^D	
V2 C3 L3 S	-0,17 \pm 1,17 ^a	-1,00 \pm 0,32	-0,33 \pm 0,82 ^a	1,67 \pm 1,17 ^a	-1,17 \pm 0,41	
V2 C3 L7 S	-0,67 \pm 1,75 ^b	-0,50 \pm 1,64 ^b	0,33 \pm 1,63 ^b	1,67 \pm 0,52	-1,67 \pm 0,52	
V2 C3 L3 A	-0,83 \pm 1,17 ^C	-1,00 \pm 1,10 ^C	0,83 \pm 0,75 ^C	1,67 \pm 0,52	-1,33 \pm 0,52	
V2 C3 L23 A	0,33 \pm 1,03 ^D	0,00 \pm 1,67 ^D	-0,50 \pm 1,38 ^D	1,83 \pm 0,41	-0,83 \pm 1,47 ^D	
V2 C4 L3 S	-1,00 \pm 1,10 ^a	-1,17 \pm 0,41	0,17 \pm 1,47 ^a	0,67 \pm 1,75 ^a	-1,50 \pm 0,55	
V2 C4 L7 S	-0,33 \pm 1,51 ^b	-0,33 \pm 1,51 ^b	0,50 \pm 1,38 ^b	1,50 \pm 0,55	-1,33 \pm 0,52	
V2 C4 L3 A	-1,17 \pm 0,75	-1,17 \pm 0,75	0,83 \pm 0,75 ^C	1,67 \pm 0,52	-1,33 \pm 0,51	
V2 C4 L23 A	0,50 \pm 0,84 ^D	0,00 \pm 1,55 ^D	-0,67 \pm 0,82 ^D	2,00 \pm 0,63	-1,33 \pm 1,21 ^D	

n = 1, mit je 6 Prüfpersonen pro Charge, Convenience-Grad und Lagerungstag. V = Vorversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

Tabelle 25: Vorversuchsreihe 2: Mittelwerte (± SD) der Ergebnisse der instrumentellen Textur-Profil-Analyse (TPA), der instrumentellen Farbmessung und der physikalischen Analyse.

<u>Charge</u>	<u>Härte</u> (N)	<u>Bissfestigkeit</u> (N)	<u>Adhäsion</u> (Ns)	<u>Elastizität</u> (%)	<u>Kohäsivität</u> (dimensionslos)	<u>Kaubarkeit</u> (N)
V2 K L3 S	22,84 ± 2,35 ^a	11,85 ± 1,30 ^{a*}	-0,06 ± 0,03 ^a	48,76 ± 11,89 ^a	0,19 ± 0,02 ^a	2,07 ± 0,59 ^a
V2 K L7 S	24,6 ± 3,43	14,00 ± 1,70 ^b	-0,06 ± 0,03 ^b	49,23 ± 5,54 ^b	0,18 ± 0,02 ^b	2,20 ± 0,56
V2 K L3 A	23,74 ± 2,55	13,74 ± 1,61 ^{c*}	-0,07 ± 0,03 ^c	52,93 ± 8,38 ^c	0,19 ± 0,02 ^c	2,27 ± 0,59 ^c
V2 K L23 A	24,81 ± 2,65 ^D	14,85 ± 1,59 ^D	-0,05 ± 0,04 ^D	56,45 ± 11,73 ^D	0,18 ± 0,02 ^D	2,60 ± 1,06 ^D
V2 C1 L3 S	21,49 ± 3,60 ^a	12,21 ± 1,29 ^a	-0,08 ± 0,04 ^a	49,65 ± 9,22 ^a	0,19 ± 0,02 ^{a*}	2,07 ± 0,59 ^a
V2 C1 L7 S	20,05 ± 2,18	12,83 ± 1,43 ^b	-0,06 ± 0,04 ^b	51,29 ± 7,90 ^b	0,17 ± 0,01 ^b	1,87 ± 0,52
V2 C1 L3 A	19,11 ± 2,27 [*]	13,63 ± 1,23 ^c	-0,06 ± 0,03 ^c	57,22 ± 10,41 ^c	0,18 ± 0,02 ^c	2,00 ± 0,38 ^c
V2 C1 L23 A	24,71 ± 3,29 ^D	14,33 ± 2,50 ^D	-0,06 ± 0,04 ^D	52,03 ± 12,01 ^D	0,17 ± 0,03 ^D	2,47 ± 0,74 ^D
V2 C2 L3 S	17,6 ± 2,67 [*]	9,27 ± 0,79 [*]	-0,06 ± 0,04 ^a	44,84 ± 7,00 ^a	0,17 ± 0,02	1,33 ± 0,49
V2 C2 L7 S	20,47 ± 2,60	10,71 ± 1,40	-0,06 ± 0,02 ^b	44,41 ± 8,13 ^b	0,18 ± 0,03 ^b	1,53 ± 0,52
V2 C2 L3 A	17,49 ± 2,00 [*]	10,52 ± 1,15 [*]	-0,05 ± 0,04 ^c	49,43 ± 8,38 ^{c*}	0,18 ± 0,02 [*]	1,40 ± 0,51 [*]
V2 C2 L23 A	20,84 ± 1,93	12,03 ± 1,38	-0,07 ± 0,03 ^D	59,24 ± 11,47 ^D	0,20 ± 0,02 ^D	2,40 ± 0,63 ^D
V2 C3 L3 S	18,61 ± 1,66	9,47 ± 1,31	-0,09 ± 0,03 [*]	46,88 ± 12,66 ^a	0,18 ± 0,02 ^a	1,47 ± 0,83
V2 C3 L7 S	20,06 ± 2,41	9,84 ± 1,01	-0,06 ± 0,03 ^b	46,97 ± 10,72 ^b	0,17 ± 0,02 ^b	1,60 ± 0,63
V2 C3 L3 A	17,43 ± 1,62 [*]	8,32 ± 1,01 [*]	-0,08 ± 0,04 ^c	47,19 ± 5,72 [*]	0,18 ± 0,02 ^{c*}	1,60 ± 0,51 [*]
V2 C3 L23 A	21,28 ± 1,82	11,7 ± 1,54	-0,06 ± 0,03 ^D	58,81 ± 8,06 ^D	0,20 ± 0,02	2,53 ± 0,64 ^D
V2 C4 L3 S	18,53 ± 1,78 [*]	8,94 ± 1,07	-0,07 ± 0,05 ^a	40,63 ± 5,97 [*]	0,16 ± 0,02	1,20 ± 0,41
V2 C4 L7 S	19,84 ± 1,67	9,65 ± 1,57	-0,07 ± 0,04 ^b	46,95 ± 7,96 ^b	0,18 ± 0,02 ^b	1,47 ± 0,52
V2 C4 L3 A	19,15 ± 2,32 [*]	8,82 ± 1,48	-0,06 ± 0,03 ^c	47,62 ± 7,88 ^c	0,19 ± 0,02 ^c	1,67 ± 0,62
V2 C4 L23 A	21,59 ± 2,35	9,95 ± 0,97	-0,07 ± 0,04 ^D	46,67 ± 8,71	0,18 ± 0,01 ^D	1,7 ± 0,59
<u>Charge</u>	<u>Helligkeitswert</u> (L*-Wert)	<u>Rot-Wert</u> (a*-Wert)	<u>Gelb-Wert</u> (b*-Wert)	<u>pH-Wert</u>	<u>a_w-Wert</u>	
V2 K L3 S	71,17 ± 0,46 ^a	8,67 ± 0,41 ^a	12,40 ± 0,45 ^a	6,4 ± 0,02 ^a	0,97 ± 0,0007 ^a	
V2 K L7 S	71,70 ± 1,02 ^b	8,51 ± 0,45 ^b	12,35 ± 0,38 ^b	6,4 ± 0,01 ^b	0,98 ± 0,0007 ^b	
V2 K L3 A	72,23 ± 0,43	7,96 ± 0,26 [*]	12,30 ± 0,27 ^c	6,3 ± 0,05 ^c	0,98 ± 0,0085 ^c	
V2 K L23 A	72,75 ± 0,53	6,65 ± 0,37	12,47 ± 0,37 ^D	6,4 ± 0,03 ^D	0,98 ± 0,0042 ^D	
V2 C1 L3 S	71,34 ± 0,30 ^a	8,69 ± 0,17 ^a	12,42 ± 0,16 ^{a*}	6,4 ± 0,01 ^a	0,98 ± 0,0014	
V2 C1 L7 S	71,10 ± 0,52 ^b	8,66 ± 0,31 ^b	12,85 ± 0,25	6,4 ± 0,01 ^b	0,98 ± 0,0021 ^b	
V2 C1 L3 A	70,97 ± 0,59 [*]	8,57 ± 0,25 [*]	12,32 ± 0,39 ^c	6,3 ± 0,01 ^c	0,98 ± 0,0078 ^c	
V2 C1 L23 A	71,91 ± 0,33	7,34 ± 0,26	12,52 ± 0,20 ^D	6,4 ± 0,04 ^D	0,97 ± 0,0049 ^D	
V2 C2 L3 S	71,18 ± 0,69 ^a	8,72 ± 0,27 ^a	12,71 ± 0,22	6,5 ± 0,17 ^a	0,98 ± 0,0021 ^a	
V2 C2 L7 S	70,95 ± 0,40	8,74 ± 0,16 ^b	12,84 ± 0,17	6,4 ± 0,01 ^b	0,98 ± 0,0028 ^b	
V2 C2 L3 A	71,35 ± 0,48	8,53 ± 0,20 [*]	12,73 ± 0,32	6,3 ± 0,01 ^c	0,98 ± 0,0092 ^c	
V2 C2 L23 A	71,34 ± 0,35	8,32 ± 0,30	12,53 ± 0,20 ^D	6,4 ± 0,04 ^D	0,98 ± 0,0007 ^D	
V2 C3 L3 S	70,99 ± 0,36 ^{a*}	8,75 ± 0,20 ^{a*}	12,65 ± 0,34 ^a	6,3 ± 0,01 ^a	0,98 ± 0,0035 ^a	
V2 C3 L7 S	69,42 ± 0,32	9,12 ± 0,15	12,57 ± 0,23 ^b	6,3 ± 0,01	0,99 ± 0,0007 ^b	
V2 C3 L3 A	68,91 ± 0,28 [*]	8,93 ± 0,27 [*]	12,91 ± 0,27	6,2 ± 0,01 ^c	0,98 ± 0,0092 ^c	
V2 C3 L23 A	69,53 ± 0,33	8,66 ± 0,32	12,80 ± 0,34	6,3 ± 0,01 ^D	0,98 ± 0,0049 ^D	
V2 C4 L3 S	69,40 ± 0,23 [*]	9,09 ± 0,14	12,66 ± 0,34 ^a	6,3 ± 0,01 ^a	0,98 ± 0,0064 ^a	
V2 C4 L7 S	68,92 ± 0,13	8,98 ± 0,10	12,71 ± 0,10	6,3 ± 0,01	0,98 ± 0,0014 ^b	
V2 C4 L3 A	68,62 ± 0,24 [*]	8,85 ± 0,14 [*]	12,75 ± 0,26	6,2 ± 0,03 ^c	0,99 ± 0,0071 ^c	
V2 C4 L23 A	69,10 ± 0,34	8,52 ± 0,18	12,69 ± 0,35 ^D	6,2 ± 0,01 ^D	0,98 ± 0,0021 ^D	

Instrumentelle Textur-Profil-Analyse und instrumentelle Farbmessung: n = 1, mit je 15 Messungen pro Charge, Convenience-Grad und Lagerungstag; physikalische Analyse: n = 1, Doppelbestimmung pro Charge, Convenience-Grad und Lagerungstag. N = Newton; Ns = Newtonsekunde; V = Vorversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

Tabelle 26: Vorversuchsreihe 2: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der chemischen Analyse und des Energiegehaltes.

<u>Charge</u>	<u>Gesamt- wasser</u>	<u>Gesamt- eiweiß</u>	<u>Gesamt- fett</u>	<u>Fett- reduktion</u>	<u>KH</u>	<u>Energie (kcal/100 g)</u>	<u>Energie- reduktion</u>	<u>Asche</u>	<u>Analysensumme</u>
V2 K	59,5 \pm 0,09	11,7 ^a \pm 0,08	26,5 ^a \pm 0,02		0,0	286		2,6 \pm 0,03	100,3
V2 C1	60,5 \pm 0,03	12,3 ^a \pm 0,16	22,9 ^a \pm 0,63	13,6	1,1	260	9,1	2,8 \pm 0,02	99,6
V2 C2	67,4 \pm 0,15	12,7 \pm 0,13	14,8 \pm 0,22	44,2	2,2	193	32,5	2,9 \pm 0,01	100,0
V2 C3	70,9 \pm 0,11	15,2 \pm 0,24	6,9 \pm 0,66	74,0	3,2	136	52,4	3,1 \pm 0,01	99,3
V2 C4	73,5 \pm 0,05	15,7 \pm 0,23	2,7 \pm 0,03	89,8	4,3	104	63,6	3,2 \pm 0,01	99,4

n = 1, Doppelbestimmung pro Charge. KH = Kohlenhydrate; kcal = Kilokalorien; V = Vorversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge. Die Berechnung der statistischen Signifikanz zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Charge der Standardmortadella erfolgte ausschließlich für die Ergebnisse des Gesamtwassers, des Gesamteiweißes, des Gesamtfettes und der Asche.

Tabelle 27: Vorversuchsreihe 2: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der chemischen Analyse. Teil 2.

<u>Charge</u>	<u>Trocken- substanz</u>	<u>HP</u>	<u>NPN</u>	<u>ONF</u>	<u>FE</u>	<u>BE</u>	<u>BEFFE</u>	<u>BEFFE im FE</u>	<u>Eigen- wasser</u>	<u>Fremd- wasser</u>	<u>FrE</u>
V2 K	40,5 \pm 0,09	0,24 ^a \pm 0,01	0,83 ^a \pm 0,04	11,4	9,3	1,9	9,0	79,5	37,1	22,4	0,0
V2 C1	39,5 \pm 0,03	0,19 ^a \pm 0,01	0,74 ^a \pm 0,00	13,8	8,4	1,5	8,5	82,1	33,5	27	1,6
V2 C2	32,6 \pm 0,15	0,18 \pm 0,01	0,95 ^a \pm 0,02	14,9	7,0	1,4	7,2	79,9	27,9	39,5	3,2
V2 C3	29,1 \pm 0,11	0,18 \pm 0,01	1,07 ^a \pm 0,01	19,1	7,8	1,4	8,0	82	31,1	39,8	4,8
V2 C4	26,5 \pm 0,05	0,13 \pm 0,01	1,04 ^a \pm 0,08	20,6	8,3	1,0	7,3	88	33,2	40,3	6,4

n = 1, Doppelbestimmung pro Charge. HP = Hydroxyprolin; NPN = Nichtprotein-Stickstoffsubstanz; ONF = Organisches Nichtfett; FE = Fleischeiweiß; BE = Bindegewebsiweiß; BEFFE = Bindegewebsiweißfreies Fleischeiweiß; BEFFE im FE = Bindegewebsiweißfreies Fleischeiweiß im Fleischeiweiß; FrE = Fremdeiweiß; V = Vorversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge. Die Berechnung der statistischen Signifikanz zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Charge der Standardmortadella erfolgte ausschließlich für die Ergebnisse der Trockensubstanz, des Hydroxyprolins und der Nichtprotein-Stickstoffsubstanz.

Tabelle 28: Vorversuchsreihe 2: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung und der Bestimmung des Restgasgehaltes.

<u>Charge</u>	<u>Aerobe mesophile GKZ (KbE/g)</u>	<u>Entero- bacteriaceae (KbE/g)</u>	<u>Aerob wachsende Milchsäurebakterien (KbE/g)</u>	<u>Hefen und Schimmelpilze (KbE/g)</u>	<u>Restgasge- halt: Sauerstoff (Vol.-%)</u>	<u>Restgasge- halt: Kohlendioxid (Vol.-%)</u>
V2 K L3 S	4,5 * 10 ³	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²		
V2 K L7 S	5,6 * 10 ³	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²		
V2 K L3 A	7,0 * 10 ³	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	0,4 \pm 0,01 ^{C*}	27,9 \pm 0,14 ^{C*}
V2 K L23 A	6,4 * 10 ⁶	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	2,3 \pm 0,05 ^D	17,6 \pm 0,64 ^D
V2 C1 L3 S	6,0 * 10 ³	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²		
V2 C1 L7 S	3,4 * 10 ⁴	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²		
V2 C1 L3 A	1,8 * 10 ³	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	0,4 \pm 0,01 ^C	28,0 \pm 0,7 ^{C*}
V2 C1 L23 A	8,9 * 10 ³	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	0,8 \pm 0,16	20,0 \pm 0,14 ^D
V2 C2 L3 S	9,5 * 10 ³	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²		
V2 C2 L7 S	9,0 * 10 ³	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²		
V2 C2 L3 A	4,0 * 10 ³	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	0,5 \pm 0,19 ^C	28,1 \pm 0,07 ^{C*}
V2 C2 L23 A	2,9 * 10 ⁴	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	0,7 \pm 0,04	20,35 \pm 0,21 ^D
V2 C3 L3 S	9,3 * 10 ³	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²		
V2 C3 L7 S	7,8 * 10 ³	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²		
V2 C3 L3 A	3,8 * 10 ³	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	0,4 \pm 0,03 ^C	28,2 \pm 0,07 ^{C*}
V2 C3 L23 A	8,4 * 10 ⁴	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	0,7 \pm 0,06	20,2 \pm 0,14 ^D
V2 C4 L3 S	8,7 * 10 ³	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²		
V2 C4 L7 S	1,3 * 10 ⁴	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²		
V2 C4 L3 A	6,3 * 10 ³	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	0,4 \pm 0,01 ^C	27,9 \pm 0,14 ^{C*}
V2 C4 L23 A	2,0 * 10 ⁶	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	<1,0 * 10 ²	2,2 \pm 0,25 ^D	16,9 \pm 0,64 ^D

n = 1, Doppelbestimmung pro Charge, Convenience-Grad und Lagerungstag. GKZ = Gesamtkeimzahl; KbE/g = Kolonie bildende Einheiten pro Gramm; Vol.-% = Volumenprozent; V = Vorversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

7.1.3 Erste Hauptversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100 und einer Erhöhung der Wassermenge (Verhältnis 1:1))

In den folgenden Tabellen sind die Ergebnisse der ersten Hauptversuchsreihe dargestellt.

Die Unterschiede zwischen den untersuchten Lagerungstagen drei (L3 S) und sieben (L7 S) bzw. drei (L3 A) und 23 (L23 A) wurden innerhalb einer Brühwurstcharge und eines Convenience-Grades statistisch auf Signifikanz untersucht (z. B. zwischen V1 C4 L3 A und V1 C4 L23 A), wobei die statistisch signifikanten Differenzen ($p \leq 0,05$) mit einem Sternchen (*) gekennzeichnet wurden.

Die Unterschiede zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Charge der Standardmortadella wurden gesondert für den jeweiligen Lagerungstag (3; 7; 23) und Convenience-Grad (S = Stückware; A = Aufschnittware) statistisch auf Signifikanz überprüft (z. B. zwischen H1 K L23 A und H1 C1 L23 A; zwischen H1 K L23 A und H1 C2 L23 A usw.). Die rezepturmodifizierten Mortadellachargen in einer Spalte, die den gleichen hochgestellten Buchstaben wie die Kontrollcharge (H1 K L3 S = hochgestelltes a, H1 K L7 S = hochgestelltes b, H1 K L3 A = hochgestelltes C und H1 K L23 A = hochgestelltes D) aufweisen, sind statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) von der dieser unterschiedlich.

Im Rahmen der statistischen Auswertung der sensorischen Profilprüfung und der chemischen Analyse wurden ausschließlich die Differenzen zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Kontrollchargen statistisch auf Signifikanz überprüft.

Die einzelnen Werte für die errechneten statistischen Signifikanzen sind den **Tabellen 50** und **51** entnehmen.

Tabelle 29: Hauptversuchsreihe 1: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der sensorischen Profilprüfung.

<i>Charge</i>	<i>Rot-Wert</i>	<i>Glanz</i>	<i>säuerlich (olfaktorisch)</i>	<i>Härte</i>	<i>Kohäsivität</i>	<i>Adhäsion</i>
H1 K L3 S	0,00 \pm 0,00 ^a	0,00 \pm 0,00 ^a	0,00 \pm 0,00 ^a	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00 ^a
H1 K L7 S	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00 ^b
H1 K L3 A	0,00 \pm 0,00 ^c	0,00 \pm 0,00 ^c	0,00 \pm 0,00 ^c	0,00 \pm 0,00 ^c	0,00 \pm 0,00 ^c	0,00 \pm 0,00 ^c
H1 K L23 A	0,00 \pm 0,00 ^d	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00 ^d	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00 ^d
H1 C1 L3 S	0,17 \pm 0,38 ^a	0,28 \pm 0,46 ^a	-0,11 \pm 0,32 ^a	-0,67 \pm 0,49	-0,42 \pm 0,69	-0,19 \pm 0,52 ^a
H1 C1 L7 S	0,17 \pm 0,38 ^b	0,14 \pm 0,33 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b	-0,78 \pm 0,65	-0,39 \pm 0,61	-0,22 \pm 0,43 ^b
H1 C1 L3 A	0,28 \pm 0,46 ^c	0,39 \pm 0,61 ^c	0,06 \pm 0,24 ^c	-0,33 \pm 0,69 ^c	-0,19 \pm 0,67 ^c	-0,03 \pm 0,36 ^c
H1 C1 L23 A	0,19 \pm 0,52 ^d	0,42 \pm 0,69	0,28 \pm 0,67 ^d	-0,39 \pm 0,61	-0,56 \pm 0,51	-0,11 \pm 0,32 ^d
H1 C2 L3 S	0,36 \pm 0,48	0,42 \pm 0,60	-0,56 \pm 0,42 ^a	-0,47 \pm 0,78	-0,42 \pm 0,60	-0,56 \pm 0,92
H1 C2 L7 S	0,50 \pm 0,51	0,64 \pm 0,48	-0,56 \pm 0,24 ^b	-0,69 \pm 0,67	-0,44 \pm 0,62	-0,22 \pm 0,65 ^b
H1 C2 L3 A	0,50 \pm 0,49	0,72 \pm 0,43	0,11 \pm 0,47 ^c	-0,75 \pm 0,58	-0,67 \pm 0,62	-0,06 \pm 0,87 ^c
H1 C2 L23 A	0,53 \pm 0,50	0,69 \pm 0,52	0,17 \pm 0,38 ^d	-0,58 \pm 0,49	-0,64 \pm 0,56	0,03 \pm 0,36 ^d
H1 C3 L3 S	0,50 \pm 0,92	1,14 \pm 0,41	-0,11 \pm 0,47 ^a	-1,00 \pm 0,77	-0,75 \pm 0,65	-0,28 \pm 1,02 ^a
H1 C3 L7 S	0,75 \pm 0,73	0,94 \pm 0,54	0,00 \pm 0,70 ^b	-1,22 \pm 0,43	-0,78 \pm 0,65	-0,17 \pm 0,99 ^b
H1 C3 L3 A	0,64 \pm 0,76	1,67 \pm 0,49	0,06 \pm 0,42 ^c	-0,72 \pm 0,89	-0,75 \pm 1,03	0,36 \pm 1,19 ^c
H1 C3 L23 A	0,72 \pm 0,73	1,25 \pm 0,49	0,33 \pm 0,49 ^d	-0,94 \pm 0,80	-0,61 \pm 0,78	0,00 \pm 0,59 ^d
H1 C4 L3 S	0,61 \pm 0,98	1,50 \pm 0,71	-0,11 \pm 0,83 ^a	-1,08 \pm 0,94	-0,61 \pm 1,04	-0,17 \pm 1,10 ^a
H1 C4 L7 S	1,39 \pm 0,50	1,72 \pm 0,46	0,17 \pm 0,92 ^b	-1,39 \pm 0,70	-0,89 \pm 0,83	0,00 \pm 0,77 ^b
H1 C4 L3 A	1,11 \pm 0,68	1,69 \pm 0,46	-0,06 \pm 0,80 ^c	-0,72 \pm 1,18	-0,72 \pm 1,07	-0,22 \pm 1,11 ^c
H1 C4 L23 A	1,00 \pm 0,75	1,56 \pm 0,51	0,39 \pm 0,61 ^d	-1,08 \pm 0,60	-0,83 \pm 0,62	0,08 \pm 0,69 ^d
<i>Charge</i>	<i>Elastizität</i>	<i>Kaubarkeit</i>	<i>Bissfestigkeit</i>	<i>Feuchtigkeit</i>	<i>Gesamtqualität</i>	
H1 K L3 S	0,00 \pm 0,00 ^a	0,00 \pm 0,00 ^a	0,00 \pm 0,00 ^a	0,00 \pm 0,00 ^a	0,00 \pm 0,00 ^a	
H1 K L7 S	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b	
H1 K L3 A	0,00 \pm 0,00 ^c	0,00 \pm 0,00 ^c	0,00 \pm 0,00 ^c	0,00 \pm 0,00 ^c	0,00 \pm 0,00 ^c	
H1 K L23 A	0,00 \pm 0,00 ^d	0,00 \pm 0,00 ^d	0,00 \pm 0,00 ^d	0,00 \pm 0,00 ^d	0,00 \pm 0,00 ^d	
H1 C1 L3 S	-0,11 \pm 0,58 ^a	-0,06 \pm 0,42 ^a	-0,06 \pm 0,42 ^a	0,06 \pm 0,54 ^a	0,06 \pm 0,57 ^a	
H1 C1 L7 S	-0,11 \pm 0,68 ^b	-0,17 \pm 0,62 ^b	-0,22 \pm 0,55 ^b	0,00 \pm 0,34 ^b	-0,11 \pm 0,68 ^b	
H1 C1 L3 A	-0,06 \pm 0,42 ^c	-0,14 \pm 0,33 ^c	-0,03 \pm 0,36 ^c	0,14 \pm 0,41 ^c	0,28 \pm 0,67 ^c	
H1 C1 L23 A	0,08 \pm 0,55 ^d	0,08 \pm 0,49 ^d	-0,06 \pm 0,54 ^d	0,00 \pm 0,57 ^d	-0,31 \pm 0,57 ^d	
H1 C2 L3 S	-0,36 \pm 0,48	-0,22 \pm 0,55 ^a	-0,17 \pm 0,62 ^a	0,22 \pm 0,55 ^a	-0,08 \pm 0,69 ^a	
H1 C2 L7 S	-0,44 \pm 0,78 ^b	-0,11 \pm 0,47 ^b	-0,17 \pm 0,71 ^b	0,06 \pm 0,64 ^b	-0,08 \pm 0,55 ^b	
H1 C2 L3 A	-0,58 \pm 0,58	-0,11 \pm 0,65 ^c	0,00 \pm 0,92 ^c	0,44 \pm 0,91 ^c	-0,28 \pm 0,67 ^c	
H1 C2 L23 A	-0,22 \pm 0,65 ^d	-0,17 \pm 0,69 ^d	-0,17 \pm 0,77 ^d	0,39 \pm 0,58 ^d	-0,50 \pm 0,71	
H1 C3 L3 S	-0,56 \pm 0,98 ^a	-0,06 \pm 1,00 ^a	0,03 \pm 0,81 ^a	0,25 \pm 1,09 ^a	-0,64 \pm 0,90	
H1 C3 L7 S	-0,19 \pm 0,86 ^b	-0,08 \pm 0,84 ^b	-0,22 \pm 0,88 ^b	0,22 \pm 0,81 ^b	-0,83 \pm 0,79	
H1 C3 L3 A	-0,28 \pm 0,96 ^c	-0,14 \pm 0,94 ^c	0,36 \pm 0,90 ^c	0,58 \pm 1,06	-0,58 \pm 0,97	
H1 C3 L23 A	-0,14 \pm 1,11 ^d	0,08 \pm 0,84 ^d	-0,39 \pm 0,98 ^d	0,28 \pm 0,96 ^d	-0,86 \pm 0,90	
H1 C4 L3 S	-0,50 \pm 1,29 ^a	0,17 \pm 1,04 ^a	-0,83 \pm 1,09 ^a	0,33 \pm 1,33 ^a	-1,31 \pm 1,02	
H1 C4 L7 S	-0,47 \pm 1,09 ^b	-0,03 \pm 1,06 ^b	-0,11 \pm 1,02 ^b	0,39 \pm 1,58 ^b	-1,28 \pm 1,07	
H1 C4 L3 A	-0,92 \pm 0,94	-0,08 \pm 1,09 ^c	0,19 \pm 1,27 ^c	0,56 \pm 1,50 ^c	-0,92 \pm 1,11	
H1 C4 L23 A	-0,19 \pm 0,82 ^d	0,06 \pm 1,00 ^d	-0,11 \pm 1,18 ^d	0,33 \pm 1,14 ^d	-1,42 \pm 0,84	

n = 3, mit je 6 Prüfpersonen pro Charge, Convenience-Grad und Lagerungstag. H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

Tabelle 30: Hauptversuchsreihe 1: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der instrumentellen Textur-Profil-Analyse (TPA), der instrumentellen Farbmessung und der physikalischen Analyse.

<u>Charge</u>	<u>Härte</u> <u>(N)</u>	<u>Bissfestigkeit</u> <u>(N)</u>	<u>Adhäsion</u> <u>(Ns)</u>	<u>Elastizität</u> <u>(%)</u>	<u>Kohäsivität</u> <u>(dimensionslos)</u>	<u>Kaubarkeit</u> <u>(N)</u>
H1 K L3 S	25,86 \pm 3,40 ^a	14,84 \pm 2,04*	-0,08 \pm 0,03 ^a	54,50 \pm 10,70 ^a	0,19 \pm 0,02 ^a	2,67 \pm 0,95 ^a
H1 K L7 S	24,64 \pm 3,81 ^b	16,50 \pm 2,22	-0,08 \pm 0,03 ^b	55,86 \pm 11,98 ^b	0,18 \pm 0,03 ^b	2,51 \pm 0,69 ^b
H1 K L3 A	22,85 \pm 3,77 ^{C*}	16,02 \pm 3,72*	-0,07 \pm 0,04 ^{C*}	57,08 \pm 12,71 ^C	0,19 \pm 0,02 ^C	2,44 \pm 0,89
H1 K L23 A	25,36 \pm 3,82 ^D	17,53 \pm 3,79	-0,05 \pm 0,03	55,66 \pm 11,45 ^D	0,19 \pm 0,02 ^D	2,60 \pm 0,84 ^D
H1 C1 L3 S	20,01 \pm 2,97*	11,77 \pm 1,51*	-0,09 \pm 0,04 ^a	55,52 \pm 9,24 ^a	0,18 \pm 0,02 ^{a*}	1,93 \pm 0,62
H1 C1 L7 S	22,44 \pm 3,29	13,80 \pm 2,20	-0,09 \pm 0,04 ^b	50,19 \pm 11,25	0,17 \pm 0,03	2,00 \pm 0,71
H1 C1 L3 A	20,96 \pm 3,42*	11,83 \pm 2,15*	-0,09 \pm 0,04	50,45 \pm 10,75	0,18 \pm 0,02 ^C	1,91 \pm 0,76
H1 C1 L23 A	22,34 \pm 3,78	13,97 \pm 2,55	-0,08 \pm 0,03	52,43 \pm 11,88 ^D	0,19 \pm 0,02 ^D	2,02 \pm 0,72
H1 C2 L3 S	21,26 \pm 3,51*	12,80 \pm 1,44*	-0,09 \pm 0,04 ^a	50,06 \pm 12,09 ^a	0,17 \pm 0,02	1,78 \pm 0,70*
H1 C2 L7 S	24,06 \pm 2,76 ^b	13,94 \pm 1,83	-0,08 \pm 0,03 ^b	52,52 \pm 11,23 ^b	0,17 \pm 0,02 ^b	2,18 \pm 0,68
H1 C2 L3 A	21,68 \pm 3,47 ^{C*}	13,06 \pm 2,89*	-0,09 \pm 0,04*	52,68 \pm 9,90 ^C	0,18 \pm 0,02 ^C	2,07 \pm 0,69*
H1 C2 L23 A	23,83 \pm 3,37	13,90 \pm 3,41	-0,06 \pm 0,03	53,91 \pm 9,44 ^D	0,17 \pm 0,02	2,24 \pm 0,57
H1 C3 L3 S	23,28 \pm 2,44*	12,83 \pm 1,68*	-0,09 \pm 0,04 ^a	54,16 \pm 10,23 ^a	0,18 \pm 0,02	2,31 \pm 0,63
H1 C3 L7 S	25,50 \pm 2,87 ^b	14,47 \pm 2,06	-0,09 \pm 0,03 ^b	54,28 \pm 10,95 ^b	0,17 \pm 0,02 ^b	2,47 \pm 0,66 ^b
H1 C3 L3 A	23,66 \pm 3,25 ^{C*}	12,51 \pm 3,04*	-0,08 \pm 0,04 ^C	49,43 \pm 7,66	0,17 \pm 0,02	2,02 \pm 0,58*
H1 C3 L23 A	25,75 \pm 3,34 ^D	14,05 \pm 3,07	-0,09 \pm 0,04	53,58 \pm 9,84 ^D	0,18 \pm 0,02 ^D	2,49 \pm 0,73 ^D
H1 C4 L3 S	27,03 \pm 2,64 ^{a*}	13,56 \pm 1,53*	-0,09 \pm 0,05 ^a	54,19 \pm 9,26 ^a	0,18 \pm 0,03 ^a	2,69 \pm 0,79 ^a
H1 C4 L7 S	30,06 \pm 3,19	14,96 \pm 2,09	-0,08 \pm 0,04 ^b	52,56 \pm 10,09 ^b	0,18 \pm 0,02 ^b	2,87 \pm 0,89 ^b
H1 C4 L3 A	28,26 \pm 2,95*	14,19 \pm 2,74	-0,10 \pm 0,04	53,59 \pm 8,33 ^{C*}	0,19 \pm 0,02 ^C	2,98 \pm 0,78*
H1 C4 L23 A	32,29 \pm 3,00	14,88 \pm 2,38	-0,09 \pm 0,04	58,22 \pm 9,11 ^D	0,19 \pm 0,02 ^D	3,68 \pm 0,88
<u>Charge</u>	<u>Helligkeitswert</u> <u>(L*-Wert)</u>	<u>Rot-Wert</u> <u>(a*-Wert)</u>	<u>Gelb-Wert</u> <u>(b*-Wert)</u>	<u>pH-Wert</u>	<u>a_w-Wert</u>	
H1 K L3 S	72,57 \pm 1,23*	8,21 \pm 0,51	12,19 \pm 0,31	6,4 \pm 0,05 ^a	0,98 \pm 0,0031 ^a	
H1 K L7 S	72,27 \pm 1,18	8,30 \pm 0,45	12,09 \pm 0,28	6,4 \pm 0,05 ^b	0,97 \pm 0,0042 ^b	
H1 K L3 A	72,43 \pm 1,16*	8,18 \pm 0,46*	11,95 \pm 0,26*	6,3 \pm 0,09 ^C	0,98 \pm 0,0055 ^C	
H1 K L23 A	72,80 \pm 1,05	7,32 \pm 0,59	12,38 \pm 0,86 ^D	6,3 \pm 0,10 ^D	0,98 \pm 0,0024 ^D	
H1 C1 L3 S	71,54 \pm 0,41	8,57 \pm 0,28	12,42 \pm 0,35	6,4 \pm 0,03 ^a	0,98 \pm 0,0054 ^a	
H1 C1 L7 S	71,70 \pm 0,46	8,55 \pm 0,28	12,42 \pm 0,31	6,4 \pm 0,03 ^b	0,98 \pm 0,0044 ^b	
H1 C1 L3 A	71,74 \pm 0,62*	8,41 \pm 0,23*	12,22 \pm 0,29	6,2 \pm 0,11 ^C	0,98 \pm 0,0063 ^C	
H1 C1 L23 A	71,95 \pm 0,66	7,98 \pm 0,46	12,11 \pm 0,32	6,3 \pm 0,09 ^D	0,98 \pm 0,0051 ^D	
H1 C2 L3 S	70,87 \pm 0,41*	8,72 \pm 0,21	12,46 \pm 0,34	6,3 \pm 0,02	0,98 \pm 0,0112 ^a	
H1 C2 L7 S	71,20 \pm 0,52	8,63 \pm 0,28	12,49 \pm 0,35	6,3 \pm 0,04	0,98 \pm 0,0055 ^b	
H1 C2 L3 A	70,89 \pm 0,51*	8,52 \pm 0,30*	12,54 \pm 0,37	6,2 \pm 0,03 ^C	0,98 \pm 0,0083 ^C	
H1 C2 L23 A	71,15 \pm 0,44	8,34 \pm 0,28	12,44 \pm 0,36 ^D	6,2 \pm 0,04 ^D	0,98 \pm 0,0063 ^D	
H1 C3 L3 S	70,97 \pm 0,95	8,55 \pm 0,54	12,72 \pm 0,51	6,2 \pm 0,02	0,98 \pm 0,0104 ^a	
H1 C3 L7 S	71,06 \pm 1,08	8,62 \pm 0,28	12,64 \pm 0,34	6,3 \pm 0,06	0,97 \pm 0,0049 ^b	
H1 C3 L3 A	71,00 \pm 0,86*	8,57 \pm 0,24	12,49 \pm 0,26*	6,1 \pm 0,06	0,98 \pm 0,0127 ^C	
H1 C3 L23 A	70,57 \pm 1,59	8,46 \pm 0,49	12,71 \pm 0,33	6,2 \pm 0,01	0,98 \pm 0,0092 ^D	
H1 C4 L3 S	69,32 \pm 0,90*	9,02 \pm 0,32*	12,73 \pm 0,39	6,2 \pm 0,02	0,98 \pm 0,0076 ^a	
H1 C4 L7 S	69,47 \pm 0,79	8,94 \pm 0,30	12,76 \pm 0,33	6,2 \pm 0,02	0,97 \pm 0,0057 ^b	
H1 C4 L3 A	69,28 \pm 0,99	8,95 \pm 0,44*	12,73 \pm 0,44*	6,1 \pm 0,05	0,97 \pm 0,0066 ^C	
H1 C4 L23 A	69,30 \pm 0,91	8,15 \pm 0,65	13,10 \pm 0,38	6,1 \pm 0,03	0,98 \pm 0,0090 ^D	

Instrumentelle Textur-Profil-Analyse und instrumentelle Farbmessung: n = 3, mit je 15 Messungen pro Charge, Convenience-Grad und Lagerungstag; physikalische Analyse: n = 3, Doppelbestimmung pro Charge, Convenience-Grad und Lagerungstag. N = Newton; Ns = Newtonsekunde; H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

Tabelle 31: Hauptversuchsreihe 1: Farbabstände (Δ Gesamt) zwischen den untersuchten Lagerungstagen innerhalb der Brühwurstchargen.

<u>Charge</u>	<u>ΔGesamt</u>
H1 K L3 S	0,33
H1 K L7 S	
H1 K L3 A	1,03
H1 K L23 A	
H1 C1 L3 S	0,16
H1 C1 L7 S	
H1 C1 L3 A	0,49
H1 C1 L23 A	
H1 C2 L3 S	0,34
H1 C2 L7 S	
H1 C2 L3 A	0,33
H1 C2 L23 A	
H1 C3 L3 S	0,14
H1 C3 L7 S	
H1 C3 L3 A	0,50
H1 C3 L23 A	
H1 C4 L3 S	0,17
H1 C4 L7 S	
H1 C4 L3 A	0,88
H1 C4 L23 A	

H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

Tabelle 32: Hauptversuchsreihe 1: Farbabstände (Δ Gesamt) zwischen den rezepturmodifizierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge.

	H1 K L3 S	H1 K L7 S	H1 K L3 A	H1 K L23 A
H1 C1 L3 S	1,12			
H1 C2 L3 S	1,80			
H1 C3 L3 S	1,72			
H1 C4 L3 S	3,39			
H1 C1 L7 S		0,70		
H1 C2 L7 S		1,19		
H1 C3 L7 S		1,37		
H1 C4 L7 S		2,95		
H1 C1 L3 A			0,78	
H1 C2 L3 A			1,68	
H1 C3 L3 A			1,58	
H1 C4 L3 A			3,34	
H1 C1 L23 A				1,11
H1 C2 L23 A				1,94
H1 C3 L23 A				2,53
H1 C4 L23 A				3,67

H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

Tabelle 33: Hauptversuchsreihe 1: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der chemischen Analyse und des Energiegehaltes.

<u>Charge</u>	<u>Gesamt- wasser</u>	<u>Gesamt- eiweiß</u>	<u>Gesamt- fett</u>	<u>Fett- reduktion</u>	<u>KH</u>	<u>Energie (kcal/100 g)</u>	<u>Energie- reduktion</u>	<u>Asche</u>	<u>Analysensumme</u>
H1 K	60,4 ^a \pm 1,10	11,8 ^a \pm 0,42	24,8 \pm 1,67		0,0	271		2,6 \pm 0,06	99,6
H1 C1	61,6 ^a \pm 0,78	12,6 ^a \pm 0,46	21,2 \pm 0,46	14,5	1,6	256	5,5	2,8 \pm 0,06	99,8
H1 C2	64,4 \pm 0,29	14,0 \pm 0,61	15,8 \pm 0,35	36,3	3,1	210	22,5	3,0 \pm 0,06	100,3
H1 C3	67,6 \pm 0,21	15,7 \pm 0,35	9,4 \pm 0,71	62,1	4,5	165	39,1	3,2 \pm 0,10	100,4
H1 C4	70,1 \pm 0,57	17,8 \pm 0,12	2,6 \pm 0,21	89,5	5,9	118	56,5	3,3 \pm 0,15	99,7

n = 3, Doppelbestimmung pro Charge. KH = Kohlenhydrate; kcal = Kilokalorien; H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge. Die Berechnung der statistischen Signifikanz zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Charge der Standardmortadella erfolgte ausschließlich für die Ergebnisse des Gesamtwassers, des Gesamteiweißes, des Gesamtfettes und der Asche.

Tabelle 34: Hauptversuchsreihe 1: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der chemischen Analyse. Teil 2.

<u>Charge</u>	<u>Trocken- substanz</u>	<u>HP</u>	<u>NPN</u>	<u>ONF</u>	<u>FE</u>	<u>BE</u>	<u>BEFFE</u>	<u>BEFFE im FE</u>	<u>Eigen- wasser</u>	<u>Fremd- wasser</u>	<u>FrE</u>
H1 K	39,6 ^a \pm 1,10	0,23 ^a \pm 0,04	0,76 ^a \pm 0,02	12,2	11,0	1,8	9,2	83,6	44,0	16,4	0,0
H1 C1	38,4 ^a \pm 0,78	0,17 ^a \pm 0,01	0,96 ^a \pm 0,30	14,4	9,2	1,4	7,8	84,8	36,8	24,8	2,4
H1 C2	35,6 \pm 0,29	0,14 \pm 0,03	0,89 \pm 0,09	16,8	8,6	1,1	7,5	87,2	34,4	30,0	4,5
H1 C3	32,4 \pm 0,21	0,14 \pm 0,04	1,20 ^a \pm 0,32	19,8	7,9	1,1	6,8	86,1	31,6	36,0	6,6
H1 C4	29,9 \pm 0,57	0,12 \pm 0,02	1,09 \pm 0,14	24,0	8,0	1,0	7,0	87,5	32,0	38,1	8,7

n = 3, Doppelbestimmung pro Charge. HP = Hydroxyprolin; NPN = Nichtprotein-Stickstoffsubstanz; ONF = Organisches Nichtfett; FE = Fleischeiweiß; BE = Bindegewebeisweiß; BEFFE = Bindegewebeisweißfreies Fleischeiweiß; BEFFE im FE = Bindegewebeisweißfreies Fleischeiweiß im Fleischeiweiß; FrE = Fremdeiweiß; H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge. Die Berechnung der statistischen Signifikanz zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Charge der Standardmortadella erfolgte ausschließlich für die Ergebnisse der Trockensubstanz, des Hydroxyprolins und der Nichtprotein-Stickstoffsubstanz.

Tabelle 35: Hauptversuchsreihe 1: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung und der Bestimmung des Restgasgehaltes.

<u>Charge</u>	<u>Aerobe mesophile GKZ (KbE/g)</u>	<u>Enterobac- teriaceae (KbE/g)</u>	<u>Aerob wachsende Milchsäure- bakterien (KbE/g)</u>	<u>Hefen und Schimmelpilze (KbE/g)</u>	<u>Restgasge- halt: Sauerstoff (Vol.-%)</u>	<u>Restgasge- halt: Kohlendioxid (Vol.-%)</u>
H1 K L3 S	$7,8 \cdot 10^3 \pm 9,0 \cdot 10^{3a}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$		
H1 K L7 S	$7,5 \cdot 10^3 \pm 6,5 \cdot 10^{3b}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$		
H1 K L3 A	$4,4 \cdot 10^3 \pm 3,3 \cdot 10^{3c}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$0,4 \pm 0,04^{c*}$	$27,9 \pm 0,10^{c*}$
H1 K L23 A	$7,4 \cdot 10^6 \pm 7,5 \cdot 10^{6d}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$1,4 \cdot 10^2 \pm 2,4 \cdot 10^{2d}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$1,7 \pm 0,86^d$	$17,8 \pm 1,85^d$
H1 C1 L3 S	$7,0 \cdot 10^3 \pm 6,3 \cdot 10^{4a}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$		
H1 C1 L7 S	$2,7 \cdot 10^4 \pm 3,6 \cdot 10^{4b}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$		
H1 C1 L3 A	$8,6 \cdot 10^4 \pm 5,6 \cdot 10^{4c}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$0,4 \pm 0,04^{c*}$	$27,9 \pm 0,08^{c*}$
H1 C1 L23 A	$8,6 \cdot 10^6 \pm 1,3 \cdot 10^{7d}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$2,2 \cdot 10^2 \pm 2,0 \cdot 10^{2d}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$1,9 \pm 0,91^d$	$17,7 \pm 2,18^d$
H1 C2 L3 S	$6,4 \cdot 10^3 \pm 3,8 \cdot 10^{3a}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$		
H1 C2 L7 S	$1,3 \cdot 10^4 \pm 1,6 \cdot 10^{4b}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$		
H1 C2 L3 A	$8,9 \cdot 10^4 \pm 5,3 \cdot 10^{4c}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$0,4 \pm 0,05^{c*}$	$27,9 \pm 0,08^{c*}$
H1 C2 L23 A	$1,3 \cdot 10^6 \pm 5,8 \cdot 10^{5d}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$5,0 \cdot 10^2 \pm 6,6 \cdot 10^{2d}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$2,2 \pm 0,31^d$	$16,8 \pm 0,30^d$
H1 C3 L3 S	$8,5 \cdot 10^3 \pm 5,0 \cdot 10^{3a}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$		
H1 C3 L7 S	$2,1 \cdot 10^4 \pm 1,3 \cdot 10^{4b}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$		
H1 C3 L3 A	$8,0 \cdot 10^4 \pm 2,8 \cdot 10^{4c}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$0,4 \pm 0,03^{c*}$	$27,9 \pm 0,12^{c*}$
H1 C3 L23 A	$1,7 \cdot 10^7 \pm 1,6 \cdot 10^{7d}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$4,5 \cdot 10^2 \pm 5,4 \cdot 10^{2d}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$2,3 \pm 0,29^d$	$16,6 \pm 0,44^d$
H1 C4 L3 S	$1,0 \cdot 10^4 \pm 1,0 \cdot 10^{4a}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$		
H1 C4 L7 S	$1,5 \cdot 10^4 \pm 2,0 \cdot 10^{4b}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$		
H1 C4 L3 A	$9,4 \cdot 10^4 \pm 6,5 \cdot 10^{4c}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$0,4 \pm 0,04^{c*}$	$28,0 \pm 0,12^{c*}$
H1 C4 L23 A	$2,0 \cdot 10^6 \pm 3,4 \cdot 10^{6d}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$2,0 \cdot 10^2 \pm 2,1 \cdot 10^{2d}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$1,7 \pm 0,79^d$	$17,4 \pm 2,10^d$

n = 3, Doppelbestimmung pro Charge, Convenience-Grad und Lagerungstag. GKZ = Gesamtkeimzahl; KbE/g = Kolonie bildende Einheiten pro Gramm; Vol.-% = Volumenprozent; H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

7.1.4 Zweite Hauptversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100 sowie einer Erhöhung der Wasser- und Magerfleischmenge)

In den folgenden Tabellen sind die Ergebnisse der zweiten Hauptversuchsreihe dargestellt.

Die Unterschiede zwischen den untersuchten Lagerungstagen drei (L3 S) und sieben (L7 S) bzw. drei (L3 A) und 23 (L23 A) wurden innerhalb einer Brühwurstcharge und eines Convenience-Grades statistisch auf Signifikanz untersucht (z. B. zwischen V1 C4 L3 A und V1 C4 L23 A), wobei die statistisch signifikanten Differenzen ($p \leq 0,05$) mit einem Sternchen (*) gekennzeichnet wurden.

Die Unterschiede zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Charge der Standardmortadella wurden gesondert für den jeweiligen Lagerungstag (3; 7; 23) und Convenience-Grad (S = Stückware; A = Aufschnittware) statistisch auf Signifikanz überprüft (z. B. zwischen H2 K L23 A und H2 C1 L23 A; zwischen H2 K L23 A und H2 C2 L23 A usw.). Die rezepturmodifizierten Mortadellachargen in einer Spalte, die den gleichen hochgestellten Buchstaben wie die Kontrollcharge (H2 K L3 S = hochgestelltes a, H2 K L7 S = hochgestelltes b, H2 K L3 A = hochgestelltes C und H2 K L23 A = hochgestelltes D) aufweisen, sind statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) von der dieser unterschiedlich.

Im Rahmen der statistischen Auswertung der sensorischen Profilprüfung und der chemischen Analyse wurden ausschließlich die Differenzen zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Kontrollchargen statistisch auf Signifikanz überprüft.

Die einzelnen Werte für die errechneten statistischen Signifikanzen sind den **Tabellen 50** und **51**entnehmen.

Tabelle 36: Hauptversuchsreihe 2: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der sensorischen Profilprüfung.

<i>Charge</i>	<i>Rot-Wert</i>	<i>Glanz</i>	<i>säuerlich (olfaktorisch)</i>	<i>Härte</i>	<i>Kohäsivität</i>	<i>Adhäsion</i>
H2 K L3 S	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00 ^a	0,00 \pm 0,00 ^a	0,00 \pm 0,00 ^a	0,00 \pm 0,00 ^a
H2 K L7 S	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b
H2 K L3 A	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00 ^c	0,00 \pm 0,00 ^c	0,00 \pm 0,00 ^c	0,00 \pm 0,00 ^c
H2 K L23 A	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00 ^d	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00 ^d	0,00 \pm 0,00 ^d
H2 C1 L3 S	0,78 \pm 0,43	0,44 \pm 0,48	0,22 \pm 0,55 ^a	0,28 \pm 0,57 ^a	0,56 \pm 0,57 ^a	-0,11 \pm 0,32 ^a
H2 C1 L7 S	0,75 \pm 0,39	0,53 \pm 0,47	0,00 \pm 0,00 ^b	0,44 \pm 0,51	0,06 \pm 0,42 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b
H2 C1 L3 A	0,78 \pm 0,43	0,94 \pm 0,51	0,22 \pm 0,43 ^c	0,33 \pm 0,57	0,00 \pm 0,57 ^c	-0,11 \pm 0,32 ^c
H2 C1 L23 A	0,58 \pm 0,49	0,81 \pm 0,52	-0,14 \pm 0,48 ^d	0,53 \pm 0,61	0,44 \pm 0,70	0,00 \pm 0,00 ^d
H2 C2 L3 S	-0,89 \pm 0,58	0,78 \pm 0,52	0,06 \pm 0,70 ^a	0,44 \pm 0,62	0,53 \pm 0,61	-0,06 \pm 0,42 ^a
H2 C2 L7 S	-0,89 \pm 0,58	0,50 \pm 0,49	-0,17 \pm 0,38 ^b	0,39 \pm 0,61	0,14 \pm 0,48 ^b	-0,06 \pm 0,24 ^b
H2 C2 L3 A	-1,10 \pm 0,42	0,75 \pm 0,55	0,22 \pm 0,43 ^c	0,39 \pm 0,70 ^c	0,22 \pm 0,81 ^c	-0,06 \pm 0,42 ^c
H2 C2 L23 A	-1,31 \pm 0,62	0,83 \pm 0,84	0,31 \pm 0,62 ^d	0,58 \pm 0,49	0,33 \pm 0,59 ^d	0,06 \pm 0,42 ^d
H2 C3 L3 S	1,72 \pm 0,46	1,44 \pm 0,51	0,25 \pm 0,43 ^a	0,28 \pm 0,83 ^a	0,36 \pm 0,80 ^a	0,11 \pm 0,58 ^a
H2 C3 L7 S	1,78 \pm 0,43	1,00 \pm 0,34	0,33 \pm 0,45	0,81 \pm 0,62	0,39 \pm 1,04 ^b	0,06 \pm 0,64 ^b
H2 C3 L3 A	1,78 \pm 0,43	1,44 \pm 0,62	0,58 \pm 0,58	0,67 \pm 0,97	0,25 \pm 0,81 ^c	0,14 \pm 0,54 ^c
H2 C3 L23 A	1,92 \pm 0,26	1,58 \pm 0,49	0,06 \pm 0,24 ^d	0,89 \pm 0,65	0,44 \pm 0,78	0,08 \pm 0,26 ^d
<i>Charge</i>	<i>Elastizität</i>	<i>Kaubarkeit</i>	<i>Bissfestigkeit</i>	<i>Feuchtigkeit</i>	<i>Gesamtqualität</i>	
H2 K L3 S	0,00 \pm 0,00 ^a	0,00 \pm 0,00 ^a	0,00 \pm 0,00 ^a	0,00 \pm 0,00 ^a	0,00 \pm 0,00 ^a	
H2 K L7 S	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b	
H2 K L3 A	0,00 \pm 0,00 ^c	0,00 \pm 0,00 ^c	0,00 \pm 0,00 ^c	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00 ^c	
H2 K L23 A	0,00 \pm 0,00 ^d	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00 ^d	0,00 \pm 0,00 ^d	
H2 C1 L3 S	-0,03 \pm 0,61 ^a	0,06 \pm 0,38 ^a	0,36 \pm 0,48	0,22 \pm 0,39 ^a	0,33 \pm 0,57 ^a	
H2 C1 L7 S	0,00 \pm 0,00 ^b	0,11 \pm 0,27 ^b	0,31 \pm 0,46 ^b	0,06 \pm 0,24 ^b	0,06 \pm 0,64 ^b	
H2 C1 L3 A	-0,03 \pm 0,61 ^c	0,19 \pm 0,52 ^c	0,56 \pm 0,59	0,39 \pm 0,47	0,42 \pm 0,65	
H2 C1 L23 A	-0,11 \pm 0,90 ^d	0,47 \pm 0,70	0,47 \pm 0,70	0,33 \pm 0,49 ^d	-0,06 \pm 0,87 ^d	
H2 C2 L3 S	0,19 \pm 0,57 ^a	0,17 \pm 0,71 ^a	-0,03 \pm 0,98 ^a	0,17 \pm 0,59 ^a	-0,11 \pm 0,68 ^a	
H2 C2 L7 S	0,11 \pm 0,58 ^b	0,28 \pm 0,55 ^b	0,42 \pm 0,49	0,22 \pm 0,39 ^b	-0,17 \pm 0,62 ^b	
H2 C2 L3 A	0,17 \pm 0,62 ^c	0,11 \pm 0,58 ^c	0,11 \pm 0,76 ^c	0,61 \pm 0,68	-0,28 \pm 0,75 ^c	
H2 C2 L23 A	0,17 \pm 0,62 ^d	0,39 \pm 0,58	0,61 \pm 0,50	0,61 \pm 0,78	-0,22 \pm 0,62 ^d	
H2 C3 L3 S	-0,11 \pm 0,90 ^a	0,14 \pm 0,74 ^a	0,06 \pm 0,78	0,72 \pm 0,65	-0,56 \pm 1,20 ^a	
H2 C3 L7 S	0,14 \pm 1,00 ^b	0,31 \pm 0,75 ^b	0,67 \pm 0,77	0,56 \pm 0,59	-0,92 \pm 1,06	
H2 C3 L3 A	0,11 \pm 0,96 ^c	0,28 \pm 0,75 ^c	0,72 \pm 0,89	0,83 \pm 0,69	-0,64 \pm 1,05	
H2 C3 L23 A	0,19 \pm 0,62 ^d	0,64 \pm 0,68	0,64 \pm 0,59	0,92 \pm 0,65	-0,72 \pm 0,84	

n = 3, mit je 6 Prüfpersonen pro Charge, Convenience-Grad und Lagerungstag. H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

Tabelle 37: Hauptversuchsreihe 2: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der instrumentellen Textur-Profil-Analyse (TPA), der instrumentellen Farbmessung und der physikalischen Analyse.

<u>Charge</u>	<u>Härte</u> (N)	<u>Bissfestigkeit</u> (N)	<u>Adhäsion</u> (Ns)	<u>Elastizität</u> (%)	<u>Kohäsivität</u> (dimensionslos)	<u>Kaubarkeit</u> (N)
H2 K L3 S	22,99 \pm 3,53*	15,22 \pm 2,13	-0,08 \pm 0,03 ^a	54,11 \pm 10,17	0,19 \pm 0,02	2,38 \pm 0,72
H2 K L7 S	24,50 \pm 3,10	15,28 \pm 2,25	-0,07 \pm 0,03 ^b	56,29 \pm 11,61	0,19 \pm 0,02 ^b	2,73 \pm 0,84
H2 K L3 A	21,48 \pm 2,87*	14,52 \pm 2,29*	-0,08 \pm 0,04 ^{c*}	52,88 \pm 12,63	0,18 \pm 0,03 ^c	2,11 \pm 0,86*
H2 K L23 A	24,29 \pm 3,06	16,31 \pm 2,72 ^D	-0,06 \pm 0,03 ^D	56,98 \pm 11,71	0,19 \pm 0,02	2,64 \pm 0,91
H2 C1 L3 S	25,97 \pm 3,43*	17,68 \pm 2,31	-0,06 \pm 0,03	64,94 \pm 11,26	0,20 \pm 0,02	3,31 \pm 0,90
H2 C1 L7 S	27,68 \pm 2,54	18,14 \pm 2,35	-0,05 \pm 0,03	63,70 \pm 11,88	0,19 \pm 0,02 ^b	3,49 \pm 1,04
H2 C1 L3 A	26,39 \pm 3,20	15,97 \pm 2,47	-0,06 \pm 0,03	58,99 \pm 10,17	0,19 \pm 0,02 ^c	3,02 \pm 0,84*
H2 C1 L23 A	27,28 \pm 4,54	16,62 \pm 3,51 ^D	-0,05 \pm 0,04 ^D	63,28 \pm 12,92	0,20 \pm 0,02	3,53 \pm 1,06
H2 C2 L3 S	34,20 \pm 4,16*	21,63 \pm 3,43	-0,05 \pm 0,03	69,36 \pm 8,61	0,21 \pm 0,02	5,00 \pm 1,11
H2 C2 L7 S	36,07 \pm 2,85	21,89 \pm 3,33	-0,05 \pm 0,03	69,16 \pm 8,30	0,20 \pm 0,02	5,09 \pm 1,06
H2 C2 L3 A	34,20 \pm 3,54*	20,02 \pm 4,45*	-0,05 \pm 0,03	72,05 \pm 9,74	0,22 \pm 0,02	5,00 \pm 1,54*
H2 C2 L23 A	36,42 \pm 3,43	23,14 \pm 4,56	-0,04 \pm 0,02	72,01 \pm 10,95	0,22 \pm 0,02	5,80 \pm 1,34
H2 C3 L3 S	36,75 \pm 4,35*	22,20 \pm 3,54	-0,07 \pm 0,03 ^a	69,88 \pm 7,18	0,21 \pm 0,02	5,44 \pm 1,20
H2 C3 L7 S	38,49 \pm 3,22	22,00 \pm 3,28	-0,06 \pm 0,03 ^b	67,18 \pm 8,50	0,21 \pm 0,02	5,31 \pm 1,12
H2 C3 L3 A	37,27 \pm 4,90	20,88 \pm 4,76	-0,07 \pm 0,04 ^c	66,41 \pm 10,68	0,21 \pm 0,02	5,33 \pm 1,62
H2 C3 L23 A	38,65 \pm 5,03	20,66 \pm 4,40	-0,05 \pm 0,03 ^D	68,67 \pm 9,76	0,22 \pm 0,03	5,73 \pm 1,37
<u>Charge</u>	<u>Helligkeitswert</u> (L*-Wert)	<u>Rot-Wert</u> (a*-Wert)	<u>Gelb-Wert</u> (b*-Wert)	<u>pH-Wert</u>	<u>a_w-Wert</u>	
H2 K L3 S	71,46 \pm 1,49*	8,63 \pm 0,52	11,96 \pm 0,28 ^{a*}	6,4 \pm 0,01 ^a	0,98 \pm 0,0050 ^a	
H2 K L7 S	71,19 \pm 1,49	8,67 \pm 0,49	12,06 \pm 0,28	6,4 \pm 0,02 ^b	0,98 \pm 0,0031 ^b	
H2 K L3 A	71,09 \pm 1,46	8,77 \pm 0,46*	12,15 \pm 0,34 ^c	6,4 \pm 0,07 ^c	0,98 \pm 0,0045 ^c	
H2 K L23 A	71,28 \pm 1,30	8,47 \pm 0,40	12,20 \pm 0,37 ^D	6,3 \pm 0,02 ^D	0,98 \pm 0,0034 ^D	
H2 C1 L3 S	69,08 \pm 0,47	9,39 \pm 0,31	12,15 \pm 0,43*	6,4 \pm 0,01 ^a	0,97 \pm 0,0040 ^a	
H2 C1 L7 S	69,15 \pm 0,56	9,39 \pm 0,47	12,31 \pm 0,46	6,4 \pm 0,02 ^b	0,98 \pm 0,0056 ^b	
H2 C1 L3 A	69,13 \pm 0,56	9,45 \pm 0,24	12,20 \pm 0,14 ^{c*}	6,3 \pm 0,04 ^c	0,98 \pm 0,0043 ^c	
H2 C1 L23 A	69,29 \pm 0,60	9,37 \pm 0,49	12,36 \pm 0,34	6,3 \pm 0,03 ^D	0,97 \pm 0,0072 ^D	
H2 C2 L3 S	75,64 \pm 0,58*	7,66 \pm 0,42*	11,45 \pm 0,51	6,3 \pm 0,01	0,98 \pm 0,0037 ^a	
H2 C2 L7 S	75,46 \pm 0,69	7,41 \pm 0,38	11,53 \pm 0,74	6,3 \pm 0,03	0,98 \pm 0,0026 ^b	
H2 C2 L3 A	75,26 \pm 0,86*	7,63 \pm 0,36*	11,44 \pm 0,39	6,3 \pm 0,02*	0,98 \pm 0,0030 ^c	
H2 C2 L23 A	75,51 \pm 0,91	7,26 \pm 0,48	11,38 \pm 0,58	6,2 \pm 0,05	0,98 \pm 0,0029 ^D	
H2 C3 L3 S	66,46 \pm 1,04	10,16 \pm 0,43	11,88 \pm 0,30 ^a	6,3 \pm 0,04	0,98 \pm 0,0033 ^a	
H2 C3 L7 S	66,48 \pm 0,97	10,22 \pm 0,43	11,87 \pm 0,31	6,3 \pm 0,03	0,98 \pm 0,0054 ^b	
H2 C3 L3 A	66,29 \pm 0,88	10,12 \pm 0,47*	11,90 \pm 0,35	6,2 \pm 0,02	0,98 \pm 0,0028 ^c	
H2 C3 L23 A	66,38 \pm 0,89	9,95 \pm 0,42	12,06 \pm 0,45 ^D	6,2 \pm 0,05	0,98 \pm 0,0031 ^D	

Instrumentelle Textur-Profil-Analyse und instrumentelle Farbmessung: n = 3, mit je 15 Messungen pro Charge, Convenience-Grad und Lagerungstag; physikalische Analyse: n = 3, Doppelbestimmung pro Charge, Convenience-Grad und Lagerungstag. N = Newton; Ns = Newtonsekunde; H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

Tabelle 38: Hauptversuchsreihe 2: Farbabstände (Δ Gesamt) zwischen den untersuchten Lagerungstagen innerhalb der Brühwurstchargen.

<u>Charge</u>	<u>ΔGesamt</u>
H2 K L3 S	0,29
H2 K L7 S	
H2 K L3 A	0,36
H2 K L23 A	
H2 C1 L3 S	0,17
H2 C1 L7 S	
H2 C1 L3 A	0,24
H2 C1 L23 A	
H2 C2 L3 S	0,32
H2 C2 L7 S	
H2 C2 L3 A	0,45
H2 C2 L23 A	
H2 C3 L3 S	0,06
H2 C3 L7 S	
H2 C3 L3 A	0,25
H2 C3 L23 A	

H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

Tabelle 39: Hauptversuchsreihe 2: Farbabstände (Δ Gesamt) zwischen den rezepturmodifizierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge.

	H2 K L3 S	H2 K L7 S	H2 K L3 A	H2 K L23 A
H2 C1 L3 S	2,51			
H2 C2 L3 S	4,32			
H2 C3 L3 S	5,23			
H2 C1 L7 S		2,18		
H2 C2 L7 S		4,48		
H2 C3 L7 S		4,96		
H2 C1 L3 A			2,08	
H2 C2 L3 A			4,38	
H2 C3 L3 A			4,99	
H2 C1 L23 A				2,19
H2 C2 L23 A				4,48
H2 C3 L23 A				5,12

H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

Tabelle 40: Hauptversuchsreihe 2: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der chemischen Analyse und des Energiegehaltes.

<i>Charge</i>	<i>Gesamt- wasser</i>	<i>Gesamt- eiweiß</i>	<i>Gesamt- fett</i>	<i>Fett- reduktion</i>	<i>KH</i>	<i>Energie (kcal/100 g)</i>	<i>Energie- reduktion</i>	<i>Asche</i>	<i>Analysensumme</i>
H2 K	60,4 $\pm 0,71$	11,8 $\pm 0,15$	25,0 $\pm 0,46$		0,0	272		2,6 $\pm 0,10$	99,8
H2 C1	67,3 $\pm 0,35$	14,4 $\pm 0,10$	13,2 $\pm 0,70$	47,2	1,6	183	32,7	2,8 $\pm 0,06$	99,3
H2 C2	66,9 $\pm 0,49$	14,7 $\pm 0,32$	6,4 $\pm 0,00$	74,4	1,6	123	54,8	2,9 $\pm 0,06$	92,5
H2 C3	73,9 $\pm 0,38$	17,2 $\pm 0,46$	2,8 $\pm 0,17$	88,8	3,1	106	61,0	3,2 $\pm 0,06$	100,2

n = 3, Doppelbestimmung pro Charge. KH = Kohlenhydrate; kcal = Kilokalorien; H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge. Die Berechnung der statistischen Signifikanz zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Charge der Standardmortadella erfolgte ausschließlich für die Ergebnisse des Gesamtwassers, des Gesamteiweißes, des Gesamtfettes und der Asche.

Tabelle 41: Hauptversuchsreihe 2: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der chemischen Analyse. Teil 2.

<i>Charge</i>	<i>Trocken- substanz</i>	<i>HP</i>	<i>NPN</i>	<i>ONF</i>	<i>FE</i>	<i>BE</i>	<i>BEFFE</i>	<i>BEFFE im FE</i>	<i>Eigen- wasser</i>	<i>Fremd- wasser</i>	<i>FrE</i>
H2 K	39,6 $\pm 0,71$	0,22 ^a $\pm 0,04$	0,75 ^a $\pm 0,13$	12	11	1,8	9,2	83,6	44,0	16,4	0,0
H2 C1	32,7 $\pm 0,35$	0,18 ^a $\pm 0,03$	1,04 $\pm 0,05$	16,7	11	1,4	9,6	87,3	44,0	23,3	2,4
H2 C2	33,1 $\pm 0,49$	0,14 $\pm 0,02$	0,85 ^a $\pm 0,24$	23,8	11,4	1,1	10,3	93,6	45,6	21,3	2,4
H2 C3	26,1 $\pm 0,38$	0,14 $\pm 0,01$	1,34 $\pm 0,12$	20,1	11,4	1,1	10,3	93,6	45,6	28,3	4,5

n = 3, Doppelbestimmung pro Charge. HP = Hydroxyprolin; NPN = Nichtprotein-Stickstoffsubstanz; ONF = Organisches Nichtfett; FE = Fleischeiweiß; BE = Bindegewebeiseiweiß; BEFFE = Bindegewebeiseiweißfreies Fleischeiweiß; BEFFE im FE = Bindegewebeiseiweißfreies Fleischeiweiß im Fleischeiweiß; FrE = Fremdeiweiß; H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge. Die Berechnung der statistischen Signifikanz zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Charge der Standardmortadella erfolgte ausschließlich für die Ergebnisse der Trockensubstanz, des Hydroxyprolins und der Nichtprotein-Stickstoffsubstanz.

Tabelle 42: Hauptversuchsreihe 2: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung und der Bestimmung des Restgasgehaltes.

<i>Charge</i>	<i>Aerobe mesophile GKZ (KbE/g)</i>	<i>Entero- bacteriaceae (KbE/g)</i>	<i>Aerob wachsende Milchsäure- bakterien (KbE/g)</i>	<i>Hefen und Schimmelpilze (KbE/g)</i>	<i>Restgas- gehalt: Sauerstoff (Vol.-%)</i>	<i>Restgasge- halt: Kohlendioxid (Vol.-%)</i>
H2 K L3 S	$9,1 \cdot 10^3 \pm 6,4 \cdot 10^{3a}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$		
H2 K L7 S	$2,5 \cdot 10^3 \pm 1,8 \cdot 10^{3b}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$		
H2 K L3 A	$9,5 \cdot 10^4 \pm 2,2 \cdot 10^{4c}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$0,4 \pm 0,03^{c*}$	$27,9 \pm 0,10^{c*}$
H2 K L23 A	$4,2 \cdot 10^6 \pm 6,6 \cdot 10^{6d}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^{2d}$	$<1,0 \cdot 10^{2d}$	$1,2 \pm 0,90^d$	$17,6 \pm 2,28^d$
H2 C1 L3 S	$7,9 \cdot 10^3 \pm 6,0 \cdot 10^{3a}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$		
H2 C1 L7 S	$5,0 \cdot 10^3 \pm 2,3 \cdot 10^{3b}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$		
H2 C1 L3 A	$1,6 \cdot 10^4 \pm 1,3 \cdot 10^{4c}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$0,4 \pm 0,03^{c*}$	$27,9 \pm 0,10^{c*}$
H2 C1 L23 A	$8,6 \cdot 10^6 \pm 7,9 \cdot 10^{6d}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$5,9 \cdot 10^2 \pm 2,6 \cdot 10^{2d}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$2,1 \pm 0,24^d$	$16,1 \pm 0,26^d$
H2 C2 L3 S	$1,9 \cdot 10^4 \pm 1,5 \cdot 10^{4a}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$		
H2 C2 L7 S	$2,6 \cdot 10^4 \pm 1,3 \cdot 10^4$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$		
H2 C2 L3 A	$1,7 \cdot 10^4 \pm 1,1 \cdot 10^{4c}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$0,4 \pm 0,03^{c*}$	$27,9 \pm 0,08^{c*}$
H2 C2 L23 A	$2,9 \cdot 10^6 \pm 2,7 \cdot 10^{6d}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$2,5 \cdot 10^2 \pm 2,3 \cdot 10^{2d}$	$1,9 \pm 1,00^d$	$18,0 \pm 2,13^d$
H2 C3 L3 S	$3,7 \cdot 10^4 \pm 5,0 \cdot 10^{4a}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$		
H2 C3 L7 S	$1,6 \cdot 10^4 \pm 7,1 \cdot 10^{3b}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$		
H2 C3 L3 A	$1,5 \cdot 10^4 \pm 2,9 \cdot 10^{3c}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$0,4 \pm 0,02^{c*}$	$27,9 \pm 0,12^{c*}$
H2 C3 L23 A	$3,9 \cdot 10^6 \pm 3,5 \cdot 10^{5d}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$2,2 \pm 0,24^d$	$16,8 \pm 0,24^d$

n = 3, Doppelbestimmung pro Charge, Convenience-Grad und Lagerungstag. GKZ = Gesamtkeimzahl; KbE/g = Kolonie bildende Einheiten pro Gramm; Vol.-% = Volumenprozent; H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

7.1.5 Dritte Hauptversuchsreihe (Substitution des tierischen Fettgewebes durch Simplese® 100 sowie einer Erhöhung der Wasser- und Magerfleischmenge in Kombination mit dem Einsatz von Transglutaminase)

In den folgenden Tabellen sind die Ergebnisse der dritten Hauptversuchsreihe dargestellt.

Die Unterschiede zwischen den untersuchten Lagerungstagen drei (L3 S) und sieben (L7 S) bzw. drei (L3 A) und 23 (L23 A) wurden innerhalb einer Brühwurstcharge und eines Convenience-Grades statistisch auf Signifikanz untersucht (z. B. zwischen V1 C4 L3 A und V1 C4 L23 A), wobei die statistisch signifikanten Differenzen ($p \leq 0,05$) mit einem Sternchen (*) gekennzeichnet wurden.

Die Unterschiede zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Charge der Standardmortadella wurden gesondert für den jeweiligen Lagerungstag (3; 7; 23) und Convenience-Grad (S = Stückware; A = Aufschnittware) statistisch auf Signifikanz überprüft (z. B. zwischen H3 K L23 A und H3 C1 L23 A; zwischen H3 K L23 A und H3 C2 L23 A usw.). Die rezepturmodifizierten Mortadellachargen in einer Spalte, die den gleichen hochgestellten Buchstaben wie die Kontrollcharge (H3 K L3 S = hochgestelltes a, H3 K L7 S = hochgestelltes b, H3 K L3 A = hochgestelltes C und H3 K L23 A = hochgestelltes D) aufweisen, sind statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$) von der dieser unterschiedlich.

Im Rahmen der statistischen Auswertung der sensorischen Profilprüfung und der chemischen Analyse wurden ausschließlich die Differenzen zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Kontrollchargen statistisch auf Signifikanz überprüft.

Die einzelnen Werte für die errechneten statistischen Signifikanzen sind den **Tabellen 50** und **51** entnehmen.

Tabelle 43: Hauptversuchsreihe 3: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der sensorischen Profilprüfung.

<i>Charge</i>	<i>Rot-Wert</i>	<i>Glanz</i>	<i>säuerlich (olfaktorisch)</i>	<i>Härte</i>	<i>Kohäsivität</i>	<i>Adhäsion</i>
H3 K L3 S	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00 ^a	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00 ^a
H3 K L7 S	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00 ^b
H3 K L3 A	0,00 \pm 0,00 ^c	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00 ^c	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00 ^c
H3 K L23 A	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00 ^d	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00 ^d	0,00 \pm 0,00 ^d
H3 C1 L3 S	1,33 \pm 0,51	1,64 \pm 0,48	0,06 \pm 0,54 ^a	1,19 \pm 0,79	1,06 \pm 0,64	-0,28 \pm 0,67 ^a
H3 C1 L7 S	1,33 \pm 0,62	1,39 \pm 0,50	-0,11 \pm 0,48 ^b	1,33 \pm 0,57	0,61 \pm 1,02	0,61 \pm 0,85
H3 C1 L3 A	1,14 \pm 0,33	1,78 \pm 0,43	0,33 \pm 0,59 ^c	1,14 \pm 0,87	1,36 \pm 0,80	-0,33 \pm 0,77 ^c
H3 C1 L23 A	1,40 \pm 0,63	1,56 \pm 0,51	0,28 \pm 0,58 ^d	0,83 \pm 0,86	0,33 \pm 0,97 ^d	0,22 \pm 0,55 ^d
H3 C2 L3 S	0,42 \pm 0,71	1,42 \pm 0,55	0,17 \pm 0,62 ^a	1,19 \pm 0,46	1,19 \pm 0,46	-0,39 \pm 0,61 ^a
H3 C2 L7 S	0,64 \pm 0,61	1,28 \pm 0,50	0,00 \pm 0,34 ^b	1,25 \pm 0,55	0,61 \pm 0,92	-0,50 \pm 0,92 ^b
H3 C2 L3 A	0,19 \pm 0,60 ^c	1,56 \pm 0,51	0,33 \pm 0,59 ^c	1,14 \pm 0,59	1,25 \pm 0,73	-0,33 \pm 0,49 ^c
H3 C2 L23 A	0,61 \pm 0,50	1,61 \pm 0,61	0,11 \pm 0,47 ^d	0,89 \pm 0,78	0,47 \pm 1,06 ^d	0,11 \pm 0,58 ^d
H3 C3 L3 S	1,33 \pm 0,51	1,56 \pm 0,51	0,06 \pm 0,64 ^a	1,03 \pm 0,81	1,08 \pm 0,60	-0,39 \pm 0,78 ^a
H3 C3 L7 S	1,42 \pm 0,46	1,39 \pm 0,50	-0,17 \pm 0,38 ^b	0,97 \pm 0,53	0,56 \pm 0,91	-0,56 \pm 0,86 ^b
H3 C3 L3 A	0,92 \pm 0,55	1,83 \pm 0,38	0,33 \pm 0,49 ^c	0,86 \pm 0,66	0,83 \pm 0,87	-0,17 \pm 0,51 ^c
H3 C3 L23 A	1,11 \pm 0,37	1,67 \pm 0,49	0,06 \pm 0,54 ^d	0,64 \pm 0,94	0,47 \pm 1,01 ^d	0,17 \pm 0,62 ^d
<i>Charge</i>	<i>Elastizität</i>	<i>Kaubarkeit</i>	<i>Bissfestigkeit</i>	<i>Feuchtigkeit</i>	<i>Gesamtqualität</i>	
H3 K L3 S	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00 ^a	
H3 K L7 S	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00 ^b	
H3 K L3 A	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00 ^c	
H3 K L23 A	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00 ^d	
H3 C1 L3 S	1,00 \pm 0,77	0,97 \pm 0,85	1,69 \pm 0,46	1,69 \pm 0,46	-0,50 \pm 0,79	
H3 C1 L7 S	1,22 \pm 0,73	0,61 \pm 1,24 ^b	1,31 \pm 0,60	1,22 \pm 0,83	-0,06 \pm 0,89 ^b	
H3 C1 L3 A	1,33 \pm 0,69	0,94 \pm 0,87	1,39 \pm 0,61	1,72 \pm 0,46	-0,08 \pm 0,94 ^c	
H3 C1 L23 A	0,61 \pm 0,98	0,67 \pm 0,82	1,17 \pm 0,75	1,11 \pm 0,83	-0,47 \pm 0,92	
H3 C2 L3 S	1,06 \pm 0,64	0,86 \pm 0,76	1,56 \pm 0,51	1,53 \pm 0,50	-0,44 \pm 0,78	
H3 C2 L7 S	1,33 \pm 0,59	0,44 \pm 0,97 ^b	1,28 \pm 0,57	1,11 \pm 0,81	0,31 \pm 0,93 ^b	
H3 C2 L3 A	0,89 \pm 0,96	0,83 \pm 0,86	1,56 \pm 0,51	1,67 \pm 0,49	0,08 \pm 0,88 ^c	
H3 C2 L23 A	0,94 \pm 0,80	0,83 \pm 0,98	1,17 \pm 1,17	1,33 \pm 0,69	-0,25 \pm 0,73 ^d	
H3 C3 L3 S	1,03 \pm 0,65	0,75 \pm 0,88	1,33 \pm 0,59	1,69 \pm 0,46	-0,33 \pm 0,69 ^a	
H3 C3 L7 S	1,08 \pm 0,77	0,53 \pm 1,08 ^b	0,97 \pm 0,72	1,17 \pm 0,77	-0,17 \pm 0,69 ^b	
H3 C3 L3 A	0,83 \pm 0,71	0,78 \pm 0,81	1,25 \pm 0,43	1,78 \pm 0,43	-0,39 \pm 0,78 ^c	
H3 C3 L23 A	0,72 \pm 0,96	1,00 \pm 1,10	1,00 \pm 1,10	1,22 \pm 0,73	-0,47 \pm 0,70	

n = 3, mit je 6 Prüfpersonen pro Charge, Convenience-Grad und Lagerungstag; n = 1 für die Deskriptoren Bissfestigkeit und Kaubarkeit der MAP-verpackten Brühwurstzeugnisse am 23. Lagerungstag. H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

Tabelle 44: Hauptversuchsreihe 3: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der instrumentellen Textur-Profil-Analyse (TPA), der instrumentellen Farbmessung und der physikalischen Analyse.

<u>Charge</u>	<u>Härte</u> (N)	<u>Bissfestigkeit</u> (N)	<u>Adhäsion</u> (Ns)	<u>Elastizität</u> (%)	<u>Kohäsivität</u> (dimensionslos)	<u>Kaubarkeit</u> (N)
H3 K L3 S	20,02 \pm 2,88*	11,56 \pm 1,96	-0,08 \pm 0,03	48,57 \pm 11,79	0,18 \pm 0,02*	1,78 \pm 0,67
H3 K L7 S	21,21 \pm 3,39	11,80 \pm 2,06	-0,07 \pm 0,04	51,09 \pm 10,24	0,19 \pm 0,02	2,02 \pm 0,50
H3 K L3 A	19,45 \pm 2,33*	11,15 \pm 1,80*	-0,08 \pm 0,04	53,15 \pm 11,15	0,19 \pm 0,02 ^C	1,98 \pm 0,54*
H3 K L23 A	21,82 \pm 3,55	14,28 \pm 2,19	-0,07 \pm 0,03	56,53 \pm 11,53	0,20 \pm 0,03 ^D	2,53 \pm 0,76
H3 C1 L3 S	25,41 \pm 3,81*	20,16 \pm 2,73	-0,04 \pm 0,02	72,70 \pm 13,14	0,20 \pm 0,03	3,73 \pm 1,19
H3 C1 L7 S	27,66 \pm 4,28	20,63 \pm 3,72	-0,04 \pm 0,02	68,51 \pm 12,37	0,20 \pm 0,03	4,00 \pm 1,11
H3 C1 L3 A	28,00 \pm 4,95	19,14 \pm 4,05*	-0,04 \pm 0,03	66,64 \pm 12,89	0,21 \pm 0,04*	3,98 \pm 1,54
H3 C1 L23 A	29,58 \pm 4,24	21,94 \pm 5,86	-0,04 \pm 0,03	71,24 \pm 12,26	0,22 \pm 0,03	4,60 \pm 1,19
H3 C2 L3 S	27,86 \pm 4,48*	22,48 \pm 7,15	-0,04 \pm 0,03	72,81 \pm 14,32	0,20 \pm 0,03	4,31 \pm 1,53
H3 C2 L7 S	30,10 \pm 4,84	23,14 \pm 6,58	-0,04 \pm 0,03	71,76 \pm 13,70	0,21 \pm 0,03	4,46 \pm 1,64
H3 C2 L3 A	29,84 \pm 5,01*	22,81 \pm 5,07	-0,04 \pm 0,02	75,13 \pm 12,28	0,21 \pm 0,03	4,91 \pm 1,49
H3 C2 L23 A	32,23 \pm 5,11	23,88 \pm 5,91	-0,03 \pm 0,02	71,29 \pm 10,26	0,21 \pm 0,03	4,93 \pm 1,61
H3 C3 L3 S	25,35 \pm 4,68*	17,48 \pm 4,56	-0,05 \pm 0,03	63,85 \pm 11,57	0,19 \pm 0,03	3,18 \pm 1,32
H3 C3 L7 S	26,76 \pm 4,72	16,96 \pm 4,82	-0,05 \pm 0,03	60,86 \pm 13,09	0,20 \pm 0,03	3,27 \pm 1,34
H3 C3 L3 A	25,72 \pm 4,01*	17,41 \pm 5,02*	-0,06 \pm 0,02	65,91 \pm 14,56	0,20 \pm 0,03 ^C	3,40 \pm 1,30*
H3 C3 L23 A	30,04 \pm 5,88	20,07 \pm 6,09	-0,06 \pm 0,03	67,10 \pm 13,64	0,20 \pm 0,03 ^D	4,24 \pm 1,61

<u>Charge</u>	<u>Helligkeitswert</u> (L*-Wert)	<u>Rot-Wert</u> (a*-Wert)	<u>Gelb-Wert</u> (b*-Wert)	<u>pH-Wert</u>	<u>a_v-Wert</u>
H3 K L3 S	71,47 \pm 0,66*	8,10 \pm 0,48	12,98 \pm 0,67	6,4 \pm 0,01 ^a	0,98 \pm 0,0021 ^a
H3 K L7 S	71,68 \pm 0,64	8,00 \pm 0,40	13,07 \pm 0,66	6,4 \pm 0,01 ^b	0,98 \pm 0,0017 ^b
H3 K L3 A	71,09 \pm 0,98*	8,17 \pm 0,57*	13,24 \pm 0,82*	6,3 \pm 0,06 ^C	0,98 \pm 0,0044 ^C
H3 K L23 A	72,04 \pm 1,05	7,71 \pm 0,63	13,02 \pm 0,83 ^D	6,2 \pm 0,14 ^D	0,98 \pm 0,0031 ^D
H3 C1 L3 S	67,03 \pm 0,58	9,18 \pm 0,23*	12,26 \pm 0,40	6,4 \pm 0,02 ^a	0,98 \pm 0,0087 ^a
H3 C1 L7 S	67,06 \pm 0,47	9,28 \pm 0,17	12,32 \pm 0,35	6,4 \pm 0,03 ^b	0,98 \pm 0,0048 ^b
H3 C1 L3 A	67,00 \pm 0,63	9,38 \pm 0,27	12,21 \pm 0,36*	6,3 \pm 0,05 ^{C*}	0,98 \pm 0,0048 ^C
H3 C1 L23 A	67,21 \pm 0,48	9,35 \pm 0,25	12,39 \pm 0,37	6,1 \pm 0,20 ^D	0,98 \pm 0,0078 ^D
H3 C2 L3 S	69,96 \pm 0,43	8,56 \pm 0,24*	12,59 \pm 0,51*	6,3 \pm 0,02	0,98 \pm 0,0035 ^a
H3 C2 L7 S	69,97 \pm 0,39	8,69 \pm 0,22	12,47 \pm 0,34	6,4 \pm 0,02 ^b	0,98 \pm 0,0031 ^b
H3 C2 L3 A	68,91 \pm 1,21*	8,87 \pm 0,16	12,53 \pm 0,48*	6,3 \pm 0,06 ^{C*}	0,98 \pm 0,0063 ^C
H3 C2 L23 A	69,80 \pm 0,31	8,87 \pm 0,19	12,39 \pm 0,27	5,9 \pm 0,14	0,98 \pm 0,0041 ^D
H3 C3 L3 S	67,57 \pm 0,69	8,94 \pm 0,25*	12,68 \pm 0,55	6,3 \pm 0,02	0,98 \pm 0,0055 ^a
H3 C3 L7 S	67,58 \pm 0,34	9,03 \pm 0,25	12,65 \pm 0,43	6,3 \pm 0,03	0,98 \pm 0,0037 ^b
H3 C3 L3 A	68,62 \pm 1,24*	8,68 \pm 0,38*	12,60 \pm 0,39*	6,2 \pm 0,04*	0,98 \pm 0,0064 ^C
H3 C3 L23 A	67,52 \pm 0,55	8,96 \pm 0,32	12,92 \pm 0,51 ^D	6,1 \pm 0,12	0,98 \pm 0,0071 ^D

Instrumentelle Textur-Profil-Analyse und instrumentelle Farbmessung: n = 3, mit je 15 Messungen pro Charge, Convenience-Grad und Lagerungstag; physikalische Analyse: n = 3, Doppelbestimmung pro Charge, Convenience-Grad und Lagerungstag. N = Newton; Ns = Newtonsekunde; H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

Tabelle 45: Hauptversuchsreihe 3: Farbabstände (Δ Gesamt) zwischen den untersuchten Lagerungstagen innerhalb der Brühwurstchargen.

<u>Charge</u>	<u>ΔGesamt</u>
H3 K L3 S H3 K L7 S	0,25
H3 K L3 A H3 K L23 A	1,08
H3 C1 L3 S H3 C1 L7 S	0,12
H3 C1 L3 A H3 C1 L23 A	0,28
H3 C2 L3 S H3 C2 L7 S	0,18
H3 C2 L3 A H3 C2 L23 A	0,90
H3 C3 L3 S H3 C3 L7 S	0,10
H3 C3 L3 A H3 C3 L23 A	1,18

H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

Tabelle 46: Hauptversuchsreihe 3: Farbabstände (Δ Gesamt) zwischen den rezepturmodifizierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge.

	H3 K L3 S	H3 K L7 S	H3 K L3 A	H3 K L23 A
H3 C1 L3 S	4,63			
H3 C2 L3 S	1,63			
H3 C3 L3 S	4,00			
H3 C1 L7 S		4,85		
H3 C2 L7 S		1,99		
H3 C3 L7 S		4,25		
H3 C1 L3 A			4,39	
H3 C2 L3 A			2,40	
H3 C3 L3 A			2,60	
H3 C1 L23 A				5,14
H3 C2 L23 A				2,60
H3 C3 L23 A				4,69

H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

Tabelle 47: Hauptversuchsreihe 3: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der chemischen Analyse und des Energiegehaltes.

<u>Charge</u>	<u>Gesamt- wasser</u>	<u>Gesamt- eiweiß</u>	<u>Gesamt- fett</u>	<u>Fett- reduktion</u>	<u>KH</u>	<u>Energie (kcal/100 g)</u>	<u>Energie- reduktion</u>	<u>Asche</u>	<u>Analysensumme</u>
H3 K	59,9 $\pm 0,44$	11,7 $\pm 0,30$	25,8 $\pm 0,45$		0,0	279		2,5 $\pm 0,06$	99,9
H3 C1	75,8 $\pm 1,63$	15,2 $\pm 1,92$	4,8 $\pm 0,61$	81,4	1,6	111	60,2	2,8 $\pm 0,06$	100,2
H3 C2	75,6 $\pm 1,90$	15,6 $\pm 1,25$	3,9 $\pm 0,26$	84,9	1,6	104	62,7	2,8 $\pm 0,06$	99,5
H3 C3	75,8 $\pm 1,33$	16,0 $\pm 1,31$	2,3 $\pm 0,46$	91,1	3,1	97	65,2	3,0 $\pm 0,06$	100,2

n = 3, Doppelbestimmung pro Charge. KH = Kohlenhydrate; kcal = Kilokalorien; H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge. Die Berechnung der statistischen Signifikanz zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Charge der Standardmortadella erfolgte ausschließlich für die Ergebnisse des Gesamtwassers, des Gesamteiweißes, des Gesamtfettes und der Asche.

Tabelle 48: Hauptversuchsreihe 3: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der chemischen Analyse. Teil 2.

<u>Charge</u>	<u>Trocken- substanz</u>	<u>HP</u>	<u>NPN</u>	<u>ONF</u>	<u>FE</u>	<u>BE</u>	<u>BEFFE</u>	<u>BEFFE im FE</u>	<u>Eigen- wasser</u>	<u>Fremd- wasser</u>	<u>FrE</u>
H3 K	40,1 $\pm 0,44$	0,19 ^a $\pm 0,04$	0,75 ^a $\pm 0,02$	11,8	10,9	1,5	9,4	86,2	43,6	16,3	0,0
H3 C1	24,2 $\pm 1,63$	0,15 ^a $\pm 0,07$	1,12 $\pm 0,08$	16,6	11,7	1,2	10,5	89,7	46,8	29	2,4
H3 C2	24,4 $\pm 1,90$	0,12 ^a $\pm 0,04$	0,96 ^a $\pm 0,19$	17,7	12,2	1,0	11,2	91,8	48,8	26,8	2,4
H3 C3	24,2 $\pm 1,33$	0,13 $\pm 0,01$	1,23 $\pm 0,06$	18,9	10,3	1,0	9,3	90,3	41,2	34,6	4,5

n = 3, Doppelbestimmung pro Charge. HP = Hydroxyprolin; NPN = Nichtprotein-Stickstoffsubstanz; ONF = Organisches Nichtfett; FE = Fleischeiweiß; BE = Bindegewebeeiweiß; BEFFE = Bindegewebeeiweißfreies Fleischeiweiß; BEFFE im FE = Bindegewebeeiweißfreies Fleischeiweiß im Fleischeiweiß; FrE = Fremdeiweiß; H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge. Die Berechnung der statistischen Signifikanz zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Charge der Standardmortadella erfolgte ausschließlich für die Ergebnisse der Trockensubstanz, des Hydroxyprolins und der Nichtprotein-Stickstoffsubstanz.

Tabelle 49: Hauptversuchsreihe 3: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung und der Bestimmung des Restgasgehaltes.

<u>Charge</u>	<u>Aerobe mesophile GKZ (KbE/g)</u>	<u>Entero- bacteriaceae (KbE/g)</u>	<u>Aerob wachsende Milchsäure- bakterien (KbE/g)</u>	<u>Hefen und Schimmelpilze (KbE/g)</u>	<u>Restgas- gehalt: Sauerstoff (Vol.-%)</u>	<u>Restgasge- halt: Kohlendio- xid (Vol.-%)</u>
H3 K L3 S	$1,6 \cdot 10^4 \pm 2,2 \cdot 10^{4a}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$		
H3 K L7 S	$7,2 \cdot 10^3 \pm 4,0 \cdot 10^{3b}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$		
H3 K L3 A	$6,7 \cdot 10^3 \pm 1,2 \cdot 10^{3c}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$0,4 \pm 0,02^{c*}$	$27,9 \pm 0,12^{c*}$
H3 K L23 A	$1,5 \cdot 10^7 \pm 1,4 \cdot 10^{7d}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^{2d}$	$3,3 \cdot 10^2 \pm 5,5 \cdot 10^{2d}$	$1,8 \pm 0,96^d$	$17,9 \pm 2,11^d$
H3 C1 L3 S	$7,7 \cdot 10^2 \pm 2,2 \cdot 10^{2a}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$		
H3 C1 L7 S	$1,0 \cdot 10^4 \pm 8,0 \cdot 10^{3b}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$		
H3 C1 L3 A	$2,5 \cdot 10^3 \pm 3,1 \cdot 10^{3c}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$0,4 \pm 0,03^{c*}$	$27,9 \pm 0,12^{c*}$
H3 C1 L23 A	$5,6 \cdot 10^6 \pm 7,6 \cdot 10^{6d}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$3,4 \cdot 10^2 \pm 5,8 \cdot 10^{2d}$	$6,1 \cdot 10^2 \pm 5,3 \cdot 10^{2d}$	$2,1 \pm 1,13^d$	$18,1 \pm 1,86^d$
H3 C2 L3 S	$4,0 \cdot 10^3 \pm 4,7 \cdot 10^{3a}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$		
H3 C2 L7 S	$6,5 \cdot 10^3 \pm 5,2 \cdot 10^{3b}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$		
H3 C2 L3 A	$3,8 \cdot 10^3 \pm 2,9 \cdot 10^{3c}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$0,4 \pm 0,03^{c*}$	$27,9 \pm 0,10^{c*}$
H3 C2 L23 A	$1,4 \cdot 10^7 \pm 1,1 \cdot 10^{7d}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$6,1 \cdot 10^2 \pm 5,3 \cdot 10^{2d}$	$3,0 \pm 0,22^d$	$16,8 \pm 0,51^d$
H3 C3 L3 S	$1,1 \cdot 10^3 \pm 9,3 \cdot 10^{2a}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$		
H3 C3 L7 S	$8,2 \cdot 10^3 \pm 1,2 \cdot 10^{4b}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$		
H3 C3 L3 A	$4,2 \cdot 10^3 \pm 3,4 \cdot 10^{3c}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$0,4 \pm 0,02^{c*}$	$28,0 \pm 0,10^{c*}$
H3 C3 L23 A	$9,5 \cdot 10^6 \pm 7,5 \cdot 10^{6d}$	$<1,0 \cdot 10^2$	$<1,0 \cdot 10^2$	$5,8 \cdot 10^2 \pm 5,0 \cdot 10^{2d}$	$2,3 \pm 1,23^d$	$17,8 \pm 1,76^d$

n = 3, Doppelbestimmung pro Charge, Convenience-Grad und Lagerungstag. GKZ = Gesamtkeimzahl; KbE/g = Kolonie bildende Einheiten pro Gramm; Vol.-% = Volumenprozent; H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

7.1.6 Signifikanztabellen

Tabelle 50: Statistische Signifikanzen zwischen den untersuchten Lagerungstagen der Brühwurstchargen aller Versuchsreihen.

<i>Textur: Härte</i>		H1 C3 L3 S – H1 C3 L7 S	0,000	V1 K L3 S – V1 K L7 S	0,283
V1 K L3 S – V1 K L7 S	0,532	H1 C4 L3 S – H1 C4 L7 S	0,001	V1 C1 L3 S – V1 C1 L7 S	0,884
V1 C1 L3 S – V1 C1 L7 S	0,292	H1 K L3 A – H1 K L23 A	0,016	V1 C2 L3 S – V1 C2 L7 S	0,066
V1 C2 L3 S – V1 C2 L7 S	0,365	H1 C1 L3 A – H1 C1 L23 A	0,000	V1 C3 L3 S – V1 C3 L7 S	0,267
V1 C3 L3 S – V1 C3 L7 S	0,216	H1 C2 L3 A – H1 C2 L23 A	0,048	V1 C4 L3 S – V1 C4 L7 S	0,169
V1 C4 L3 S – V1 C4 L7 S	0,499	H1 C3 L3 A – H1 C3 L23 A	0,000	V1 K L3 A – V1 K L23 A	0,004
V1 K L3 A – V1 K L23 A	0,480	H1 C4 L3 A – H1 C4 L23 A	0,519	V1 C1 L3 A – V1 C1 L23 A	0,017
V1 C1 L3 A – V1 C1 L23 A	0,527	H2 K L3 S – H2 K L7 S	0,768	V1 C2 L3 A – V1 C2 L23 A	0,533
V1 C2 L3 A – V1 C2 L23 A	0,025	H2 C1 L3 S – H2 C1 L7 S	0,381	V1 C3 L3 A – V1 C3 L23 A	0,615
V1 C3 L3 A – V1 C3 L23 A	0,425	H2 C2 L3 S – H2 C2 L7 S	0,553	V1 C4 L3 A – V1 C4 L23 A	0,025
V1 C4 L3 A – V1 C4 L23 A	0,765	H2 C3 L3 S – H2 C3 L7 S	0,972	V2 K L3 S – V2 K L7 S	0,882
V2 K L3 S – V2 K L7 S	0,320	H2 K L3 A – H2 K L23 A	0,001	V2 C1 L3 S – V2 C1 L7 S	0,548
V2 C1 L3 S – V2 C1 L7 S	0,034	H2 C1 L3 A – H2 C1 L23 A	0,300	V2 C2 L3 S – V2 C2 L7 S	0,901
V2 C2 L3 S – V2 C2 L7 S	0,140	H2 C2 L3 A – H2 C2 L23 A	0,000	V2 C3 L3 S – V2 C3 L7 S	0,985
V2 C3 L3 S – V2 C3 L7 S	0,661	H2 C3 L3 A – H2 C3 L23 A	0,740	V2 C4 L3 S – V2 C4 L7 S	0,020
V2 C4 L3 S – V2 C4 L7 S	0,091	H3 K L3 S – H3 K L7 S	0,584	V2 K L3 A – V2 K L23 A	0,268
V2 K L3 A – V2 K L23 A	0,224	H3 C1 L3 S – H3 C1 L7 S	0,488	V2 C1 L3 A – V2 C1 L23 A	0,307
V2 C1 L3 A – V2 C1 L23 A	0,239	H3 C2 L3 S – H3 C2 L7 S	0,342	V2 C2 L3 A – V2 C2 L23 A	0,018
V2 C2 L3 A – V2 C2 L23 A	0,041	H3 C3 L3 S – H3 C3 L7 S	0,334	V2 C3 L3 A – V2 C3 L23 A	0,003
V2 C3 L3 A – V2 C3 L23 A	0,008	H3 K L3 A – H3 K L23 A	0,000	V2 C4 L3 A – V2 C4 L23 A	0,675
V2 C4 L3 A – V2 C4 L23 A	0,138	H3 C1 L3 A – H3 C1 L23 A	0,019	H1 K L3 S – H1 K L7 S	0,518
H1 K L3 S – H1 K L7 S	0,055	H3 C2 L3 A – H3 C2 L23 A	0,208	H1 C1 L3 S – H1 C1 L7 S	0,175
H1 C1 L3 S – H1 C1 L7 S	0,006	H3 C3 L3 A – H3 C3 L23 A	0,003	H1 C2 L3 S – H1 C2 L7 S	0,288
H1 C2 L3 S – H1 C2 L7 S	0,324	Textur: Klebrigkeit		H1 C3 L3 S – H1 C3 L7 S	0,953
H1 C3 L3 S – H1 C3 L7 S	0,511	V1 K L3 S – V1 K L7 S	0,118	H1 C4 L3 S – H1 C4 L7 S	0,308
H1 C4 L3 S – H1 C4 L7 S	0,106	V1 C1 L3 S – V1 C1 L7 S	0,439	H1 K L3 A – H1 K L23 A	0,583
H1 K L3 A – H1 K L23 A	0,728	V1 C2 L3 S – V1 C2 L7 S	0,300	H1 C1 L3 A – H1 C1 L23 A	0,382
H1 C1 L3 A – H1 C1 L23 A	0,874	V1 C3 L3 S – V1 C3 L7 S	0,600	H1 C2 L3 A – H1 C2 L23 A	0,564
H1 C2 L3 A – H1 C2 L23 A	0,617	V1 C4 L3 S – V1 C4 L7 S	0,806	H1 C3 L3 A – H1 C3 L23 A	0,051
H1 C3 L3 A – H1 C3 L23 A	0,168	V1 K L3 A – V1 K L23 A	0,497	H1 C4 L3 A – H1 C4 L23 A	0,036
H1 C4 L3 A – H1 C4 L23 A	0,790	V1 C1 L3 A – V1 C1 L23 A	0,073	H2 K L3 S – H2 K L7 S	0,366
H2 K L3 S – H2 K L7 S	0,419	V1 C2 L3 A – V1 C2 L23 A	0,602	H2 C1 L3 S – H2 C1 L7 S	0,564
H2 C1 L3 S – H2 C1 L7 S	0,127	V1 C3 L3 A – V1 C3 L23 A	0,156	H2 C2 L3 S – H2 C2 L7 S	0,906
H2 C2 L3 S – H2 C2 L7 S	0,219	V1 C4 L3 A – V1 C4 L23 A	1,000	H2 C3 L3 S – H2 C3 L7 S	0,089
H2 C3 L3 S – H2 C3 L7 S	0,258	V2 K L3 S – V2 K L7 S	0,772	H2 K L3 A – H2 K L23 A	0,097
H2 K L3 A – H2 K L23 A	0,087	V2 C1 L3 S – V2 C1 L7 S	0,289	H2 C1 L3 A – H2 C1 L23 A	0,107
H2 C1 L3 A – H2 C1 L23 A	0,256	V2 C2 L3 S – V2 C2 L7 S	0,783	H2 C2 L3 A – H2 C2 L23 A	0,985
H2 C2 L3 A – H2 C2 L23 A	0,893	V2 C3 L3 S – V2 C3 L7 S	0,032	H2 C3 L3 A – H2 C3 L23 A	0,316
H2 C3 L3 A – H2 C3 L23 A	0,369	V2 C4 L3 S – V2 C4 L7 S	0,937	H3 K L3 S – H3 K L7 S	0,282
H3 K L3 S – H3 K L7 S	0,021	V2 K L3 A – V2 K L23 A	0,071	H3 C1 L3 S – H3 C1 L7 S	0,149
H3 C1 L3 S – H3 C1 L7 S	0,438	V2 C1 L3 A – V2 C1 L23 A	0,910	H3 C2 L3 S – H3 C2 L7 S	0,626
H3 C2 L3 S – H3 C2 L7 S	0,462	V2 C2 L3 A – V2 C2 L23 A	0,176	H3 C3 L3 S – H3 C3 L7 S	0,183
H3 C3 L3 S – H3 C3 L7 S	0,262	V2 C3 L3 A – V2 C3 L23 A	0,063	H3 K L3 A – H3 K L23 A	0,149
H3 K L3 A – H3 K L23 A	0,067	V2 C4 L3 A – V2 C4 L23 A	0,825	H3 C1 L3 A – H3 C1 L23 A	0,099
H3 C1 L3 A – H3 C1 L23 A	0,047	H1 K L3 S – H1 K L7 S	0,410	H3 C2 L3 A – H3 C2 L23 A	0,145
H3 C2 L3 A – H3 C2 L23 A	0,355	H1 C1 L3 S – H1 C1 L7 S	0,466	H3 C3 L3 A – H3 C3 L23 A	0,600
H3 C3 L3 A – H3 C3 L23 A	0,417	H1 C2 L3 S – H1 C2 L7 S	0,283	Textur: Kohäsivität	
Textur: Bissfestigkeit		H1 C3 L3 S – H1 C3 L7 S	0,361	V1 K L3 S – V1 K L7 S	0,532
V1 K L3 S – V1 K L7 S	0,627	H1 C4 L3 S – H1 C4 L7 S	0,222	V1 C1 L3 S – V1 C1 L7 S	0,292
V1 C1 L3 S – V1 C1 L7 S	0,799	H1 K L3 A – H1 K L23 A	0,027	V1 C2 L3 S – V1 C2 L7 S	0,365
V1 C2 L3 S – V1 C2 L7 S	0,107	H1 C1 L3 A – H1 C1 L23 A	0,528	V1 C3 L3 S – V1 C3 L7 S	0,216
V1 C3 L3 S – V1 C3 L7 S	0,704	H1 C2 L3 A – H1 C2 L23 A	0,003	V1 C4 L3 S – V1 C4 L7 S	0,499
V1 C4 L3 S – V1 C4 L7 S	0,279	H1 C3 L3 A – H1 C3 L23 A	0,311	V1 K L3 A – V1 K L23 A	0,480
V1 K L3 A – V1 K L23 A	0,001	H1 C4 L3 A – H1 C4 L23 A	0,443	V1 C1 L3 A – V1 C1 L23 A	0,527
V1 C1 L3 A – V1 C1 L23 A	0,162	H2 K L3 S – H2 K L7 S	0,073	V1 C2 L3 A – V1 C2 L23 A	0,025
V1 C2 L3 A – V1 C2 L23 A	0,003	H2 C1 L3 S – H2 C1 L7 S	0,570	V1 C3 L3 A – V1 C3 L23 A	0,425
V1 C3 L3 A – V1 C3 L23 A	0,610	H2 C2 L3 S – H2 C2 L7 S	0,912	V1 C4 L3 A – V1 C4 L23 A	0,765
V1 C4 L3 A – V1 C4 L23 A	0,030	H2 C3 L3 S – H2 C3 L7 S	0,078	V2 K L3 S – V2 K L7 S	0,320
V2 K L3 S – V2 K L7 S	0,004	H2 K L3 A – H2 K L23 A	0,020	V2 C1 L3 S – V2 C1 L7 S	0,034
V2 C1 L3 S – V2 C1 L7 S	0,220	H2 C1 L3 A – H2 C1 L23 A	0,339	V2 C2 L3 S – V2 C2 L7 S	0,140
V2 C2 L3 S – V2 C2 L7 S	0,002	H2 C2 L3 A – H2 C2 L23 A	0,148	V2 C3 L3 S – V2 C3 L7 S	0,661
V2 C3 L3 S – V2 C3 L7 S	0,439	H2 C3 L3 A – H2 C3 L23 A	0,073	V2 C4 L3 S – V2 C4 L7 S	0,091
V2 C4 L3 S – V2 C4 L7 S	0,223	H3 K L3 S – H3 K L7 S	0,266	V2 K L3 A – V2 K L23 A	0,224
V2 K L3 A – V2 K L23 A	0,046	H3 C1 L3 S – H3 C1 L7 S	0,524	V2 C1 L3 A – V2 C1 L23 A	0,239
V2 C1 L3 A – V2 C1 L23 A	0,329	H3 C2 L3 S – H3 C2 L7 S	0,559	V2 C2 L3 A – V2 C2 L23 A	0,041
V2 C2 L3 A – V2 C2 L23 A	0,002	H3 C3 L3 S – H3 C3 L7 S	0,000	V2 C3 L3 A – V2 C3 L23 A	0,008
V2 C3 L3 A – V2 C3 L23 A	0,000	H3 K L3 A – H3 K L23 A	0,506	V2 C4 L3 A – V2 C4 L23 A	0,138
V2 C4 L3 A – V2 C4 L23 A	0,055	H3 C1 L3 A – H3 C1 L23 A	0,479	H1 K L3 S – H1 K L7 S	0,055
H1 K L3 S – H1 K L7 S	0,001	H3 C2 L3 A – H3 C2 L23 A	0,263	H1 C1 L3 S – H1 C1 L7 S	0,006
H1 C1 L3 S – H1 C1 L7 S	0,000	H3 C3 L3 A – H3 C3 L23 A	0,661	H1 C2 L3 S – H1 C2 L7 S	0,324
H1 C2 L3 S – H1 C2 L7 S	0,001	Textur: Elastizität		H1 C3 L3 S – H1 C3 L7 S	0,511

H1 C4 L3 S – H1 C4 L7 S	0,106	V1 C3 L3 S – V1 C3 L7 S	0,143	H1 C4 L3 A – H1 C4 L23 A	0,000
H1 K L3 A – H1 K L23 A	0,728	V1 C4 L3 S – V1 C4 L7 S	0,183	H2 K L3 S – H2 K L7 S	0,386
H1 C1 L3 A – H1 C1 L23 A	0,874	V1 K L3 A – V1 K L23 A	0,232	H2 C1 L3 S – H2 C1 L7 S	0,928
H1 C2 L3 A – H1 C2 L23 A	0,617	V1 C1 L3 A – V1 C1 L23 A	0,605	H2 C2 L3 S – H2 C2 L7 S	0,009
H1 C3 L3 A – H1 C3 L23 A	0,168	V1 C2 L3 A – V1 C2 L23 A	0,158	H2 C3 L3 S – H2 C3 L7 S	0,148
H1 C4 L3 A – H1 C4 L23 A	0,790	V1 C3 L3 A – V1 C3 L23 A	0,002	H2 K L3 A – H2 K L23 A	0,000
H2 K L3 S – H2 K L7 S	0,419	V1 C4 L3 A – V1 C4 L23 A	0,029	H2 C1 L3 A – H2 C1 L23 A	0,297
H2 C1 L3 S – H2 C1 L7 S	0,127	V2 K L3 S – V2 K L7 S	0,110	H2 C2 L3 A – H2 C2 L23 A	0,000
H2 C2 L3 S – H2 C2 L7 S	0,219	V2 C1 L3 S – V2 C1 L7 S	0,072	H2 C3 L3 A – H2 C3 L23 A	0,019
H2 C3 L3 S – H2 C3 L7 S	0,258	V2 C2 L3 S – V2 C2 L7 S	0,270	H3 K L3 S – H3 K L7 S	0,082
H2 K L3 A – H2 K L23 A	0,087	V2 C3 L3 S – V2 C3 L7 S	0,000	H3 C1 L3 S – H3 C1 L7 S	0,004
H2 C1 L3 A – H2 C1 L23 A	0,256	V2 C4 L3 S – V2 C4 L7 S	0,000	H3 C2 L3 S – H3 C2 L7 S	0,000
H2 C2 L3 A – H2 C2 L23 A	0,893	V2 K L3 A – V2 K L23 A	0,130	H3 C3 L3 S – H3 C3 L7 S	0,013
H2 C3 L3 A – H2 C3 L23 A	0,369	V2 C1 L3 A – V2 C1 L23 A	0,000	H3 K L3 A – H3 K L23 A	0,000
H3 K L3 S – H3 K L7 S	0,021	V2 C2 L3 A – V2 C2 L23 A	0,925	H3 C1 L3 A – H3 C1 L23 A	0,524
H3 C1 L3 S – H3 C1 L7 S	0,438	V2 C3 L3 A – V2 C3 L23 A	0,000	H3 C2 L3 A – H3 C2 L23 A	0,901
H3 C2 L3 S – H3 C2 L7 S	0,462	V2 C4 L3 A – V2 C4 L23 A	0,001	H3 C3 L3 A – H3 C3 L23 A	0,001
H3 C3 L3 S – H3 C3 L7 S	0,262	H1 K L3 S – H1 K L7 S	0,016	b*-Wert	
H3 K L3 A – H3 K L23 A	0,067	H1 C1 L3 S – H1 C1 L7 S	0,098	V1 K L3 S – V1 K L7 S	0,001
H3 C1 L3 A – H3 C1 L23 A	0,047	H1 C2 L3 S – H1 C2 L7 S	0,000	V1 C1 L3 S – V1 C1 L7 S	0,315
H3 C2 L3 A – H3 C2 L23 A	0,355	H1 C3 L3 S – H1 C3 L7 S	0,230	V1 C2 L3 S – V1 C2 L7 S	0,004
H3 C3 L3 A – H3 C3 L23 A	0,417	H1 C4 L3 S – H1 C4 L7 S	0,014	V1 C3 L3 S – V1 C3 L7 S	0,716
Textur: Kaufähigkeit		H1 K L3 A – H1 K L23 A	0,001	V1 C4 L3 S – V1 C4 L7 S	0,129
V1 K L3 S – V1 K L7 S	1,000	H1 C1 L3 A – H1 C1 L23 A	0,035	V1 K L3 A – V1 K L23 A	0,000
V1 C1 L3 S – V1 C1 L7 S	1,000	H1 C2 L3 A – H1 C2 L23 A	0,008	V1 C1 L3 A – V1 C1 L23 A	0,004
V1 C2 L3 S – V1 C2 L7 S	0,000	H1 C3 L3 A – H1 C3 L23 A	0,003	V1 C2 L3 A – V1 C2 L23 A	0,001
V1 C3 L3 S – V1 C3 L7 S	0,106	H1 C4 L3 A – H1 C4 L23 A	0,796	V1 C3 L3 A – V1 C3 L23 A	0,081
V1 C4 L3 S – V1 C4 L7 S	0,458	H2 K L3 S – H2 K L7 S	0,008	V1 C4 L3 A – V1 C4 L23 A	0,000
V1 K L3 A – V1 K L23 A	0,016	H2 C1 L3 S – H2 C1 L7 S	0,561	V2 K L3 S – V2 K L7 S	0,732
V1 C1 L3 A – V1 C1 L23 A	0,508	H2 C2 L3 S – H2 C2 L7 S	0,043	V2 C1 L3 S – V2 C1 L7 S	0,000
V1 C2 L3 A – V1 C2 L23 A	0,006	H2 C3 L3 S – H2 C3 L7 S	0,754	V2 C2 L3 S – V2 C2 L7 S	0,099
V1 C3 L3 A – V1 C3 L23 A	0,205	H2 K L3 A – H2 K L23 A	0,115	V2 C3 L3 S – V2 C3 L7 S	0,338
V1 C4 L3 A – V1 C4 L23 A	0,034	H2 C1 L3 A – H2 C1 L23 A	0,184	V2 C4 L3 S – V2 C4 L7 S	0,509
V2 K L3 S – V2 K L7 S	0,727	H2 C2 L3 A – H2 C2 L23 A	0,017	V2 K L3 A – V2 K L23 A	0,199
V2 C1 L3 S – V2 C1 L7 S	0,453	H2 C3 L3 A – H2 C3 L23 A	0,230	V2 C1 L3 A – V2 C1 L23 A	0,141
V2 C2 L3 S – V2 C2 L7 S	0,453	H3 K L3 S – H3 K L7 S	0,036	V2 C2 L3 A – V2 C2 L23 A	0,106
V2 C3 L3 S – V2 C3 L7 S	0,508	H3 C1 L3 S – H3 C1 L7 S	0,587	V2 C3 L3 A – V2 C3 L23 A	0,322
V2 C4 L3 S – V2 C4 L7 S	0,289	H3 C2 L3 S – H3 C2 L7 S	0,843	V2 C4 L3 A – V2 C4 L23 A	0,614
V2 K L3 A – V2 K L23 A	0,344	H3 C3 L3 S – H3 C3 L7 S	0,903	H1 K L3 S – H1 K L7 S	0,122
V2 C1 L3 A – V2 C1 L23 A	0,125	H3 K L3 A – H3 K L23 A	0,000	H1 C1 L3 S – H1 C1 L7 S	0,842
V2 C2 L3 A – V2 C2 L23 A	0,012	H3 C1 L3 A – H3 C1 L23 A	0,085	H1 C2 L3 S – H1 C2 L7 S	0,544
V2 C3 L3 A – V2 C3 L23 A	0,001	H3 C2 L3 A – H3 C2 L23 A	0,000	H1 C3 L3 S – H1 C3 L7 S	0,352
V2 C4 L3 A – V2 C4 L23 A	0,792	H3 C3 L3 A – H3 C3 L23 A	0,000	H1 C4 L3 S – H1 C4 L7 S	0,463
H1 K L3 S – H1 K L7 S	0,486	a*-Wert		H1 K L3 A – H1 K L23 A	0,002
H1 C1 L3 S – H1 C1 L7 S	0,556	V1 K L3 S – V1 K L7 S	0,000	H1 C1 L3 A – H1 C1 L23 A	0,099
H1 C2 L3 S – H1 C2 L7 S	0,026	V1 C1 L3 S – V1 C1 L7 S	0,079	H1 C2 L3 A – H1 C2 L23 A	0,117
H1 C3 L3 S – H1 C3 L7 S	0,238	V1 C2 L3 S – V1 C2 L7 S	0,808	H1 C3 L3 A – H1 C3 L23 A	0,000
H1 C4 L3 S – H1 C4 L7 S	0,332	V1 C3 L3 S – V1 C3 L7 S	0,976	H1 C4 L3 A – H1 C4 L23 A	0,000
H1 K L3 A – H1 K L23 A	0,151	V1 C4 L3 S – V1 C4 L7 S	0,019	H2 K L3 S – H2 K L7 S	0,013
H1 C1 L3 A – H1 C1 L23 A	0,832	V1 K L3 A – V1 K L23 A	0,000	H2 C1 L3 S – H2 C1 L7 S	0,001
H1 C2 L3 A – H1 C2 L23 A	0,230	V1 C1 L3 A – V1 C1 L23 A	0,000	H2 C2 L3 S – H2 C2 L7 S	0,407
H1 C3 L3 A – H1 C3 L23 A	0,015	V1 C2 L3 A – V1 C2 L23 A	0,000	H2 C3 L3 S – H2 C3 L7 S	0,789
H1 C4 L3 A – H1 C4 L23 A	0,003	V1 C3 L3 A – V1 C3 L23 A	0,514	H2 K L3 A – H2 K L23 A	0,474
H2 K L3 S – H2 K L7 S	0,078	V1 C4 L3 A – V1 C4 L23 A	0,040	H2 C1 L3 A – H2 C1 L23 A	0,005
H2 C1 L3 S – H2 C1 L7 S	0,607	V2 K L3 S – V2 K L7 S	0,348	H2 C2 L3 A – H2 C2 L23 A	0,541
H2 C2 L3 S – H2 C2 L7 S	0,719	V2 C1 L3 S – V2 C1 L7 S	0,753	H2 C3 L3 A – H2 C3 L23 A	0,063
H2 C3 L3 S – H2 C3 L7 S	0,546	V2 C2 L3 S – V2 C2 L7 S	0,842	H3 K L3 S – H3 K L7 S	0,111
H2 K L3 A – H2 K L23 A	0,001	V2 C3 L3 S – V2 C3 L7 S	0,000	H3 C1 L3 S – H3 C1 L7 S	0,095
H2 C1 L3 A – H2 C1 L23 A	0,015	V2 C4 L3 S – V2 C4 L7 S	0,240	H3 C2 L3 S – H3 C2 L7 S	0,020
H2 C2 L3 A – H2 C2 L23 A	0,018	V2 K L3 A – V2 K L23 A	0,000	H3 C3 L3 S – H3 C3 L7 S	0,549
H2 C3 L3 A – H2 C3 L23 A	0,864	V2 C1 L3 A – V2 C1 L23 A	0,000	H3 K L3 A – H3 K L23 A	0,002
H3 K L3 S – H3 K L7 S	0,078	V2 C2 L3 A – V2 C2 L23 A	0,043	H3 C1 L3 A – H3 C1 L23 A	0,000
H3 C1 L3 S – H3 C1 L7 S	0,164	V2 C3 L3 A – V2 C3 L23 A	0,016	H3 C2 L3 A – H3 C2 L23 A	0,025
H3 C2 L3 S – H3 C2 L7 S	0,281	V2 C4 L3 A – V2 C4 L23 A	0,000	H3 C3 L3 A – H3 C3 L23 A	0,003
H3 C3 L3 S – H3 C3 L7 S	1,000	H1 K L3 S – H1 K L7 S	0,192	pH-Wert	
H3 K L3 A – H3 K L23 A	0,000	H1 C1 L3 S – H1 C1 L7 S	0,551	V1 K L3 S – V1 K L7 S	0,336
H3 C1 L3 A – H3 C1 L23 A	0,055	H1 C2 L3 S – H1 C2 L7 S	0,051	V1 C1 L3 S – V1 C1 L7 S	0,314
H3 C2 L3 A – H3 C2 L23 A	0,945	H1 C3 L3 S – H1 C3 L7 S	0,383	V1 C2 L3 S – V1 C2 L7 S	0,749
H3 C3 L3 A – H3 C3 L23 A	0,000	H1 C4 L3 S – H1 C4 L7 S	0,032	V1 C3 L3 S – V1 C3 L7 S	0,686
L*-Wert		H1 K L3 A – H1 K L23 A	0,000	V1 C4 L3 S – V1 C4 L7 S	0,242
V1 K L3 S – V1 K L7 S	0,075	H1 C1 L3 A – H1 C1 L23 A	0,000	V1 K L3 A – V1 K L23 A	0,972
V1 C1 L3 S – V1 C1 L7 S	0,067	H1 C2 L3 A – H1 C2 L23 A	0,001	V1 C1 L3 A – V1 C1 L23 A	0,141
V1 C2 L3 S – V1 C2 L7 S	0,027	H1 C3 L3 A – H1 C3 L23 A	0,052	V1 C2 L3 A – V1 C2 L23 A	0,266

V1 C3 L3 A – V1 C3 L23 A	0,856	H2 K L3 A – H2 K L23 A	0,145	H3 K L3 A – H3 K L23 A	0,048
V1 C4 L3 A – V1 C4 L23 A	0,795	H2 C1 L3 A – H2 C1 L23 A	0,437	H3 C1 L3 A – H3 C1 L23 A	0,000
V2 K L3 S – V2 K L7 S	0,500	H2 C2 L3 A – H2 C2 L23 A	0,897	H3 C2 L3 A – H3 C2 L23 A	0,013
V2 C1 L3 S – V2 C1 L7 S	*	H2 C3 L3 A – H2 C3 L23 A	0,443	H3 C3 L3 A – H3 C3 L23 A	0,000
V2 C2 L3 S – V2 C2 L7 S	0,525	H3 K L3 S – H3 K L7 S	0,465	Restgasgehalt: Kohlendioxid	
V2 C3 L3 S – V2 C3 L7 S	*	H3 C1 L3 S – H3 C1 L7 S	0,280	V1 K L3 A – V1 K L23 A	0,004
V2 C4 L3 S – V2 C4 L7 S	0,500	H3 C2 L3 S – H3 C2 L7 S	0,076	V1 C1 L3 A – V1 C1 L23 A	0,012
V2 K L3 A – V2 K L23 A	0,090	H3 C3 L3 S – H3 C3 L7 S	0,251	V1 C2 L3 A – V1 C2 L23 A	0,008
V2 C1 L3 A – V2 C1 L23 A	0,134	H3 K L3 A – H3 K L23 A	0,084	V1 C3 L3 A – V1 C3 L23 A	0,008
V2 C2 L3 A – V2 C2 L23 A	0,500	H3 C1 L3 A – H3 C1 L23 A	0,753	V1 C4 L3 A – V1 C4 L23 A	0,040
V2 C3 L3 A – V2 C3 L23 A	0,144	H3 C2 L3 A – H3 C2 L23 A	0,625	V2 K L3 A – V2 K L23 A	0,034
V2 C4 L3 A – V2 C4 L23 A	0,344	H3 C3 L3 A – H3 C3 L23 A	0,272	V2 C1 L3 A – V2 C1 L23 A	0,012
H1 K L3 S – H1 K L7 S	0,456	Aerobe mesophile Gesamtkeimzahl		V2 C2 L3 A – V2 C2 L23 A	0,017
H1 C1 L3 S – H1 C1 L7 S	0,102	H1 K L3 S – H1 K L7 S	0,968	V2 C3 L3 A – V2 C3 L23 A	0,012
H1 C2 L3 S – H1 C2 L7 S	0,082	H1 C1 L3 S – H1 C1 L7 S	0,449	V2 C4 L3 A – V2 C4 L23 A	0,032
H1 C3 L3 S – H1 C3 L7 S	0,141	H1 C2 L3 S – H1 C2 L7 S	0,517	H1 K L3 A – H1 K L23 A	0,000
H1 C4 L3 S – H1 C4 L7 S	0,272	H1 C3 L3 S – H1 C3 L7 S	0,258	H1 C1 L3 A – H1 C1 L23 A	0,000
H1 K L3 A – H1 K L23 A	0,046	H1 C4 L3 S – H1 C4 L7 S	0,486	H1 C2 L3 A – H1 C2 L23 A	0,000
H1 C1 L3 A – H1 C1 L23 A	0,200	H1 K L3 A – H1 K L23 A	0,229	H1 C3 L3 A – H1 C3 L23 A	0,000
H1 C2 L3 A – H1 C2 L23 A	0,415	H1 C1 L3 A – H1 C1 L23 A	0,373	H1 C4 L3 A – H1 C4 L23 A	0,000
H1 C3 L3 A – H1 C3 L23 A	0,273	H1 C2 L3 A – H1 C2 L23 A	0,064	H2 K L3 A – H2 K L23 A	0,000
H1 C4 L3 A – H1 C4 L23 A	0,358	H1 C3 L3 A – H1 C3 L23 A	0,214	H2 C1 L3 A – H2 C1 L23 A	0,000
H2 K L3 S – H2 K L7 S	0,428	H1 C4 L3 A – H1 C4 L23 A	0,413	H2 C2 L3 A – H2 C2 L23 A	0,000
H2 C1 L3 S – H2 C1 L7 S	1,000	H2 K L3 S – H2 K L7 S	0,300	H2 C3 L3 A – H2 C3 L23 A	0,000
H2 C2 L3 S – H2 C2 L7 S	0,638	H2 C1 L3 S – H2 C1 L7 S	0,533	H3 K L3 A – H3 K L23 A	0,000
H2 C3 L3 S – H2 C3 L7 S	0,120	H2 C2 L3 S – H2 C2 L7 S	0,193	H3 C1 L3 A – H3 C1 L23 A	0,000
H2 K L3 A – H2 K L23 A	0,067	H2 C3 L3 S – H2 C3 L7 S	0,546	H3 C2 L3 A – H3 C2 L23 A	0,000
H2 C1 L3 A – H2 C1 L23 A	0,534	H2 K L3 A – H2 K L23 A	0,384	H3 C3 L3 A – H3 C3 L23 A	0,000
H2 C2 L3 A – H2 C2 L23 A	0,022	H2 C1 L3 A – H2 C1 L23 A	0,202		
H2 C3 L3 A – H2 C3 L23 A	0,476	H2 C2 L3 A – H2 C2 L23 A	0,212		
H3 K L3 S – H3 K L7 S	0,060	H2 C3 L3 A – H2 C3 L23 A	0,198		
H3 C1 L3 S – H3 C1 L7 S	0,363	H3 K L3 S – H3 K L7 S	0,586		
H3 C2 L3 S – H3 C2 L7 S	0,741	H3 C1 L3 S – H3 C1 L7 S	0,177		
H3 C3 L3 S – H3 C3 L7 S	0,842	H3 C2 L3 S – H3 C2 L7 S	0,447		
H3 K L3 A – H3 K L23 A	0,134	H3 C3 L3 S – H3 C3 L7 S	0,366		
H3 C1 L3 A – H3 C1 L23 A	0,013	H3 K L3 A – H3 K L23 A	0,189		
H3 C2 L3 A – H3 C2 L23 A	0,000	H3 C1 L3 A – H3 C1 L23 A	0,331		
H3 C3 L3 A – H3 C3 L23 A	0,009	H3 C2 L3 A – H3 C2 L23 A	0,157		
a_w-Wert		H3 C3 L3 A – H3 C3 L23 A	0,160		
V1 K L3 S – V1 K L7 S	0,942	Aerob wachsende Milchsäurebakterien			
V1 C1 L3 S – V1 C1 L7 S	0,500	H1 K L3 A – H1 K L23 A	0,423		
V1 C2 L3 S – V1 C2 L7 S	0,742	H1 C1 L3V – H1 C1 L23 A	0,184		
V1 C3 L3 S – V1 C3 L7 S	0,677	H1 C2 L3V – H1 C2 L23 A	0,324		
V1 C4 L3 S – V1 C4 L7 S	0,742	H1 C3 L3V – H1 C3 L23 A	0,284		
V1 K L3 A – V1 K L23 A	0,295	H1 C4 L3V – H1 C4 L23 A	0,318		
V1 C1 L3 A – V1 C1 L23 A	0,677	H2 C1 L3V – H2 C1 L23 A	0,059		
V1 C2 L3 A – V1 C2 L23 A	0,166	H3 C1 L3 A – H3 C1 L23 A	0,423		
V1 C3 L3 A – V1 C3 L23 A	0,149	Hefen und Schimmelpilze			
V1 C4 L3 A – V1 C4 L23 A	0,632	H2 C2 L3 A – H2 C2 L23 A	0,196		
V2 K L3 S – V2 K L7 S	*	H3 K L3 A – H3 K L23 A	0,412		
V2 C1 L3 S – V2 C1 L7 S	0,500	H3 C1 L3 A – H3 C1 L23 A	0,184		
V2 C2 L3 S – V2 C2 L7 S	0,278	H3 C2 L3 A – H3 C2 L23 A	0,184		
V2 C3 L3 S – V2 C3 L7 S	0,374	H3 C3 L3 A – H3 C3 L23 A	0,184		
V2 C4 L3 S – V2 C4 L7 S	0,500	Restgasgehalt: Sauerstoff			
V2 K L3 A – V2 K L23 A	0,677	V1 K L3 A – V1 K L23 A	0,012		
V2 C1 L3 A – V2 C1 L23 A	0,500	V1 C1 L3 A – V1 C1 L23 A	0,014		
V2 C2 L3 A – V2 C2 L23 A	0,705	V1 C2 L3 A – V1 C2 L23 A	0,032		
V2 C3 L3 A – V2 C3 L23 A	0,874	V1 C3 L3 A – V1 C3 L23 A	0,083		
V2 C4 L3 A – V2 C4 L23 A	0,382	V1 C4 L3 A – V1 C4 L23 A	0,153		
H1 K L3 S – H1 K L7 S	0,456	V2 K L3 A – V2 K L23 A	0,015		
H1 C1 L3 S – H1 C1 L7 S	0,127	V2 C1 L3 A – V2 C1 L23 A	0,179		
H1 C2 L3 S – H1 C2 L7 S	1,000	V2 C2 L3 A – V2 C2 L23 A	0,612		
H1 C3 L3 S – H1 C3 L7 S	0,228	V2 C3 L3 A – V2 C3 L23 A	0,053		
H1 C4 L3 S – H1 C4 L7 S	0,530	V2 C4 L3 A – V2 C4 L23 A	0,060		
H1 K L3 A – H1 K L23 A	0,402	H1 K L3 A – H1 K L23 A	0,012		
H1 C1 L3 A – H1 C1 L23 A	0,859	H1 C1 L3 A – H1 C1 L23 A	0,012		
H1 C2 L3 A – H1 C2 L23 A	0,218	H1 C2 L3 A – H1 C2 L23 A	0,000		
H1 C3 L3 A – H1 C3 L23 A	0,346	H1 C3 L3 A – H1 C3 L23 A	0,000		
H1 C4 L3 A – H1 C4 L23 A	0,149	H1 C4 L3 A – H1 C4 L23 A	0,011		
H2 K L3 S – H2 K L7 S	0,812	H2 K L3 A – H2 K L23 A	0,048		
H2 C1 L3 S – H2 C1 L7 S	0,698	H2 C1 L3 A – H2 C1 L23 A	0,000		
H2 C2 L3 S – H2 C2 L7 S	0,486	H2 C2 L3 A – H2 C2 L23 A	0,013		
H2 C3 L3 S – H2 C3 L7 S	0,447	H2 C3 L3 A – H2 C3 L23 A	0,000		

* können nicht berechnet werden, da der Standardfehler der Differenz gleich null ist.

V = Vorversuch; H = Hauptversuch; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.

Tabelle 51: Statistische Signifikanzen zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge aller Versuchsreihen.

Sensorik: Rot-Wert		H3 K L23 A – H3 C2 L23 A	0,001	H3 K L3 A – H3 C2 L3 A	0,000
V1 K L3 S – V1 C1 L3 S	1,000	H3 K L23 A – H3 C3 L23 A	0,000	H3 K L3 A – H3 C3 L3 A	0,000
V1 K L3 S – V1 C2 L3 S	0,180	Sensorik: süß-sauer (gustatorisch)		H3 K L23 A – H3 C1 L23 A	0,000
V1 K L3 S – V1 C3 L3 S	0,394	V1 K L3 S – V1 C1 L3 S	0,699	H3 K L23 A – H3 C2 L23 A	0,000
V1 K L3 S – V1 C4 L3 S	0,394	V1 K L3 S – V1 C2 L3 S	0,394	H3 K L23 A – H3 C3 L23 A	0,000
V1 K L7 S – V1 C1 L7 S	0,699	V1 K L3 S – V1 C3 L3 S	1,000	Sensorik: säuerlich (olfaktorisch)	
V1 K L7 S – V1 C2 L7 S	0,699	V1 K L3 S – V1 C4 L3 S	0,699	V2 K L3 S – V2 C1 L3 S	0,699
V1 K L7 S – V1 C3 L7 S	0,699	V1 K L7 S – V1 C1 L7 S	0,394	V2 K L3 S – V2 C2 L3 S	0,699
V1 K L7 S – V1 C4 L7 S	0,065	V1 K L7 S – V1 C2 L7 S	1,000	V2 K L3 S – V2 C3 L3 S	0,180
V1 K L3 A – V1 C1 L3 A	0,699	V1 K L7 S – V1 C3 L7 S	0,699	V2 K L3 S – V2 C4 L3 S	0,015
V1 K L3 A – V1 C2 L3 A	0,180	V1 K L7 S – V1 C4 L7 S	1,000	V2 K L7 S – V2 C1 L7 S	0,699
V1 K L3 A – V1 C3 L3 A	0,180	V1 K L3 A – V1 C1 L3 A	0,699	V2 K L7 S – V2 C2 L7 S	1,000
V1 K L3 A – V1 C4 L3 A	0,065	V1 K L3 A – V1 C2 L3 A	0,394	V2 K L7 S – V2 C3 L7 S	1,000
V1 K L23 A – V1 C1 L23 A	0,699	V1 K L3 A – V1 C3 L3 A	0,699	V2 K L7 S – V2 C4 L7 S	0,699
V1 K L23 A – V1 C2 L23 A	0,065	V1 K L3 A – V1 C4 L3 A	0,699	V2 K L3 A – V2 C1 L3 A	0,699
V1 K L23 A – V1 C3 L23 A	0,065	V1 K L23 A – V1 C1 L23 A	0,394	V2 K L3 A – V2 C2 L3 A	0,699
V1 K L23 A – V1 C4 L23 A	0,065	V1 K L23 A – V1 C2 L23 A	0,699	V2 K L3 A – V2 C3 L3 A	0,180
V2 K L3 S – V2 C1 L3 S	0,699	V1 K L23 A – V1 C3 L23 A	0,394	V2 K L3 A – V2 C4 L3 A	0,065
V2 K L3 S – V2 C2 L3 S	0,699	V1 K L23 A – V1 C4 L23 A	0,180	V2 K L23 A – V2 C1 L23 A	0,394
V2 K L3 S – V2 C3 L3 S	0,002	Sensorik: Glanz		V2 K L23 A – V2 C2 L23 A	0,699
V2 K L3 S – V2 C4 L3 S	0,002	V2 K L3 S – V2 C1 L3 S	0,699	V2 K L23 A – V2 C3 L23 A	0,180
V2 K L7 S – V2 C1 L7 S	0,699	V2 K L3 S – V2 C2 L3 S	0,015	V2 K L23 A – V2 C4 L23 A	0,699
V2 K L7 S – V2 C2 L7 S	0,065	V2 K L3 S – V2 C3 L3 S	0,002	H1 K L3 S – H1 C1 L3 S	0,584
V2 K L7 S – V2 C3 L7 S	0,002	V2 K L3 S – V2 C4 L3 S	0,002	H1 K L3 S – H1 C2 L3 S	0,791
V2 K L7 S – V2 C4 L7 S	0,002	V2 K L7 S – V2 C1 L7 S	0,394	H1 K L3 S – H1 C3 L3 S	0,584
V2 K L3 A – V2 C1 L3 A	1,000	V2 K L7 S – V2 C2 L7 S	0,002	H1 K L3 S – H1 C4 L3 S	0,791
V2 K L3 A – V2 C2 L3 A	0,394	V2 K L7 S – V2 C3 L7 S	0,002	H1 K L7 S – H1 C1 L7 S	1,000
V2 K L3 A – V2 C3 L3 A	0,002	V2 K L7 S – V2 C4 L7 S	0,002	H1 K L7 S – H1 C2 L7 S	0,791
V2 K L3 A – V2 C4 L3 A	0,002	V2 K L3 A – V2 C1 L3 A	1,000	H1 K L7 S – H1 C3 L7 S	1,000
V2 K L23 A – V2 C1 L23 A	0,180	V2 K L3 A – V2 C2 L3 A	0,002	H1 K L7 S – H1 C4 L7 S	0,406
V2 K L23 A – V2 C2 L23 A	0,065	V2 K L3 A – V2 C3 L3 A	0,002	H1 K L3 A – H1 C1 L3 A	0,791
V2 K L23 A – V2 C3 L23 A	0,002	V2 K L3 A – V2 C4 L3 A	0,015	H1 K L3 A – H1 C2 L3 A	0,584
V2 K L23 A – V2 C4 L23 A	0,015	V2 K L23 A – V2 C1 L23 A	0,065	H1 K L3 A – H1 C3 L3 A	0,791
H1 K L3 S – H1 C1 L3 S	0,406	V2 K L23 A – V2 C2 L23 A	0,002	H1 K L3 A – H1 C4 L3 A	1,000
H1 K L3 S – H1 C2 L3 S	0,047	V2 K L23 A – V2 C3 L23 A	0,002	H1 K L23 A – H1 C1 L23 A	0,406
H1 K L3 S – H1 C3 L3 S	0,047	V2 K L23 A – V2 C4 L23 A	0,002	H1 K L23 A – H1 C2 L23 A	0,406
H1 K L3 S – H1 C4 L3 S	0,047	H1 K L3 S – H1 C1 L3 S	0,161	H1 K L23 A – H1 C3 L23 A	0,091
H1 K L7 S – H1 C1 L7 S	0,406	H1 K L3 S – H1 C2 L3 S	0,022	H1 K L23 A – H1 C4 L23 A	0,091
H1 K L7 S – H1 C2 L7 S	0,010	H1 K L3 S – H1 C3 L3 S	0,000	H2 K L3 S – H2 C1 L3 S	0,265
H1 K L7 S – H1 C3 L7 S	0,000	H1 K L3 S – H1 C4 L3 S	0,000	H2 K L3 S – H2 C2 L3 S	0,791
H1 K L7 S – H1 C4 L7 S	0,000	H1 K L7 S – H1 C1 L7 S	0,406	H2 K L3 S – H2 C3 L3 S	0,161
H1 K L3 A – H1 C1 L3 A	0,161	H1 K L7 S – H1 C2 L7 S	0,000	H2 K L7 S – H2 C1 L7 S	1,000
H1 K L3 A – H1 C2 L3 A	0,004	H1 K L7 S – H1 C3 L7 S	0,000	H2 K L7 S – H2 C2 L7 S	0,406
H1 K L3 A – H1 C3 L3 A	0,004	H1 K L7 S – H1 C4 L7 S	0,000	H2 K L7 S – H2 C3 L7 S	0,047
H1 K L3 A – H1 C4 L3 A	0,000	H1 K L3 A – H1 C1 L3 A	0,091	H2 K L3 A – H2 C1 L3 A	0,265
H1 K L23 A – H1 C1 L23 A	0,265	H1 K L3 A – H1 C2 L3 A	0,000	H2 K L3 A – H2 C2 L3 A	0,265
H1 K L23 A – H1 C2 L23 A	0,004	H1 K L3 A – H1 C3 L3 A	0,000	H2 K L3 A – H2 C3 L3 A	0,001
H1 K L23 A – H1 C3 L23 A	0,001	H1 K L3 A – H1 C4 L3 A	0,000	H2 K L23 A – H2 C1 L23 A	0,406
H1 K L23 A – H1 C4 L23 A	0,000	H1 K L23 A – H1 C1 L23 A	0,047	H2 K L23 A – H2 C2 L23 A	0,265
H2 K L3 S – H2 C1 L3 S	0,000	H1 K L23 A – H1 C2 L23 A	0,000	H2 K L23 A – H2 C3 L23 A	0,791
H2 K L3 S – H2 C2 L3 S	0,000	H1 K L23 A – H1 C3 L23 A	0,000	H3 K L3 S – H3 C1 L3 S	0,791
H2 K L3 S – H2 C3 L3 S	0,000	H1 K L23 A – H1 C4 L23 A	0,000	H3 K L3 S – H3 C2 L3 S	0,584
H2 K L7 S – H2 C1 L7 S	0,000	H2 K L3 S – H2 C1 L3 S	0,010	H3 K L3 S – H3 C3 L3 S	0,791
H2 K L7 S – H2 C2 L7 S	0,000	H2 K L3 S – H2 C2 L3 S	0,000	H3 K L7 S – H3 C1 L7 S	0,584
H2 K L7 S – H2 C3 L7 S	0,000	H2 K L3 S – H2 C3 L3 S	0,000	H3 K L7 S – H3 C2 L7 S	1,000
H2 K L3 A – H2 C1 L3 A	0,000	H2 K L7 S – H2 C1 L7 S	0,001	H3 K L7 S – H3 C3 L7 S	0,406
H2 K L3 A – H2 C2 L3 A	0,000	H2 K L7 S – H2 C2 L7 S	0,004	H3 K L3 A – H3 C1 L3 A	0,161
H2 K L3 A – H2 C3 L3 A	0,000	H2 K L7 S – H2 C3 L7 S	0,000	H3 K L3 A – H3 C2 L3 A	0,161
H2 K L23 A – H2 C1 L23 A	0,001	H2 K L3 A – H2 C1 L3 A	0,000	H3 K L3 A – H3 C3 L3 A	0,091
H2 K L23 A – H2 C2 L23 A	0,000	H2 K L3 A – H2 C2 L3 A	0,000	H3 K L23 A – H3 C1 L23 A	0,265
H2 K L23 A – H2 C3 L23 A	0,000	H2 K L3 A – H2 C3 L3 A	0,000	H3 K L23 A – H3 C2 L23 A	0,584
H3 K L3 S – H3 C1 L3 S	0,000	H2 K L23 A – H2 C1 L23 A	0,000	H3 K L23 A – H3 C3 L23 A	0,791
H3 K L3 S – H3 C2 L3 S	0,022	H2 K L23 A – H2 C2 L23 A	0,001	Sensorik: Härte	
H3 K L3 S – H3 C3 L3 S	0,000	H2 K L23 A – H2 C3 L23 A	0,000	V1 K L3 S – V1 C1 L3 S	0,065
H3 K L7 S – H3 C1 L7 S	0,000	H3 K L3 S – H3 C1 L3 S	0,000	V1 K L3 S – V1 C2 L3 S	0,002
H3 K L7 S – H3 C2 L7 S	0,000	H3 K L3 S – H3 C2 L3 S	0,000	V1 K L3 S – V1 C3 L3 S	0,065
H3 K L7 S – H3 C3 L7 S	0,000	H3 K L7 S – H3 C1 L7 S	0,000	V1 K L3 S – V1 C4 L3 S	0,002
H3 K L3 A – H3 C1 L3 A	0,000	H3 K L7 S – H3 C2 L7 S	0,000	V1 K L7 S – V1 C1 L7 S	0,002
H3 K L3 A – H3 C2 L3 A	0,161	H3 K L7 S – H3 C3 L7 S	0,000	V1 K L7 S – V1 C2 L7 S	0,180
H3 K L3 A – H3 C3 L3 A	0,000	H3 K L3 A – H3 C1 L3 A	0,000	V1 K L7 S – V1 C3 L7 S	0,002
H3 K L23 A – H3 C1 L23 A	0,000	H3 K L3 A – H3 C2 L3 A	0,000	V1 K L7 S – V1 C4 L7 S	0,002

V1 K L3 A – V1 C1 L3 A	0,180	V1 K L3 A – V1 C1 L3 A	0,394	V1 K L3 A – V1 C1 L3 A	1,000
V1 K L3 A – V1 C2 L3 A	0,015	V1 K L3 A – V1 C2 L3 A	0,394	V1 K L3 A – V1 C2 L3 A	0,699
V1 K L3 A – V1 C3 L3 A	0,002	V1 K L3 A – V1 C3 L3 A	1,000	V1 K L3 A – V1 C3 L3 A	0,180
V1 K L3 A – V1 C4 L3 A	0,002	V1 K L3 A – V1 C4 L3 A	0,394	V1 K L3 A – V1 C4 L3 A	1,000
V1 K L23 A – V1 C1 L23 A	0,180	V1 K L23 A – V1 C1 L23 A	1,000	V1 K L23 A – V1 C1 L23 A	1,000
V1 K L23 A – V1 C2 L23 A	0,002	V1 K L23 A – V1 C2 L23 A	0,394	V1 K L23 A – V1 C2 L23 A	1,000
V1 K L23 A – V1 C3 L23 A	0,002	V1 K L23 A – V1 C3 L23 A	0,699	V1 K L23 A – V1 C3 L23 A	0,699
V1 K L23 A – V1 C4 L23 A	0,002	V1 K L23 A – V1 C4 L23 A	0,394	V1 K L23 A – V1 C4 L23 A	1,000
V2 K L3 S – V2 C1 L3 S	0,015	V2 K L3 S – V2 C1 L3 S	0,699	V2 K L3 S – V2 C1 L3 S	1,000
V2 K L3 S – V2 C2 L3 S	0,002	V2 K L3 S – V2 C2 L3 S	0,394	V2 K L3 S – V2 C2 L3 S	0,180
V2 K L3 S – V2 C3 L3 S	0,002	V2 K L3 S – V2 C3 L3 S	0,699	V2 K L3 S – V2 C3 L3 S	0,180
V2 K L3 S – V2 C4 L3 S	0,002	V2 K L3 S – V2 C4 L3 S	0,394	V2 K L3 S – V2 C4 L3 S	0,394
V2 K L7 S – V2 C1 L7 S	0,394	V2 K L7 S – V2 C1 L7 S	0,699	V2 K L7 S – V2 C1 L7 S	1,000
V2 K L7 S – V2 C2 L7 S	0,002	V2 K L7 S – V2 C2 L7 S	0,002	V2 K L7 S – V2 C2 L7 S	0,699
V2 K L7 S – V2 C3 L7 S	0,002	V2 K L7 S – V2 C3 L7 S	0,002	V2 K L7 S – V2 C3 L7 S	0,180
V2 K L7 S – V2 C4 L7 S	0,002	V2 K L7 S – V2 C4 L7 S	0,002	V2 K L7 S – V2 C4 L7 S	0,394
V2 K L3 A – V2 C1 L3 A	0,394	V2 K L3 A – V2 C1 L3 A	0,180	V2 K L3 A – V2 C1 L3 A	1,000
V2 K L3 A – V2 C2 L3 A	0,015	V2 K L3 A – V2 C2 L3 A	0,180	V2 K L3 A – V2 C2 L3 A	0,699
V2 K L3 A – V2 C3 L3 A	0,002	V2 K L3 A – V2 C3 L3 A	0,015	V2 K L3 A – V2 C3 L3 A	0,699
V2 K L3 A – V2 C4 L3 A	0,002	V2 K L3 A – V2 C4 L3 A	0,699	V2 K L3 A – V2 C4 L3 A	0,394
V2 K L23 A – V2 C1 L23 A	0,699	V2 K L23 A – V2 C1 L23 A	0,394	V2 K L23 A – V2 C1 L23 A	0,699
V2 K L23 A – V2 C2 L23 A	0,002	V2 K L23 A – V2 C2 L23 A	0,394	V2 K L23 A – V2 C2 L23 A	1,000
V2 K L23 A – V2 C3 L23 A	0,002	V2 K L23 A – V2 C3 L23 A	1,000	V2 K L23 A – V2 C3 L23 A	0,699
V2 K L23 A – V2 C4 L23 A	0,002	V2 K L23 A – V2 C4 L23 A	1,000	V2 K L23 A – V2 C4 L23 A	0,699
H1 K L3 S – H1 C1 L3 S	0,000	H1 K L3 S – H1 C1 L3 S	0,047	H1 K L3 S – H1 C1 L3 S	0,265
H1 K L3 S – H1 C2 L3 S	0,022	H1 K L3 S – H1 C2 L3 S	0,022	H1 K L3 S – H1 C2 L3 S	0,010
H1 K L3 S – H1 C3 L3 S	0,000	H1 K L3 S – H1 C3 L3 S	0,000	H1 K L3 S – H1 C3 L3 S	0,584
H1 K L3 S – H1 C4 L3 S	0,000	H1 K L3 S – H1 C4 L3 S	0,022	H1 K L3 S – H1 C4 L3 S	0,584
H1 K L7 S – H1 C1 L7 S	0,000	H1 K L7 S – H1 C1 L7 S	0,047	H1 K L7 S – H1 C1 L7 S	0,265
H1 K L7 S – H1 C2 L7 S	0,001	H1 K L7 S – H1 C2 L7 S	0,047	H1 K L7 S – H1 C2 L7 S	0,406
H1 K L7 S – H1 C3 L7 S	0,000	H1 K L7 S – H1 C3 L7 S	0,000	H1 K L7 S – H1 C3 L7 S	0,584
H1 K L7 S – H1 C4 L7 S	0,000	H1 K L7 S – H1 C4 L7 S	0,000	H1 K L7 S – H1 C4 L7 S	0,791
H1 K L3 A – H1 C1 L3 A	0,161	H1 K L3 A – H1 C1 L3 A	0,584	H1 K L3 A – H1 C1 L3 A	0,791
H1 K L3 A – H1 C2 L3 A	0,000	H1 K L3 A – H1 C2 L3 A	0,001	H1 K L3 A – H1 C2 L3 A	1,000
H1 K L3 A – H1 C3 L3 A	0,004	H1 K L3 A – H1 C3 L3 A	0,004	H1 K L3 A – H1 C3 L3 A	0,265
H1 K L3 A – H1 C4 L3 A	0,047	H1 K L3 A – H1 C4 L3 A	0,022	H1 K L3 A – H1 C4 L3 A	0,584
H1 K L23 A – H1 C1 L23 A	0,047	H1 K L23 A – H1 C1 L23 A	0,004	H1 K L23 A – H1 C1 L23 A	0,584
H1 K L23 A – H1 C2 L23 A	0,001	H1 K L23 A – H1 C2 L23 A	0,000	H1 K L23 A – H1 C2 L23 A	0,791
H1 K L23 A – H1 C3 L23 A	0,000	H1 K L23 A – H1 C3 L23 A	0,004	H1 K L23 A – H1 C3 L23 A	1,000
H1 K L23 A – H1 C4 L23 A	0,000	H1 K L23 A – H1 C4 L23 A	0,000	H1 K L23 A – H1 C4 L23 A	0,791
H2 K L3 S – H2 C1 L3 S	0,161	H2 K L3 S – H2 C1 L3 S	0,791	H2 K L3 S – H2 C1 L3 S	0,584
H2 K L3 S – H2 C2 L3 S	0,047	H2 K L3 S – H2 C2 L3 S	0,010	H2 K L3 S – H2 C2 L3 S	0,791
H2 K L3 S – H2 C3 L3 S	0,161	H2 K L3 S – H2 C3 L3 S	0,161	H2 K L3 S – H2 C3 L3 S	0,584
H2 K L7 S – H2 C1 L7 S	0,022	H2 K L7 S – H2 C1 L7 S	0,791	H2 K L7 S – H2 C1 L7 S	1,000
H2 K L7 S – H2 C2 L7 S	0,047	H2 K L7 S – H2 C2 L7 S	0,406	H2 K L7 S – H2 C2 L7 S	0,791
H2 K L7 S – H2 C3 L7 S	0,000	H2 K L7 S – H2 C3 L7 S	0,161	H2 K L7 S – H2 C3 L7 S	0,791
H2 K L3 A – H2 C1 L3 A	0,047	H2 K L3 A – H2 C1 L3 A	0,791	H2 K L3 A – H2 C1 L3 A	0,584
H2 K L3 A – H2 C2 L3 A	0,091	H2 K L3 A – H2 C2 L3 A	0,584	H2 K L3 A – H2 C2 L3 A	0,791
H2 K L3 A – H2 C3 L3 A	0,010	H2 K L3 A – H2 C3 L3 A	0,161	H2 K L3 A – H2 C3 L3 A	0,584
H2 K L23 A – H2 C1 L23 A	0,010	H2 K L23 A – H2 C1 L23 A	0,047	H2 K L23 A – H2 C1 L23 A	1,000
H2 K L23 A – H2 C2 L23 A	0,001	H2 K L23 A – H2 C2 L23 A	0,091	H2 K L23 A – H2 C2 L23 A	0,791
H2 K L23 A – H2 C3 L23 A	0,000	H2 K L23 A – H2 C3 L23 A	0,047	H2 K L23 A – H2 C3 L23 A	0,540
H3 K L3 S – H3 C1 L3 S	0,000	H3 K L3 S – H3 C1 L3 S	0,000	H3 K L3 S – H3 C1 L3 S	0,265
H3 K L3 S – H3 C2 L3 S	0,000	H3 K L3 S – H3 C2 L3 S	0,000	H3 K L3 S – H3 C2 L3 S	0,091
H3 K L3 S – H3 C3 L3 S	0,000	H3 K L3 S – H3 C3 L3 S	0,000	H3 K L3 S – H3 C3 L3 S	0,161
H3 K L7 S – H3 C1 L7 S	0,000	H3 K L7 S – H3 C1 L7 S	0,022	H3 K L7 S – H3 C1 L7 S	0,047
H3 K L7 S – H3 C2 L7 S	0,000	H3 K L7 S – H3 C2 L7 S	0,004	H3 K L7 S – H3 C2 L7 S	0,161
H3 K L7 S – H3 C3 L7 S	0,000	H3 K L7 S – H3 C3 L7 S	0,004	H3 K L7 S – H3 C3 L7 S	0,091
H3 K L3 A – H3 C1 L3 A	0,000	H3 K L3 A – H3 C1 L3 A	0,000	H3 K L3 A – H3 C1 L3 A	0,265
H3 K L3 A – H3 C2 L3 A	0,000	H3 K L3 A – H3 C2 L3 A	0,000	H3 K L3 A – H3 C2 L3 A	0,091
H3 K L3 A – H3 C3 L3 A	0,000	H3 K L3 A – H3 C3 L3 A	0,000	H3 K L3 A – H3 C3 L3 A	0,406
H3 K L23 A – H3 C1 L23 A	0,000	H3 K L23 A – H3 C1 L23 A	0,161	H3 K L23 A – H3 C1 L23 A	0,265
H3 K L23 A – H3 C2 L23 A	0,000	H3 K L23 A – H3 C2 L23 A	0,265	H3 K L23 A – H3 C2 L23 A	0,584
H3 K L23 A – H3 C3 L23 A	0,001	H3 K L23 A – H3 C3 L23 A	0,161	H3 K L23 A – H3 C3 L23 A	0,406
Sensorik: Kohäsivität		Sensorik: Adhäsion		Sensorik: Elastizität	
V1 K L3 S – V1 C1 L3 S	0,180	V1 K L3 S – V1 C1 L3 S	0,180	V2 K L3 S – V2 C1 L3 S	0,699
V1 K L3 S – V1 C2 L3 S	0,065	V1 K L3 S – V1 C2 L3 S	0,394	V2 K L3 S – V2 C2 L3 S	0,394
V1 K L3 S – V1 C3 L3 S	0,065	V1 K L3 S – V1 C3 L3 S	0,394	V2 K L3 S – V2 C3 L3 S	1,000
V1 K L3 S – V1 C4 L3 S	0,394	V1 K L3 S – V1 C4 L3 S	0,394	V2 K L3 S – V2 C4 L3 S	0,065
V1 K L7 S – V1 C1 L7 S	0,015	V1 K L7 S – V1 C1 L7 S	0,180	V2 K L7 S – V2 C1 L7 S	0,699
V1 K L7 S – V1 C2 L7 S	0,002	V1 K L7 S – V1 C2 L7 S	0,699	V2 K L7 S – V2 C2 L7 S	0,394
V1 K L7 S – V1 C3 L7 S	0,002	V1 K L7 S – V1 C3 L7 S	0,180	V2 K L7 S – V2 C3 L7 S	0,394
V1 K L7 S – V1 C4 L7 S	0,065	V1 K L7 S – V1 C4 L7 S	0,394	V2 K L7 S – V2 C4 L7 S	0,394

V2 K L3 A – V2 C1 L3 A	0,394	V2 K L3 A – V2 C1 L3 A	0,394	V2 K L3 A – V2 C1 L3 A	0,394
V2 K L3 A – V2 C2 L3 A	0,180	V2 K L3 A – V2 C2 L3 A	0,015	V2 K L3 A – V2 C2 L3 A	0,180
V2 K L3 A – V2 C3 L3 A	0,180	V2 K L3 A – V2 C3 L3 A	0,065	V2 K L3 A – V2 C3 L3 A	0,065
V2 K L3 A – V2 C4 L3 A	0,015	V2 K L3 A – V2 C4 L3 A	0,015	V2 K L3 A – V2 C4 L3 A	0,065
V2 K L23 A – V2 C1 L23 A	0,699	V2 K L23 A – V2 C1 L23 A	0,394	V2 K L23 A – V2 C1 L23 A	0,180
V2 K L23 A – V2 C2 L23 A	0,394	V2 K L23 A – V2 C2 L23 A	0,180	V2 K L23 A – V2 C2 L23 A	0,065
V2 K L23 A – V2 C3 L23 A	0,394	V2 K L23 A – V2 C3 L23 A	0,699	V2 K L23 A – V2 C3 L23 A	0,699
V2 K L23 A – V2 C4 L23 A	0,180	V2 K L23 A – V2 C4 L23 A	1,000	V2 K L23 A – V2 C4 L23 A	0,065
H1 K L3 S – H1 C1 L3 S	0,584	H1 K L3 S – H1 C1 L3 S	0,791	H1 K L3 S – H1 C1 L3 S	0,791
H1 K L3 S – H1 C2 L3 S	0,047	H1 K L3 S – H1 C2 L3 S	0,265	H1 K L3 S – H1 C2 L3 S	0,406
H1 K L3 S – H1 C3 L3 S	0,091	H1 K L3 S – H1 C3 L3 S	0,791	H1 K L3 S – H1 C3 L3 S	1,000
H1 K L3 S – H1 C4 L3 S	0,161	H1 K L3 S – H1 C4 L3 S	0,161	H1 K L3 S – H1 C4 L3 S	0,791
H1 K L7 S – H1 C1 L7 S	0,791	H1 K L7 S – H1 C1 L7 S	0,406	H1 K L7 S – H1 C1 L7 S	0,265
H1 K L7 S – H1 C2 L7 S	0,091	H1 K L7 S – H1 C2 L7 S	0,584	H1 K L7 S – H1 C2 L7 S	0,406
H1 K L7 S – H1 C3 L7 S	0,406	H1 K L7 S – H1 C3 L7 S	0,791	H1 K L7 S – H1 C3 L7 S	0,161
H1 K L7 S – H1 C4 L7 S	0,047	H1 K L7 S – H1 C4 L7 S	0,584	H1 K L7 S – H1 C4 L7 S	0,265
H1 K L3 A – H1 C1 L3 A	0,791	H1 K L3 A – H1 C1 L3 A	0,406	H1 K L3 A – H1 C1 L3 A	0,791
H1 K L3 A – H1 C2 L3 A	0,001	H1 K L3 A – H1 C2 L3 A	0,406	H1 K L3 A – H1 C2 L3 A	1,000
H1 K L3 A – H1 C3 L3 A	0,161	H1 K L3 A – H1 C3 L3 A	0,791	H1 K L3 A – H1 C3 L3 A	0,161
H1 K L3 A – H1 C4 L3 A	0,001	H1 K L3 A – H1 C4 L3 A	0,791	H1 K L3 A – H1 C4 L3 A	0,584
H1 K L23 A – H1 C1 L23 A	0,584	H1 K L23 A – H1 C1 L23 A	0,791	H1 K L23 A – H1 C1 L23 A	0,791
H1 K L23 A – H1 C2 L23 A	0,265	H1 K L23 A – H1 C2 L23 A	0,265	H1 K L23 A – H1 C2 L23 A	0,265
H1 K L23 A – H1 C3 L23 A	0,791	H1 K L23 A – H1 C3 L23 A	0,584	H1 K L23 A – H1 C3 L23 A	0,265
H1 K L23 A – H1 C4 L23 A	0,406	H1 K L23 A – H1 C4 L23 A	0,584	H1 K L23 A – H1 C4 L23 A	0,265
H2 K L3 S – H2 C1 L3 S	0,791	H2 K L3 S – H2 C1 L3 S	0,584	H2 K L3 S – H2 C1 L3 S	0,047
H2 K L3 S – H2 C2 L3 S	0,406	H2 K L3 S – H2 C2 L3 S	0,584	H2 K L3 S – H2 C2 L3 S	1,000
H2 K L3 S – H2 C3 L3 S	0,584	H2 K L3 S – H2 C3 L3 S	0,265	H2 K L3 S – H2 C3 L3 S	0,001
H2 K L7 S – H2 C1 L7 S	1,000	H2 K L7 S – H2 C1 L7 S	0,406	H2 K L7 S – H2 C1 L7 S	0,091
H2 K L7 S – H2 C2 L7 S	0,584	H2 K L7 S – H2 C2 L7 S	0,091	H2 K L7 S – H2 C2 L7 S	0,022
H2 K L7 S – H2 C3 L7 S	0,584	H2 K L7 S – H2 C3 L7 S	0,091	H2 K L7 S – H2 C3 L7 S	0,004
H2 K L3 A – H2 C1 L3 A	0,791	H2 K L3 A – H2 C1 L3 A	0,265	H2 K L3 A – H2 C1 L3 A	0,001
H2 K L3 A – H2 C2 L3 A	0,406	H2 K L3 A – H2 C2 L3 A	0,584	H2 K L3 A – H2 C2 L3 A	0,584
H2 K L3 A – H2 C3 L3 A	0,791	H2 K L3 A – H2 C3 L3 A	0,161	H2 K L3 A – H2 C3 L3 A	0,004
H2 K L23 A – H2 C1 L23 A	1,000	H2 K L23 A – H2 C1 L23 A	0,022	H2 K L23 A – H2 C1 L23 A	0,022
H2 K L23 A – H2 C2 L23 A	0,406	H2 K L23 A – H2 C2 L23 A	0,022	H2 K L23 A – H2 C2 L23 A	0,001
H2 K L23 A – H2 C3 L23 A	0,265	H2 K L23 A – H2 C3 L23 A	0,001	H2 K L23 A – H2 C3 L23 A	0,000
H3 K L3 S – H3 C1 L3 S	0,000	H3 K L3 S – H3 C1 L3 S	0,000	H3 K L3 S – H3 C1 L3 S	0,000
H3 K L3 S – H3 C2 L3 S	0,000	H3 K L3 S – H3 C2 L3 S	0,000	H3 K L3 S – H3 C2 L3 S	0,000
H3 K L3 S – H3 C3 L3 S	0,000	H3 K L3 S – H3 C3 L3 S	0,001	H3 K L3 S – H3 C3 L3 S	0,000
H3 K L7 S – H3 C1 L7 S	0,000	H3 K L7 S – H3 C1 L7 S	0,161	H3 K L7 S – H3 C1 L7 S	0,000
H3 K L7 S – H3 C2 L7 S	0,000	H3 K L7 S – H3 C2 L7 S	0,091	H3 K L7 S – H3 C2 L7 S	0,000
H3 K L7 S – H3 C3 L7 S	0,000	H3 K L7 S – H3 C3 L7 S	0,091	H3 K L7 S – H3 C3 L7 S	0,000
H3 K L3 A – H3 C1 L3 A	0,000	H3 K L3 A – H3 C1 L3 A	0,000	H3 K L3 A – H3 C1 L3 A	0,000
H3 K L3 A – H3 C2 L3 A	0,004	H3 K L3 A – H3 C2 L3 A	0,000	H3 K L3 A – H3 C2 L3 A	0,000
H3 K L3 A – H3 C3 L3 A	0,000	H3 K L3 A – H3 C3 L3 A	0,000	H3 K L3 A – H3 C3 L3 A	0,000
H3 K L23 A – H3 C1 L23 A	0,010	H3 K L23 A – H3 C1 L23 A	0,015	H3 K L23 A – H3 C1 L23 A	0,001
H3 K L23 A – H3 C2 L23 A	0,000	H3 K L23 A – H3 C2 L23 A	0,015	H3 K L23 A – H3 C2 L23 A	0,015
H3 K L23 A – H3 C3 L23 A	0,004	H3 K L23 A – H3 C3 L23 A	0,015	H3 K L23 A – H3 C3 L23 A	0,015
Sensorik: Kaubarkeit		Sensorik: Bissfestigkeit		Sensorik: Feuchtigkeit	
V1 K L3 S – V1 C1 L3 S	0,699	V1 K L3 S – V1 C1 L3 S	0,180	V1 K L3 S – V1 C1 L3 S	0,699
V1 K L3 S – V1 C2 L3 S	1,000	V1 K L3 S – V1 C2 L3 S	0,015	V1 K L3 S – V1 C2 L3 S	0,002
V1 K L3 S – V1 C3 L3 S	1,000	V1 K L3 S – V1 C3 L3 S	0,015	V1 K L3 S – V1 C3 L3 S	0,065
V1 K L3 S – V1 C4 L3 S	1,000	V1 K L3 S – V1 C4 L3 S	0,180	V1 K L3 S – V1 C4 L3 S	0,015
V1 K L7 S – V1 C1 L7 S	0,180	V1 K L7 S – V1 C1 L7 S	0,180	V1 K L7 S – V1 C1 L7 S	0,699
V1 K L7 S – V1 C2 L7 S	0,180	V1 K L7 S – V1 C2 L7 S	0,065	V1 K L7 S – V1 C2 L7 S	0,180
V1 K L7 S – V1 C3 L7 S	0,002	V1 K L7 S – V1 C3 L7 S	0,015	V1 K L7 S – V1 C3 L7 S	0,015
V1 K L7 S – V1 C4 L7 S	0,394	V1 K L7 S – V1 C4 L7 S	0,015	V1 K L7 S – V1 C4 L7 S	0,002
V1 K L3 A – V1 C1 L3 A	0,699	V1 K L3 A – V1 C1 L3 A	0,180	V1 K L3 A – V1 C1 L3 A	0,394
V1 K L3 A – V1 C2 L3 A	0,394	V1 K L3 A – V1 C2 L3 A	0,394	V1 K L3 A – V1 C2 L3 A	0,015
V1 K L3 A – V1 C3 L3 A	0,699	V1 K L3 A – V1 C3 L3 A	0,699	V1 K L3 A – V1 C3 L3 A	0,002
V1 K L3 A – V1 C4 L3 A	0,699	V1 K L3 A – V1 C4 L3 A	0,180	V1 K L3 A – V1 C4 L3 A	0,002
V1 K L23 A – V1 C1 L23 A	0,015	V1 K L23 A – V1 C1 L23 A	1,000	V1 K L23 A – V1 C1 L23 A	0,699
V1 K L23 A – V1 C2 L23 A	0,699	V1 K L23 A – V1 C2 L23 A	1,000	V1 K L23 A – V1 C2 L23 A	0,699
V1 K L23 A – V1 C3 L23 A	0,699	V1 K L23 A – V1 C3 L23 A	0,394	V1 K L23 A – V1 C3 L23 A	0,015
V1 K L23 A – V1 C4 L23 A	1,000	V1 K L23 A – V1 C4 L23 A	0,699	V1 K L23 A – V1 C4 L23 A	0,394
V2 K L3 S – V2 C1 L3 S	0,394	V2 K L3 S – V2 C1 L3 S	0,394	V2 K L3 S – V2 C1 L3 S	0,394
V2 K L3 S – V2 C2 L3 S	0,699	V2 K L3 S – V2 C2 L3 S	1,000	V2 K L3 S – V2 C2 L3 S	0,002
V2 K L3 S – V2 C3 L3 S	0,002	V2 K L3 S – V2 C3 L3 S	0,180	V2 K L3 S – V2 C3 L3 S	0,065
V2 K L3 S – V2 C4 L3 S	0,002	V2 K L3 S – V2 C4 L3 S	0,699	V2 K L3 S – V2 C4 L3 S	0,394
V2 K L7 S – V2 C1 L7 S	0,180	V2 K L7 S – V2 C1 L7 S	0,699	V2 K L7 S – V2 C1 L7 S	1,000
V2 K L7 S – V2 C2 L7 S	0,394	V2 K L7 S – V2 C2 L7 S	0,699	V2 K L7 S – V2 C2 L7 S	0,015
V2 K L7 S – V2 C3 L7 S	0,394	V2 K L7 S – V2 C3 L7 S	0,699	V2 K L7 S – V2 C3 L7 S	0,002
V2 K L7 S – V2 C4 L7 S	0,394	V2 K L7 S – V2 C4 L7 S	0,699	V2 K L7 S – V2 C4 L7 S	0,002

V2 K L3 A – V2 C1 L3 A	0,394	V1 K L7 S – V1 C4 L7 S	0,002	V1 K L7 S – V1 C4 L7 S	0,000
V2 K L3 A – V2 C2 L3 A	0,002	V1 K L3 A – V1 C1 L3 A	0,394	V1 K L3 A – V1 C1 L3 A	0,000
V2 K L3 A – V2 C3 L3 A	0,002	V1 K L3 A – V1 C2 L3 A	0,699	V1 K L3 A – V1 C2 L3 A	0,000
V2 K L3 A – V2 C4 L3 A	0,002	V1 K L3 A – V1 C3 L3 A	0,002	V1 K L3 A – V1 C3 L3 A	0,000
V2 K L23 A – V2 C1 L23 A	0,015	V1 K L3 A – V1 C4 L3 A	0,002	V1 K L3 A – V1 C4 L3 A	0,000
V2 K L23 A – V2 C2 L23 A	0,065	V1 K L23 A – V1 C1 L23 A	0,699	V1 K L23 A – V1 C1 L23 A	0,000
V2 K L23 A – V2 C3 L23 A	0,002	V1 K L23 A – V1 C2 L23 A	0,065	V1 K L23 A – V1 C2 L23 A	0,000
V2 K L23 A – V2 C4 L23 A	0,002	V1 K L23 A – V1 C3 L23 A	0,015	V1 K L23 A – V1 C3 L23 A	0,000
H1 K L3 S – H1 C1 L3 S	0,791	V1 K L23 A – V1 C4 L23 A	0,015	V1 K L23 A – V1 C4 L23 A	0,000
H1 K L3 S – H1 C2 L3 S	0,265	V2 K L3 S – V2 C1 L3 S	1,000	V2 K L3 S – V2 C1 L3 S	0,235
H1 K L3 S – H1 C3 L3 S	0,791	V2 K L3 S – V2 C2 L3 S	0,002	V2 K L3 S – V2 C2 L3 S	0,000
H1 K L3 S – H1 C4 L3 S	0,265	V2 K L3 S – V2 C3 L3 S	0,002	V2 K L3 S – V2 C3 L3 S	0,000
H1 K L7 S – H1 C1 L7 S	1,000	V2 K L3 S – V2 C4 L3 S	0,002	V2 K L3 S – V2 C4 L3 S	0,000
H1 K L7 S – H1 C2 L7 S	0,791	V2 K L7 S – V2 C1 L7 S	0,394	V2 K L7 S – V2 C1 L7 S	0,000
H1 K L7 S – H1 C3 L7 S	0,265	V2 K L7 S – V2 C2 L7 S	0,002	V2 K L7 S – V2 C2 L7 S	0,001
H1 K L7 S – H1 C4 L7 S	0,091	V2 K L7 S – V2 C3 L7 S	0,002	V2 K L7 S – V2 C3 L7 S	0,000
H1 K L3 A – H1 C1 L3 A	0,584	V2 K L7 S – V2 C4 L7 S	0,002	V2 K L7 S – V2 C4 L7 S	0,000
H1 K L3 A – H1 C2 L3 A	0,161	V2 K L3 A – V2 C1 L3 A	1,000	V2 K L3 A – V2 C1 L3 A	0,000
H1 K L3 A – H1 C3 L3 A	0,022	V2 K L3 A – V2 C2 L3 A	0,002	V2 K L3 A – V2 C2 L3 A	0,000
H1 K L3 A – H1 C4 L3 A	0,161	V2 K L3 A – V2 C3 L3 A	0,002	V2 K L3 A – V2 C3 L3 A	0,000
H1 K L23 A – H1 C1 L23 A	0,791	V2 K L3 A – V2 C4 L3 A	0,002	V2 K L3 A – V2 C4 L3 A	0,000
H1 K L23 A – H1 C2 L23 A	0,091	V2 K L23 A – V2 C1 L23 A	0,394	V2 K L23 A – V2 C1 L23 A	0,928
H1 K L23 A – H1 C3 L23 A	0,091	V2 K L23 A – V2 C2 L23 A	0,065	V2 K L23 A – V2 C2 L23 A	0,000
H1 K L23 A – H1 C4 L23 A	0,161	V2 K L23 A – V2 C3 L23 A	0,065	V2 K L23 A – V2 C3 L23 A	0,000
H2 K L3 S – H2 C1 L3 S	0,161	V2 K L23 A – V2 C4 L23 A	0,065	V2 K L23 A – V2 C4 L23 A	0,002
H2 K L3 S – H2 C2 L3 S	0,265	H1 K L3 S – H1 C1 L3 S	0,791	H1 K L3 S – H1 C1 L3 S	0,000
H2 K L3 S – H2 C3 L3 S	0,000	H1 K L3 S – H1 C2 L3 S	0,791	H1 K L3 S – H1 C2 L3 S	0,000
H2 K L7 S – H2 C1 L7 S	0,791	H1 K L3 S – H1 C3 L3 S	0,010	H1 K L3 S – H1 C3 L3 S	0,000
H2 K L7 S – H2 C2 L7 S	0,161	H1 K L3 S – H1 C4 L3 S	0,000	H1 K L3 S – H1 C4 L3 S	0,074
H2 K L7 S – H2 C3 L7 S	0,001	H1 K L7 S – H1 C1 L7 S	0,584	H1 K L7 S – H1 C1 L7 S	0,005
H2 K L3 A – H2 C1 L3 A	0,022	H1 K L7 S – H1 C2 L7 S	0,584	H1 K L7 S – H1 C2 L7 S	0,407
H2 K L3 A – H2 C2 L3 A	0,004	H1 K L7 S – H1 C3 L7 S	0,000	H1 K L7 S – H1 C3 L7 S	0,230
H2 K L3 A – H2 C3 L3 A	0,000	H1 K L7 S – H1 C4 L7 S	0,000	H1 K L7 S – H1 C4 L7 S	0,000
H2 K L23 A – H2 C1 L23 A	0,091	H1 K L3 A – H1 C1 L3 A	0,265	H1 K L3 A – H1 C1 L3 A	0,015
H2 K L23 A – H2 C2 L23 A	0,022	H1 K L3 A – H1 C2 L3 A	0,161	H1 K L3 A – H1 C2 L3 A	0,128
H2 K L23 A – H2 C3 L23 A	0,000	H1 K L3 A – H1 C3 L3 A	0,004	H1 K L3 A – H1 C3 L3 A	0,277
H3 K L3 S – H3 C1 L3 S	0,000	H1 K L3 A – H1 C4 L3 A	0,000	H1 K L3 A – H1 C4 L3 A	0,000
H3 K L3 S – H3 C2 L3 S	0,000	H1 K L23 A – H1 C1 L23 A	0,091	H1 K L23 A – H1 C1 L23 A	0,000
H3 K L3 S – H3 C3 L3 S	0,000	H1 K L23 A – H1 C2 L23 A	0,022	H1 K L23 A – H1 C2 L23 A	0,046
H3 K L7 S – H3 C1 L7 S	0,000	H1 K L23 A – H1 C3 L23 A	0,000	H1 K L23 A – H1 C3 L23 A	0,608
H3 K L7 S – H3 C2 L7 S	0,000	H1 K L23 A – H1 C4 L23 A	0,000	H1 K L23 A – H1 C4 L23 A	0,000
H3 K L7 S – H3 C3 L7 S	0,000	H2 K L3 S – H2 C1 L3 S	0,161	H2 K L3 S – H2 C1 L3 S	0,000
H3 K L3 A – H3 C1 L3 A	0,000	H2 K L3 S – H2 C2 L3 S	0,584	H2 K L3 S – H2 C2 L3 S	0,000
H3 K L3 A – H3 C2 L3 A	0,000	H2 K L3 S – H2 C3 L3 S	0,161	H2 K L3 S – H2 C3 L3 S	0,000
H3 K L3 A – H3 C3 L3 A	0,000	H2 K L7 S – H2 C1 L7 S	1,000	H2 K L7 S – H2 C1 L7 S	0,000
H3 K L23 A – H3 C1 L23 A	0,000	H2 K L7 S – H2 C2 L7 S	0,406	H2 K L7 S – H2 C2 L7 S	0,000
H3 K L23 A – H3 C2 L23 A	0,000	H2 K L7 S – H2 C3 L7 S	0,001	H2 K L7 S – H2 C3 L7 S	0,000
H3 K L23 A – H3 C3 L23 A	0,000	H2 K L3 A – H2 C1 L3 A	0,047	H2 K L3 A – H2 C1 L3 A	0,000
Sensorik: Greifigkeit		H2 K L3 A – H2 C2 L3 A	0,265	H2 K L3 A – H2 C2 L3 A	0,000
V1 K L3 S – V1 C1 L3 S	0,699	H2 K L3 A – H2 C3 L3 A	0,047	H2 K L3 A – H2 C3 L3 A	0,000
V1 K L3 S – V1 C2 L3 S	0,699	H2 K L23 A – H2 C1 L23 A	0,791	H2 K L23 A – H2 C1 L23 A	0,000
V1 K L3 S – V1 C3 L3 S	1,000	H2 K L23 A – H2 C2 L23 A	0,161	H2 K L23 A – H2 C2 L23 A	0,000
V1 K L3 S – V1 C4 L3 S	0,699	H2 K L23 A – H2 C3 L23 A	0,001	H2 K L23 A – H2 C3 L23 A	0,000
V1 K L7 S – V1 C1 L7 S	1,000	H3 K L3 S – H3 C1 L3 S	0,022	H3 K L3 S – H3 C1 L3 S	0,000
V1 K L7 S – V1 C2 L7 S	0,180	H3 K L3 S – H3 C2 L3 S	0,047	H3 K L3 S – H3 C2 L3 S	0,000
V1 K L7 S – V1 C3 L7 S	0,015	H3 K L3 S – H3 C3 L3 S	0,091	H3 K L3 S – H3 C3 L3 S	0,000
V1 K L7 S – V1 C4 L7 S	0,002	H3 K L7 S – H3 C1 L7 S	0,791	H3 K L7 S – H3 C1 L7 S	0,000
V1 K L3 A – V1 C1 L3 A	1,000	H3 K L7 S – H3 C2 L7 S	0,161	H3 K L7 S – H3 C2 L7 S	0,000
V1 K L3 A – V1 C2 L3 A	0,394	H3 K L7 S – H3 C3 L7 S	0,584	H3 K L7 S – H3 C3 L7 S	0,000
V1 K L3 A – V1 C3 L3 A	0,180	H3 K L3 A – H3 C1 L3 A	0,406	H3 K L3 A – H3 C1 L3 A	0,000
V1 K L3 A – V1 C4 L3 A	0,180	H3 K L3 A – H3 C2 L3 A	0,584	H3 K L3 A – H3 C2 L3 A	0,000
V1 K L23 A – V1 C1 L23 A	0,394	H3 K L3 A – H3 C3 L3 A	0,091	H3 K L3 A – H3 C3 L3 A	0,000
V1 K L23 A – V1 C2 L23 A	0,180	H3 K L23 A – H3 C1 L23 A	0,022	H3 K L23 A – H3 C1 L23 A	0,000
V1 K L23 A – V1 C3 L23 A	0,699	H3 K L23 A – H3 C2 L23 A	0,265	H3 K L23 A – H3 C2 L23 A	0,000
V1 K L23 A – V1 C4 L23 A	0,699	H3 K L23 A – H3 C3 L23 A	0,022	H3 K L23 A – H3 C3 L23 A	0,000
Sensorik: Gesamtqualität		Textur: Härte		Textur: Bissfestigkeit	
V1 K L3 S – V1 C1 L3 S	0,699	V1 K L3 S – V1 C1 L3 S	0,000	V1 K L3 S – V1 C1 L3 S	0,000
V1 K L3 S – V1 C2 L3 S	0,065	V1 K L3 S – V1 C2 L3 S	0,000	V1 K L3 S – V1 C2 L3 S	0,000
V1 K L3 S – V1 C3 L3 S	0,394	V1 K L3 S – V1 C3 L3 S	0,000	V1 K L3 S – V1 C3 L3 S	0,000
V1 K L3 S – V1 C4 L3 S	0,180	V1 K L3 S – V1 C4 L3 S	0,000	V1 K L3 S – V1 C4 L3 S	0,258
V1 K L7 S – V1 C1 L7 S	0,065	V1 K L7 S – V1 C1 L7 S	0,000	V1 K L7 S – V1 C1 L7 S	0,000
V1 K L7 S – V1 C2 L7 S	0,394	V1 K L7 S – V1 C2 L7 S	0,000	V1 K L7 S – V1 C2 L7 S	0,000
V1 K L7 S – V1 C3 L7 S	0,002	V1 K L7 S – V1 C3 L7 S	0,000	V1 K L7 S – V1 C3 L7 S	0,000

V1 K L7 S – V1 C4 L7 S	0,222	V1 K L7 S – V1 C4 L7 S	0,849	V1 K L7 S – V1 C4 L7 S	0,904
V1 K L3 A – V1 C1 L3 A	0,000	V1 K L3 A – V1 C1 L3 A	0,091	V1 K L3 A – V1 C1 L3 A	0,000
V1 K L3 A – V1 C2 L3 A	0,023	V1 K L3 A – V1 C2 L3 A	0,869	V1 K L3 A – V1 C2 L3 A	0,001
V1 K L3 A – V1 C3 L3 A	0,000	V1 K L3 A – V1 C3 L3 A	0,376	V1 K L3 A – V1 C3 L3 A	0,000
V1 K L3 A – V1 C4 L3 A	0,226	V1 K L3 A – V1 C4 L3 A	0,011	V1 K L3 A – V1 C4 L3 A	0,075
V1 K L23 A – V1 C1 L23 A	0,000	V1 K L23 A – V1 C1 L23 A	0,488	V1 K L23 A – V1 C1 L23 A	0,702
V1 K L23 A – V1 C2 L23 A	0,000	V1 K L23 A – V1 C2 L23 A	0,946	V1 K L23 A – V1 C2 L23 A	0,526
V1 K L23 A – V1 C3 L23 A	0,001	V1 K L23 A – V1 C3 L23 A	0,841	V1 K L23 A – V1 C3 L23 A	0,755
V1 K L23 A – V1 C4 L23 A	0,356	V1 K L23 A – V1 C4 L23 A	0,000	V1 K L23 A – V1 C4 L23 A	0,954
V2 K L3 S – V2 C1 L3 S	0,454	V2 K L3 S – V2 C1 L3 S	0,114	V2 K L3 S – V2 C1 L3 S	0,821
V2 K L3 S – V2 C2 L3 S	0,000	V2 K L3 S – V2 C2 L3 S	0,957	V2 K L3 S – V2 C2 L3 S	0,281
V2 K L3 S – V2 C3 L3 S	0,000	V2 K L3 S – V2 C3 L3 S	0,009	V2 K L3 S – V2 C3 L3 S	0,678
V2 K L3 S – V2 C4 L3 S	0,000	V2 K L3 S – V2 C4 L3 S	0,590	V2 K L3 S – V2 C4 L3 S	0,028
V2 K L7 S – V2 C1 L7 S	0,052	V2 K L7 S – V2 C1 L7 S	0,717	V2 K L7 S – V2 C1 L7 S	0,415
V2 K L7 S – V2 C2 L7 S	0,000	V2 K L7 S – V2 C2 L7 S	0,621	V2 K L7 S – V2 C2 L7 S	0,068
V2 K L7 S – V2 C3 L7 S	0,000	V2 K L7 S – V2 C3 L7 S	0,682	V2 K L7 S – V2 C3 L7 S	0,476
V2 K L7 S – V2 C4 L7 S	0,000	V2 K L7 S – V2 C4 L7 S	0,356	V2 K L7 S – V2 C4 L7 S	0,369
V2 K L3 A – V2 C1 L3 A	0,840	V2 K L3 A – V2 C1 L3 A	0,694	V2 K L3 A – V2 C1 L3 A	0,224
V2 K L3 A – V2 C2 L3 A	0,000	V2 K L3 A – V2 C2 L3 A	0,228	V2 K L3 A – V2 C2 L3 A	0,263
V2 K L3 A – V2 C3 L3 A	0,000	V2 K L3 A – V2 C3 L3 A	0,352	V2 K L3 A – V2 C3 L3 A	0,037
V2 K L3 A – V2 C4 L3 A	0,000	V2 K L3 A – V2 C4 L3 A	0,713	V2 K L3 A – V2 C4 L3 A	0,085
V2 K L23 A – V2 C1 L23 A	0,502	V2 K L23 A – V2 C1 L23 A	0,321	V2 K L23 A – V2 C1 L23 A	0,317
V2 K L23 A – V2 C2 L23 A	0,000	V2 K L23 A – V2 C2 L23 A	0,052	V2 K L23 A – V2 C2 L23 A	0,516
V2 K L23 A – V2 C3 L23 A	0,000	V2 K L23 A – V2 C3 L23 A	0,448	V2 K L23 A – V2 C3 L23 A	0,526
V2 K L23 A – V2 C4 L23 A	0,000	V2 K L23 A – V2 C4 L23 A	0,176	V2 K L23 A – V2 C4 L23 A	0,015
H1 K L3 S – H1 C1 L3 S	0,000	H1 K L3 S – H1 C1 L3 S	0,161	H1 K L3 S – H1 C1 L3 S	0,350
H1 K L3 S – H1 C2 L3 S	0,000	H1 K L3 S – H1 C2 L3 S	0,354	H1 K L3 S – H1 C2 L3 S	0,069
H1 K L3 S – H1 C3 L3 S	0,000	H1 K L3 S – H1 C3 L3 S	0,125	H1 K L3 S – H1 C3 L3 S	0,878
H1 K L3 S – H1 C4 L3 S	0,002	H1 K L3 S – H1 C4 L3 S	0,128	H1 K L3 S – H1 C4 L3 S	0,884
H1 K L7 S – H1 C1 L7 S	0,000	H1 K L7 S – H1 C1 L7 S	0,750	H1 K L7 S – H1 C1 L7 S	0,023
H1 K L7 S – H1 C2 L7 S	0,000	H1 K L7 S – H1 C2 L7 S	0,623	H1 K L7 S – H1 C2 L7 S	0,176
H1 K L7 S – H1 C3 L7 S	0,000	H1 K L7 S – H1 C3 L7 S	0,823	H1 K L7 S – H1 C3 L7 S	0,514
H1 K L7 S – H1 C4 L7 S	0,001	H1 K L7 S – H1 C4 L7 S	0,951	H1 K L7 S – H1 C4 L7 S	0,161
H1 K L3 A – H1 C1 L3 A	0,000	H1 K L3 A – H1 C1 L3 A	0,021	H1 K L3 A – H1 C1 L3 A	0,009
H1 K L3 A – H1 C2 L3 A	0,000	H1 K L3 A – H1 C2 L3 A	0,018	H1 K L3 A – H1 C2 L3 A	0,070
H1 K L3 A – H1 C3 L3 A	0,000	H1 K L3 A – H1 C3 L3 A	0,422	H1 K L3 A – H1 C3 L3 A	0,001
H1 K L3 A – H1 C4 L3 A	0,011	H1 K L3 A – H1 C4 L3 A	0,002	H1 K L3 A – H1 C4 L3 A	0,128
H1 K L23 A – H1 C1 L23 A	0,000	H1 K L23 A – H1 C1 L23 A	0,000	H1 K L23 A – H1 C1 L23 A	0,193
H1 K L23 A – H1 C2 L23 A	0,000	H1 K L23 A – H1 C2 L23 A	0,039	H1 K L23 A – H1 C2 L23 A	0,431
H1 K L23 A – H1 C3 L23 A	0,000	H1 K L23 A – H1 C3 L23 A	0,000	H1 K L23 A – H1 C3 L23 A	0,359
H1 K L23 A – H1 C4 L23 A	0,000	H1 K L23 A – H1 C4 L23 A	0,000	H1 K L23 A – H1 C4 L23 A	0,243
H2 K L3 S – H2 C1 L3 S	0,000	H2 K L3 S – H2 C1 L3 S	0,004	H2 K L3 S – H2 C1 L3 S	0,000
H2 K L3 S – H2 C2 L3 S	0,000	H2 K L3 S – H2 C2 L3 S	0,000	H2 K L3 S – H2 C2 L3 S	0,000
H2 K L3 S – H2 C3 L3 S	0,000	H2 K L3 S – H2 C3 L3 S	0,521	H2 K L3 S – H2 C3 L3 S	0,000
H2 K L7 S – H2 C1 L7 S	0,000	H2 K L7 S – H2 C1 L7 S	0,034	H2 K L7 S – H2 C1 L7 S	0,004
H2 K L7 S – H2 C2 L7 S	0,000	H2 K L7 S – H2 C2 L7 S	0,043	H2 K L7 S – H2 C2 L7 S	0,000
H2 K L7 S – H2 C3 L7 S	0,000	H2 K L7 S – H2 C3 L7 S	0,219	H2 K L7 S – H2 C3 L7 S	0,000
H2 K L3 A – H2 C1 L3 A	0,005	H2 K L3 A – H2 C1 L3 A	0,037	H2 K L3 A – H2 C1 L3 A	0,014
H2 K L3 A – H2 C2 L3 A	0,000	H2 K L3 A – H2 C2 L3 A	0,008	H2 K L3 A – H2 C2 L3 A	0,000
H2 K L3 A – H2 C3 L3 A	0,000	H2 K L3 A – H2 C3 L3 A	0,468	H2 K L3 A – H2 C3 L3 A	0,000
H2 K L23 A – H2 C1 L23 A	0,644	H2 K L23 A – H2 C1 L23 A	0,651	H2 K L23 A – H2 C1 L23 A	0,018
H2 K L23 A – H2 C2 L23 A	0,000	H2 K L23 A – H2 C2 L23 A	0,005	H2 K L23 A – H2 C2 L23 A	0,000
H2 K L23 A – H2 C3 L23 A	0,000	H2 K L23 A – H2 C3 L23 A	0,477	H2 K L23 A – H2 C3 L23 A	0,000
H3 K L3 S – H3 C1 L3 S	0,000	H3 K L3 S – H3 C1 L3 S	0,000	H3 K L3 S – H3 C1 L3 S	0,000
H3 K L3 S – H3 C2 L3 S	0,000	H3 K L3 S – H3 C2 L3 S	0,000	H3 K L3 S – H3 C2 L3 S	0,000
H3 K L3 S – H3 C3 L3 S	0,000	H3 K L3 S – H3 C3 L3 S	0,000	H3 K L3 S – H3 C3 L3 S	0,000
H3 K L7 S – H3 C1 L7 S	0,000	H3 K L7 S – H3 C1 L7 S	0,000	H3 K L7 S – H3 C1 L7 S	0,000
H3 K L7 S – H3 C2 L7 S	0,000	H3 K L7 S – H3 C2 L7 S	0,000	H3 K L7 S – H3 C2 L7 S	0,000
H3 K L7 S – H3 C3 L7 S	0,000	H3 K L7 S – H3 C3 L7 S	0,001	H3 K L7 S – H3 C3 L7 S	0,000
H3 K L3 A – H3 C1 L3 A	0,000	H3 K L3 A – H3 C1 L3 A	0,000	H3 K L3 A – H3 C1 L3 A	0,000
H3 K L3 A – H3 C2 L3 A	0,000	H3 K L3 A – H3 C2 L3 A	0,000	H3 K L3 A – H3 C2 L3 A	0,000
H3 K L3 A – H3 C3 L3 A	0,000	H3 K L3 A – H3 C3 L3 A	0,002	H3 K L3 A – H3 C3 L3 A	0,000
H3 K L23 A – H3 C1 L23 A	0,000	H3 K L23 A – H3 C1 L23 A	0,000	H3 K L23 A – H3 C1 L23 A	0,000
H3 K L23 A – H3 C2 L23 A	0,000	H3 K L23 A – H3 C2 L23 A	0,000	H3 K L23 A – H3 C2 L23 A	0,000
H3 K L23 A – H3 C3 L23 A	0,000	H3 K L23 A – H3 C3 L23 A	0,025	H3 K L23 A – H3 C3 L23 A	0,000
<i>Textur: Klebrigkeit</i>		<i>Textur: Elastizität</i>		<i>Textur: Kohäsivität</i>	
V1 K L3 S – V1 C1 L3 S	0,396	V1 K L3 S – V1 C1 L3 S	0,337	V1 K L3 S – V1 C1 L3 S	0,661
V1 K L3 S – V1 C2 L3 S	0,898	V1 K L3 S – V1 C2 L3 S	0,003	V1 K L3 S – V1 C2 L3 S	0,545
V1 K L3 S – V1 C3 L3 S	0,000	V1 K L3 S – V1 C3 L3 S	0,235	V1 K L3 S – V1 C3 L3 S	0,005
V1 K L3 S – V1 C4 L3 S	0,065	V1 K L3 S – V1 C4 L3 S	0,997	V1 K L3 S – V1 C4 L3 S	0,018
V1 K L7 S – V1 C1 L7 S	0,204	V1 K L7 S – V1 C1 L7 S	0,016	V1 K L7 S – V1 C1 L7 S	0,584
V1 K L7 S – V1 C2 L7 S	0,013	V1 K L7 S – V1 C2 L7 S	0,028	V1 K L7 S – V1 C2 L7 S	0,270
V1 K L7 S – V1 C3 L7 S	0,335	V1 K L7 S – V1 C3 L7 S	0,078	V1 K L7 S – V1 C3 L7 S	0,004

V1 K L7 S – V1 C4 L7 S	0,014	V1 K L7 S – V1 C4 L7 S	0,000	V1 K L7 S – V1 C4 L7 S	0,000
V1 K L3 A – V1 C1 L3 A	0,935	V1 K L3 A – V1 C1 L3 A	0,000	V1 K L3 A – V1 C1 L3 A	0,000
V1 K L3 A – V1 C2 L3 A	0,003	V1 K L3 A – V1 C2 L3 A	0,000	V1 K L3 A – V1 C2 L3 A	0,000
V1 K L3 A – V1 C3 L3 A	0,002	V1 K L3 A – V1 C3 L3 A	0,000	V1 K L3 A – V1 C3 L3 A	0,000
V1 K L3 A – V1 C4 L3 A	0,050	V1 K L3 A – V1 C4 L3 A	0,000	V1 K L3 A – V1 C4 L3 A	0,000
V1 K L23 A – V1 C1 L23 A	0,878	V1 K L23 A – V1 C1 L23 A	1,000	V1 K L23 A – V1 C1 L23 A	0,000
V1 K L23 A – V1 C2 L23 A	1,000	V1 K L23 A – V1 C2 L23 A	0,000	V1 K L23 A – V1 C2 L23 A	0,000
V1 K L23 A – V1 C3 L23 A	0,115	V1 K L23 A – V1 C3 L23 A	0,000	V1 K L23 A – V1 C3 L23 A	0,000
V1 K L23 A – V1 C4 L23 A	0,150	V1 K L23 A – V1 C4 L23 A	0,000	V1 K L23 A – V1 C4 L23 A	0,000
V2 K L3 S – V2 C1 L3 S	0,733	V2 K L3 S – V2 C1 L3 S	1,000	V2 K L3 S – V2 C1 L3 S	0,236
V2 K L3 S – V2 C2 L3 S	0,005	V2 K L3 S – V2 C2 L3 S	0,002	V2 K L3 S – V2 C2 L3 S	0,971
V2 K L3 S – V2 C3 L3 S	0,120	V2 K L3 S – V2 C3 L3 S	0,007	V2 K L3 S – V2 C3 L3 S	0,251
V2 K L3 S – V2 C4 L3 S	0,001	V2 K L3 S – V2 C4 L3 S	0,000	V2 K L3 S – V2 C4 L3 S	0,000
V2 K L7 S – V2 C1 L7 S	0,073	V2 K L7 S – V2 C1 L7 S	0,100	V2 K L7 S – V2 C1 L7 S	0,053
V2 K L7 S – V2 C2 L7 S	0,550	V2 K L7 S – V2 C2 L7 S	0,004	V2 K L7 S – V2 C2 L7 S	0,013
V2 K L7 S – V2 C3 L7 S	0,159	V2 K L7 S – V2 C3 L7 S	0,012	V2 K L7 S – V2 C3 L7 S	0,000
V2 K L7 S – V2 C4 L7 S	0,372	V2 K L7 S – V2 C4 L7 S	0,002	V2 K L7 S – V2 C4 L7 S	0,000
V2 K L3 A – V2 C1 L3 A	0,181	V2 K L3 A – V2 C1 L3 A	0,169	V2 K L3 A – V2 C1 L3 A	0,000
V2 K L3 A – V2 C2 L3 A	0,041	V2 K L3 A – V2 C2 L3 A	0,000	V2 K L3 A – V2 C2 L3 A	0,000
V2 K L3 A – V2 C3 L3 A	0,191	V2 K L3 A – V2 C3 L3 A	0,003	V2 K L3 A – V2 C3 L3 A	0,000
V2 K L3 A – V2 C4 L3 A	0,574	V2 K L3 A – V2 C4 L3 A	0,010	V2 K L3 A – V2 C4 L3 A	0,000
V2 K L23 A – V2 C1 L23 A	0,364	V2 K L23 A – V2 C1 L23 A	0,716	V2 K L23 A – V2 C1 L23 A	0,000
V2 K L23 A – V2 C2 L23 A	0,079	V2 K L23 A – V2 C2 L23 A	0,535	V2 K L23 A – V2 C2 L23 A	0,000
V2 K L23 A – V2 C3 L23 A	0,025	V2 K L23 A – V2 C3 L23 A	0,836	V2 K L23 A – V2 C3 L23 A	0,000
V2 K L23 A – V2 C4 L23 A	0,624	V2 K L23 A – V2 C4 L23 A	0,011	V2 K L23 A – V2 C4 L23 A	0,000
H1 K L3 S – H1 C1 L3 S	0,171	H1 K L3 S – H1 C1 L3 S	0,000	H1 K L3 S – H1 C1 L3 S	0,000
H1 K L3 S – H1 C2 L3 S	0,001	H1 K L3 S – H1 C2 L3 S	0,000	H1 K L3 S – H1 C2 L3 S	0,000
H1 K L3 S – H1 C3 L3 S	0,032	H1 K L3 S – H1 C3 L3 S	0,048	H1 K L3 S – H1 C3 L3 S	0,000
H1 K L3 S – H1 C4 L3 S	0,318	H1 K L3 S – H1 C4 L3 S	0,962	H1 K L3 S – H1 C4 L3 S	0,000
H1 K L7 S – H1 C1 L7 S	0,028	H1 K L7 S – H1 C1 L7 S	0,001	H1 K L7 S – H1 C1 L7 S	0,004
H1 K L7 S – H1 C2 L7 S	0,067	H1 K L7 S – H1 C2 L7 S	0,041	H1 K L7 S – H1 C2 L7 S	0,000
H1 K L7 S – H1 C3 L7 S	0,118	H1 K L7 S – H1 C3 L7 S	0,894	H1 K L7 S – H1 C3 L7 S	0,000
H1 K L7 S – H1 C4 L7 S	0,747	H1 K L7 S – H1 C4 L7 S	0,051	H1 K L7 S – H1 C4 L7 S	0,000
H1 K L3 A – H1 C1 L3 A	0,214	H1 K L3 A – H1 C1 L3 A	0,002	H1 K L3 A – H1 C1 L3 A	0,001
H1 K L3 A – H1 C2 L3 A	0,152	H1 K L3 A – H1 C2 L3 A	0,035	H1 K L3 A – H1 C2 L3 A	0,000
H1 K L3 A – H1 C3 L3 A	0,011	H1 K L3 A – H1 C3 L3 A	0,016	H1 K L3 A – H1 C3 L3 A	0,000
H1 K L3 A – H1 C4 L3 A	0,042	H1 K L3 A – H1 C4 L3 A	0,004	H1 K L3 A – H1 C4 L3 A	0,000
H1 K L23 A – H1 C1 L23 A	0,068	H1 K L23 A – H1 C1 L23 A	0,000	H1 K L23 A – H1 C1 L23 A	0,000
H1 K L23 A – H1 C2 L23 A	0,033	H1 K L23 A – H1 C2 L23 A	0,019	H1 K L23 A – H1 C2 L23 A	0,000
H1 K L23 A – H1 C3 L23 A	0,105	H1 K L23 A – H1 C3 L23 A	0,415	H1 K L23 A – H1 C3 L23 A	0,000
H1 K L23 A – H1 C4 L23 A	0,056	H1 K L23 A – H1 C4 L23 A	0,000	H1 K L23 A – H1 C4 L23 A	0,000
H2 K L3 S – H2 C1 L3 S	0,011	H2 K L3 S – H2 C1 L3 S	0,000	H2 K L3 S – H2 C1 L3 S	0,000
H2 K L3 S – H2 C2 L3 S	0,000	H2 K L3 S – H2 C2 L3 S	0,000	H2 K L3 S – H2 C2 L3 S	0,000
H2 K L3 S – H2 C3 L3 S	0,000	H2 K L3 S – H2 C3 L3 S	0,000	H2 K L3 S – H2 C3 L3 S	0,000
H2 K L7 S – H2 C1 L7 S	0,667	H2 K L7 S – H2 C1 L7 S	0,000	H2 K L7 S – H2 C1 L7 S	0,000
H2 K L7 S – H2 C2 L7 S	0,024	H2 K L7 S – H2 C2 L7 S	0,000	H2 K L7 S – H2 C2 L7 S	0,000
H2 K L7 S – H2 C3 L7 S	0,000	H2 K L7 S – H2 C3 L7 S	0,000	H2 K L7 S – H2 C3 L7 S	0,000
H2 K L3 A – H2 C1 L3 A	0,085	H2 K L3 A – H2 C1 L3 A	0,000	H2 K L3 A – H2 C1 L3 A	0,000
H2 K L3 A – H2 C2 L3 A	0,000	H2 K L3 A – H2 C2 L3 A	0,000	H2 K L3 A – H2 C2 L3 A	0,000
H2 K L3 A – H2 C3 L3 A	0,000	H2 K L3 A – H2 C3 L3 A	0,000	H2 K L3 A – H2 C3 L3 A	0,000
H2 K L23 A – H2 C1 L23 A	0,035	H2 K L23 A – H2 C1 L23 A	0,000	H2 K L23 A – H2 C1 L23 A	0,000
H2 K L23 A – H2 C2 L23 A	0,000	H2 K L23 A – H2 C2 L23 A	0,000	H2 K L23 A – H2 C2 L23 A	0,000
H2 K L23 A – H2 C3 L23 A	0,001	H2 K L23 A – H2 C3 L23 A	0,000	H2 K L23 A – H2 C3 L23 A	0,000
H3 K L3 S – H3 C1 L3 S	0,004	H3 K L3 S – H3 C1 L3 S	0,000	H3 K L3 S – H3 C1 L3 S	0,000
H3 K L3 S – H3 C2 L3 S	0,002	H3 K L3 S – H3 C2 L3 S	0,000	H3 K L3 S – H3 C2 L3 S	0,000
H3 K L3 S – H3 C3 L3 S	0,070	H3 K L3 S – H3 C3 L3 S	0,000	H3 K L3 S – H3 C3 L3 S	0,000
H3 K L7 S – H3 C1 L7 S	0,020	H3 K L7 S – H3 C1 L7 S	0,000	H3 K L7 S – H3 C1 L7 S	0,000
H3 K L7 S – H3 C2 L7 S	0,000	H3 K L7 S – H3 C2 L7 S	0,000	H3 K L7 S – H3 C2 L7 S	0,000
H3 K L7 S – H3 C3 L7 S	0,190	H3 K L7 S – H3 C3 L7 S	0,000	H3 K L7 S – H3 C3 L7 S	0,000
H3 K L3 A – H3 C1 L3 A	0,002	H3 K L3 A – H3 C1 L3 A	0,000	H3 K L3 A – H3 C1 L3 A	0,000
H3 K L3 A – H3 C2 L3 A	0,000	H3 K L3 A – H3 C2 L3 A	0,000	H3 K L3 A – H3 C2 L3 A	0,000
H3 K L3 A – H3 C3 L3 A	0,127	H3 K L3 A – H3 C3 L3 A	0,000	H3 K L3 A – H3 C3 L3 A	0,000
H3 K L23 A – H3 C1 L23 A	0,001	H3 K L23 A – H3 C1 L23 A	0,000	H3 K L23 A – H3 C1 L23 A	0,000
H3 K L23 A – H3 C2 L23 A	0,006	H3 K L23 A – H3 C2 L23 A	0,000	H3 K L23 A – H3 C2 L23 A	0,000
H3 K L23 A – H3 C3 L23 A	0,136	H3 K L23 A – H3 C3 L23 A	0,000	H3 K L23 A – H3 C3 L23 A	0,000
Textur: Kaufähigkeit		L*-Wert		a*-Wert	
V1 K L3 S – V1 C1 L3 S	0,002	V1 K L3 S – V1 C1 L3 S	0,009	V1 K L3 S – V1 C1 L3 S	0,000
V1 K L3 S – V1 C2 L3 S	1,000	V1 K L3 S – V1 C2 L3 S	0,000	V1 K L3 S – V1 C2 L3 S	0,000
V1 K L3 S – V1 C3 L3 S	0,000	V1 K L3 S – V1 C3 L3 S	0,000	V1 K L3 S – V1 C3 L3 S	0,000
V1 K L3 S – V1 C4 L3 S	0,000	V1 K L3 S – V1 C4 L3 S	0,000	V1 K L3 S – V1 C4 L3 S	0,000
V1 K L7 S – V1 C1 L7 S	0,000	V1 K L7 S – V1 C1 L7 S	0,380	V1 K L7 S – V1 C1 L7 S	0,054
V1 K L7 S – V1 C2 L7 S	0,000	V1 K L7 S – V1 C2 L7 S	0,094	V1 K L7 S – V1 C2 L7 S	0,000
V1 K L7 S – V1 C3 L7 S	0,000	V1 K L7 S – V1 C3 L7 S	0,000	V1 K L7 S – V1 C3 L7 S	0,000

V1 K L7 S – V1 C4 L7 S	0,000	V1 K L7 S – V1 C4 L7 S	0,000	V1 K L7 S – V1 C4 L7 S	0,011
V1 K L3 A – V1 C1 L3 A	0,000	V1 K L3 A – V1 C1 L3 A	0,546	V1 K L3 A – V1 C1 L3 A	0,524
V1 K L3 A – V1 C2 L3 A	0,000	V1 K L3 A – V1 C2 L3 A	0,000	V1 K L3 A – V1 C2 L3 A	0,508
V1 K L3 A – V1 C3 L3 A	0,000	V1 K L3 A – V1 C3 L3 A	0,000	V1 K L3 A – V1 C3 L3 A	0,440
V1 K L3 A – V1 C4 L3 A	0,000	V1 K L3 A – V1 C4 L3 A	0,000	V1 K L3 A – V1 C4 L3 A	0,373
V1 K L23 A – V1 C1 L23 A	0,000	V1 K L23 A – V1 C1 L23 A	0,044	V1 K L23 A – V1 C1 L23 A	0,030
V1 K L23 A – V1 C2 L23 A	0,000	V1 K L23 A – V1 C2 L23 A	0,253	V1 K L23 A – V1 C2 L23 A	0,106
V1 K L23 A – V1 C3 L23 A	0,000	V1 K L23 A – V1 C3 L23 A	0,919	V1 K L23 A – V1 C3 L23 A	0,120
V1 K L23 A – V1 C4 L23 A	0,000	V1 K L23 A – V1 C4 L23 A	0,000	V1 K L23 A – V1 C4 L23 A	0,002
V2 K L3 S – V2 C1 L3 S	0,876	V2 K L3 S – V2 C1 L3 S	0,874	V2 K L3 S – V2 C1 L3 S	1,000
V2 K L3 S – V2 C2 L3 S	0,687	V2 K L3 S – V2 C2 L3 S	0,027	V2 K L3 S – V2 C2 L3 S	0,607
V2 K L3 S – V2 C3 L3 S	0,501	V2 K L3 S – V2 C3 L3 S	0,103	V2 K L3 S – V2 C3 L3 S	0,092
V2 K L3 S – V2 C4 L3 S	0,001	V2 K L3 S – V2 C4 L3 S	0,097	V2 K L3 S – V2 C4 L3 S	0,056
V2 K L7 S – V2 C1 L7 S	0,310	V2 K L7 S – V2 C1 L7 S	0,000	V2 K L7 S – V2 C1 L7 S	0,350
V2 K L7 S – V2 C2 L7 S	0,084	V2 K L7 S – V2 C2 L7 S	0,000	V2 K L7 S – V2 C2 L7 S	0,106
V2 K L7 S – V2 C3 L7 S	0,001	V2 K L7 S – V2 C3 L7 S	0,070	V2 K L7 S – V2 C3 L7 S	0,037
V2 K L7 S – V2 C4 L7 S	0,000	V2 K L7 S – V2 C4 L7 S	0,010	V2 K L7 S – V2 C4 L7 S	0,019
V2 K L3 A – V2 C1 L3 A	0,000	V2 K L3 A – V2 C1 L3 A	0,871	V2 K L3 A – V2 C1 L3 A	0,548
V2 K L3 A – V2 C2 L3 A	0,000	V2 K L3 A – V2 C2 L3 A	0,001	V2 K L3 A – V2 C2 L3 A	0,548
V2 K L3 A – V2 C3 L3 A	0,000	V2 K L3 A – V2 C3 L3 A	0,000	V2 K L3 A – V2 C3 L3 A	0,229
V2 K L3 A – V2 C4 L3 A	0,000	V2 K L3 A – V2 C4 L3 A	0,000	V2 K L3 A – V2 C4 L3 A	0,235
V2 K L23 A – V2 C1 L23 A	0,000	V2 K L23 A – V2 C1 L23 A	0,673	V2 K L23 A – V2 C1 L23 A	0,891
V2 K L23 A – V2 C2 L23 A	0,000	V2 K L23 A – V2 C2 L23 A	0,630	V2 K L23 A – V2 C2 L23 A	0,316
V2 K L23 A – V2 C3 L23 A	0,000	V2 K L23 A – V2 C3 L23 A	0,019	V2 K L23 A – V2 C3 L23 A	0,085
V2 K L23 A – V2 C4 L23 A	0,000	V2 K L23 A – V2 C4 L23 A	0,117	V2 K L23 A – V2 C4 L23 A	0,049
H1 K L3 S – H1 C1 L3 S	0,000	H1 K L3 S – H1 C1 L3 S	0,001	H1 K L3 S – H1 C1 L3 S	0,833
H1 K L3 S – H1 C2 L3 S	0,000	H1 K L3 S – H1 C2 L3 S	0,000	H1 K L3 S – H1 C2 L3 S	0,000
H1 K L3 S – H1 C3 L3 S	0,003	H1 K L3 S – H1 C3 L3 S	0,000	H1 K L3 S – H1 C3 L3 S	0,000
H1 K L3 S – H1 C4 L3 S	0,000	H1 K L3 S – H1 C4 L3 S	0,000	H1 K L3 S – H1 C4 L3 S	0,000
H1 K L7 S – H1 C1 L7 S	0,002	H1 K L7 S – H1 C1 L7 S	0,000	H1 K L7 S – H1 C1 L7 S	0,326
H1 K L7 S – H1 C2 L7 S	0,000	H1 K L7 S – H1 C2 L7 S	0,000	H1 K L7 S – H1 C2 L7 S	0,003
H1 K L7 S – H1 C3 L7 S	0,000	H1 K L7 S – H1 C3 L7 S	0,000	H1 K L7 S – H1 C3 L7 S	0,001
H1 K L7 S – H1 C4 L7 S	0,000	H1 K L7 S – H1 C4 L7 S	0,000	H1 K L7 S – H1 C4 L7 S	0,000
H1 K L3 A – H1 C1 L3 A	0,003	H1 K L3 A – H1 C1 L3 A	0,000	H1 K L3 A – H1 C1 L3 A	0,353
H1 K L3 A – H1 C2 L3 A	0,000	H1 K L3 A – H1 C2 L3 A	0,000	H1 K L3 A – H1 C2 L3 A	0,141
H1 K L3 A – H1 C3 L3 A	0,000	H1 K L3 A – H1 C3 L3 A	0,000	H1 K L3 A – H1 C3 L3 A	0,008
H1 K L3 A – H1 C4 L3 A	0,000	H1 K L3 A – H1 C4 L3 A	0,000	H1 K L3 A – H1 C4 L3 A	0,004
H1 K L23 A – H1 C1 L23 A	0,000	H1 K L23 A – H1 C1 L23 A	0,050	H1 K L23 A – H1 C1 L23 A	0,720
H1 K L23 A – H1 C2 L23 A	0,000	H1 K L23 A – H1 C2 L23 A	0,671	H1 K L23 A – H1 C2 L23 A	0,083
H1 K L23 A – H1 C3 L23 A	0,000	H1 K L23 A – H1 C3 L23 A	0,022	H1 K L23 A – H1 C3 L23 A	0,012
H1 K L23 A – H1 C4 L23 A	0,000	H1 K L23 A – H1 C4 L23 A	0,000	H1 K L23 A – H1 C4 L23 A	0,005
H2 K L3 S – H2 C1 L3 S	0,000	H2 K L3 S – H2 C1 L3 S	0,015	H2 K L3 S – H2 C1 L3 S	0,000
H2 K L3 S – H2 C2 L3 S	0,000	H2 K L3 S – H2 C2 L3 S	0,000	H2 K L3 S – H2 C2 L3 S	0,000
H2 K L3 S – H2 C3 L3 S	0,000	H2 K L3 S – H2 C3 L3 S	0,220	H2 K L3 S – H2 C3 L3 S	0,000
H2 K L7 S – H2 C1 L7 S	0,000	H2 K L7 S – H2 C1 L7 S	0,030	H2 K L7 S – H2 C1 L7 S	0,002
H2 K L7 S – H2 C2 L7 S	0,000	H2 K L7 S – H2 C2 L7 S	0,000	H2 K L7 S – H2 C2 L7 S	0,000
H2 K L7 S – H2 C3 L7 S	0,000	H2 K L7 S – H2 C3 L7 S	0,003	H2 K L7 S – H2 C3 L7 S	0,000
H2 K L3 A – H2 C1 L3 A	0,000	H2 K L3 A – H2 C1 L3 A	0,396	H2 K L3 A – H2 C1 L3 A	0,054
H2 K L3 A – H2 C2 L3 A	0,000	H2 K L3 A – H2 C2 L3 A	0,000	H2 K L3 A – H2 C2 L3 A	0,003
H2 K L3 A – H2 C3 L3 A	0,000	H2 K L3 A – H2 C3 L3 A	0,001	H2 K L3 A – H2 C3 L3 A	0,001
H2 K L23 A – H2 C1 L23 A	0,000	H2 K L23 A – H2 C1 L23 A	0,033	H2 K L23 A – H2 C1 L23 A	0,123
H2 K L23 A – H2 C2 L23 A	0,000	H2 K L23 A – H2 C2 L23 A	0,000	H2 K L23 A – H2 C2 L23 A	0,001
H2 K L23 A – H2 C3 L23 A	0,000	H2 K L23 A – H2 C3 L23 A	0,133	H2 K L23 A – H2 C3 L23 A	0,000
H3 K L3 S – H3 C1 L3 S	0,000	H3 K L3 S – H3 C1 L3 S	0,000	H3 K L3 S – H3 C1 L3 S	0,002
H3 K L3 S – H3 C2 L3 S	0,000	H3 K L3 S – H3 C2 L3 S	0,002	H3 K L3 S – H3 C2 L3 S	0,000
H3 K L3 S – H3 C3 L3 S	0,000	H3 K L3 S – H3 C3 L3 S	0,022	H3 K L3 S – H3 C3 L3 S	0,000
H3 K L7 S – H3 C1 L7 S	0,000	H3 K L7 S – H3 C1 L7 S	0,000	H3 K L7 S – H3 C1 L7 S	0,002
H3 K L7 S – H3 C2 L7 S	0,000	H3 K L7 S – H3 C2 L7 S	0,000	H3 K L7 S – H3 C2 L7 S	0,000
H3 K L7 S – H3 C3 L7 S	0,000	H3 K L7 S – H3 C3 L7 S	0,001	H3 K L7 S – H3 C3 L7 S	0,000
H3 K L3 A – H3 C1 L3 A	0,000	H3 K L3 A – H3 C1 L3 A	0,000	H3 K L3 A – H3 C1 L3 A	0,728
H3 K L3 A – H3 C2 L3 A	0,000	H3 K L3 A – H3 C2 L3 A	0,000	H3 K L3 A – H3 C2 L3 A	0,063
H3 K L3 A – H3 C3 L3 A	0,000	H3 K L3 A – H3 C3 L3 A	0,000	H3 K L3 A – H3 C3 L3 A	0,005
H3 K L23 A – H3 C1 L23 A	0,000	H3 K L23 A – H3 C1 L23 A	0,000	H3 K L23 A – H3 C1 L23 A	0,151
H3 K L23 A – H3 C2 L23 A	0,000	H3 K L23 A – H3 C2 L23 A	0,000	H3 K L23 A – H3 C2 L23 A	0,004
H3 K L23 A – H3 C3 L23 A	0,000	H3 K L23 A – H3 C3 L23 A	0,482	H3 K L23 A – H3 C3 L23 A	0,042
b*-Wert		pH-Wert		a_w-Wert	
V1 K L3 S – V1 C1 L3 S	0,006	V1 K L3 S – V1 C1 L3 S	0,429	V1 K L3 S – V1 C1 L3 S	0,325
V1 K L3 S – V1 C2 L3 S	0,101	V1 K L3 S – V1 C2 L3 S	0,708	V1 K L3 S – V1 C2 L3 S	0,170
V1 K L3 S – V1 C3 L3 S	0,872	V1 K L3 S – V1 C3 L3 S	0,072	V1 K L3 S – V1 C3 L3 S	0,177
V1 K L3 S – V1 C4 L3 S	0,012	V1 K L3 S – V1 C4 L3 S	0,106	V1 K L3 S – V1 C4 L3 S	0,055
V1 K L7 S – V1 C1 L7 S	0,047	V1 K L7 S – V1 C1 L7 S	0,110	V1 K L7 S – V1 C1 L7 S	0,286
V1 K L7 S – V1 C2 L7 S	0,829	V1 K L7 S – V1 C2 L7 S	0,043	V1 K L7 S – V1 C2 L7 S	0,525
V1 K L7 S – V1 C3 L7 S	0,000	V1 K L7 S – V1 C3 L7 S	0,014	V1 K L7 S – V1 C3 L7 S	0,159

V1 KL7 S – V1 C4 L7 S	0,075	V2 K – V2 C4	0,000	V2 K – V2 C1	0,018
V1 KL3 A – V1 C1 L3 A	0,811	H1 K – H1 C1	0,188	V2 K – V2 C2	0,037
V1 KL3 A – V1 C2 L3 A	0,327	H1 K – H1 C2	0,018	V2 K – V2 C3	0,018
V1 KL3 A – V1 C3 L3 A	0,327	H1 K – H1 C3	0,006	V2 K – V2 C4	0,014
V1 KL3 A – V1 C4 L3 A	0,368	H1 K – H1 C4	0,000	H1 K – H1 C1	0,047
V1 KL23 A – V1 C1 L23 A	0,241	H2 K – H2 C1	0,000	H1 K – H1 C2	0,002
V1 KL23 A – V1 C2 L23 A	0,205	H2 K – H2 C2	0,000	H1 K – H1 C3	0,001
V1 KL23 A – V1 C3 L23 A	0,187	H2 K – H2 C3	0,000	H1 K – H1 C4	0,003
V1 KL23 A – V1 C4 L23 A	0,179	H3 K – H3 C1	0,000	H2 K – H2 C1	0,025
V2 KL3 S – V2 C1 L3 S	0,045	H3 K – H3 C2	0,000	H2 K – H2 C2	0,016
V2 KL3 S – V2 C2 L3 S	0,063	H3 K – H3 C3	0,000	H2 K – H2 C3	0,001
V2 KL3 S – V2 C3 L3 S	0,131	Gesamtwasser		H3 K – H3 C1	0,003
V2 KL3 S – V2 C4 L3 S	0,244	V1 K – V1 C1	0,035	H3 K – H3 C2	0,008
V2 KL7 S – V2 C1 L7 S	0,396	V1 K – V1 C2	0,011	H3 K – H3 C3	0,000
V2 KL7 S – V2 C2 L7 S	0,318	V1 K – V1 C3	0,006	Hydroxyprolin	
V2 KL7 S – V2 C3 L7 S	0,100	V1 K – V1 C4	0,002	V1 K – V1 C1	0,199
V2 KL7 S – V2 C4 L7 S	0,712	V2 K – V2 C1	0,025	V1 K – V1 C2	0,030
V2 KL3 A – V2 C1 L3 A	0,957	V2 K – V2 C2	0,001	V1 K – V1 C3	0,273
V2 KL3 A – V2 C2 L3 A	0,960	V2 K – V2 C3	0,000	V1 K – V1 C4	0,190
V2 KL3 A – V2 C3 L3 A	0,960	V2 K – V2 C4	0,000	V2 K – V2 C1	0,092
V2 KL3 A – V2 C4 L3 A	0,467	H1 K – H1 C1	0,188	V2 K – V2 C2	0,014
V2 KL23 A – V2 C1 L23 A	0,529	H1 K – H1 C2	0,018	V2 K – V2 C3	0,014
V2 KL23 A – V2 C2 L23 A	0,705	H1 K – H1 C3	0,006	V2 K – V2 C4	0,004
V2 KL23 A – V2 C3 L23 A	0,529	H1 K – H1 C4	0,000	H1 K – H1 C1	0,055
V2 KL23 A – V2 C4 L23 A	0,557	H2 K – H2 C1	0,000	H1 K – H1 C2	0,027
H1 KL3 S – H1 C1 L3 S	0,018	H2 K – H2 C2	0,000	H1 K – H1 C3	0,041
H1 KL3 S – H1 C2 L3 S	0,891	H2 K – H2 C3	0,000	H1 K – H1 C4	0,012
H1 KL3 S – H1 C3 L3 S	0,699	H3 K – H3 C1	0,000	H2 K – H2 C1	0,228
H1 KL3 S – H1 C4 L3 S	0,736	H3 K – H3 C2	0,000	H2 K – H2 C2	0,032
H1 KL7 S – H1 C1 L7 S	0,186	H3 K – H3 C3	0,000	H2 K – H2 C3	0,023
H1 KL7 S – H1 C2 L7 S	0,459	Gesamteiweiß		H3 K – H3 C1	0,441
H1 KL7 S – H1 C3 L7 S	0,582	V1 K – V1 C1	0,009	H3 K – H3 C2	0,083
H1 KL7 S – H1 C4 L7 S	0,576	V1 K – V1 C2	0,002	H3 K – H3 C3	0,044
H1 KL3 A – H1 C1 L3 A	0,286	V1 K – V1 C3	0,001	Nichtprotein-Stickstoffsubstanz	
H1 KL3 A – H1 C2 L3 A	0,131	V1 K – V1 C4	0,010	V1 K – V1 C1	0,088
H1 KL3 A – H1 C3 L3 A	0,210	V2 K – V2 C1	0,078	V1 K – V1 C2	0,022
H1 KL3 A – H1 C4 L3 A	0,362	V2 K – V2 C2	0,021	V1 K – V1 C3	0,296
H1 KL23 A – H1 C1 L23 A	0,286	V2 K – V2 C3	0,019	V1 K – V1 C4	0,028
H1 KL23 A – H1 C2 L23 A	0,815	V2 K – V2 C4	0,014	V2 K – V2 C1	0,191
H1 KL23 A – H1 C3 L23 A	0,744	H1 K – H1 C1	0,080	V2 K – V2 C2	0,101
H1 KL23 A – H1 C4 L23 A	0,393	H1 K – H1 C2	0,007	V2 K – V2 C3	0,063
H2 KL3 S – H2 C1 L3 S	0,536	H1 K – H1 C3	0,000	V2 K – V2 C4	0,112
H2 KL3 S – H2 C2 L3 S	0,413	H1 K – H1 C4	0,000	H1 K – H1 C1	0,361
H2 KL3 S – H2 C3 L3 S	0,690	H2 K – H2 C1	0,000	H1 K – H1 C2	0,074
H2 KL7 S – H2 C1 L7 S	0,621	H2 K – H2 C2	0,000	H1 K – H1 C3	0,137
H2 KL7 S – H2 C2 L7 S	0,165	H2 K – H2 C3	0,000	H1 K – H1 C4	0,015
H2 KL7 S – H2 C3 L7 S	0,849	H3 K – H3 C1	0,037	H2 K – H2 C1	0,022
H2 KL3 A – H2 C1 L3 A	0,655	H3 K – H3 C2	0,006	H2 K – H2 C2	0,568
H2 KL3 A – H2 C2 L3 A	0,205	H3 K – H3 C3	0,005	H2 K – H2 C3	0,005
H2 KL3 A – H2 C3 L3 A	0,710	Gesamtfett		H3 K – H3 C1	0,001
H2 KL23 A – H2 C1 L23 A	0,124	V1 K – V1 C1	0,001	H3 K – H3 C2	0,135
H2 KL23 A – H2 C2 L23 A	0,790	V1 K – V1 C2	0,002	H3 K – H3 C3	0,000
H2 KL23 A – H2 C3 L23 A	0,138	V1 K – V1 C3	0,000	Aerobe mesophile Gesamtkeimzahl	
H3 KL3 S – H3 C1 L3 S	0,379	V1 K – V1 C4	0,000	H1 K L3 S – H1 C1 L3 S	0,905
H3 KL3 S – H3 C2 L3 S	0,004	V2 K – V2 C1	0,079	H1 K L3 S – H1 C2 L3 S	0,822
H3 KL3 S – H3 C3 L3 S	0,132	V2 K – V2 C2	0,008	H1 K L3 S – H1 C3 L3 S	0,910
H3 KL7 S – H3 C1 L7 S	0,815	V2 K – V2 C3	0,015	H1 K L3 S – H1 C4 L3 S	0,750
H3 KL7 S – H3 C2 L7 S	0,007	V2 K – V2 C4	0,000	H1 K L7 S – H1 C1 L7 S	0,442
H3 KL7 S – H3 C3 L7 S	0,563	H1 K – H1 C1	0,022	H1 K L7 S – H1 C2 L7 S	0,625
H3 KL3 A – H3 C1 L3 A	0,340	H1 K – H1 C2	0,001	H1 K L7 S – H1 C3 L7 S	0,179
H3 KL3 A – H3 C2 L3 A	0,248	H1 K – H1 C3	0,000	H1 K L7 S – H1 C4 L7 S	0,571
H3 KL3 A – H3 C3 L3 A	0,798	H1 K – H1 C4	0,000	H1 K L3 A – H1 C1 L3 A	0,332
H3 KL23 A – H3 C1 L23 A	0,135	H2 K – H2 C1	0,000	H1 K L3 A – H1 C2 L3 A	0,278
H3 KL23 A – H3 C2 L23 A	0,033	H2 K – H2 C2	0,000	H1 K L3 A – H1 C3 L3 A	0,221
H3 KL23 A – H3 C3 L23 A	0,047	H2 K – H2 C3	0,000	H1 K L3 A – H1 C4 L3 A	0,307
Trockensubstanz		H3 K – H3 C1	0,000	H1 K L23 A – H1 C1 L23 A	0,211
V1 K – V1 C1	0,035	H3 K – H3 C2	0,000	H1 K L23 A – H1 C2 L23 A	0,168
V1 K – V1 C2	0,011	H3 K – H3 C3	0,000	H1 K L23 A – H1 C3 L23 A	0,268
V1 K – V1 C3	0,006	Asche		H1 K L23 A – H1 C4 L23 A	0,172
V1 K – V1 C4	0,002	V1 K – V1 C1	0,017	H2 K L3 S – H2 C1 L3 S	0,823
V2 K – V2 C1	0,025	V1 K – V1 C2	0,001	H2 K L3 S – H2 C2 L3 S	0,341
V2 K – V2 C2	0,001	V1 K – V1 C3	0,001	H2 K L3 S – H2 C3 L3 S	0,435
V2 K – V2 C3	0,000	V1 K – V1 C4	0,001	H2 K L7 S – H2 C1 L7 S	0,219

H2 K L7 S – H2 C2 L7 S	0,040	V2 K L23 A – V2 C1 L23 A	0,006	H1 K L23 A – H1 C1 L23 A	0,945
H2 K L7 S – H2 C3 L7 S	0,069	V2 K L23 A – V2 C2 L23 A	0,001	H1 K L23 A – H1 C2 L23 A	0,253
H2 K L3 A – H2 C1 L3 A	0,500	V2 K L23 A – V2 C3 L23 A	0,001	H1 K L23 A – H1 C3 L23 A	0,199
H2 K L3 A – H2 C2 L3 A	0,363	V2 K L23 A – V2 C4 L23 A	0,546	H1 K L23 A – H1 C4 L23 A	0,766
H2 K L3 A – H2 C3 L3 A	0,372	H1 K L3 A – H1 C1 L3 A	0,322	H2 K L3 A – H2 C1 L3 A	0,780
H2 K L23 A – H2 C1 L23 A	0,508	H1 K L3 A – H1 C2 L3 A	0,795	H2 K L3 A – H2 C2 L3 A	0,756
H2 K L23 A – H2 C2 L23 A	0,757	H1 K L3 A – H1 C3 L3 A	0,365	H2 K L3 A – H2 C3 L3 A	1,000
H2 K L23 A – H2 C3 L23 A	0,941	H1 K L3 A – H1 C4 L3 A	0,654	H2 K L23 A – H2 C1 L23 A	0,168
H3 K L3 S – H3 C1 L3 S	0,318	H1 K L23 A – H1 C1 L23 A	0,815	H2 K L23 A – H2 C2 L23 A	0,760
H3 K L3 S – H3 C2 L3 S	0,408	H1 K L23 A – H1 C2 L23 A	0,294	H2 K L23 A – H2 C3 L23 A	0,439
H3 K L3 S – H3 C3 L3 S	0,327	H1 K L23 A – H1 C3 L23 A	0,163	H3 K L3 A – H3 C1 L3 A	0,813
H3 K L7 S – H3 C1 L7 S	0,612	H1 K L23 A – H1 C4 L23 A	0,873	H3 K L3 A – H3 C2 L3 A	0,605
H3 K L7 S – H3 C2 L7 S	0,874	H2 K L3 A – H2 C1 L3 A	1,000	H3 K L3 A – H3 C3 L3 A	0,614
H3 K L7 S – H3 C3 L7 S	0,892	H2 K L3 A – H2 C2 L3 A	0,837	H3 K L23 A – H3 C1 L23 A	0,887
H3 K L3 A – H3 C1 L3 A	0,094	H2 K L3 A – H2 C3 L3 A	0,457	H3 K L23 A – H3 C2 L23 A	0,270
H3 K L3 A – H3 C2 L3 A	0,182	H2 K L23 A – H2 C1 L23 A	0,058	H3 K L23 A – H3 C3 L23 A	0,896
H3 K L3 A – H3 C3 L3 A	0,300	H2 K L23 A – H2 C2 L23 A	0,242		
H3 K L23 A – H3 C1 L23 A	0,335	H2 K L23 A – H2 C3 L23 A	0,053		
H3 K L23 A – H3 C2 L23 A	0,920	H3 K L3 A – H3 C1 L3 A	0,915		
H3 K L23 A – H3 C3 L23 A	0,547	H3 K L3 A – H3 C2 L3 A	0,594		
<i>Aerob wachsende Milchsäurebakterien</i>		H3 K L3 A – H3 C3 L3 A	0,904		
H1 K L23 A – H1 C1 L23 A	0,659	H3 K L23 A – H3 C1 L23 A	0,674		
H1 K L23 A – H1 C2 L23 A	0,431	H3 K L23 A – H3 C2 L23 A	0,030		
H1 K L23 A – H1 C3 L23 A	0,410	H3 K L23 A – H3 C3 L23 A	0,506		
H1 K L23 A – H1 C4 L23 A	0,771	<i>Restgasgehalt: Kohlendioxid</i>			
H2 K L23 A – H2 C1 L23 A	0,059	V1 K L3 A – V1 C1 L3 A	0,811		
H3 K L23 A – H3 C1 L23 A	0,423	V1 K L3 A – V1 C2 L3 A	0,625		
<i>Hefen und Schimmelpilze</i>		V1 K L3 A – V1 C3 L3 A	1,000		
H2 K L23 A – H2 C2 L23 A	0,196	V1 K L3 A – V1 C4 L3 A	0,811		
H3 K L23 A – H3 C1 L23 A	0,554	V1 K L23 A – V1 C1 L23 A	0,712		
H3 K L23 A – H3 C2 L23 A	0,556	V1 K L23 A – V1 C2 L23 A	0,712		
H3 K L23 A – H3 C3 L23 A	0,586	V1 K L23 A – V1 C3 L23 A	0,350		
<i>Restgasgehalt: Sauerstoff</i>		V1 K L23 A – V1 C4 L23 A	0,118		
V1 K L3 A – V1 C1 L3 A	0,156	V2 K L3 A – V2 C1 L3 A	0,712		
V1 K L3 A – V1 C2 L3 A	0,129	V2 K L3 A – V2 C2 L3 A	0,350		
V1 K L3 A – V1 C3 L3 A	0,316	V2 K L3 A – V2 C3 L3 A	0,199		
V1 K L3 A – V1 C4 L3 A	0,500	V2 K L3 A – V2 C4 L3 A	1,000		
V1 K L23 A – V1 C1 L23 A	0,140	V2 K L23 A – V2 C1 L23 A	0,102		
V1 K L23 A – V1 C2 L23 A	0,712	V2 K L23 A – V2 C2 L23 A	0,076		
V1 K L23 A – V1 C3 L23 A	0,158	V2 K L23 A – V2 C3 L23 A	0,094		
V1 K L23 A – V1 C4 L23 A	0,183	V2 K L23 A – V2 C4 L23 A	0,386		
V2 K L3 A – V2 C1 L3 A	0,712	H1 K L3 A – H1 C1 L3 A	0,756		
V2 K L3 A – V2 C2 L3 A	0,477	H1 K L3 A – H1 C2 L3 A	0,756		
V2 K L3 A – V2 C3 L3 A	0,493	H1 K L3 A – H1 C3 L3 A	0,799		
V2 K L3 A – V2 C4 L3 A	0,533	H1 K L3 A – H1 C4 L3 A	0,614		

V = Vorversuch; H = Hauptversuch;
K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brüh-
wurstcharge; L = Lagerungstag; S =
Stückware; A = Aufschnittware.

7.2 Verbrauchsmaterialien und Geräte

Autoclav Typ V65	(Systec; Wetzlar)
Bactron Anaerobic/Environment Chamber	(Sheldon; Oregon, USA)
BIOGON [®] (Formiergas)	(Linde; Höllriegelskreuth)
BIOGON [®] (C30/N70)	(Linde; Höllriegelskreuth)
Borsäure	(Merck; Darmstadt)
Brutschrank BM 400; UE 500; INE 700	(Mettler; Schwabach)
Chloramin T	(Merck; Darmstadt)
Dampfkochschrank FPC 100 (mit DPO3/MEDAP Datenprozessor)	(Fessmann; Winnenden)
Ethanol (99,5 %, Ph.Eur., reinst)	(Roth; Karlsruhe)
Gasanalyse-Gerät Check Mate 9900	(PBI Dansensor; Neuwied)
Extraktionshülsen aus Cellulose	(Roth; Karlsruhe)
Farbreagenz 4-Dimethylaminobenzaldehyd	(Merck; Darmstadt)
Filterpapiere – Faltenfilter	(Roth; Karlsruhe)
Füllmaschine VF 612	(Handtmann; Biberbach)
Gewürze	(Gewürzmühle; Hannover)
Hefeextrakt-Glucose-Chloramphenicol-Agar	(Merck; Darmstadt)
Helios β -Photometer	(Unicam; Georgensgmünd)
Integra Fireboy	(Integra; Fernwald)
Kälteumwälzthermostat Julabo F25	(Julabo; Sellbach)
Keimzählgerät BZG 30	(WTW; Weilheim)
Kjeldahl-Apparatur	(Gerhardt; Königswinter)
Kjeldahl-Tabletten	(Roth; Karlsruhe)
Klimaschrank Mini-Subzero MC-81	(Tabai Espec. Corp.; Japan)
Kristallviolett-Neutralrot-Galle-Glucose-Agar	(Merck; Darmstadt)
Kühlschränke Eurocool	(Asskuhl; Essen)
Lactobacillus-Agar nach de Man, Rogosa und Sharpe	(OXOID; Basingstoke, U. K.)
Laborpipetten	(Eppendorf; Hamburg)
Laborwaage, Präzisionswaage LC 2200	(Sartorius; Göttingen)
Laborwaage MC1 Research RC 210 D	(Sartorius; Göttingen)
Laborwaage WP 221	(Sartorius; Göttingen)
L(+)-Ascorbinsäure Natriumsalz	(Roth; Karlsruhe)
Magnetrührer	(Gerhardt; Königswinter)

Messermühle Grindomix GM 200	(Retsch; Haan)
Minishaker MS2	(IKA WORKS; Wilmington, USA)
Moulinette S	(Moulinex; Hamburg)
Moulinette Speedy Pro Typ 720	(Krupps; Offenbach am Main)
Muffelofen	(Heraeus; Hanau)
Natronlauge	(Roth; Karlsruhe)
Novasina thermoconstanter TH 200 S	(Novasina; Belgien)
Pepton-Hefeextrakt-Glucose-Agar	(Merck; Darmstadt)
Petrischalen (92 * 16 mm)	(Sarstedt; Nümbrecht)
Petroleumbenzin	(Roth; Karlsruhe)
Pepton	(Merck; Darmstadt)
Peptonwasser (gepuffert)	(Merck; Darmstadt)
pH-Einstabmesskette SenTix [®] 41	(WTW; Weilheim)
pH-Meter ino Lab pH/Cond Level 1.	(WTW; Weilheim)
Photometer (Typ CE1021)	(Cecil instruments; Cambridge, U. K.)
Photometer Helios	(Unicam; Cambridge, U. K.)
pH-Temperaturkomp. Fühler TFK 150	(WTW; Weilheim)
Plastikschalen (MAP)	(LINPAC; Mühlheim)
Poly Clip SCD 700	(Poly-clip System; Frankfurt)
Rapsöl	(Karl Heidenreich; Mannheim)
Reagenzglasschüttler, Reax 2000	(Heidolph; Kelheim)
Referenzelektrode	(WTW; Weilheim)
Rotationsverdampfer Heidolph Laborta 4000	(Heidolph Instruments; Schwabach)
Schalenversiegelungsanlage Multivac T 350	(Multivac; Wolfertschwenden)
Salzsäure 6N	(Roth; Karlsruhe)
Salzsäure 32 %	(Roth; Karlsruhe)
Schneidemaschine	(Bizerba; Balingen)
Schüttelwasserbad GFL, 1092	(GFL; Burgwedel)
Schüttelwasserbad GFL, 1070	(GFL; Burgwedel)
Sicherheitswerkbank S II Herasafe KS12	(Thermo Fisher Scientific, Waltham; USA)
Schwefelsäure (95 - 98%)	(Roth; Karlsruhe)

Seesand mit HCl gereinigt	(Roth; Karlsruhe)
Simplex [®] 100	(CP Kelco; Dan Diego, USA)
Software Spectra Magic Version 2.11, 1998	(Konica Minolta, Marunouchi; Japan)
Software Texture Exponent	(Stable Micro Systems; Godalming, U. K.)
Spektrophotometer CM-3600d	(Konica Minolta, Marunouchi; Japan)
Sterilisationsschrank	(Memmert; Schwabach)
Stomacher (Laboratory Blender 400)	(LAT; Garbsen)
Stomacherbeutel	(VWR; Darmstadt)
Texture Analyser TA.HDplus	(Stable Micro Systems; Godalming, U. K.)
Thermostat Julabo MV 4	(Julabo; Seelbach)
Tierische Rohstoffe	(Vasterling; Hannover)
Transglutaminase (ACTIVA [®] WM)	(Ajinomoto; Hamburg)
Trockenschrank Binder ED 115	(Binder; Tuttlingen)
Trockenschrank T5050	(Heraeus; Hanau)
Trockenschrank	(Memmert; Schwabach)
Vakuuierer Multivac A300	(Multivac; Wolfertschwenden)
Vakuuikutter K 64 DC8-Q VAK	(Seydelmann; Aalen)
Verbundfolie Top Tray LAF 50	(Südpack; Ochsenhausen)
Waage 3804 MP	(Sartorius; Göttingen)
Zerkleinerungsmaschine (Fleischwolf) Typ WD 114	(Seydelmann; Aalen)
Zellulosehüllen [®] Nalo Top braun (Kaliber: 60 mm; Länge: 40 cm)	(Kalle; Wiesbaden)

7.2.1 Produktspezifikationen

Füllmaschine

Füllmaschine VF 612 der Firma Handtmann; Biberbach

Füllleistung: bis 3000 kg/h

Portionierleistung: bis 450 P/min

MAP-Schalen

400 g Vakuum-Verpackungsschalen der Firma Linpac Plastics GmbH; Mühlheim

Länge: 190 mm

Breite: 144 mm

Tiefe: 49 mm

Volumen: 0,931 m³

Polypropylenanteil: 80 %

Kältestabilisator: 20 %

Einsatztemperatur: -5 °C - +40 °C

Rapsöl

Feines Rapsöl der Firma Karl Heidenreich; Mannheim

100 g feines Rapsöl enthalten:	Fett:	100 g	
	gesättigte Fettsäuren:		7 g
	einfach ungesättigte Fettsäuren:		61 g
	mehrfach ungesättigte Fettsäuren:		32 g
	Brennwert:	3700 KJ/900 kcal	
	Eiweiß:	0 g	
	Kohlenhydrate:	0 g	
	Cholesterol:	0 mg	
	Vitamin E:	35 mg	

Schalenversiegelungsanlage

Multivac T350 der Firma Multivac; Wolfertschwenden

Verpackungs-Vakuum: 988 mbar aktuelles

Vakuumschaltpunkt: 300 mbar

Gasschaltpunkt: 700 mbar

Versiegelungstemp.: +182 °C

Dauer der Versiegelung: 1 sec

Taktung: 3,1/min



1 Bezeichnung des Stoffes/der Zubereitung und des Unternehmens

· **Angaben zum Produkt**

· **Handelsname:** **SIMPLESSE® 100 [E]**

· **Verwendung des Stoffes / der Zubereitung**
 Lebensmittelindustrie
 Fettersatz

· **Hersteller/Lieferant:**

Biesterfeld Spezialchemie GmbH
 Ferdinandstraße 41
 D-20095 Hamburg

Tel.: 040-32008-0
 Fax : 040-32008-443

· **Auskunfteibereich:**

Abt. QSHE, Hr. P. Tentler, Tel.: 02224/981155; mailto: p.tentler@biesterfeld.com

· **Notfallauskunft:**

Giftinformationszentrum - Nord
 Zentrum für Pharmakologie und Toxikologie
 der Universität Göttingen
 Robert Koch Straße 40
 37075 Göttingen
 N O T R U F N U M M E R : 0551 - 19240

2 Mögliche Gefahren

· **Gefahrenbezeichnung:** Kein gefährliches Produkt im Sinne der Richtlinie 67/548/EWG.

· **Besondere Gefahrenhinweise für Mensch und Umwelt:**

Keine besonders zu erwähnenden Gefahren. Bitte beachten Sie aber die Informationen dieses Sicherheitsdatenblattes.

· **Klassifizierungssystem:**

Die Klassifizierung entspricht den aktuellen EG-Listen, ist jedoch ergänzt durch Angaben aus der Fachliteratur und durch Firmenangaben.

3 Zusammensetzung/Angaben zu Bestandteilen

· **CAS-Nr. Bezeichnung**

91082-88-1 Molke, Proteine

· **Identifikationsnummer(n)**

· **EINECS-Nummer:** 232-553-0

· **Zusätzl. Hinweise:** INCI Name: LACTIS SERUM PROTEINUM

4 Erste-Hilfe-Maßnahmen

· **Allgemeine Hinweise:**

Selbstschutz des Ersthelfers.
 Keine besonderen Maßnahmen erforderlich.

· **nach Einatmen:**

Den Betroffenen an die frische Luft bringen und ruhig lagern.
 Frischluftzufuhr, gegebenenfalls Atemspende, Wärme. Bei anhaltenden Beschwerden Arzt konsultieren.

Bei Bewußtlosigkeit Lagerung und Transport in stabiler Seitenlage.

· **nach Hautkontakt:**

Kontaminierte Kleidungsstücke, auch Unterwäsche, Schuhe und Strümpfe ausziehen und entfernen.
 Mit Wasser abwaschen und gut nachspülen.
 Oder besser;



Handelsname: **SIMPLESSE® 100 [E]**

(Fortsetzung von Seite 1)

Mit Wasser und Seife abwaschen und gut nachspülen.

Bei andauernder Hautreizung Arzt aufsuchen.

nach Augenkontakt:

Augen mehrere Minuten bei geöffnetem Lidspalt unter fließendem Wasser spülen. Bei anhaltenden Beschwerden Augenarzt konsultieren.

nach Verschlucken:

Bei unbeabsichtigtem Verschlucken größerer Mengen oder bei auftretenden Beschwerden Arzt aufsuchen.

Mund mit Wasser ausspülen.

Hinweise für den Arzt:

Gemäss unseren Kenntnissen sind die toxikologischen Eigenschaften dieses Stoffes/Produktes noch nicht umfassend untersucht.

Dieser Stoff (dieses Produkt) ist als Lebensmittelzusatzstoff zugelassen.

Folgende Symptome können auftreten:

Augen, Haut und Schleimhautreizungen.

Nach Einatmen von Staub:

Reizung der Atemwege.

Husten

Atemnot

Allergische Erscheinungen

Eine Beschreibung möglicher weiterer Symptome liegt uns zur Zeit nicht vor.

Gefahren

Die Inhalation von Stäuben sollte vermieden werden, weil selbst Inertstäube die Funktion der Atmungsorgane beeinträchtigen können.

Milchprodukte können allergische Reaktionen bei empfindlichen Personen auslösen.

Längerer und wiederholter Kontakt kann zu trockener und rissiger Haut führen.

Nach Verschlucken:

Toxische Effekte sind nur in sehr hohen Dosen zu erwarten.

Uns liegen derzeit keine Hinweise auf weitere akute Gefahren für die Gesundheit vor.

Bei sachgemäßer Handhabung ist eine Gefährdung unwahrscheinlich.

Behandlung

Elementarhilfe.

Dekontamination.

Symptomatisch und unterstützend

5 Maßnahmen zur Brandbekämpfung

Geeignete Löschmittel:

CO₂, Löschpulver oder Wassersprühstrahl. Größeren Brand mit Wassersprühstrahl oder alkoholbeständigem Schaum bekämpfen.

Aus Sicherheitsgründen ungeeignete Löschmittel: Wasser im Vollstrahl.

Besondere Gefährdung durch den Stoff, seine Verbrennungsprodukte oder entstehende Gase:

Beim Erhitzen oder im Brandfalle Bildung giftiger Gase möglich.

Bei einem Brand kann freigesetzt werden:

Kohlenmonoxid und Kohlendioxid.

Besondere Schutzausrüstung:

Umgebungsluftunabhängiges Atemschutzgerät tragen.

Vollschutzanzug tragen.

Weitere Angaben

Kontaminiertes Löschwasser getrennt sammeln, darf nicht in die Kanalisation gelangen.

Handelsname: SIMPLESSE® 100 [E]

 (Fortsatzung von Seite 2)
 Brandklasse A: feste Stoffe, hauptsächlich organischer Natur, die unter Glutbildung verbrennen (DIN EN 2)

6 Maßnahmen bei unbeabsichtigter Freisetzung:

- **Personenbezogene Vorsichtsmaßnahmen:**
 Schutzausrüstung tragen. Ungeschützte Personen fernhalten.
 Bei Einwirkung von Dämpfen/Staub/Aerosol Atemschutz verwenden.
 Zündquellen fernhalten.
 Staubbildung vermeiden.
 Für ausreichende Lüftung sorgen.
 Produkt bildet mit Wasser rutschige Beläge.
 Personen in Sicherheit bringen.
- **Umweltschutzmaßnahmen:**
 Nicht in die Kanalisation/Oberflächenwasser/Grundwasser oder das Erdreich gelangen lassen.
 Bei Eindringen größerer Mengen in Gewässer; Kanalisation oder das Erdreich zuständige Behörden benachrichtigen.
- **Verfahren zur Reinigung/Aufnahme:**
 Staubbildung vermeiden.
 Für ausreichende Lüftung sorgen.
 Möglichst keine Reinigung mit Wasser vornehmen.
 Mit Wasser bilden sich gefährliche, extrem rutschige Beläge.
 Mechanisch aufnehmen.
 Nachreinigen der mit Produkt verschmutzten Fläche.
 In geeigneten Behältern der Rückgewinnung oder Entsorgung zuführen.
 Kontaminiertes Material als Abfall nach Punkt 13 entsorgen.
- **Zusätzliche Hinweise:**
 Informationen zur sicheren Handhabung siehe Kapitel 7.
 Informationen zur persönlichen Schutzausrüstung siehe Kapitel 8.
 Informationen zur Entsorgung siehe Kapitel 13.

7 Handhabung und Lagerung

- **Handhabung:**
- **Hinweise zum sicheren Umgang:**
 Behälter dicht geschlossen halten.
 Staubbildung vermeiden.
 Für gute Belüftung/Absaugung am Arbeitsplatz sorgen.
- **Hinweise zum Brand- und Explosionsschutz:**
 Stoff / Produkt ist brennbar.
 Staub kann mit Luft ein explosionsfähiges Gemisch bilden.
 Feuerlöscheinrichtungen sind bereitzustellen.
 Vor Hitze schützen.
 Staubablagerungen vermeiden!
 Zündquellen fernhalten - nicht rauchen.
 Maßnahmen gegen elektrostatische Aufladung treffen.
- **Lagerung:**
- **Anforderung an Lagerräume und Behälter:**
 An einem kühlen Ort lagern.
 Möglichst im Originalgebinde aufbewahren.
 Besteht aufgrund der staubförmigen Verteilung und der verwendeten Mengen die Möglichkeit einer Staubexplosion, können ggf. Maßnahmen nach "Explosionsschutz-Richtlinie" erforderlich werden.

Handelsname: SIMPLESSE® 100 [E]

(Fortsetzung von Seite 3)

- **Zusammenlagerungshinweise:**
Nicht zusammen mit Stoffen/Produkten lagern, die mit dem Stoff/Produkt zu gefährlichen chemischen Reaktionen führen können.
Siehe hierzu Punkt 10. Stabilität und Reaktivität.
- **Weitere Angaben zu den Lagerbedingungen:**
In gut verschlossenen Gebinden kühl und trocken lagern.
Vor Hitze und direkter Sonnenbestrahlung schützen.
Behälter an einem gut gelüfteten Ort aufbewahren.
- **Empfohlene Lagertemperatur:** < +30°C
- **Lagerklasse:** 10 bis 13
- **Klassifizierung nach Betriebsicherheitsverordnung (BetrSichV):** -

8 Begrenzung und Überwachung der Exposition/Persönliche Schutzausrüstung

- **Zusätzliche Hinweise zur Gestaltung technischer Anlagen:**
Keine weiteren Angaben, siehe Punkt 7.

- **Bestandteile mit arbeitsplatzbezogenen, zu überwachenden Grenzwerten:**

allgemeiner Staubgrenzwert

MAK (DFG)	1,5 / 4 mg/m ³ A / E
MAK (TRGS 900)	3 / 10 mg/m ³ A / E

- **Zusätzliche Hinweise:** Als Grundlage dienen die bei der Erstellung gültigen Listen.

- **Persönliche Schutzausrüstung:**

- **Allgemeine Schutz- und Hygienemaßnahmen:**

Beschmutzte, getränkte Kleidung sofort ausziehen.
Vor den Pausen und bei Arbeitsende Hände waschen.
Staub/Rauch/Nebel nicht einatmen.
Berührung mit den Augen und der Haut vermeiden.
Bei der Arbeit nicht essen, trinken, rauchen, schnupfen.

- **Atemschutz:**

Bei Anwendung in geschlossenen Systemen oder ausreichender Raumbelüftung kein Atemschutz erforderlich.

In Ausnahmesituationen (z.B. unbeabsichtigte Stofffreisetzung) ist das Tragen von Atemschutz erforderlich.

Bei kurzzeitiger oder geringer Belastung Atemfiltergerät; bei intensiver bzw. längerer Exposition umluftunabhängiges Atemschutzgerät verwenden.

Partikel-Filter P2, mittleres Abscheidevermögen
oder

Partikel-Filter P3, hohes Abscheidevermögen

Tragezeitbegrenzung beachten (BGR 190)

Die Regeln für den Einsatz von Atemschutzgeräten ist BGR 190 zu entnehmen.

- **Handschutz:**

Chemikalienschutzhandschuhe.

Das Handschuhmaterial muss undurchlässig und beständig gegen das Produkt / den Stoff / die Zubereitung sein.

Schutzhandschuhe vor jeder Benutzung auf ihren ordnungsgemäßen Zustand prüfen.

Auswahl des Handschuhmaterials unter Beachtung der Durchbruchzeiten, Permeationsraten und der Degradation.

Vorbeugender Hautschutz durch Verwendung von Hautschutzmittel wird empfohlen.

Handelsname: SIMPLESSE® 100 [E]

(Fortsetzung von Seite 4)

Handschuhmaterial

Informationen über geeignetes Handschuhmaterial liegen zur Zeit nicht vor.
 Erfahrungsgemäß sind die Handschuhmaterialien Polychloropren, Nitrilkautschuk, Butylkautschuk, Fluorkautschuk und Polyvinylchlorid geeignet zum Schutz gegenüber nicht gelösten Feststoffen.
 Die Auswahl eines geeigneten Handschuhs ist nicht nur vom Material, sondern auch von weiteren Qualitätsmerkmalen abhängig und von Hersteller zu Hersteller unterschiedlich.
GEEIGNETE MATERIALIEN BEIM HERSTELLER ERFRAGEN.

Durchdringungszeit des Handschuhmaterials

Zur Permeationszeit liegen keine Angaben vor.
 Die Durchdringung des Handschuhmaterials ist bei trockenen, nicht gasenden Feststoffen unwahrscheinlich.

Die genaue Durchdringungszeit ist beim Schutzhandschuhhersteller zu erfahren und einzuhalten.
 Die Zeitangaben sind Richtwerte. Erhöhte Temperaturen durch erwärmte Substanzen, Körperwärme etc. und eine Verminderung der Schichtstärke durch Dehnung können zu einer Verringerung der Durchbruchzeit führen.

Bei einer ca. 1,5-fach größeren/kleineren Schichtdicke verdoppelt/halbiert sich die jeweilige Durchbruchzeit.

Nicht geeignet sind Handschuhe aus folgenden Materialien:

Handschuhe aus dickem Stoff.

Handschuhe aus Leder.

Augenschutz: Schutzbrille mit Seitenschutz.

Körperschutz:

Leichte Schutzkleidung.

Staubdichte Schutzkleidung verwenden.

Antistatische Schutzkleidung.

Körperschutzmittel sind in ihrer Ausführung in Abhängigkeit von Gefahrstoffkonzentration und -menge arbeitsplatzspezifisch auszuwählen.

Die Chemikalienbeständigkeit der Schutzmittel sollte mit deren Lieferanten abgeklärt werden.

9 Physikalische und chemische Eigenschaften
Allgemeine Angaben

Form:	Pulver
Farbe:	cremefarben
Geruch:	schwach, charakteristisch

Zustandsänderung

Schmelzpunkt/Schmelzbereich: Nicht bestimmt

Flammpunkt:

Nicht anwendbar

Explosionsgefahr:

Das Produkt ist nicht explosionsgefährlich.
 Staubexplosion möglich!

Dichte:

Nicht bestimmt

Löslichkeit in / Mischbarkeit mit

Wasser: Bildet eine viskose Suspension von unlöslichen Protein Partikeln.

Handelsname: SIMPLESSE® 100 [E]

(Fortsetzung von Seite 5)

10 Stabilität und Reaktivität

- **Zu vermeidende Bedingungen:**
Keine Zersetzung bei bestimmungsgemäßer Verwendung, Lagerung und Handhabung.
Zur Vermeidung thermischer Zersetzung nicht überhitzen.
Flammen, Funken, elektrostatische Aufladung
- **Zu vermeidende Stoffe:** Oxidationsmittel
- **Gefährliche Reaktionen**
Das Produkt ist in der angelieferten Form nicht staubexplosionsfähig; jedoch führt die Anreicherung von Feinstaub zur Staubexplosionsgefahr.
Reaktionen mit starken Oxidationsmitteln.
- **Gefährliche Zersetzungsprodukte:**
keine gefährlichen Zersetzungsprodukte bekannt.
Bei einem Brand kann freigesetzt werden:
Kohlenmonoxid (CO) und Kohlendioxid (CO₂)

11 Toxikologische Angaben

- **Akute Toxizität:**
- **Primäre Reizwirkung:**
- **an der Haut:** Ergebnisse aus Tierversuchen liegen nicht vor (Reizung möglich).
- **am Auge:** Ergebnisse aus Tierversuchen liegen nicht vor (Reizung möglich).
- **Sensibilisierung:** Allergische Reaktionen bei bestimmten empfindlichen Personen möglich.
- **Zusätzliche toxikologische Hinweise:**
Dieser Stoff (dieses Produkt) ist als Lebensmittelzusatzstoff zugelassen.
Gemäss unseren Kenntnissen sind die toxikologischen Eigenschaften dieses Stoffes/Produktes noch nicht umfassend untersucht.
Bei sachgemäßem Umgang und bestimmungsgemäßer Verwendung verursacht das Produkt nach unseren Erfahrungen und den uns vorliegenden Informationen keine gesundheitsschädlichen Wirkungen.
Gefährliche Eigenschaften sind nicht auszuschließen, aber bei sachgerechter Verwendung wenig wahrscheinlich.
Der Stoff / das Produkt ist mit der bei Chemikalien üblichen Vorsicht zu handhaben.
Der Stoff ist nicht kennzeichnungspflichtig aufgrund der EG-Listen in der letztgültigen Fassung.

12 Umweltspezifische Angaben

- **Angaben zur Elimination (Persistenz und Abbaubarkeit):**
- **Verfahren:** Biologischer Abbau.
- **Sonstige Hinweise:**
Das Produkt ist biologisch abbaubar.
Inherent biologisch abbaubar
- **Weitere ökologische Hinweise:**
- **AOX-Hinweis:** Das Produkt trägt nicht zum AOX-Wert des Abwassers bei. (DIN EN 1485)
- **Enthält rezepturgemäß folgende Schwermetalle und Verbindungen der EG-Richtlinie Nr. 76/464 EWG:**
Das Produkt enthält keine Schwermetalle in abwasserrelevanten Konzentrationen.
- **Allgemeine Hinweise:**
Quantitative Daten zur ökologischen Wirkung dieses Produkts liegen uns zur Zeit nicht vor.
Es liegen uns zur Zeit keine ökotoxikologischen Bewertungen vor.
Nicht in das Grundwasser, in Gewässer, die Kanalisation oder das Erdreich gelangen lassen.

Druckdatum: 08.04.2008

Vers.Nr: 1

überarbeitet am: 27.03.2008

Handelsname: **SIMPLESSE® 100 [E]**

Wassergefährdungsklasse 1 (Selbsteinstufung): schwach wassergefährdend

(Fortsetzung von Seite 6)

13 Hinweise zur Entsorgung

- **Produkt:**
- **Empfehlung:**
Darf nicht zusammen mit Hausmüll entsorgt werden. Nicht in die Kanalisation gelangen lassen. Entsorgung gemäß den behördlichen Vorschriften.

- **Europäischer Abfallkatalog**

07 00 00	ABFÄLLE AUS ORGANISCH-CHEMISCHEN PROZESSEN
07 07 00	Abfälle aus HZVA von Feinchemikalien und Chemikalien a. n. g.
07 07 99	Abfälle a. n. g.

- **Ungereinigte Verpackungen:**
- **Empfehlung:** Entsorgung gemäß den behördlichen Vorschriften.

14 Transportvorschriften

- **Landtransport ADR/RID:**
ADR/RID-GGVS/E Klasse: -
- **Seeschifftransport IMDG/GGVSee:**
IMDG/GGVSee-Klasse: -
- **Lufttransport ICAO-TI und IATA-DGR:**
ICAO/IATA-Klasse: -

- **Transport/weitere Angaben:** Kein Gefahrgut nach obigen Verordnungen

15 Angaben zu Rechtsvorschriften

- **Kennzeichnung nach EWG-Richtlinien:**
Das Produkt ist nach EG-Richtlinien/GefStoffV nicht kennzeichnungspflichtig. Die beim Umgang mit Chemikalien üblichen Vorsichtsmaßnahmen sind zu beachten.
- **Nationale Vorschriften:**
- **Störfallverordnung:** Störfallverordnung, Anhang: nicht genannt.
- **Klassifizierung nach Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV):** -
- **Technische Anleitung Luft:**
- **Klasse Anteil in %**
Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz
TA Luft02 - Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft Vom 24. Juli 2002(GMBL. Nr. 25 - 29 vom 30.7. 2002 S. 511)
Bei staubförmigen Emissionen bei Umschlag, Lagerung oder Bearbeitung von festen Stoffen ist Abschn. 5.2.3 zu beachten.
Kapitel 5.2.5 Organische Stoffe, staubförmig.
Zu behandeln wie Gesamtstaub (Kapitel 5.2.1)
- **Wassergefährdungsklasse:**
WGK 1 (Selbsteinstufung): schwach wassergefährdend.
(VwVWS - 17.05.99)



Handelsname: **SIMPLESSE® 100 [E]**

Einstufung: = Analogieschluß zu ähnlichen Produkten.

(Fortsetzung von Seite 7)

· **Sonstige Vorschriften, Beschränkungen und Verbotsvorordnungen**
Richtlinie VDI 2263 Blatt 6 „Staubbrände und Staubexplosionen; Gefahren – Beurteilung – Schutzmaßnahmen; Brand- und Explosionsschutz an Entstaubungsanlagen“

16 Sonstige Angaben:

Die Angaben stützen sich auf den heutigen Stand unserer Kenntnisse, sie stellen jedoch keine Zusicherung von Produkteigenschaften dar und begründen kein vertragliches Rechtsverhältnis.

· **Datenblatt ausstellender Bereich:** Abt. QSHE
· **Ansprechpartner:** Hr. Dr. Hollitzer, Tel.: 040/32008-284; mailto: e.hollitzer@biesterfeld.com

Quellen

Die Angaben stützen sich auf Informationen von Vorlieferanten.
European Chemicals Bureau
[<http://ecb.jrc.it/>]
Gefahrstoffdatenbank der Länder.
<http://www.gefahrstoff-info.de/>

Transglutaminase (ACTIVA® WM)

AJINOMOTO®

AJINOMOTO FOODS DEUTSCHLAND GMBH
 Stubbenhuk 3, 20459 Hamburg, Germany
 TEL: +49-(0)40-37 49 36 0
 FAX: +49-(0)40-37 20 87 / 88

PRODUKT INFORMATION

ACTIVA® WM

Spezifikation

Beschreibung: Weißes Pulver

Parameter	Spezifikation	Methode*
Sensorischer Test	Akzeptabel	Sensorische Analyse
Trocknungsverlust	Nicht mehr als 8,0 %	MOLESD
Transglutaminase Aktivität	81-135 U/g	MOLACTG
Arsen (als As ₂ O ₃)	Nicht mehr als 2 µg/g	MOLAS
Blei	Nicht mehr als 5 µg/g	Atomabsorption
Schwermetalle (als Pb)	Nicht mehr als 20 µg/g	MOLMLT
Aerobe Gesamtkeimzahl	Nicht mehr als 3,000 /g	NF ISO 4833
Thermoresistente Bakterien (mesophil)	Nicht mehr als 300 /g	MOLSPMES
Coliforme Bakterien	Negativ/g	MOLCOL
Salmonellen	Negativ/25g	Oxid Salmonella Rapid Test

* Alle Methoden sind auf Anfrage bei AJINOMOTO® erhältlich

Zutaten

Transglutaminase und Maltodextrin

Mindesthaltbarkeit

18 Monate ab Produktionsdatum gelagert an einem kühlen, trockenen Ort in ungeöffneter Originalverpackung. (Produktionsdatum ist die Chargennummer, welche auf der Siegelnaht aufgedruckt ist.)

Anmerkungen

Ein Sauerstoffabsorber ist zur Erhaltung der Qualität im Beutel enthalten.

天城 隆

T. Amagi

Ver. 1.4 (Erstellungsdatum: 23. Mai 2006)



MATERIAL SAFETY DATA SHEET

"ACTIVA®" WM

Issue Date: 12 June 2006

1. IDENTIFICATION OF THE PREPARATION AND OF THE COMPANY

Commercial Product Name : "ACTIVA®" WM
 Supplier : AJINOMOTO Foods Deutschland GMBH
 Stubbenhuk 3, 20459 Hamburg
 Information Phone Number : +49-(0)40-374936-0

2. INFORMATION ON INGREDIENTS

Chemical characterization on active component : Enzyme protein
 Synonyms : Transglutaminase
 EEC number : 2.3.2.13
 CAS number : 80146-85-6
 EINECS :
 Hazardous ingredients :
 Component : Enzyme protein
 Content : 0.1 - 1 %
 Classification : Xn, R42/43
 Exposure limit : Not established

3. HAZARDS IDENTIFICATION

Repeated inhalation of enzyme dust or aerosols may induce sensitization and may cause allergic-type reactions in sensitized individuals. Prolonged skin contact may cause irritation.

4. FIRST AID MEASURES

Skin contact : Wash off with water. Should irritation occur, seek medical advice.
 Eye contact : Wash with large amount of water and seek medical advice.
 Ingestion : Seek medical advice in case of indisposition.
 Inhalation : Remove from exposure. If symptoms of sensitization occur, seek medical advice.

5. FIRE-FIGHTING MEASURES

Protection against Fire and Explosions : No special requirements
 Suitable Fire Extinguish Media : Water, foam
 Non Suitable Media : None
 Special Exposure Hazards : None

6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

Personal Protection : Avoid dust formation. Use personal protective clothing. Use breathing apparatus if exposed to vapors / dust / mist / aerosol.
 Environmental Protection : Prevent product from getting into drains / surface / ground water
 Methods of Cleaning up : Take up mechanically. Dispose of in accordance with regulations.

7. HANDLING AND STORAGE

HANDLING
 Instructions of Safe Handling : Avoid the formation and deposition of dust.
 Information on Fire Explosion Protection : Take precautionary measures against static discharges. Dust can form an explosive mixture with air.

STORAGE

Storage area and containers : Store unopened product in cool and dry place. Once opened, reseal unused product and store at or below 5 degrees C.

8. EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION

Recommended Personal Protective Equipment
 General Protective Measures : Do not inhale dust.
 Respiratory Protection : Respiratory protection such as facemask in case of dust formation.
 Hand protection : Rubber gloves
 Eye protection : Protecting glasses or eye shield



MATERIAL SAFETY DATA SHEET "ACTIVA®" WM

Issue Date: 12 June 2006

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Appearance	:	Off white powder
Odor	:	Slight odor
pH	:	Not applicable
Solubility in water	:	Soluble
Explosive properties	:	Not established

10. STABILITY AND REACTIVITY

This preparation is stable under normal condition of use

Thermal decomposition	:	No decomposition when used as directed
Hazardous reactions	:	No hazardous reactions known
Hazardous decomposition products	:	None when used as directed

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

This preparation is "Non-Toxic" and ingestion of small quantity is not considered as a hazard.

Repeated inhalation of enzyme dust or aerosol resulting from inappropriate handling may cause sensitization and may cause allergic reactions in sensitized individuals.

Prolonged and/or frequent skin contact may cause irritation.

12. ECOLOGICAL INFORMATION

This preparation is biodegradable. According to present knowledge, no unfavorable ecological effects are expected.

13. DISPOSAL CONSIDERATION

No special disposal method required, except that in accordance with current local authority regulations.

14. TRANSPORT INFORMATION

This preparation is not a dangerous good within a meaning of transportation regulation.

15. REGULATORY INFORMATION

This preparation does not contain ingredients listed as dangerous substance in Annex I of EEC Directive 67/548. However, it contains hazardous component within the meaning of EEC Regulation 88/379.

Hazard symbol	Xn	Harmful
R-Phase	42/43	May cause sensitization by inhalation and skin contact
S-Phase	22	Do not breathe dust
	23	Do not breathe spray
	24	Avoid contact with skin

16. OTHER INFORMATION

The content and format of this safety data sheet comply with Directive 91/155/EEC, modified by Directive 93/112/EEC of the CE Commission.

The information contained in this Safety Data Sheet is, as of the issue date, believed to be true and correct. However, the accuracy or completeness of this information and any of recommendation or suggestions are made without warranty or guarantee. Since the conditions of use are beyond the control to our company, it is the responsibility of the user to determine the conditions of safe use of this preparation. The information in this sheet does not represent analytical specifications, for which please refer to our product specification.

Disclaimer of Responsibility

The information contained on that sheet was provided by what are deemed to be reliable sources. Nonetheless, their accuracy is neither expressly nor tacitly warranted. Conditions or methods of handling, storage, use or disposal are beyond our control and are not within our domain.

We are therefore not liable for losses, damage or costs incurred by or related to the handling, storage, use or disposal of the product.

This safety data sheet was written for and should be used for that product only. Should this product be used as a constituent of another product, the above information does not apply.

Verbundfolie

Deckfolie Top Tray LAF 50 der Firma Südpack; Ochsenhausen

Dicke:	50 µm
Multilayer:	PET 12 µm, 3 µm Kleber, 35 µm EVPP [mit EVOH 4 µm] und Antifogbeschichtung
Gasdurchlässigkeit:	< 1,5 cm ³ /m ² d bar O ₂ < 5,5 cm ³ /m ² d bar CO ₂ < 1 cm ³ /m ² d bar N ₂
Wasserdampfdurchlässigkeit:	< 2,5 g/m ² d

Vakuummutter

Vakuummutter K 64 DC8-Q VAK der Firma Seydelmann; Aalen

Inhalt der Kutterschüssel:	60 Liter
Messer:	6 Universalmesser
Messerdrehzahl:	bis 6000 U/min
Verwendeter Druckunterschied:	0,8 bar

Zerkleinerungsmaschine

Zerkleinerungsmaschine (Fleischwolf) WD 114 der Firma Seydelmann; Aalen

Trichterinhalt:	60 Liter
Leistung:	6 kW
Leistung je nach Material und Drehzahl:	bis 1000 kg/h

7.3 Prüfbogen der sensorischen Prüfung

Institut für Lebensmittelwissenschaft
und Humanernährung



Sensorische Lebensmittelanalyse

Profilprüfung nach DIN 10967-1

Prüfperson:

Datum:

Prüfaufgabe:

Ihnen werden unterschiedliche Proben einer Brühwurst des Typs Mortadella gereicht. Bitte verkosten Sie nacheinander die Proben und beurteilen Sie die Prüfparameter. Vergleichen Sie dabei stets die Probe mit dem Standard/der Kontrollcharge.

Markieren Sie die Beurteilung der Parameter durch das Ankreuzen des entsprechenden Zahlenwertes in der jeweiligen Skala. Für folgende Texturmerkmale prüfen Sie das Produkt bitte zusätzlich mit dem Finger (F): **Härte, Kohäsivität, Adhäsion, Elastizität, Kaubarkeit.**

Neutralisation: Weißbrot, warmer ungesüßter Früchtetee.

Legende:

Negativer Bereich = Merkmal schwächer ausgebildet

0 = Merkmal wie beim Standard ausgebildet

Positiver Bereich = Merkmal stärker ausgebildet

Probe:

Farbe:	Rot-Wert	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
		-2	-1	0	+1	+2
Aussehen:	Glanz	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
		-2	-1	0	+1	+2
Geruch:	Säuerlich	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
		-2	-1	0	+1	+2
Textur:	Härte (F)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
		-2	-1	0	+1	+2
	Kohäsivität (F)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
		-2	-1	0	+1	+2
	Adhäsion (F)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
		-2	-1	0	+1	+2
	Elastizität (F)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
		-2	-1	0	+1	+2
	Kaubarkeit (F)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
		-2	-1	0	+1	+2
	Bissfestigkeit	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
		-2	-1	0	+1	+2
	Feuchtigkeit	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
		-2	-1	0	+1	+2
	Gesamtqualität	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
		-2	-1	0	+1	+2

Anmerkungen:

Deskriptoren für die Profilprüfung

Deskriptor	Sensorische Definition	Prüftechnik	Referenzproben
Härte/ Festigkeit (hart, weich)	Widerstand, den die Probe einer Deformation entgegensetzt.	Nimm die Probe zwischen die Backenzähne, presse möglichst zügig und gleichmäßig zusammen und miss den Widerstand, den die Probe einer Deformation entgegensetzt, bzw. die benötigte Kraft, um die Probe zu deformieren.	Frischkäse, Hartkaramelle
Kohäsivität (plastisch)	Stärke der inneren Bindung eines LM; das Ausmaß der möglichen Deformation eines Produktes vor der Zerstörung.	Nimm die Probe zwischen die Backenzähne, beiße möglichst langsam zusammen und bewerte das Ausmaß der Deformation bevor die Probe bricht/sich zerteilt.	Kaugummi, Kaubonbon
Adhäsion (klebrig)	Arbeit zur Überwindung von Anziehungskräften zwischen dem LM und der Kontaktfläche.	Presse die Probe auf der Zunge gegen den Gaumen und bewerte den Arbeitsaufwand, der notwendig ist, um die Probe vollständig vom Gaumen zu entfernen.	Erdnusscreme, Schmelzkäse
Elastizität	Rückverformungsgrad der deformierten Probe in den undeformierten Zustand nach Kraftanwendung	Nimm die Probe zwischen Zunge und Gaumen und presse bis zu einem bestimmten Grad zusammen, löse den Druck und messe den Grad und die Schnelligkeit, mit denen sich die Probe zurückformt	Frischkäse, Frankfurter Würstchen
Kaubarkeit	Benötigte Kraft, um die Probe soweit zu verkleinern, bis sie geschluckt werden kann.	Nimm die Probe in den Mund und bewerte die Energie, die notwendig ist, um die Probe in einen zum Abschlucken geeigneten Zustand zu erhalten.	Kaugummi
Bissfestigkeit	Benötigte Kraft, bis zum Brechen des LM.	Nimm die Probe zwischen die Backenzähne und beiße bis zum Bruch oder Zerfall der Probe gleichmäßig zusammen. Bewerte die Kraft, mit der sich das LM von den Zähnen wegbewegt.	Sandgebäck, Butterkekse
Feuchtigkeit	Erster Eindruck im Mund vor der Vermischung mit dem Speichel; mit den Lippen wahrnehmbar.		Frischkäse

Sensorische Definition und Prüftechnik gemäß ISO 11036, 1994, S. 3

7.4 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Die wesentlichen Eigenschaften des Nahrungsfettes im Überblick (modifiziert nach ZUNFT und RAGOTZKY 1997; ZUNFT 1999).....	22
Tabelle 2: Eigenschaften eines idealen Fat Replacers (modifiziert nach MENDEN 1991).....	23
Tabelle 3: Überblick über die wichtigsten Eigenschaften und die Fettsäurezusammensetzung von Rapsöl im Vergleich zu den Depotfetten von Schwein und Rind (modifiziert nach FRANZKE 1998; BALTES 2000).	44
Tabelle 4: Mikrobiologische Richt- und Warnwerte für Brühwurst (DGHM 2010) (St = vakuumverpackte Stückware; A = Aufschnittware; KbE/g = Kolonie bildende Einheiten pro Gramm).	68
Tabelle 5: Überblick über die sensorischen Prüfmethode (modifiziert nach LIPTAY-REUTER und PTACH 1998; SCHARF 2000; BUSCH-STOCKFISCH 2002; DERNDORFER 2006).	71
Tabelle 6: Rezeptur der Brühwurstchargen der ersten Vorversuchsreihe (n = 1).	92
Tabelle 7: Rezeptur der Brühwurstchargen der zweiten Vorversuchsreihe (n = 1).	93
Tabelle 8: Rezeptur der Brühwurstchargen der ersten Hauptversuchsreihe (n = 3).....	93
Tabelle 9: Rezeptur der Brühwurstchargen der zweiten Hauptversuchsreihe (n = 3).....	94
Tabelle 10: Rezeptur der Brühwurstchargen der dritten Hauptversuchsreihe (n = 3).....	95
Tabelle 11: Überblick über die analytischen Untersuchungsmethoden.	101
Tabelle 12: Überblick über die verwendeten normativen Vorschriften für die sensorische Analyse.	102
Tabelle 13: Maßeinheiten der Texturdeskriptoren (WINOPAL 2009a).	107
Tabelle 14: Überblick über die angewendeten Untersuchungsmethoden zur chemischen Analyse.	110
Tabelle 15: Berechnung weiterer Grunddaten.	115
Tabelle 16: Überblick über die angewendeten mikrobiologischen Untersuchungsmethoden.	116
Tabelle 17: Überblick über Auswahlkriterien der verwendeten statistischen Prüfverfahren.	120
Tabelle 18: Interpretation des Wertes des Korrelationskoeffizienten (r/r_s).	120
Tabelle 19: Vorversuchsreihe 1: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der sensorischen Profilprüfung.	301
Tabelle 20: Vorversuchsreihe 1: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der instrumentellen Textur-Profil-Analyse (TPA), der instrumentellen Farbmessung und der physikalischen Analyse.	302
Tabelle 21: Vorversuchsreihe 1: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der chemischen Analyse und des Energiegehaltes.	303
Tabelle 22: Vorversuchsreihe 1: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der chemischen Analyse. Teil 2.	303
Tabelle 23: Vorversuchsreihe 1: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung und der Bestimmung des Restgasgehaltes.....	303
Tabelle 24: Vorversuchsreihe 2: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der sensorischen Profilprüfung.	305
Tabelle 25: Vorversuchsreihe 2: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der instrumentellen Textur-Profil-Analyse (TPA), der instrumentellen Farbmessung und der physikalischen Analyse.	306
Tabelle 26: Vorversuchsreihe 2: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der chemischen Analyse und des Energiegehaltes.	307
Tabelle 27: Vorversuchsreihe 2: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der chemischen Analyse. Teil 2.	307
Tabelle 28: Vorversuchsreihe 2: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung und der Bestimmung des Restgasgehaltes.....	307
Tabelle 29: Hauptversuchsreihe 1: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der sensorischen Profilprüfung.....	309

Tabelle 30: Hauptversuchsreihe 1: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der instrumentellen Textur-Profil-Analyse (TPA), der instrumentellen Farbmessung und der physikalischen Analyse.....	310
Tabelle 31: Hauptversuchsreihe 1: Farbabstände (Δ Gesamt) zwischen den untersuchten Lagerungstagen innerhalb der Brühwurstchargen.	311
Tabelle 32: Hauptversuchsreihe 1: Farbabstände (Δ Gesamt) zwischen den rezepturmodifizierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge.	311
Tabelle 33: Hauptversuchsreihe 1: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der chemischen Analyse und des Energiegehaltes.	312
Tabelle 34: Hauptversuchsreihe 1: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der chemischen Analyse. Teil 2.....	312
Tabelle 35: Hauptversuchsreihe 1: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung und der Bestimmung des Restgasgehaltes.....	312
Tabelle 36: Hauptversuchsreihe 2: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der sensorischen Profilprüfung.....	314
Tabelle 37: Hauptversuchsreihe 2: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der instrumentellen Textur-Profil-Analyse (TPA), der instrumentellen Farbmessung und der physikalischen Analyse.....	315
Tabelle 38: Hauptversuchsreihe 2: Farbabstände (Δ Gesamt) zwischen den untersuchten Lagerungstagen innerhalb der Brühwurstchargen.	316
Tabelle 39: Hauptversuchsreihe 2: Farbabstände (Δ Gesamt) zwischen den rezepturmodifizierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge.	316
Tabelle 40: Hauptversuchsreihe 2: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der chemischen Analyse und des Energiegehaltes.	317
Tabelle 41: Hauptversuchsreihe 2: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der chemischen Analyse. Teil 2.....	317
Tabelle 42: Hauptversuchsreihe 2: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung und der Bestimmung des Restgasgehaltes.....	317
Tabelle 43: Hauptversuchsreihe 3: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der sensorischen Profilprüfung.....	319
Tabelle 44: Hauptversuchsreihe 3: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der instrumentellen Textur-Profil-Analyse (TPA), der instrumentellen Farbmessung und der physikalischen Analyse.....	320
Tabelle 45: Hauptversuchsreihe 3: Farbabstände (Δ Gesamt) zwischen den untersuchten Lagerungstagen innerhalb der Brühwurstchargen.	321
Tabelle 46: Hauptversuchsreihe 3: Farbabstände (Δ Gesamt) zwischen den rezepturmodifizierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge.	321
Tabelle 47: Hauptversuchsreihe 3: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der chemischen Analyse und des Energiegehaltes.	322
Tabelle 48: Hauptversuchsreihe 3: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der chemischen Analyse. Teil 2.....	322
Tabelle 49: Hauptversuchsreihe 3: Mittelwerte (\pm SD) der Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung und der Bestimmung des Restgasgehaltes.....	322
Tabelle 50: Statistische Signifikanzen zwischen den untersuchten Lagerungstagen der Brühwurstchargen aller Versuchsreihen.....	323
Tabelle 51: Statistische Signifikanzen zwischen den fettreduzierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge aller Versuchsreihen.....	326

7.5 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schema zum Herstellungsverfahren von Simplese® 100 (modifiziert nach CP KELCO 2006).....	27
Abbildung 2: Größenverteilung der Simplese® 100 Partikel nach der Mikropartikulation (modifiziert nach CP KELCO 2006).....	29
Abbildung 3: Von Transglutaminase katalysierte Reaktionen: (a) Reaktion des Acyl-Transfers; (b) Reaktion der Vernetzung zwischen Glutamin (Gln) und Lysin (Lys) und Resten von Proteinen oder Peptiden. Die daraus resultierende Verbindung wird als ϵ -(γ -Glutamyl)-Lysin-Bindung bezeichnet. (c) Desaminierung (modifiziert nach Motoki und Seguro 1998).....	50
Abbildung 4: Reaktion der Transglutaminase: Bildung des Enzymintermediates und dessen Reaktion mit einem primären Amin (modifiziert nach PASTERNAK 1998).	50
Abbildung 5: Beziehung zwischen dem Sauerstoffpartialdruck (kPa) und der Geschwindigkeit der Oxidation von Myoglobin zu Metmyoglobin ($K \cdot 10^{-2}$) (SIELAFF 1996).....	60
Abbildung 6: Bewertungsablauf während der sensorischen Textur-Profil-Analyse (modifiziert nach ROHM und VEITS 1989).....	75
Abbildung 7: Beispiele für Antwortskalen (Linien Skala, verbale kategorische Skala, numerische kategorische Skala) (modifiziert nach ISO 4121:2003).	81
Abbildung 8: Grafische Darstellung der Kompressionsmessung (modifiziert nach WINOPAL 2009b).	84
Abbildung 9: Kurvenverlauf einer instrumentellen Textur-Profil-Analyse. Aufgenommen von dem Texturmessgerät TA.XTplus der Fa. Stable Micro Systems (F = Kraft [N]; t = Zeit [s]; A = Fläche [Ns]) (WINOPAL 2009a)....	85
Abbildung 10: Dreidimensionale Darstellung der Farbe (KONICA MINOLTA 2002).....	87
Abbildung 11: Kuttertechnologie zur Herstellung der Standardmortadella; U/min = Umdrehungen der Kuttermesser pro Minute.....	96
Abbildung 12: Kuttertechnologie zur Herstellung der rezepturmodifizierten Brühwurstchargen der zweiten Vorversuchsreihe und der drei Hauptversuchsreihen; U/min = Umdrehungen der Kuttermesser pro Minute.....	98
Abbildung 13: Verwendete numerische Skala im Rahmen der sensorischen Profilprüfung (gemäß ISO 4121).....	104
Abbildung 14: Sensorische Profilprüfung: Beispielhafte Darstellung eines Netzdiagrammes.....	106
Abbildung 15: Ablauf der Farbmessung mit dem Spektrophotometer CM-3600-d der Fa. Konica Minolta (modifiziert nach KONICA MINOLTA 2010).....	108
Abbildung 16: Sensorische Qualität der Brühwurstzeugnisse (Stückware) am dritten und siebten Lagerungstag (+7 °C) (n = 3, mit jeweils 6 ausgewählten Prüfpersonen). H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware.	141
Abbildung 17: Sensorische Qualität der Brühwurstzeugnisse (Aufschnittware) am dritten und 23. Lagerungstag (+7 °C) (n = 3, mit jeweils 6 ausgewählten Prüfpersonen). H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; A = Aufschnittware.	142
Abbildung 18: Instrumentell ermittelte Texturwerte (Härte, Bissfestigkeit, Adhäsion) der Brühwurstzeugnisse am dritten und am siebten Lagerungstag für die Stückware sowie am dritten und am 23. Lagerungstag für die Aufschnittware (+7 °C) (n = 3, mit jeweils 15 Messungen). N = Newton; Ns = Newtonsekunde; H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.....	149
Abbildung 19: Instrumentell ermittelte Texturwerte (Elastizität, Kohäsivität, Kaubarkeit) der Brühwurstzeugnisse am dritten und am siebten Lagerungstag für die Stückware sowie am dritten und am 23. Lagerungstag für die	

- Aufschnittware (+7 °C) (n = 3, mit jeweils 15 Messungen). N = Newton; H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware. . 150
- Abbildung 20: L*a*b*-Werte der Brühwurstserzeugnisse am dritten und am siebten Lagerungstag für die Stückware sowie am dritten und am 23. Lagerungstag für die Aufschnittware (+7 °C) (n = 3, mit jeweils 15 Messungen). H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware. 157
- Abbildung 21: Farbabstände (Δ Gesamt) zwischen den untersuchten Lagerungstagen innerhalb der Brühwurstchargen (oben) sowie Farbabstände (Δ Gesamt) zwischen den rezepturmodifizierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge (unten) (jeweils n = 3). H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware. 161
- Abbildung 22: pH- und a_w -Werte der Brühwurstserzeugnisse am dritten und am siebten Lagerungstag für die Stückware sowie am dritten und am 23. Lagerungstag für die Aufschnittware (+7°C) (n = 3, jeweils Doppelbestimmung). H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware. 164
- Abbildung 23: Chemische Zusammensetzung (%) der einzelnen Brühwurstchargen. Ergebnisse der chemischen Vollanalyse (n = 3, mit Doppelbestimmung). H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge. 167
- Abbildung 24: Energiegehalt (kcal/100 g) sowie Fett- und Energiereduktion (%) der einzelnen Brühwurstchargen. H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; kcal = Kilokalorien. 171
- Abbildung 25: Aerobe mesophile Gesamtkeimzahl der Brühwurstserzeugnisse am dritten und am siebten Lagerungstag der Stückware sowie am dritten und am 23. Lagerungstag der Aufschnittware (+7°C) (n = 3, jeweils Doppelbestimmung). KbE/g = Kolonie bildende Einheiten pro Gramm; H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware. 173
- Abbildung 26: Ergebnisse der Bestimmung des Gehaltes an Sauerstoff (Vol.-%) und Kohlendioxid (Vol.-%) im Kopfraum der MAP-Verpackungen (n = 3, jeweils Doppelbestimmung). Vol.-% = Volumenprozent; H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware. 177
- Abbildung 27: Sensorische Qualität der Brühwurstserzeugnisse (Stückware) am dritten und siebten Lagerungstag (+7 °C) (n = 3, mit jeweils 6 ausgewählten Prüfpersonen). H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware. 182
- Abbildung 28: Sensorische Qualität der Brühwurstserzeugnisse (Aufschnittware) am dritten und 23. Lagerungstag (+7 °C) (n = 3, mit jeweils 6 ausgewählten Prüfpersonen). H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; A = Aufschnittware. 183
- Abbildung 29: Instrumentell ermittelte Texturwerte (Härte, Bissfestigkeit, Adhäsion) der Brühwurstserzeugnisse am dritten und am siebten Lagerungstag für die Stückware sowie am dritten und am 23. Lagerungstag für die Aufschnittware (+7 °C) (n = 3, mit jeweils 15 Messungen). N = Newton; Ns = Newtonsekunde; H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware. 190
- Abbildung 30: Instrumentell ermittelte Texturwerte (Elastizität, Kohäsivität, Kaubarkeit) der Brühwurstserzeugnisse am dritten und am siebten Lagerungstag für die Stückware sowie am dritten und am 23. Lagerungstag für die

- Aufschnittware (+7 °C) (n = 3, mit jeweils 15 Messungen). N = Newton; H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware. . 191
- Abbildung 31: $L^*a^*b^*$ -Werte der Brühwurstzeugnisse am dritten und am siebten Lagerungstag für die Stückware sowie am dritten und am 23. Lagerungstag für die Aufschnittware (+7 °C) (n = 3, mit jeweils 15 Messungen). H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware. 198
- Abbildung 32: Farbabstände (Δ Gesamt) zwischen den untersuchten Lagerungstagen innerhalb der Brühwurstchargen (oben) sowie Farbabstände (Δ Gesamt) zwischen den rezepturmodifizierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge (unten) (jeweils n = 3). H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware. 201
- Abbildung 33: pH- und a_w -Werte der Brühwurstzeugnisse am dritten und am siebten Lagerungstag für die Stückware sowie am dritten und am 23. Lagerungstag für die Aufschnittware (+7 °C) (n = 3, jeweils Doppelbestimmung). H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware. 204
- Abbildung 34: Chemische Zusammensetzung (%) der einzelnen Brühwurstchargen. Ergebnisse der chemischen Vollanalyse (n = 3, mit Doppelbestimmung). H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge. 207
- Abbildung 35: Energiegehalt (kcal/100 g) sowie Fett- und Energiereduktion (%) der einzelnen Brühwurstchargen. H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; kcal = Kilokalorien. 211
- Abbildung 36: Aerobe mesophile Gesamtkeimzahl der Brühwurstzeugnisse am dritten und am siebten Lagerungstag der Stückware sowie am dritten und am 23. Lagerungstag der Aufschnittware (+7 °C) (n = 3, jeweils Doppelbestimmung). KbE/g = Kolonie bildende Einheiten pro Gramm; H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware. . 213
- Abbildung 37: Ergebnisse der Bestimmung des Gehaltes an Sauerstoff (Vol.-%) und Kohlendioxid (Vol.-%) im Kopfraum der MAP-Verpackungen (n = 3, jeweils Doppelbestimmung). Vol.-% = Volumenprozent; H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware. 216
- Abbildung 38: Sensorische Qualität der Brühwurstzeugnisse (Stückware) am dritten und siebten Lagerungstag (+7 °C) (n = 3, mit jeweils 6 ausgewählten Prüfpersonen). H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware. 222
- Abbildung 39: Sensorische Qualität der Brühwurstzeugnisse (Aufschnittware) am dritten und 23. Lagerungstag (+7 °C) (n = 3, mit jeweils 6 ausgewählten Prüfpersonen; n = 1 für die Deskriptoren Bissfestigkeit und Kaubarkeit der Aufschnittware am 23. Lagerungstag). H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; A = Aufschnittware. 223
- Abbildung 40: Instrumentell ermittelte Texturwerte (Härte, Bissfestigkeit, Adhäsion) der Brühwurstzeugnisse am dritten und am siebten Lagerungstag für die Stückware sowie am dritten und am 23. Lagerungstag für die Aufschnittware (+7 °C) (n = 3, mit jeweils 15 Messungen). N = Newton; Ns = Newtonsekunde; H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware. 230
- Abbildung 41: Instrumentell ermittelte Texturwerte (Elastizität, Kohäsivität, Kaubarkeit) der Brühwurstzeugnisse am dritten und am siebten Lagerungstag für die Stückware sowie am dritten und am 23. Lagerungstag für die

Aufschnittware (+7 °C) (n = 3, mit jeweils 15 Messungen). N = Newton; H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware. .	231
Abbildung 42: L*a*b*-Werte der Brühwusterzeugnisse am dritten und am siebten Lagerungstag für die Stückware sowie am dritten und am 23. Lagerungstag für die Aufschnittware (+7 °C) (n = 3, mit jeweils 15 Messungen). H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.	238
Abbildung 43: Farbabstände (Δ Gesamt) zwischen den untersuchten Lagerungstagen innerhalb der Brühwurstchargen (oben) sowie Farbabstände (Δ Gesamt) zwischen den rezepturmodifizierten Brühwurstchargen und der Kontrollcharge (unten) (jeweils n = 3). H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.	241
Abbildung 44: pH- und a_w -Werte der Brühwusterzeugnisse am dritten und am siebten Lagerungstag für die Stückware sowie am dritten und am 23. Lagerungstag für die Aufschnittware (+7 °C) (n = 3, jeweils Doppelbestimmung). H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.	244
Abbildung 45: Chemische Zusammensetzung (%) der einzelnen Brühwurstchargen. Ergebnisse der chemischen Vollanalyse (n = 3, mit Doppelbestimmung). H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge.	248
Abbildung 46: Energiegehalt (kcal/100 g) sowie Fett- und Energiereduktion (%) der einzelnen Brühwurstchargen. H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; kcal = Kilokalorien.	251
Abbildung 47: Aerobe mesophile Gesamtkeimzahl der Brühwusterzeugnisse am dritten und am siebten Lagerungstag der Stückware sowie am dritten und am 23. Lagerungstag der Aufschnittware (+7 °C) (n = 3, jeweils Doppelbestimmung). KbE/g = Kolonie bildende Einheiten pro Gramm; H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware. .	253
Abbildung 48: Ergebnisse der Bestimmung des Gehaltes an Sauerstoff (Vol.-%) und Kohlendioxid (Vol.-%) im Kopfraum der MAP-Verpackungen (n = 3, jeweils Doppelbestimmung). Vol.-% = Volumenprozent; H = Hauptversuchsreihe; K = Kontrolle; C = fettreduzierte Brühwurstcharge; L = Lagerungstag; S = Stückware; A = Aufschnittware.	257
Abbildung 49: Korrelation zwischen den sensorischen und instrumentellen Messergebnissen der drei Hauptversuchsreihen – Rot-Wert, Härte, Bissfestigkeit und Adhäsion. N = Newton; Ns = Newtonsekunden; r_s = Ranglistenkoeffizient nach Spearman; p = statistische Signifikanz.	263
Abbildung 50: Korrelation zwischen den sensorischen und instrumentellen Messergebnissen der drei Hauptversuchsreihen – Elastizität, Kohäsivität und Kaubarkeit. N = Newton; r_s = Ranglistenkoeffizient nach Spearman; p = statistische Signifikanz.	264

7.6 Danksagung

Bei Frau Prof. Dr.-Ing. Brita M. Watkinson möchte ich mich an dieser Stelle ganz herzlich für die gute Betreuung und die hervorragenden Arbeitsbedingungen bedanken. Zudem bedanke ich mich für die Überlassung dieses interessanten Themas, die freundliche Unterstützung, die jederzeit vorhandene Gesprächsbereitschaft und die hilfreiche Kritik bei der Abfassung der vorliegenden Arbeit.

Bei Herrn Prof. Dr. vet. med. Bernhard Nowak bedanke ich mich für die Übernahme des Korreferates. Zudem gilt mein Dank für die Betreuung der Arbeiten, die an der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover durchgeführt wurden.

Meinen Kolleginnen und Kollegen vom Institut für Lebensmittelwissenschaft und Humanernährung Till Breiter, Meike Ehler, Gudrun Gläser, Jutta Hildebrandt, Kerstin Koch, Heike Kohrs, Dr. Peter Kosko, Dr. Gaby Kressel, Dr. Hans-Dieter Werlein und Gundula Wirries danke ich vielmals für alle Hilfestellungen und Unterstützungen bei den diversen Arbeitsschritten, die zur Erstellung dieser Arbeit notwendig waren und ohne die ein erfolgreicher Abschluss dieses Projektes nicht möglich gewesen wäre.

Bei Lena Grünling und Bettina Nebe bedanke ich mich für die hilfreiche Mitarbeit an diesem Projekt im Rahmen ihrer Abschlussarbeiten.

Bei Fleischermeister Dietmar Köke bedanke ich mich für die jederzeit freundliche Unterstützung bei der Herstellung der zahlreichen Brühwurstchargen.

Ein lieber Dank gilt Frau Bettina Engel Abé für die Durchführung der chemischen Analyse an der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover.

Bei Frau Dr. Katharina Blaum und Herrn Prof. Dr. Moritz Hagenmeyer bedanke ich mich für die Hilfestellung bei den aufgetretenen lebensmittelrechtlichen Fragen.

Außerdem soll allen Personen, die mich bei der Durchführung der sensorischen Untersuchung unterstützt haben, an dieser Stelle mein herzlicher Dank ausgesprochen werden.

Der Firma Ajinomoto Foods Deutschland GmbH und Herrn Andreas Wille gilt mein Dank für die Bereitstellung der Transglutaminase sowie für die Zusammenarbeit im Rahmen dieses Projektes.

Bei der Fritz Ahrberg Stiftung bedanke ich mich für die finanzielle Unterstützung.

Zudem möchte ich mich bei allen Freunden, Bekannten und Kollegen, die an dieser Stelle nicht namentlich erwähnt werden, für ihre Unterstützung bedanken.

Ein besonderer Dank gilt meinen Eltern Marianne und Wilfried P. Schmeelke sowie meiner Schwester Sina, dass sie immer für mich da waren, mich in jeder Art und Weise während meines Studium und der Anfertigung dieser Arbeit unterstützt haben und ohne die vieles nicht möglich gewesen wäre.

Dir, liebe Julia, danke ich ganz besonders für dein liebevolles Verständnis, deine endlose Geduld, den bedingungslosen Rückhalt, den immerwährenden Optimismus, deine Liebe und Nachsicht sowie deine motivierenden Worte. Du hast mich stark gemacht und beflügelt, diese Arbeit anzufertigen.

7.7 Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, Kevin Schmeelke, dass ich die Dissertationsschrift „Technologische und qualitative Auswirkungen von Fettaustauschstoffen auf Proteinbasis und Transglutaminase bei der Herstellung von Brühwurstherzeugnissen“ selbstständig verfasst und alle benutzten Hilfsmittel und Quellen sowie die zur Hilfeleistung herangezogenen Institutionen vollständig angegeben habe.

Die vorgelegte Dissertation wurde noch nicht als Diplom-, Examens- oder ähnliche Prüfungsarbeit verwendet.

Hannover, den 16.09.2010

Kevin Schmeelke

7.8 Lebenslauf

Allgemeines:

Name: Schmeelke
Vorname: Kevin
Geb. Datum: 27.09.1983
Geb. Ort: Kreuztal
Anschrift: Granatstraße 44, 30823 Garbsen

Schulischer Werdegang:

2003: Integrierte Gesamtschule Garbsen, Abschluss der allgemeinen Hochschulreife

Universitärer Werdegang:

2003 – 2008: Studium: Lehramt an berufsbildenden Schulen für Lebensmittelwissenschaft, Unterrichtsfach Biologie
Juni 2008: Abschluss: Erstes Staatsexamen Lehramt an berufsbildenden Schulen für Lebensmittelwissenschaft; Diplom-Berufspädagoge
seit Juli 2008: Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Promotionsstudent am Institut für Lebensmittelwissenschaft und Ökotrophologie der Leibniz Universität Hannover

7.9 Veröffentlichungen

Fachtagungen und Poster

10. Fachsymposium DGHM, 09.-11.04.2008, Stuttgart:

Werlein, H.-D.; Schmeelke, K.: Leibniz Universität Hannover. *Mikrobiologische Beschaffenheit von Räucherlachsprodukten.*

49. Arbeitstagung der DVG des Arbeitsgebietes Lebensmittelhygiene, 29.09.-2.10.2008:

Werlein, H.-D.; Schmeelke, K.: *Mikrobiologische Beschaffenheit von Räucherlachsprodukten.* Amtstierärztlicher Dienst und Lebensmittelkontrolle; Programm- und Abstract-Band zur Lebensmittelhygiene-Dreiländertagung. ISSN 0945-3296, Sonderausgabe: 29.09.-02.10.2008.

Publikationen

Schmeelke, K.; Watkinson, B.M. (2009): *Phosphatfreie Brühwurst mit weniger Fett. Inulin und Citrat als Austauschstoffe.* Technologie Informationen 3/2009, S. 7.

Schmeelke, K.; Watkinson, B.M. (2010): *Weniger Fett in Brühwurst. Fettaustausch mit Simplex[®] 100 und Transglutaminase.* Technologie Informationen (eingereicht).