

Herstellung von Convenience-Erzeugnissen aus Süß- und Salzwasserfischen

vorgelegt von
Diplom-Ingenieurin
Scarlett Strebl-Schneider
aus Berlin

von der Fakultät III Prozesswissenschaften
der Technischen Universität Berlin
zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Ingenieurwissenschaften
Dr.-Ing.

genehmigte Dissertation

Promotionausschuss

Vorsitzender: Prof. Dr. sc. techn. B. Senge

1. Gutachter: Prof. Dr. sc. techn. F. Thiemig

2. Gutachter: Dr. agr. G. Füllner

Tag der wissenschaftlichen Aussprache: 02. Juni 2010

Berlin 2010

D83

Danksagung

Allen, die mich im Laufe der Erstellung dieser Arbeit begleitet und unterstützt haben, möchte ich an dieser Stelle meinen aufrichtigen Dank aussprechen:

An erster Stelle möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. sc. techn. F. Thiemig für die Betreuung meiner Arbeit und die fachliche Beratung im Rahmen des Forschungsprojekts bedanken.

Herrn Dr.-Ing. Oelker möchte ich für die motivierende Unterstützung und die interessanten Diskussionen während der praktischen Arbeiten im Technikum danken, die mir zahlreiche Anregungen und Erkenntnisse erbracht haben.

Frau Pharm.-Ing. Steglich danke ich ganz besonders für die ermutigende Zusprache und moralische Unterstützung während der gesamten gemeinsamen Zeit im Institut.

Den am Forschungsprojekt beteiligten Kollegen sage ich vielen Dank für die angenehme Zusammenarbeit, die vielen kreativen Ideen und die geselligen Abende. Besonders möchte ich mich allerdings für die tatkräftige Unterstützung von Christoph und Fredi bedanken!

Herzlichen Dank auch an den Geschäftsführer der Sachsenfischland GmbH, Herrn Wilfried Donath, für die Bereitstellung sämtlicher Rohwaren.

Mein größter Dank gilt meiner Familie, insbesondere meiner Schwester Lilith und meiner sehr guten Freundin Monika, die mir über die gesamte Zeit hinweg zur Seite gestanden und mich sowohl beim Korrekturlesen der Arbeit, als auch auf menschlicher Ebene unterstützt haben!!!

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	7
Symbolverzeichnis	9
1 Einleitung und globale Aufgabenstellung	10
2 Literaturteil.....	13
2.1 Convenience Food.....	13
2.1.1 Definition des Begriffes Convenience.....	13
2.1.2 Convenience-Grade	13
2.1.3 Klassifizierung von Convenience-Erzeugnissen	13
2.1.4 Entwicklung und Marktbedeutung von Convenience-Erzeugnissen.....	14
2.2 Entwicklungen auf dem Fischmarkt.....	16
2.2.1 Entstehung der industriellen Fischerei	16
2.2.2 Deutsche Fischwirtschaft.....	18
2.2.2.1 Nationaler Absatzmarkt der Fischindustrie.....	19
2.2.2.2 Bedeutung und Erträge der Binnenfischerei.....	21
2.2.3 Traditionelle Konservierungs- und Herstellungsverfahren von Fisch und Fischerzeugnissen.....	23
2.2.3.1 Kühlen und Gefrieren	24
2.2.3.2 Trocknen	25
2.2.3.3 Enzymatische Verfahren	26
2.2.3.4 Thermische Verfahren	27
2.2.3.5 Räuchern.....	29
2.2.3.6 Chemische Konservierung.....	30
2.2.4 Convenience-Erzeugnisse aus Fisch	31
2.2.4.1 Tiefkühlprodukte.....	32
2.2.4.2 Konserven.....	35
2.2.4.3 Gekühlte Erzeugnisse.....	35
2.2.5 Bedeutung des Convenience-Marktes im Bereich Fisch	36
2.2.5.1 Ernährungstrends.....	36
2.2.5.2 Entwicklungstendenzen	37
2.3 Rekonstitutionsverfahren	38
2.3.1 Herleitung und Entwicklung des Verfahrens der fermentativen.....	38
2.3.1.1 Rohwursttechnologie	38
2.3.1.2 Formfleischtechnologie.....	39
2.3.2 Patentrecherche, gegenwärtige Rekonstitutionsverfahren	40

2.4	Warmblüter- und Fischmuskelfleisch	41
2.4.1	Übereinstimmungen in Aufbau und Zusammensetzung	41
2.4.1.1	Muskelproteine	41
2.4.1.1.1	Aminosäuren, Peptide, Proteine	41
2.4.1.1.2	Myofibrillarproteine	42
2.4.1.1.3	Sarkoplasmaproteine	42
2.4.1.1.4	Bindegewebsproteine	42
2.4.1.2	Allgemeiner Muskulaturaufbau	42
2.4.1.2.1	Quergestreiftes Muskelgewebe	43
2.4.1.2.2	Arten der Binde- und Stützgewebe	44
2.4.1.2.2.1	Faserreiches Bindegewebe	44
2.4.1.2.2.2	Fette und Fettgewebe	45
2.4.2	Unterschiede zwischen Warmblüter- und Fischmuskelfleisch	46
2.4.2.1	Struktur des Fischmuskelfleisches	46
2.4.2.2	Zusammensetzung der Fischmuskulatur	47
2.4.2.2.1	Inhaltsstoffe	47
2.4.2.2.2	Bindegewebe	47
2.4.2.2.3	Rote Muskulatur	48
2.4.2.2.4	Fettsäurespektrum	48
2.4.2.3	Verderbsanfälligkeit	49
2.4.2.3.1	Einfluss der postmortalen Veränderungen	49
2.4.2.3.2	Enzymatische Autolysevorgänge	50
2.4.2.3.3	Mikrobieller Verderb	50
2.4.2.4	Lagerstabilität	51
2.4.2.4.1	Gekühlte Ware	52
2.4.2.4.2	Tiefkühlware	52
3	Experimenteller Teil	54
3.1	Präzisierte Aufgabenstellung	54
3.2	Material und Methoden	58
3.2.1	Material	58
3.2.1.1	Geräte und Maschinen	58
3.2.1.2	Zutaten und Chemikalien	58
3.2.1.3	Gefäße und Materialien	58
3.2.2	Methoden	58
3.2.2.1	Untersuchungsmethoden	58
3.2.2.1.1	Wasserbestimmung	58
3.2.2.1.2	Fettbestimmung	58
3.2.2.1.3	pH-Messung	58
3.2.2.1.4	Messung der Garverluste	59

3.2.2.1.5	Ermittlung der Trocknungsverluste	60
3.2.2.1.6	Sensorische Untersuchung	60
3.2.2.1.7	Mikrobiologische Untersuchung	61
3.2.2.2	Herstellungsmethoden	62
3.2.2.2.1	Herstellungsprinzip der fermentativen Rekonstitution	62
3.2.2.2.2	Stufen des Herstellungsprozesses	63
3.3	Versuchsteil 1	76
3.3.1	Rohstoffe	76
3.3.1.1	Verarbeitete Fischarten	76
3.3.1.1.1	Süßwasserfische	76
3.3.1.1.2	Salzwasserfische	77
3.3.2	Rohstoffanalyse	78
3.3.2.1	Nährstoffzusammensetzung und Textur der verarbeiteten Fischfilets	78
3.3.2.2	Anatomische und chemische Eigenschaften des Hauptrohstoffes Karpfen	80
3.3.2.2.1	Zwischenmuskelgräten im Karpfenfilet	80
3.3.2.2.1.1	Chemische Zusammensetzung der Zwischenmuskelgräten	81
3.3.2.2.1.2	Methoden der mechanischen Grätenbehandlung	82
3.3.2.2.2	Analyse der Grätenlage im Karpfenfilet	83
3.3.2.2.2.1	Röntgenologische Untersuchung	83
3.3.2.2.2.2	Anatomische Untersuchung	84
3.3.2.2.3	Mechanische Grätenvorbehandlung	85
3.3.2.2.3.1	Vorzerkleinerung der Gräten im Grätenschneider	85
3.3.2.2.3.2	Einfacher Grätenschnitt	86
3.3.2.2.3.3	Optimierung des Grätenschnittes	86
3.3.2.2.4	Mechanische Vorbehandlung der Karpfenfilets	88
3.3.2.2.4.1	Einfache Abschnittstechnik	88
3.3.2.2.4.2	Fischwertsortierung	88
3.3.2.2.5	Rohstoffeigenschaften der F-Sorten	91
3.3.2.2.5.1	Wasser- und Fettgehalt	91
3.3.2.2.5.2	Garverluste	92
3.4	Versuchsteil 2	94
3.4.1	Zerkleinerung	95
3.4.1.1.1	Versuch 1	96
3.4.1.1.2	Versuch 2	97
3.4.1.1.3	Versuch 3	98
3.4.1.1.4	Versuch 4	99
3.4.1.2	Mechanische Grätenvorbehandlung	100
3.4.1.2.1	Versuch 5	101
3.4.1.2.2	Versuch 6	101
3.4.1.2.3	Versuch 7	102

3.4.1.3	Feinfarce	102
3.4.1.3.1	Versuch 8	102
3.4.1.3.2	Versuch 9	103
3.4.1.3.3	Versuch 10	104
3.4.1.4	Diskussion	105
3.4.2	Zutatenzusammensetzung	107
3.4.2.1	Grundrezeptur.....	107
3.4.2.1.1	Versuch 11	107
3.4.2.1.2	Versuch 12	108
3.4.2.1.3	Versuch 13	109
3.4.2.1.4	Versuch 14	110
3.4.2.1.5	Versuch 15	111
3.4.2.1.6	Versuch 16	112
3.4.2.1.7	Versuch 17	113
3.4.2.2	Diskussion	114
3.4.3	Misch- und Abfüllprozess	120
3.4.3.1	Viskositätsentwicklung	120
3.4.3.1.1	Versuch 18	120
3.4.3.1.2	Versuch 19	121
3.4.3.2	Durchmischung	122
3.4.3.2.1	Versuch 20	122
3.4.3.2.2	Versuch 21	123
3.4.3.2.3	Versuch 22	124
3.4.3.3	Abfüllvorgang	125
3.4.3.3.1	Versuch 23	125
3.4.3.3.2	Versuch 24	126
3.4.3.4	Diskussion	127
3.4.4	Fermentation	128
3.4.4.1	Verlauf der Fermentation bei Veränderung unterschiedlicher Parameter	130
3.4.4.1.1	Versuch 25	130
3.4.4.1.2	Versuch 26	136
3.4.4.1.3	Versuch 27	139
3.4.4.1.4	Versuch 28	140
3.4.4.2	Messungen zur Analyse des Fermentationsverlaufes	142
3.4.4.2.1	Versuch 29	142
3.4.4.2.2	Versuch 30	143
3.4.4.3	Diskussion	144
3.5	Versuchsteil 3	147
3.5.1	Anteilmäßige Verarbeitung von Fremdfisch	147
3.5.1.1	Versuch 31: Verarbeitung von Alaska Seelachs (Alaska Pollack).....	147

3.5.1.2	Versuch 32: Verarbeitung von Rotbarsch	149
3.5.1.3	Versuch 33: Verarbeitung von Butterfisch	150
3.5.1.4	Versuch 34: Verarbeitung von Afrikanischem Wels.....	151
3.5.1.5	Versuch 35: Verarbeitung von Pangasius	152
3.5.2	Anteilmäßige Verarbeitung von Karpfen.....	154
3.5.2.1	Versuch 36: Verarbeitung von 85 % Pangasius mit 15 % Karpfenfarce	154
3.5.2.2	Versuch 37: Verarbeitung von 85 % Karpfen mit 15 % Pangasiusfarce	156
3.5.3	Diskussion.....	157
3.6	Versuchsteil 4	159
3.6.1	Physikalische und sensorische Untersuchung frischer und aufgetauter Produkte	159
3.6.1.1	Frischeprodukte.....	159
3.6.1.1.1	Versuch 38	160
3.6.1.1.2	Versuch 39	161
3.6.1.1.3	Versuch 40	162
3.6.1.1.4	Versuch 41	163
3.6.1.1.5	Versuch 42	164
3.6.1.1.6	Versuch 43	165
3.6.1.2	Tiefkühlprodukte.....	167
3.6.1.2.1	Versuch 44	168
3.6.1.2.2	Versuch 45	169
3.6.1.2.3	Versuch 46	171
3.6.1.2.4	Versuch 47	173
3.6.1.2.5	Versuch 48	175
3.6.1.3	Diskussion	177
3.6.2	Mikrobiologische Untersuchungen	182
3.6.2.1	Interne mikrobiologische Untersuchungen.....	183
3.6.2.2	Rohwarenanalyse	184
3.6.2.3	Diskussion	185
3.6.2.4	Fertigwarenanalyse	185
3.6.2.4.1	Versuch 49	186
3.6.2.4.2	Versuch 50	188
3.6.2.4.3	Versuch 51	189
3.6.2.5	Diskussion	190
3.7	Versuchsteil 5	192
3.7.1	Veredelung der Premiumprodukte.....	192
3.7.1.1	Kalträuchern der Premiumprodukte	192
3.7.1.2	Warmträuchern der Premiumprodukte	194
3.7.1.3	Beizen des Premiumschinkens.....	195

3.7.2	Zubereitungsmöglichkeiten der FK-Produkte.....	196
3.7.2.1	Zubereitungsarten der FK-Produkte	196
3.7.2.2	Verarbeitung der F-Sorten F3, F4 und F5	196
3.7.3	Weiterentwicklung der FK-Produkte.....	197
3.7.3.1	Herstellung von Karpfenröllchen und -rouladen.....	197
3.7.3.2	Herstellung von Karpfen-Sushi.....	199
3.8	Berechnung des Rohwareneinsatzes für die Grundprodukte	201
4	Auswertung	206
5	Zusammenfassung	212
6	Literaturverzeichnis.....	214
Anhang		I
Formelverzeichnis		VII
Abbildungsverzeichnis		VIII
Tabellenverzeichnis.....		IX
Diagrammverzeichnis.....		XII

Abkürzungsverzeichnis

a _w -Wert	Wasseraktivität
A. Seelachs	Alaska Seelachs
AP	Alaska Pollack (Alaska Seelachs)
AW	Afrikanischer Wels
BF	Butterfisch
BP-Agar	Baird-Parker-Agar
CA	Calciumacetat
CL	Calciumlactat
DFD	dark, firm and dry
DMA	Dimethylamin
FAO	Food and agriculture Organization of the United Nations
FKP	fermentiertes Karpfenprodukt (FK-Produkt)
FWS	Fischwertsortierung
FZ	Fermentationszeit
GA	grätenarm
GAT	grätenarme Teile
GDL	Glukono-Delta-Lakton
GEHA	Fleischstandardisierungssystem
Glu	Glukose
GR	grätenreich
GRT	grätenreiche Teile
GSD	Glutamat-Stärke-Phenolrot-Agar
GV	Garverlust
IASP	Institut für agrar- und stadtökologische Projekte Berlin
K. n.	koagulase negativ
K. p.	koagulase positiv
LC1	Startercultur „Lactobacillus curvatus“
LKZ	Lactobacillenkeimzahl
MHD	Mindesthaltbarkeitsdatum
MRS-Agar	De Man, Rogosa, Sharpe
mT	mit Trocknung
MW	Mittelwert
mZ	mit Zutaten
NPS	Nitritpökelsalz
o. D	ohne Dimension
oT	ohne Trocknung
oZ	ohne Zutaten
Pang.	Pangasius
PC-Agar	Plate Count Agar

PE-Beutel	Polyethylen-Beutel
PP	Premiumprodukt
Präz.hof	Präzipitationshof
PSE	pale, soft and exsudative
QI	Qualitätsindex
RB	Rotbarsch
SN	Säurenote
SB	Schnittbild
SF	Schnittfestigkeit
T	Tag (T0= Tag null, d. h. direkt nach der Fermentation)
TK	Tiefkühl
TMA	Trimethylamin
TMAO	Trimethylaminoxid
UNO	United Nations Organization
V	Versuch (V1= Versuch 1)
VA	Viskositätsanstieg
VRBD-Agar	Violet-Red-Bile-Dextrose
YCG	Yeast-Extract-Glucose-Chloramphenicol-Agar

Symbolverzeichnis

$(c_1 - c_2)$	Konzentrationsdifferenz	Mol / cm ³
d	Diffusionsstrecke	cm
D	Diffusionskoeffizient	cm ² / Sekunde
F	Austauschfläche	cm ²
Q	diffundierende Stoffmenge	Mol / Sekunde
r	Korrelationskoeffizient	o. D.
s	Standardabweichung	o. D.
t	Zeit	Sekunden
vk	Variationskoeffizient	o. D.
n	Stichprobenumfang	o. D.
x	Merkmal x	o. D.
y	Merkmal y	o. D.
$\bar{x}$	arithmetischer Mittelwert des Merkmals x	o. D.
$\bar{y}$	arithmetischer Mittelwert des Merkmals y	o. D.

1 Einleitung und globale Aufgabenstellung

Fisch ist aus ernährungsphysiologischer Sicht ein sehr gesundes Lebensmittel und sollte mindestens einmal wöchentlich auf dem Speiseplan stehen (1). Für eine optimale Nährstoffversorgung bei wenig körperlicher und überwiegend geistiger Tätigkeit wird eine ausreichende Versorgung an hochwertigem Eiweiß empfohlen (2). Da Fisch einen hohen Gehalt an essentiellen Aminosäuren und somit eine ausgezeichnete biologische Wertigkeit hat, ist er für eine zeitgemäße Ernährung ausgesprochen wertvoll (3). Neben dem hohen Eiweißanteil liefert Fisch essentielle Fettsäuren, Vitamine sowie Mengen- und Spurenelemente. Die Nährstoffdichte, die das Verhältnis von Nährstoff- und Energiegehalt darstellt, ist bei Magerfischen höher als bei Schweine- oder Rinderfleisch. Beim Verzehr von Wurstwaren wird pro Gramm Protein sogar wesentlich mehr Energie aufgenommen als bei fetthaltigen Fischarten wie Hering oder Lachs (1). Fischfette enthalten gegenüber Warmblüterfetten einen größeren Anteil an mehrfach ungesättigten und essentiellen Fettsäuren, die nicht vom Körper synthetisiert, sondern nur über die Nahrung aufgenommen werden können. Besondere Bedeutung wird den Omega-3-Fettsäuren beigemessen, da sie den Fettstoffwechsel und das Herz-Kreislaufsystem positiv beeinflussen und somit eine gesundheitsfördernde Wirkung haben. Der hohe Genusswert von Fisch beruht auf der Zartheit und guten Verdaulichkeit des Muskelfleisches und ist auf den geringen Bindegewebsgehalt und das insgesamt locker gebundene Eiweißnetzwerk zurückzuführen (3).

Trotz der positiven Aspekte steht der Großteil der Bevölkerung dem Fischverzehr aus mehreren Gründen kritisch gegenüber. Eine Studie des Rheingold-Institutes aus Köln (4) fasst die Problematik unter dem Titel „Fisch ist faszinierend und abstoßend zugleich“ wie folgt zusammen: Nicht-Fisch-Liebhaber wünschen sich grätenfreien, möglichst geruchslosen, leicht zuzubereitenden und sättigenden Fisch, der äußerlich nicht an Fisch erinnert. Um neben den Fischessern auch diejenigen anzusprechen, die dem Fischkonsum aus oben genannten Gründen abgeneigt sind, gilt es demnach, den Convenience-Charakter von Fischprodukten hervorzuheben und diese einer optischen Verfremdung zu unterziehen, ohne dem Verbraucher das Idealbild eines natürlichen Lebensmittels zu nehmen.

Durch die verbesserten Fangtechnologien und die gesteigerte internationale Nachfrage ist der Fischkonsum in den letzten Jahrzehnten enorm gestiegen (5). Infolgedessen ist es in den Weltmeeren zu einer Überfischung der Hauptfischarten gekommen. Um die Ausfallkomponenten der Hochseefischerei aufzufangen, die bedrohten Bestände zu schonen und die Reichhaltigkeit der Fischauswahl zu erhalten, werden die Tiere zunehmend in Aquakultur gezüchtet. Zur Unterstützung einer bestandserhaltenden Fischerei sollte die Entwicklung der einheimischen Aquakultur zukünftig so gestaltet werden, dass vermehrt Süßwasserfische auf dem Markt angeboten werden. Das kann zum einen durch die Erweiterung des Zuchtolumens und zum anderen durch das Heranziehen von bislang wenig genutzten Fischarten erfolgen. Trotz der insgesamt modernen Verzehrsgewohnheiten, ist der Westeuropäer beim Fischkonsum jedoch eher konservativ und beschränkt sich auf bestimmte Fischarten (6). Daher ist es unumgänglich, dem Verbraucher wenig genutzte Fischarten in Form von neuartigen Produkten mit entsprechender Vermarktungsstrategie nahezubringen.

Von dieser Grundproblematik ausgehend wurde in Zusammenarbeit mit dem sächsischen Landwirtschaftsministerium, der Sachsenfischland GmbH, dem Institut für stadt- und agrarökologische Projekte der Humboldt-Universität Berlin (IASP) und dem Fachgebiet Technologie proteinreicher Lebensmittel der Technischen Universität Berlin (TU-Berlin) ein zielorientiertes Forschungs- und Entwicklungsprojekt konzipiert. Einen wesentlichen Forschungsschwerpunkt bildet hierbei die Verarbeitung des in der sächsischen Binnenfischerei erzeugten Karpfens mit ausgewählten Süß- und Salzwasserrischen zu fermentativ rekonstituierten Convenience-Produkten: da der Verkauf von nativem Karpfen ausschließlich in den Monaten von April bis September stattfindet und es auf diesem Markt bislang keine weitreichende Angebotsvielfalt gibt, sind die finanziellen Einnahmen der sächsischen Teichwirtschaft beschränkt. Um die wirtschaftliche Lage dieser Region zu verbessern, muss der aus dem Karpfenbericht 2005 hervorgehende Pro-Kopf-Verbrauch von nur 173 g / Kopf und Jahr gesteigert werden (7). Die Absicht, den Rohstoff Karpfen in Form von neuartigen Produkten anzubieten, soll zur Erweiterung dieses Marktsegments führen. Da der Filetanteil vom Karpfen nur etwa 33 % der Gesamtmasse beträgt, ist der Filetpreis mit ca. 7 Euro / kg relativ teuer. Um eine Marktauglichkeit der Endprodukte gewährleisten zu können, soll die Mitverarbeitung von im Einkauf preisgünstigeren Filetarten dazu führen, den Verkaufspreis des Endprodukts im entsprechenden Maß zu senken.

Für die vorgelegte Dissertation ergibt sich daraus folgende Aufgabenstellung: das im Fachgebiet Technologie proteinreicher Lebensmittel entwickelte und partiell erforschte Verfahren der fermentativen Rekonstitution, welches auf praxisbewährten Herstellungsprozessen der Fleischtechnologie basiert, soll auf den Rohstoff Fisch abgestimmt und optimiert werden. Hierbei soll ein industriell umsetzbares Laborverfahren zur Produktion von Erzeugnissen aus Süß- und Salzwasserrischen entstehen. Das Grundprodukt soll einen rohfischartigen Charakter aufweisen und vielseitig einsetzbar sein, so dass die Fischarten untereinander kombinierbar und anteilig variabel sind. Darüber hinaus soll es möglich sein, die neuartigen Halbfertigprodukte durch unterschiedliche Formgebung optisch zu entfremden. Dem Verbraucher werden dadurch attraktive Alternativen hinsichtlich einer unkomplizierten Zubereitung und verbesserten sensorischen Eigenschaften geboten, ohne dabei die ernährungsphysiologischen Vorzüge des Fischverzehr zu verlieren.

Zur Entwicklung neuartiger, marktfähiger Produkte ist es zunächst wichtig, den aktuellen Fischmarkt anhand von Daten und Fakten zu analysieren und Hinweise über zukünftige Ernährungstrends im Bereich Fisch zu gewinnen. Um zusätzliche Erkenntnisse über mögliche Verarbeitungsformen und Produktionsalternativen zu erlangen, müssen bekannte und angewendete Herstellungsverfahren aufgeführt und analysiert werden. Da das Verfahren der fermentativen Rekonstitution auf fleischtechnologischen Herstellungspraktiken beruht, ist es sinnvoll, die Rohstoffe Fleisch und Fisch auf anatomische und physiologische Differenzen zu untersuchen. Unterschiede in den Verarbeitungseigenschaften können so im Vorfeld erfasst und auf den Herstellungsprozess abgestimmt werden. Im Anschluss an die theoretischen Einsichten gilt es, das Verfahren in seinen einzelnen Stufen auf den Rohstoff Fisch abzustimmen. Nach Erarbeitung eines standardisierten Herstellungsprozesses, der zu einem reproduzierbaren Grundprodukt führen soll, können weitere Produktalternativen abgeleitet und so für eine Variationsbreite im Sortiment sorgen. Um die Produkte

nicht nur technologisch sondern auch sensorisch weiterzuentwickeln, werden im Laufe der Versuchsreihen sowohl betroffene als auch unabhängige Testpersonen zu Rate gezogen. Schließlich sollen standardisierte Produkte entstehen die sensorisch ansprechen und den Verbraucher zu wiederholtem Kauf anregen.

2 Literaturteil

2.1 Convenience Food

2.1.1 Definition des Begriffes Convenience

Der Begriff Convenience stammt aus dem Englischen und bedeutet soviel wie Bequemlichkeit, Komfort, Dienlichkeit oder Zweckmäßigkeit. Convenience Food sind Lebensmittel, die

- industriell vorgefertigt sind
- eine eingebaute Dienstleistung haben
- in unterschiedlichen Verarbeitungsstufen / Darreichungsformen vorliegen.

Die industrielle Vorfertigung dient dazu, die Zubereitung des Lebensmittels für den Konsumenten zu vereinfachen. Je nach Zubereitungsstufe und Spezifizierung des Erzeugnisses (Fertig- oder Halbfertigprodukt, frische oder konservierte Ware) ergibt sich eine bestimmte Arbeitserleichterung für den Verbraucher. Neben dem Stadium der Verarbeitung ist auch die Darreichungsform, die unter anderem Größe und Art der Verpackung sowie Handlichkeit und Zusammenstellung des Endproduktes umfasst, für Convenience Food charakteristisch (8).

2.1.2 Convenience-Grade

Bei der Betrachtung von Convenience-Erzeugnissen müssen im Rahmen der angestrebten Vereinfachung der Zubereitung verschiedene Stufen, bzw. Convenience-Grade unterschieden werden: „Ein ausgenommener Fisch und ein geschnittenes, vorblanchiertes und tiefgefrorenes Gemüse sind ebenso unter dem Begriff Convenience Food einzuordnen wie ein fertiges Menü bestehend aus mehreren Komponenten (9).“

„Fertiggerichte haben den höchsten Convenience-Grad, wobei auch hier zwischen 1-Komponenten-Gericht (Eintopf, Suppe), 2-Komponenten-Gericht (z. B. Grünkohl mit Wurst, Pasta mit Sauce, Reis mit Frikassee) und Mehr-Komponenten-Gericht (z. B. 3-Kammer-Menü mit Fleisch, Sauce, Sättigungsbeilage und Gemüse) unterschieden wird. Es gibt aber auch die Möglichkeit die Einzelkomponenten eines Gerichts, die auf dem Markt heute auch separat angeboten werden, individuell zu kombinieren (9).“

2.1.3 Klassifizierung von Convenience-Erzeugnissen

Vorgefertigte Lebensmittel lassen sich nach produktbestimmenden Rohstoffen, Herstellungstechnologie und Haltbarmachung sowie Zubereitungs- und Veredelungsgrad einordnen.

1. Die Klassifizierung nach einem produktbestimmenden Rohstoff ist weniger aussagekräftig: bei Lebensmitteln, deren Hauptkomponente tierischen (mariniertes Fleisch / Fisch) oder pflanzlichen Ursprungs (TK-Gemüse) ist, ist diese Einordnung zutreffend. Da die im Trend liegenden Fertiggerichte aber meist aus tierischen und pflanzlichen Komponenten zusammengesetzt sind (Komplett-Menüs), wird eine präzise Klassifizierung erschwert (8).

2. In Abhängigkeit von Herstellung und Haltbarmachung von Convenience Food, kann zwischen gefrorenen, unter Kühlung haltbaren, sterilisierten und getrockneten Lebensmitteln unterschieden werden. Hinsichtlich der Produktgruppen werden Convenience-Erzeugnisse in folgende Kategorien unterteilt:
- Tiefkühlprodukte
 - Frischfleisch
 - Fertiggerichte (nass oder trocken)
 - Feinkosterzeugnisse (nass oder trocken)
- Entsprechend des zur Haltbarmachung angewendeten Verfahrens, erfordern diese Produkte unterschiedliche Lagerbedingungen:
- TK-Ware (-18 °C)
 - gekühlte Ware (+1 bis +7 °C)
 - sterilisierte Ware (+15 bis +20 °C) (8)
3. Die am ehesten geeignete Methode zur Charakterisierung von Convenience-Erzeugnissen ist die Differenzierung nach dem Zubereitungs- und Veredelungsgrad. Hierbei werden die Lebensmittel in Kategorien wie küchenfertig, garfertig, teilfertig sowie verzehrs- und gebrauchsfertig aufgeteilt (8).

2.1.4 Entwicklung und Marktbedeutung von Convenience-Erzeugnissen

Laut einer aktuellen Studie, die die Gesellschaft für Konsumforschung (GfK) im Auftrag des Bundes für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde e. V. (BLL) durchgeführt hat, können bei den langfristigen Verbrauchertrends im Lebensmittelsektor drei zentrale Bereiche definiert werden: das größte Entwicklungspotential liegt in den Sparten *Genuss*, *Convenience* sowie *Health & Wellness*. Erzeugnisse aus dem Bereich *Genuss* sind Premiumprodukte mit gesteigerten Anforderungen an Zutaten und Verpackung. *Health&Wellness-Produkte* hingegen haben einen Gesundheits- und Wohlfühl-Nutzen für den Verbraucher. Für alle Produktbereiche gilt jedoch, dass die Erzeugnisse geschmacklich ansprechen müssen, erst dann werden die zusätzlichen Leistungen vom Verbraucher akzeptiert und honoriert (10).

Der Convenience-Food-Markt hat in den letzten Jahren eine sehr positive Entwicklung erfahren, welche sich zahlenmäßig eindeutig ausdrückt: eine der bedeutendsten Segmente liegt im Bereich der Fleisch-Convenience-Produkte. Für diesen Sektor prognostizieren Marktforscher in den kommenden Jahren ein jährliches Wachstum von gut drei Prozent (11). Nass-Fertigprodukte (549 Mio. Euro) konnten im Jahr 2006 einen gesteigerten Umsatz von 3,1 % vorweisen. Auch im umsatzstärksten Bereich der Tiefkühlprodukte (1,64 Mrd. Euro) können weiterhin steigende Gewinne verzeichnet werden. Trockenfertiggerichte (663,2 Mio. Euro) hingegen verlieren sukzessive an Marktanteilen. Wesentliche Gründe für den Zuwachs auf dem Convenience-Markt sind die Berufstätigkeit der Frau, die zunehmende Dominanz der Ein-Personen-Haushalte und die Zeitknappheit der Verbraucher: Marktforschungen ergaben, dass 85 % der Deutschen Fertigmahlzeiten kaufen, weil sie zum Kochen keine Zeit haben. Weitere 40 % sind der Überzeugung, dass Komplettmenüs günstiger sind als einzeln gekauften Zutaten. 18 % der Befragten stellen den Genusswert der gekauften Erzeugnisse

dem der selbst zubereiteten sogar gleich. Für den Kauf und die Akzeptanz eines Convenience-Erzeugnisses sind mehrere Faktoren entscheidend:

- Qualität
- Frische (Symbol für Genuss und Gesundheit)
- Geschmacks- und Genusswert
- Preis
- Handhabung (Verpackung, Zubereitung)
- Zutaten / Inhaltsstoffe (ernährungsphysiologischer Wert) (12)

Da das Ernährungsbewusstsein des Verbrauchers ansteigt und er neben der bequemen Zubereitung zunehmend Wert auf Frische und Qualität legt, wird der Lebensmittelproduzent vor größere Herausforderungen gestellt. Um auf dem heutigen Markt bestehen zu können und den Erwartungen der Konsumenten gerecht zu werden, muss der Hersteller durch Kreativität, Individualität und innovative Technologien, neue, attraktive Produktkonzepte schaffen (11), (13).

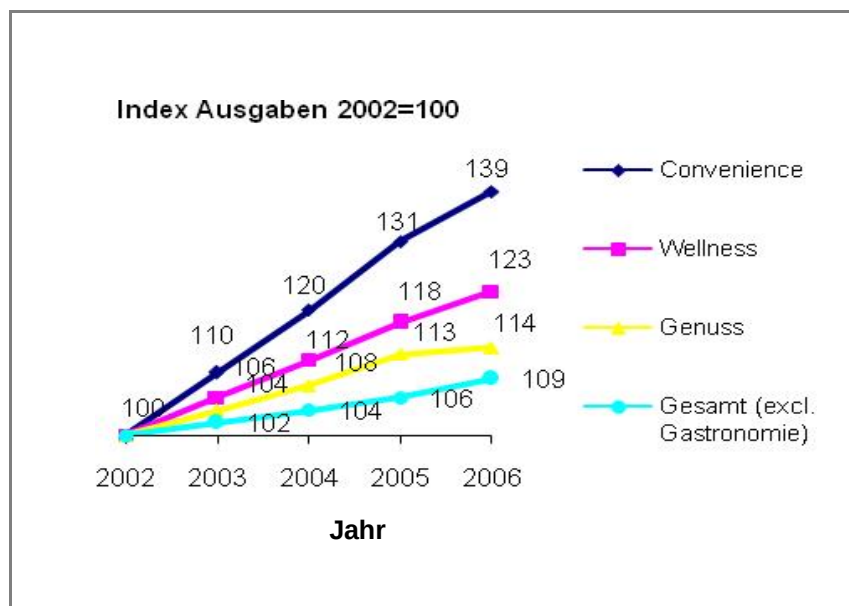


Abb. 1: Food-Wachstumsmärkte (10)

2.2 Entwicklungen auf dem Fischmarkt

2.2.1 Entstehung der industriellen Fischerei

Der Fischfang gehört zu den ältesten Nahrungsmittelquellen der Menschheit. Vor dem 16. Jahrhundert wurde überwiegend in Binnenseen, Flüssen und flachen Küstengewässern gefischt. Durch die Verwendung von Salz als preisgünstiges Konservierungsmittel dehnte sich die Fischerei nach und nach von Europa aufs offene Meer aus. Der industrielle Fischfang nahm seinen Anfang gegen Ende des 19. Jahrhunderts als mit dem Anschluss der wichtigsten Hafenstädte an die Eisenbahn die Voraussetzungen für einen schnellen Transport der leichtverderblichen Ware bis ins Binnenland zu den notwendigen Absatzmärkten geschaffen wurden. Im 20. Jahrhundert wurde die weitere Entwicklung der Fischerei durch die beiden Weltkriege gehemmt, so dass der Weltfischfang erst 1950 wieder das Niveau von 1938 erreichte. Durch den technischen Fortschritt kam es ab 1955 zu einem sprunghaften Anstieg des Weltfischfangs (5):

Tab. 1: Entwicklung der Weltbevölkerung, des Weltfangs und des Durchschnittsfangs pro Kopf (5)

Jahr	Weltbevölkerung (Mio. Menschen)	Weltfang (Mio. Tonnen)	Durchschnittsfang pro Kopf (kg)
1800	800	1,2	1,5
1850	1000	2,0	2,0
1900	1550	4,0	2,6
1938	2150	21,0	9,8
1950	2501	21,1	8,4
1960	2910	40,0	13,3
1970	3685	70,8	19,5
1980	4453	72,3	16,2
1985	4842	79,4	16,4

Die Weltfischereierträge setzen sich in den Jahren von 1945 – 1970 durchschnittlich zu 75 % aus Salzwasserrischen, zu 15 % aus Süßwasserrischen und zu 8,5 % aus Krebsen und Weichtieren zusammen (14).

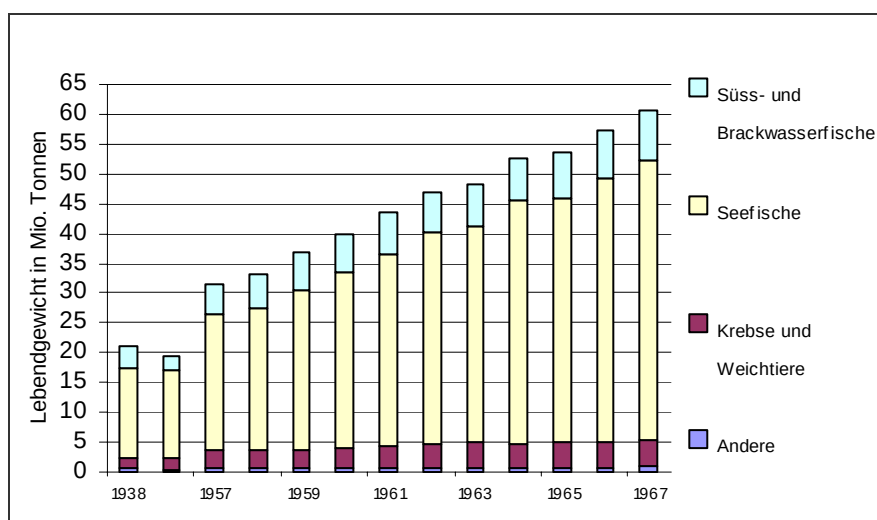


Abb. 2: Weltfischereierträge (14)

Nach dem sprunghaften Anstieg der Weltfischereierträge in den Jahren 1955 – 1970 und dem gleichzeitigen Bevölkerungszuwachs, bleibt der internationale Pro-Kopf-Verbrauch an Fisch relativ konstant:

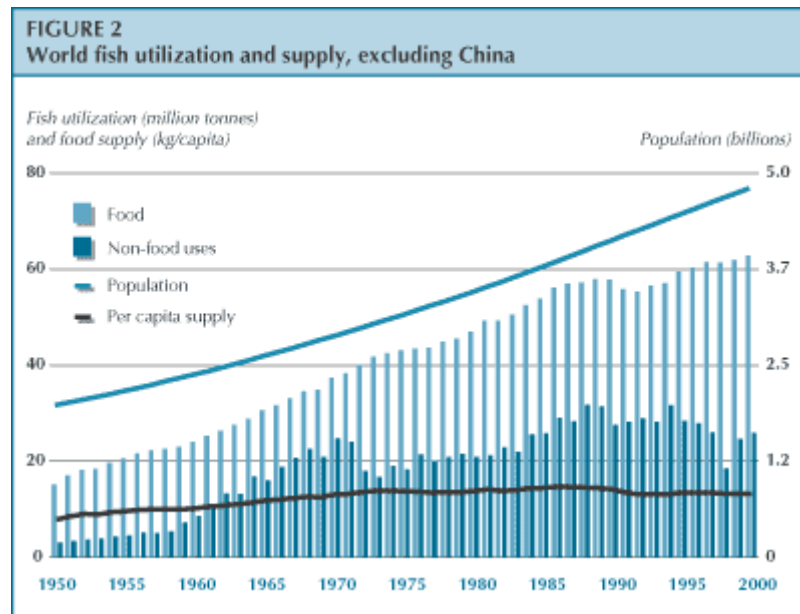


Abb. 3: World fish utilization and supply, excluding China (15)

Trotz verbesserter Fangtechnologien und –gerätesystemen wuchs der Weltfangertrag in den 70er Jahren nur noch geringfügig. Es zeigte sich, dass die Fischbestände der Weltmeere keine unbegrenzten Ressourcen darstellten. Statistisch gesehen konnte mit Zunahme der Fangflotten eine Abnahme der Kennziffer Fangmenge / Bruttoregistertonne verzeichnet werden. Infolgedessen mussten Maßnahmen zur Bewirtschaftung der Fischbestände eingeführt werden (5).

Die im Jahr 1946 gegründete FAO (Food and Agriculture Organisation of the United Nations), eine Spezialorganisation der UNO, beschäftigt sich unter anderem mit der Entwicklung des Fischfangs und dem Aufbau einer internationalen Fangstatistik, um die Erhaltung der Fischressourcen und darüber hinaus die Lebensfähigkeit des gesamten Fischereisektors zu gewährleisten (5). Der im Jahr 1995 von der FAO begründete „Code of Conduct for Responsible Fisheries“ umfasst Prinzipien zur Erhaltung, zum Management und zur Weiterentwicklung der internationalen Fischerei. Im Code mit inbegriffen sind Fischfang, Aquakultur, Behandlung und Verarbeitung der Rohstoffe, Fischereiprodukte, Fischereitechnologie sowie Küsten- und Hochseefischereimanagement (16).

Die Weltfischfangerträge sind auch nach dem Pik von 1970, der bei 70 Millionen Tonnen lag, weiter auf über 90 Millionen Tonnen im Jahr 2000 gestiegen. Besonders gewachsen sind die Erträge im Bereich Aquakultur: im Jahr 1970 lagen der Anteil an Fisch, der aus Aquakultur gewonnen wurde noch bei 3,9 %, im Jahr 2000 hingegen schon bei 27,3 %. Der jährliche Zuwachs beläuft sich seitdem auf circa 9,2 % und ist sonst in keinem anderen Bereich der Nahrungsmittelproduktion annähernd ausgeprägt. China, das den größten Anteil an Fisch aus Aquakultur hat, zählt mittlerweile zum stärksten Fischproduzenten und –konsumenten und trägt mit etwa 20 Prozent zum weltweiten Gesamtaufkommen an Fisch bei (16).

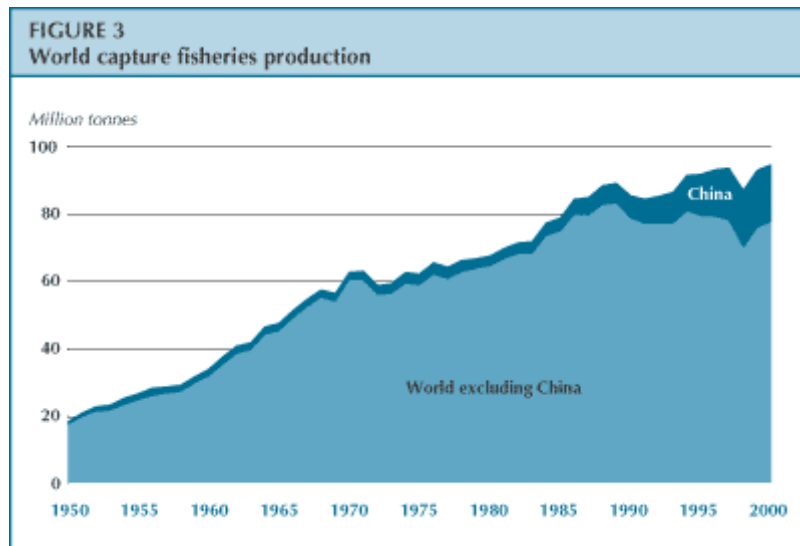


Abb. 4: World capture fisheries production (15)

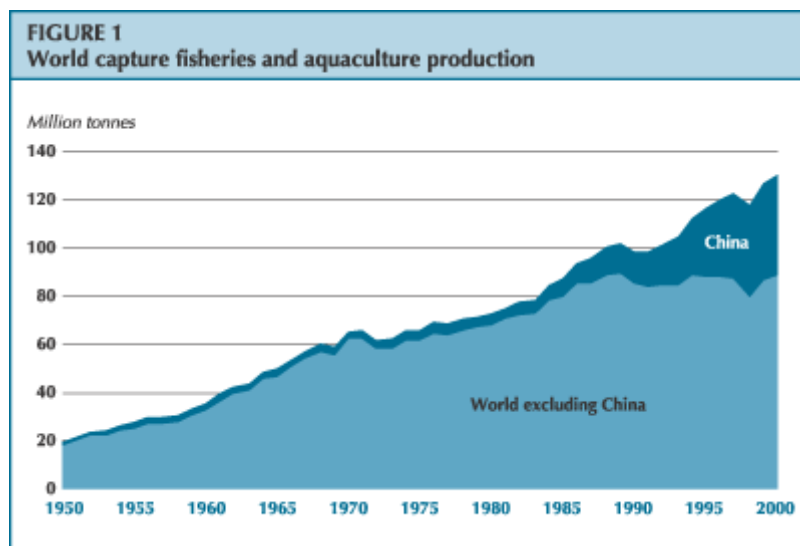


Abb. 5: World capture fisheries and aquaculture production (15)

2.2.2 Deutsche Fischwirtschaft

Die Branchen der deutschen Fischwirtschaft bieten dem Verbraucher eine umfangreiche Angebotsvielfalt von Fischen und Fischereierzeugnissen, wodurch zum einen ein Beitrag zur gesunden Ernährung und zum anderen ein abwechslungsreicher Genuss gewährleistet werden. Hierzu zählen:

- Fischerei (Hochsee-, Kutter- und Binnenfischerei)
- Fischimport
- Fischindustrie und Küstenfischgroßhandel
- Fischgroßhandel
- Fischeinzelhandel (stationär und mobil)
- Fischgastronomie

Die Unternehmen der Fischindustrie haben an der zum Absatz bestimmten Produktion von Erzeugnissen des Ernährungsgewerbes in der Bundesrepublik Deutschland einen Anteil von 1,5 %: im

Jahr 2005 wurde in der deutschen Fischwirtschaft ein Finanzvolumen von 6,9 Milliarden Euro bewegt und rund 43.000 Mitarbeiter beschäftigt. Aufgrund des erhöhten Aufwands für Erzeugung, Verarbeitung, Beschaffung und Betrieb wurden in nahezu allen Sparten in den letzten Jahren größere Umsätze erreicht (17).

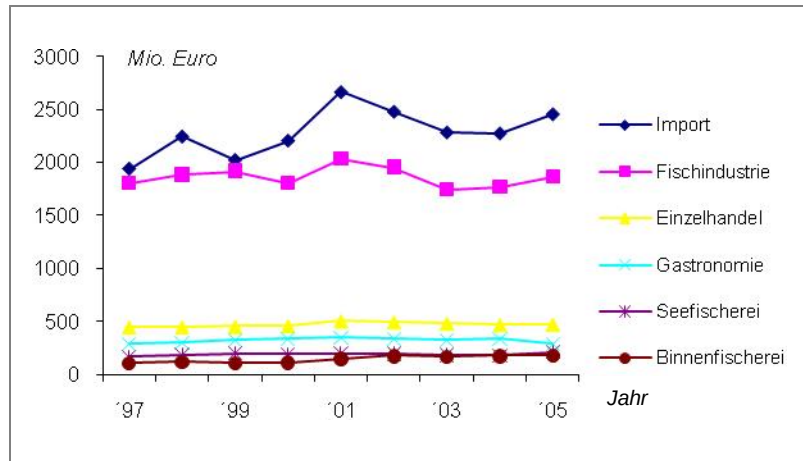


Abb. 6: Umsätze der Fischindustrie (17)

2.2.2.1 Nationaler Absatzmarkt der Fischindustrie

In Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) Hamburg konnte das 1997 gegründete Fischinformationszentrum (FIZ) eine jährlich erscheinende Broschüre veröffentlichen, die die wichtigsten Entwicklungen des deutschen Fischmarktes darlegt: in der aktuellen Diskussion über Lebensstil und gesunde Ernährung haben Fisch und Meeresfrüchte einen hohen Stellenwert, was auch am steigenden nationalen Pro-Kopf-Verbrauch im Jahr ersichtlich ist. Da der nationale Pro-Kopf-Verbrauch unterhalb des Weltdurchschnitts liegt (2005: national: 14,8 kg bzw. international: 16,1 kg / Kopf), ist für den deutschen Fischmarkt noch Steigerungspotential vorhanden. Um eine Ausweitung des Absatzes zu ermöglichen und die Konsumbereitschaft des Verbrauchers zu erhöhen, müssen seitens der Unternehmer hohe Ansprüche an Qualität, Genuss und Serviceleistungen gestellt werden (17).

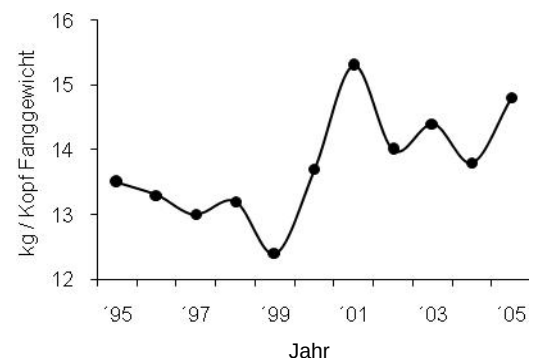


Abb. 7: Nationaler Pro-Kopf-Verbrauch (17)

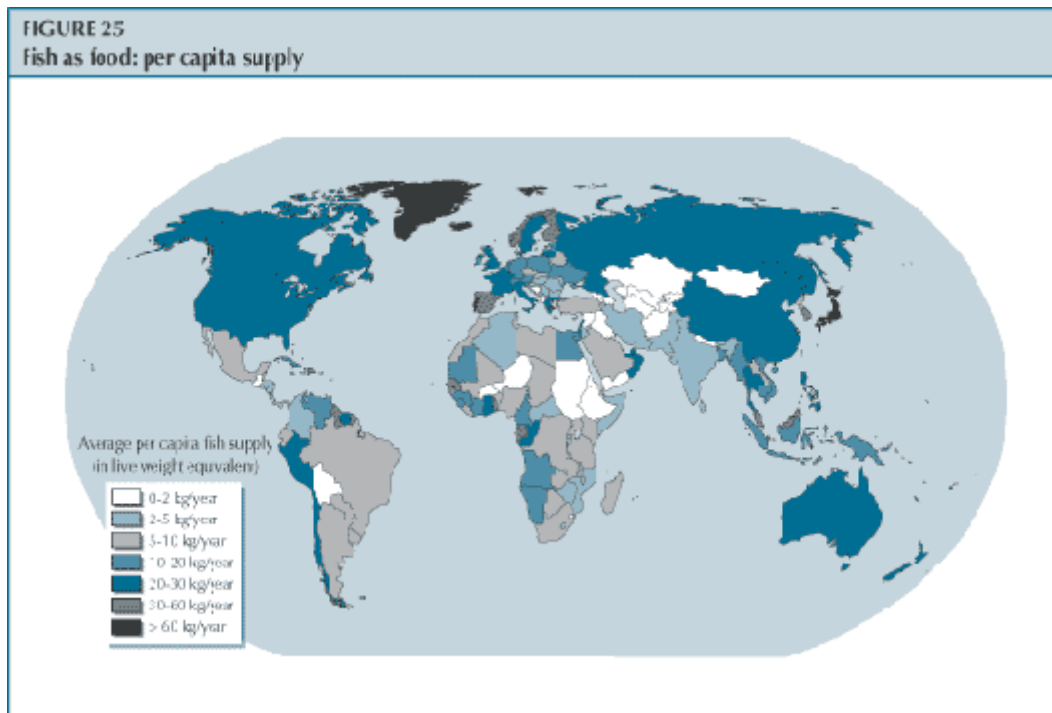


Abb. 8: Fish as food: per capita supply (16)

Die Versorgung des deutschen Marktes wird überwiegend durch die Importwirtschaft gesichert: das Gesamtaufkommen an Fisch und Fischerzeugnissen besteht zu 83 – 86 % aus Importware und zu 14 – 17 % aus Eigenanlandungen. Die Importe stammen zu ca. 40 % aus EU-Staaten und zu 60 % aus Drittländern, wobei das Fischangebot aus allen Meeren bereichert wird.

Die Eigenproduktion setzt sich aus In- und Auslandsanlandungen der deutschen Hochsee- und Küstenfischerei, sowie aus Erträgen der Binnenfischerei aus Seen und Teichen zusammen. Der Exportanteil betrug im Jahr 2005 rund 30 % des Gesamtaufkommens.

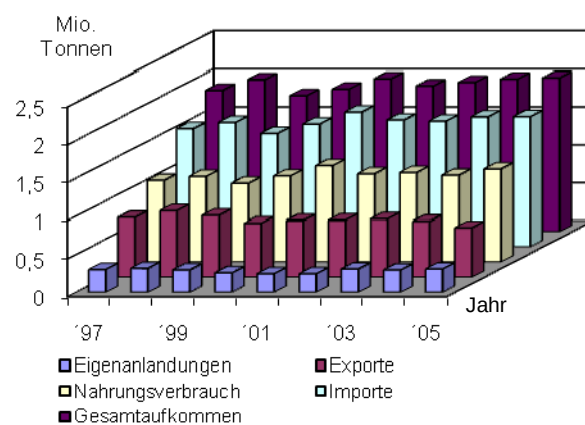


Abb. 9: Nationaler Fischmarkt (17)

Die Ausfuhrware besteht zum Großteil aus Fischzubereitungen, des Weiteren werden See- und Süßwasserfische sowie Krebs- und Weichtiere exportiert. Das durch die Unternehmen geknüpfte weltweite Einkaufsnetz bedingt die Angebotsvielfalt auf dem deutschen Fischmarkt und ermöglicht eine Erweiterung der Auswahl an heimischen Fischen um eine Vielzahl neuer Fischarten wie z. B. Pangasius, Tilapia und Meerbarbe. Die in Deutschland am meist verzehrten Seefische sind Alaska Seelachs (Pollack), Hering, Thunfisch, Lachs, Seelachs (Köhler), Seehecht und Rotbarsch (17). Neben dem Verkauf von Frisch- und Tiefkühlware werden die Fische in Abhängigkeit von ihrer produktspezifischen Eignung, die die generelle Einsetzbarkeit eines Verfahrens bestimmt, zu unterschiedlichen Produkten weiterverarbeitet (3).

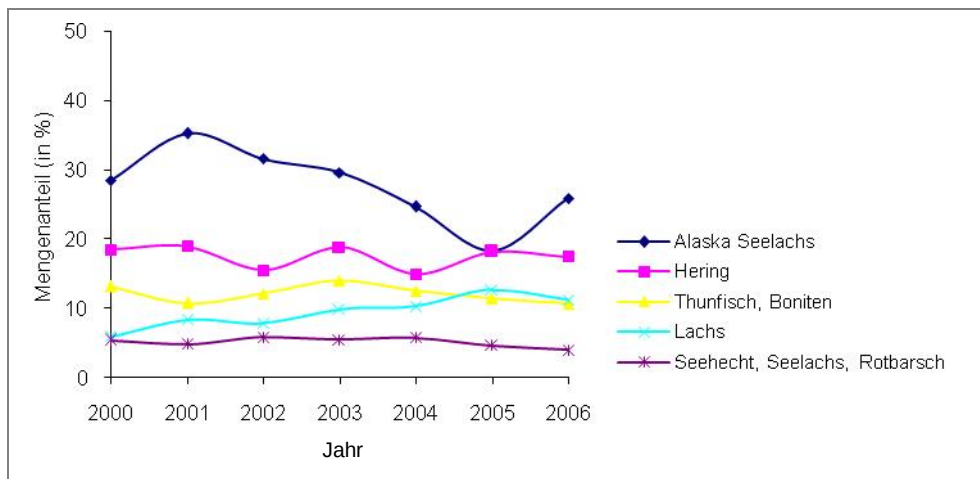


Abb. 10: Beliebteste Salzwasserrische (17)

2.2.2.2 Bedeutung und Erträge der Binnenfischerei

Die Binnenfischerei umfasst sämtliche fischereiliche Aktivitäten in natürlichen und künstlichen Binnengewässern sowie alle technischen Anlagen zur Fischhaltung. Die Hauptzweige der deutschen Binnenfischerei werden in

- See- und Flussfischerei
- Aquakultur
- Angel- bzw. Freizeitfischerei

unterteilt, wobei der Großteil des nationalen Fischaufkommens nicht aus dem Fang in natürlichen Gewässern, sondern aus Erträgen der Aquakultur stammt. Die Aquakultur von Süßwasserfischen umfasst die kontrollierte Aufzucht von Fisch in speziell konstruierten Anlagen, die von Teichen über durchflossene Rinnen und Becken bis zu technischen Systemen mit geschlossenen Wasserkreisläufen reichen. Hauptträger der nationalen Aquakultur sind die Teichwirtschaft (Karpfen) und die Fischaufzucht in Durchlaufanlagen (Forellen). Des Weiteren werden Kreislaufanlagen und Netzgehege zu Aufzucht von Binnenfischen eingesetzt (18), wobei unter den ca. 70 verschiedenen Arten einheimischer Binnenfische (2), Karpfen und Forelle (Regenbogenforelle) die mit Abstand ertragreichsten Fischarten sind. Die Aquakultur ist neben dem natürlichen Gewässerreichtum stark an regionale, topografische, hydrologische, klimatische und infrastrukturelle Bedingungen gebunden (17).

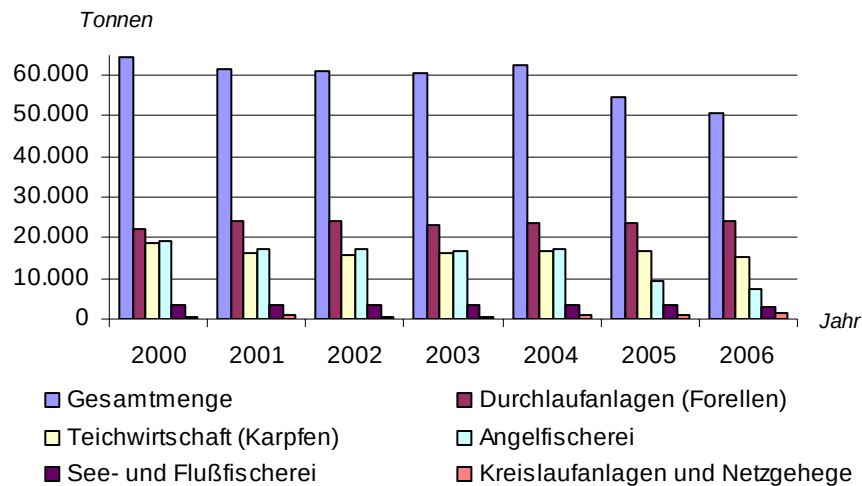


Abb. 11: Deutsche Binnenfischerei (18)

Da die Eigenanlandungen aus einheimischen Binnengewässern und das Aufkommen aus den Fischzuchten deutlich von der Nachfrage an Süßwasserfischen übertroffen werden, wird der deutsche Markt durch Importe unterstützt. Die höchste Einfuhrmenge der reinen Süßwasserfischarten verzeichnet die Regenbogenforelle. Aal und Karpfen sind die zweitwichtigsten Wirtschaftsarten. Da es bislang noch nicht gelungen ist, Aale erfolgreich zu züchten, sind die einheimischen Bestände mittlerweile bedroht und unterliegen besonderem Schutz. Bei den Fischarten, die unter „Sonstige“ zusammengefasst sind handelt es sich unter anderem um Zander, Hecht, Wels, Schleie, Saibling, Äsche, Maräne, Felchen und Renke (18).

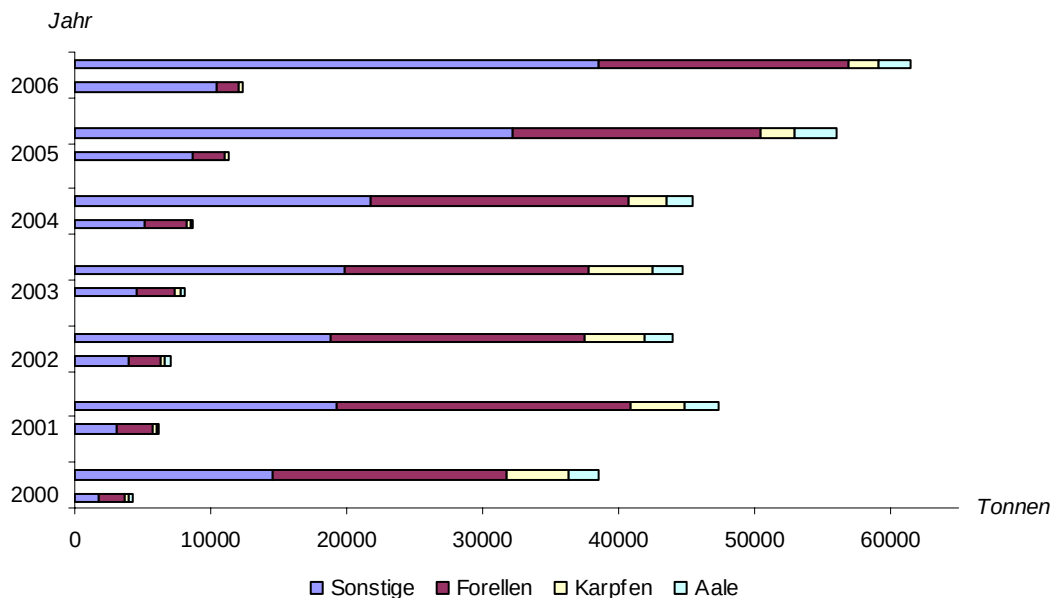


Abb. 12: Im- und Exportmengen (18)

Die Fangmenge an Süßwasserfisch beträgt in etwa ein Fünftel des nationalen Aufkommens und liegt weit unter den Salzwasserfischerträgen, die drei Viertel der Gesamttonnage ausmachen. Die Entwicklung des Gesamtverbrauchs (Summe aus Eigenanlandungen und Importen abzüglich der Exporte) der letzten Jahre belegt aber die hohe Attraktivität von Süßwasserfischen sowie das gewachsene Vertrauen der Verbraucher in Fische aus Binnengewässern (18).

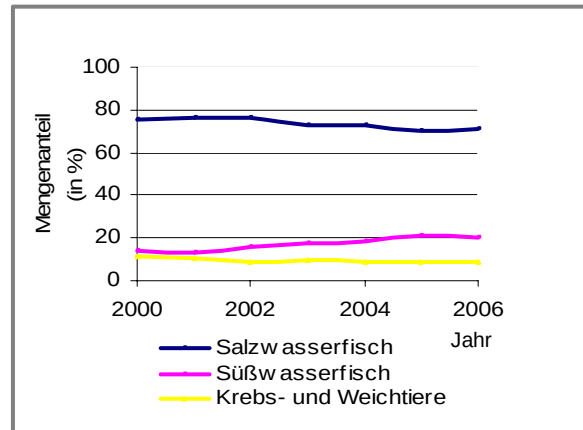


Abb. 13: Fischkonsum 2000 – 2006 (17)

Die jährlichen Schwankungen der Eigenanlandungen der einzelnen Fischarten sind vorwiegend auf äußere Einflüsse wie die Witterungslage, Fisch fressende Tiere und das Auftreten von Krankheiten zurückzuführen. Als Hauptverlustursache bei der Aufzucht von Karpfen in Teichen werden wie auch in der See- und Flußfischerei Kormorane und andere Fisch fressende Tiere benannt. Aus allen Bundesländern mit Karpfenteichwirtschaften wird über anhaltend hohe wirtschaftliche Schäden trotz umfangreicher und kostenintensiver Maßnahmen zur Schadensabwehr berichtet. Auch die sich in den vergangenen Jahren zuspitzende Situation auf dem Markt für Satzkarpfen wird in nicht unerheblichem Maße auf Kormoranschäden zurückgeführt. Klimatische Bedingungen können weiteren Einfluss auf die Vermehrungsrate und das vorzeitige Absterben haben. Durch zu lang andauernde Hitzeperioden und / oder ausbleibende Niederschläge kann es zu einer Wassermangelsituation in den Teichen kommen, die wiederum zu Zuwachseinbußen wegen eingeschränkter Fütterung, zu Notabfischungen und Stückverlusten führt. Im Vergleich dazu sind Krankheiten für Verluste in den Karpfenbeständen weniger ausschlaggebend, wobei der Koi-Herpes-Virus den zur Zeit größten Unsicherheitsfaktor hinsichtlich Ausbreitung, Virulenz und Nachweis darstellt. In der Forellenaufzucht sind bakterielle Infektionen hingegen die Hauptursache für Schäden und Produktionsausfälle (18).

2.2.3 Traditionelle Konservierungs- und Herstellungsverfahren von Fisch und Fischerzeugnissen

Seit jeher wurde der Fangüberschuss für Mangelzeiten in eine haltbare Form gebracht. Hieraus entstand, einhergehend mit dem technischen Fortschritt, die Grundlage für die Ausbildung einer industriellen Verarbeitung (19). Da Fischfleisch aufgrund seiner Zusammensetzung weniger lange haltbar als das Fleisch warmblütiger Tiere ist und unter gleichen Lagerbedingungen deutlich schneller verdirbt, werden besondere Anforderungen an die Konservierungs- und Verarbeitungsindustrie gestellt (20). Die Konservierung eines Lebensmittels verhindert nicht nur den Verderb, sondern erhält auch einen gewünschten Zustand. Ziel ist, das Nahrungsmittel entweder in seinem frischen oder seinem zubereiteten Zustand zu konservieren und dabei die für den Verarbeitungsgrad spezifischen Faktoren wie Geschmack, Geruch, Aussehen, Konsistenz, Nähr- und Ergänzungsstoffgehalt sowie Bekömmlichkeit und Verdauungsnutzen zu erhalten (21).

Um den Rohstoff optimal zu verarbeiten und eine ausreichende Produktsicherheit zu gewährleisten, steht dem Lebensmittelproduzenten ein breites Spektrum an Konservierungsverfahren mit unterschiedlichen Wirkungsweisen zur Auswahl:

Tab. 2: Übersicht der Konservierungsverfahren der Fischverarbeitung und ihre Wirkungsweisen (3)

Verfahren	Wirkendes Prinzip						
	A	B	C	D	E	F	G
Kühlen	X						
Gefrieren	X	X					
Trocknen		X					
Gefriertrocknen		X				X	
Salzen		X					
Marinieren		X	X	X			
Räuchern ¹⁾		X	X				
Chemisches Konservieren			X				X
Ionisierende Bestrahlung			X			X	
Pasteurisieren					X	X	
Sterilisieren					X	X	
Hermetisch						X	

¹⁾ reine Räucherung ohne Wärmebehandlung

A= Verringerung der Reaktionsgeschwindigkeit

B= Wasserentzug, Senkung des a_w -Wertes

C= spezielle mikrobiozide Wirkungen

D= Senkung des pH-Wertes

E= Eiweißkoagulation

F= Luft- und Keimabschluss

G= Abbruch chemischer Reaktionen (Oxidation)

2.2.3.1 Kühlen und Gefrieren

Unter Kühlung versteht man die Lagerung bei Temperaturabsenkung ohne die (merkliche) Bildung von Eiskristallen. Die Kühltemperaturen liegen in der Regel deutlich über dem Gefrierpunkt von Wasser. Da der kryoskopische Punkt von tierischem Gewebe bei etwa -2 °C liegt, muss eine Temperaturabsenkung auf solche Werte noch als Kühlung bezeichnet werden. Ziele des Kühlprozesses in der Fischverarbeitung sind (3):

- die langfristige Konservierung des frisch gefangenen Fisches für Lagerung, Transportwege und Handel
- die kurzfristige Lagerung vor der Weiterverarbeitung
- das Abkühlen des Fisches vor dem Gefrieren

An Bord wird der Fisch in der Regel mit Hilfe von Eis oder gekühltem Seewasser gekühlt (3). An Land sollte die Ware vorzugsweise in Kühlräumen gelagert werden, wobei Temperaturen von unter 0 °C zu vermeiden sind. Die Ware darf nicht nur in der Randschicht gefrieren, da die Fische im Innern der Kiste sonst leicht verderben („ersticken“) und durch das gebildete Eis im Außenbereich beschädigt werden können (22). Die Lagerfähigkeit unter Kühlbedingungen richtet sich nach der Fischart und ist abhängig von der Zusammensetzung des Muskelgewebes. So sind Sprotten unter einwandfreier Lagerung beispielsweise nur drei Tage haltbar, Rotbarsch hingegen kann unter gleichen Bedingungen 20 Tage zwischengelagert werden (3).

Unter Gefrieren wird das Abkühlen auf Temperaturen, die unterhalb des kryoskopischen Punktes liegen, verstanden. Hierbei geht der entsprechende Wasseranteil in Eis über (19). Der Gefrierpunkt liegt bei Fischen in Abhängigkeit von der Konzentration des Zellsaftes bei -0,5 bis -2 °C. Seefische haben einen niedrigeren Gefrierpunkt als Süßwasserfische (21). Um eine Langzeitlagerung von Fischgewebe gewährleisten zu können, muss praktisch alles gefrierbare Wasser möglichst schnell auskristallisieren. Nur so kann die Aktivität von Enzymen und Mikroorganismen beeinträchtigt bzw. ausgeschaltet werden und die Qualität erhalten bleiben (19). Bei -10 °C und 80 % ausgefrorenen Wassergehaltes werden die Fische hart. Ein vollständiges Ausfrieren des Wassers erfolgt aber erst bei -55 bis -60 °C. Da Gefrier- und Lagertemperatur entscheidend für die Qualitätserhaltung der Ware sind, werden in der Regel für sämtliche Fische (Fett- und Magerfische) Temperaturen um -28 °C gewählt (19), (23). Fisch wird gegenwärtig in Tauch-, Luft- oder Kontaktgefrieranlagen eingefroren (3), wobei horizontale und vertikale Kontaktfroster sowie das Luftgefrierverfahren überwiegend verwendet werden (19). Zielstellung der Gefrierlagerung ist ausschließlich die Langzeitkonservierung (3). Um diese gewährleisten zu können, ist ein einwandfreier Luftabschluss ausschlaggebend. Die Ware sollte entweder durch eine luftdichte Verpackung geschützt oder mit einer 1 mm dicken Glasur versehen sein. Ansonsten können Magerfische austrocknen und Fettfische vertranen (22). Um eine Austrocknung zu vermeiden, sollte die relative Luftfeuchtigkeit im Gefrierraum 90 bis 95 % betragen (21). Bei lebensmittelgerechtem Gefrieren, Lagern und Auftauen wird der Charakter des frischen Nahrungsmittels erhalten und auch die verarbeitungstechnischen Eigenschaften werden nur unwesentlich beeinträchtigt. Fisch behält unter günstigen Bedingungen noch nach Monaten seine volle Verwertungseignung für alle Erzeugnisse und ist mit frisch gefangenen Gut durchaus vergleichbar (3).

2.2.3.2 Trocknen

Trocknen ist das älteste Konservierungsverfahren der Fischverarbeitung (19). Auch heutzutage werden noch mindestens 3 % des Weltfangs an Fisch unter sehr einfachen Bedingungen getrocknet (3). Zum Trocknen eignen sich besonders fettarme Fische, wie Kabeljau, Schellfisch, Köhler und Leng, da hier weniger die Gefahr eines vorzeitigen Verderbs durch Oxidation besteht (19). Wird einem Lebensmittel durch Trocknung Wasser entzogen, so sinkt die Wasseraktivität mit fortschreitendem Prozess. Hierdurch werden Wachstum und Aktivität von Mikroorganismen gehemmt sowie enzymatische und chemische Vorgänge beeinflusst. Eine Verringerung des a_w -Wertes bewirkt daher eine Stabilisierung des Lebensmittels und eine Verlängerung der Haltbarkeit (3). Sofern der Fisch noch frisch, die Verschmutzung nur oberflächlich und die Muskulatur steril ist, kann unter entsprechenden Bedingungen (keimarme, bewegte Luft, niedrige Temperaturen) das für die Bakterien notwendige Feuchtigkeitsminimum unterschritten werden, bevor deren zersetzende Tätigkeit wirksam wird. Im Laufe des Wasserentzuges verdickt sich das Protoplasma der Mikroorganismen, die Zellmembran schrumpft und ein Teil der Keime stirbt ab, während die übrigen in ihrer Entwicklung gehemmt werden (21).

Bei Fischerzeugnissen können die Trocknungsverfahren in drei Varianten untergliedert werden:

- Natürliche (unter freiem Himmel, natürliche Bedingungen) und künstliche (geschaffene Bedingungen in Trockenkammern) Trocknung von frischem oder gesalzenem Fisch unter Normaldruck bei niedrigen Temperaturen (bis 30 °C) unter Beibehaltung des Roh- bzw. Salzfishcharakters
- Trocknung unter Normaldruck bei hohen Temperaturen, so dass das Produkt Kochfishcharakter annimmt
- Trocknung von rohem oder gegartem Material, welches anschließend gefroren wird, unter hohem Vakuum, wobei das Wasser durch Sublimation entfernt wird

Das gängigste Verfahren ist die Trocknung unter Normaldruck bei Temperaturen bis kaum über 30 °C und sehr langen Trocknungszeiten. Höhere Temperaturen beschleunigen zwar die Trocknung, erhöhen aber auch die Geschwindigkeit unerwünschter enzymatischer Vorgänge und chemischer Reaktionen, worunter die Erzeugnisqualität erheblich leidet. Trockenfischerzeugnisse können in folgenden Gruppen zusammengefasst werden:

- Ungesalzen, 2 - 3 Monate kalt getrocknet (Stockfisch, in der Regel 12 bis 15 %, max. 18 % Wasser), verzehrtauglich durch 12 – 14tägiges Rückwässern und Quellen, zuerst in Wasser dann im Laugenbad
- 3 – 4 Wochen gesalzen, im Anschluss mehrere Wochen kalt getrocknet (Klippfisch, 35 % Wasser, 18 bis 20 % Salz), genußtauglich durch Wässern und Quellen
- Künstliche Warmlufttrocknung (16 – 27 °C, 50 % relative Luftfeuchtigkeit, Luftgeschwindigkeit 1m / s)
- Heiß getrocknet
- Gefriergetrocknet (für Suppeneinlagen, Trockengerichte), Reaktivierung durch Wässern

(3), (19), (23), (21)

2.2.3.3 Enzymatische Verfahren

Salzen

Etwa 10 % der Fischerzeugnisse für die menschliche Ernährung sind gesalzene Fischprodukte: das Salzen wird zur Haltbarmachung von Magerfischen (Kabeljau, Seehecht und Schellfisch) sowie von Fettfischen (Hering, Sardine) genutzt (3) und dient als Vorstufe der weiteren Verarbeitung zu Marinaden, Anchosen oder Räucherwaren (19). Die Wirkungsweise beruht auf einem osmotischen Stoffaustausch, bei dem Wasser entzogen und das Salz in der verbleibenden Gewebsflüssigkeit angereichert wird (22). Der Diffusionsvorgang ist abgeschlossen, sobald ein Salzgleichgewicht zwischen dem Gewebswasser des Fisches und der sich bildenden Pökellake entsteht (19). Der konservierende Effekt beruht auf der Salzanreicherung im Gewebe. Hierdurch wird den in der Gewebsflüssigkeit lebenden Mikroorganismen das zum Leben notwendige Wasser entzogen (22). Je höher also der Salzanteil ist, umso haltbarer wird das Produkt. Die Ausbildung von Aroma und Textur erfolgt durch einen Gar- und Reifeprozess: das Salzen bewirkt eine Aktivierung der proteolytischen Eigen- und Bakterienenzyme des Fischmaterials, die im Laufe einer Fleischreifung zur Ausbildung von Geruchs- und Geschmackskomponenten führen (19). Der Erzeugnischarakter wird letztendlich durch

die Veränderungen der Proteine – Abbau, Denaturierung und Koagulation – bestimmt (3). Der Salzungs Vorgang ist in der Regel nach drei Wochen beendet, wobei die Bildung des Geschmacks und die Denaturierung der Proteine noch langsam weiterlaufen. Der Salzgehalt im Fisch bleibt dabei stets unter dem der ursprünglichen Lake (21). Die Salzkonzentration der Lake beträgt entweder 9...11 % (schwache Salzung), 14...16 % (mittlere Salzung) oder ist gesättigt (harte Salzung) (23). Die Haltbarkeit gesalzener Fische ist bei fachgerechter Verarbeitung und Lagerung sehr gut. Salzardellen sind bei sachgemäßer Pflege über Jahre hinweg haltbar (21). Salzfisherzeugnisse können in der Weiterverarbeitung mit Öl, Aufgüssen, Tunken, weiteren Zugaben oder pflanzlichen Beigaben veredelt werden. Süß- und Kräutersalzung sind Spezialfälle, wohingegen Seelachs-Erzeugnisse, Ölpräserven u. ä. veredelte Salzfisherzeugnisse darstellen (3).

Marinieren

Der Begriff Marinade umfasst sowohl die wässrige, sauer-würzige Zubereitung zum Vor- und Zubereiten von Fischprodukten als auch das Fischerzeugnis selbst. Unterschieden wird zwischen Kalt- und Feinmarinaden: Kaltmarinaden sind Fischerzeugnisse, die in einer Mischung aus Kochsalz und Essigsäure („Garbad“) gar und genußfähig gemacht werden. Diese Produkte werden in sauren Aufgüssen, Mayonnaisen und anderen Zubereitungen angeboten. Feinmarinaden sind Kaltmarinaden, die in Verbindung mit ausgewählten Rohstoffen und wertvollen Zutaten hergestellt werden. Sie werden als Feinkosterzeugnisse bezeichnet. Der Hering ist auf nationalem Gebiet der wichtigste Rohstoff in der Marinadenherstellung. Kalt- und Feinmarinaden sind begrenzt haltbare Produkte (3), (19), (24).

Beim Marinieren besteht insofern Analogie zum Salzen, als dass die bestimmenden Stoffwandlungen im Material durch die gleichen Faktoren - Proteinabbau, -denaturierung- und -koagulation - ausgelöst werden. Der wesentliche Unterschied zwischen Salzen und Marinieren ist die durch den Essigeinsatz bedingte pH-Absenkung auf Werte von 4,5 – 4,0. Hierdurch entstehen deutlich veränderte Ausgangsbedingungen im Hinblick auf die Aktivität der proteolytischen Enzyme, die Beeinflussung der Mikroorganismen und die Veränderungen der Eiweiße (3). Der Verlauf des Garprozesses ist für den Charakter und die Haltbarkeit der Marinade entscheidend. Nach Beendigung der Garung sollte das „Endgarbad“ einen Essigsäuregehalt von 2,5 % und einen Salzgehalt von 6,5 % haben, um einen vorzeitigen mikrobiellen Verderb zu verhindern (19). Das Salz verteilt sich beim Marinieren in der Gesamtflüssigkeit (Fischgewebswasser und Garbad), der Essig hingegen wird neben der Diffusion zu 10 bis 20 % seiner Gesamtmenge chemisch im Fisch gebunden (22), (21). Diese Vorgänge laufen so lange ab bis ein Konzentrationsausgleich zwischen Fischgewebswasser und Garbad besteht. Der Stoffaustausch dauert in der Regel zwei Tage, wobei die eigentliche Reifung in Abhängigkeit von der Temperatur bei optimalen 12 – 15 °C über 2 – 4 Wochen fortschreitet. Im Anschluss daran werden die „gargemachten“ Fische dem Bad entnommen und zur fertigen Marinade weiterverarbeitet (19).

2.2.3.4 Thermische Verfahren

Neben den enzymatischen Garverfahren werden thermische Garverfahren noch häufiger angewendet. In Deutschland werden 70 bis 80 % der industriell gefertigten Fischprodukte einer Wärmebehandlung unterzogen. Zu den thermisch gegarten Fischerzeugnissen gehören Konserven, pasteurisierte

Produkte, alle Heißräucherwaren sowie Brat- und Kochfischerzeugnisse. Für das Garen von Fleisch und Fisch können etwa 13 Verfahren aufgeführt werden, die in zwei Hauptgruppen (1) „feucht“ (2) „trocken“ unterteilbar sind. Hierbei ist zu bemerken, dass zwar alle Garverfahren für die Herstellung von Fischerzeugnissen anwendbar sind, jedoch nicht gänzlich für die Verarbeitung von Fischen eingesetzt werden (3):

1. Garziehen, Kochen, Dünsten, Dämpfen mit freier Konvektion, Dämpfen mit erzwungener Konvektion, Dämpfen im Überdruckbereich, Garen im elektrischen Hochfrequenzfeld
2. Braten, Frittieren, Backen in Luft mit freier Konvektion, Backen in Luft mit erzwungener Konvektion, Grillen, Rösten

Hauptziele der thermischen Behandlung sind die Genießbarmachung (Gare), die Genusswertsteigerung (Aroma- und Texturbildung, Farbgebung), die Konservierung (vorwiegend Pasteurisation und Sterilisation) und die Ausbildung technologisch gewünschter Eigenschaften des Produktes. Sämtliche Garverfahren bewirken in unterschiedlichem Maß eine Enzyminaktivierung und die Abtötung vegetativer Mikroorganismen. Der in jedem Fall erzeugte konservierende Effekt ist unterschiedlich ausgeprägt und abgesehen von Pasteurisation und Sterilisation nicht für die Erzeugung längerer Haltbarkeiten geeignet. In der Fischverarbeitung wird überwiegend mit Fischmuskelgewebe gearbeitet, dessen Proteine in drei Gruppen unterteilt werden können:

- 20 bis 30 % wasserlösliche Sarkoplasmaproteine
- 65 bis 75 % salzlösliche Myofibrillärproteine
- 1 % unlösliche Bindegewebsproteine, davon vorwiegend Kollagen

Die Veränderungen der Muskelproteine sind für das Verhalten des Rohstoffes im Verarbeitungsprozess verantwortlich. Unter Wärmeeinwirkung verlieren Sarkoplasma- und Myofibrillärproteine ihre Löslichkeit- sie aggregieren, koagulieren und bewirken neben einer Minderung der Wasserbindung, eine Zunahme von Dichte und Festigkeit. Kollagen hingegen beginnt unter dem Einfluss höherer Temperaturen zu gelatinisieren und wird bei längerer Hitzeeinwirkung (z. B. Sterilisation) zu nicht geliebaren Gelatosen und Leimstoffen abgebaut. Dadurch ist der Zusammenhalt des Materials nicht mehr gewährleistet und das Gewebe zerfällt. Wärmedenaturierung und –koagulation führen zu veränderten Rohstoffeigenschaften und können nicht verhindert werden. Die Auswirkungen dieser Veränderungen können aber durch Zusätze wie Kochsalz, Polyphosphate oder Kohlenhydrate vermindert werden (3).

Tab. 3: Veränderungen von Eigenschaften des Muskelgewebes durch Proteindenaturierung bei Erwärmung (3)

Veränderungen von Eigenschaften des Muskelgewebes durch Proteindenaturierung bei Erwärmung

- Koagulation, Kontraktion, Schrumpfung und Erhöhung der Dichte
 - Veränderung der Textur und Ausbildung neuer Strukturen
 - Verminderung der Transparenz, Veränderung des Aussehens
 - Verminderung der Proteinlöslichkeit
 - Verminderung der Wasserbindung
 - Veränderung der Emulgator- oder Stabilisatoreigenschaften
 - Inaktivierung enzymatischer Eigenschaften
 - Veränderung der enzymatischen Angreifbarkeit (Verdaulichkeit)
-

Bei Fischmuskelgewebe tritt die Gare bei etwa 60 °C ein. Im Verlauf der thermischen Behandlung kommt es durch die Proteindenaturierung zu einer zunehmenden Gewebsverfestigung. Im Temperaturbereich der Gare beträgt die Härtung bereits 60 bis 75 % der Festigkeit, die bei 100 °C erreicht wird. Die sensorische Bewertung der Textur verschiedener Fischarten bei einer Erwärmung auf 60 bis 65 °C ergibt die beste Beurteilung (3).

2.2.3.5 Räuchern

Räuchern ist ein sehr altes Zubereitungs- und Konservierungsverfahren, das das Trocknen über dem Feuer mit dem Einlegen in Salz verbindet. Das zeitgemäße Räuchern dient jedoch weniger der Konservierung als der Aromatisierung und Farbgebung (3). Räucherware hat durch seine glänzende und zum Teil goldgelbe Farbe ein ansprechendes Aussehen sowie einen angenehmen Geruch und Geschmack (23). Neben Vollkonserven, Marinaden, Anchosen, Ölpräserven und Salzheringen haben Räucherwaren an der weltweiten Fischverarbeitung einen Anteil von etwa 2 %. In Abhängigkeit vom Wirktemperaturregime wird in Kalt-, Warm- und Heißräuchern unterschieden (19), (3):

- Beim Kalt- und Warmräuchern werden überwiegend fette Salzfische als Rohstoff eingesetzt. Durch die niedrig gehaltene Anlagentemperatur (unter 25 °C), finden bei der Kalträucherung keine thermisch bedingten Proteindenaturierungen statt (3).
- Beim Warmräuchern hingegen treten bei Temperaturen zwischen 35 und 50 °C erste Proteinveränderungen auf, ohne dass ein Garprozess stattfindet. Daher herrschen noch ähnliche Bedingungen wie bei der Kalträucherung (3).
- Ziel der Heißräucherung ist es, den Rohstoff neben der Rauchbeaufschlagung durch eine thermische Behandlung genußfähig zu machen. Die Wirktemperatur liegt in einem Bereich von 70 bis 150 °C. Diese thermische Garung entspricht einer Luftkochung, wobei der Kern des Erzeugnisses Kochfischcharakter annimmt. Beim Heißräuchern können sämtliche Fischarten erfolgreich geräuchert werden (3).

Jeder Räucherung geht eine Salzung des Rohfisches voraus. Stärke und Dauer der Salzung sind von dem angestrebten Zustand des Endproduktes und von der Rohware abhängig. Allein aus sensorischer Sicht kann auf eine gewisse Salzung nicht verzichtet werden, da der Fisch aufgrund seines geringen Eigensalzgehaltes auch geräuchert fade schmecken würde. Durch die Salzung kommt es zu einem Wasserentzug und zur Teildenaturierung der Proteine, wodurch das Fischfleisch fester wird. Das veränderte Quellvermögen der Proteine hat eine ausschlaggebende Bedeutung für die Bildung der glänzenden Oberflächenhaut im Laufe der weiteren Verarbeitung (21).

Die Raucherzeugung wird in modernen Anlagen in Raucherzeugern durchgeführt und als Rauch-/Luftgemisch zum Räuchergut geführt. Durch die technische Gestaltung der Rauchführung wird letztendlich bestimmt, inwieweit die Konzentration und Zusammensetzung des Entstehungsrauches bei der Rauchaufnahme zur Geltung kommen. Die Rauchbeaufschlagung umfasst zum einen die Kondensation, Adsorption und Adhäsion der Rauchbestandteile an der Oberfläche des zu behandelnden Gutes und zum anderen die Reaktion der einzelnen Rauchkomponenten mit Luftsauerstoff und den Inhaltstoffen der zu räuchernden Ware. Rauchbehandlung, Trocknung und thermische Behandlung finden in der Räucherammer statt, welche mit dem Raucherzeuger die

Räucheranlage bildet. Bei der Raucherzeugung wird Holz unter kontrollierter, reichlicher Luftzufuhr bei Temperaturen bis über 1000 °C verschwelt. Zur Erzielung einer optimalen Rauchqualität sind Steuerfaktoren wie Luftzufuhr, Holzqualität und Holzfeuchte sowie Verschwelungstemperatur ausschlaggebend. Anzustreben sind Temperaturen um 400 °C für Reibraucherzeuger und 600 bis 700 °C für alle anderen Raucherzeuger. Die Ausbildung des typischen Aromas ist auf Rauchbestandteile zurückzuführen, die phenolischen Verbindungen sowie höheren Carbonylen und Säuren entspringen. Die Vielzahl der Komponenten, besonders die Verbindungsgruppe der Phenole, erbringt letztendlich die angestrebte Aromafülle. Die optimale Phenolbildung findet bei etwa 650 °C statt, bei höheren Temperaturen steigt sowohl die Bildung von Kanzerogenen als auch die Anzahl unerwünschter niedermolekularer Säuren und Aldehyde an. Die bestimmenden Teilprozesse Trocknen, Garen, Rauchaufnahme und Kühlen laufen in der Räucheranlage ab (3).

2.2.3.6 Chemische Konservierung

Durch die hohen Erwartungen des Verbrauchers an die Lebensmittelqualität und –stabilität, bedient sich die Lebensmittelindustrie einer Bandbreite chemischer Verbindungen, die die Qualitätseigenschaften frisch hergestellter Erzeugnisse über einen längeren Zeitraum erhalten. Hierzu zählen u. a. grenzflächenaktive Stoffe, Feuchthaltemittel, Überzugsmittel, Keimhemmungsmittel, Antioxidantien sowie antimikrobiell wirkende Konservierungsstoffe (chemische Konservierungsstoffe im eigentlichen Sinn). Stoffe, die den Genusswert des Lebensmittels beeinflussen und zugleich konservierende Wirkung besitzen wie Salz, Zucker, Säure und Holzrauch, zählen nicht zu den Konservierungsstoffen. Von insgesamt sieben zugelassenen Gruppen an Verbindungen, sind nur vier für Fischerzeugnisse erlaubt (3):

Tab. 4: Konservierungsstoffe für Fischerzeugnisse nach Zusatzstoff-Zulassungsverordnung (22.12.1981), §3, Anlage 3, Liste B, (3)

Fischerzeugnis	Zugelassene Konservierungsstoffe und Menge (g je kg)			
	Sorbin-säure	Benzoe-säure	PHB-Ester	Ameisen-säure
Marinaden aus Fischen und Muscheln	2,0	2,5	1,0	0,5
Brat- und Kochfischwaren	2,0	2,5	1,0	0,5
Fischpasten, unter 10 % Salz	2,0	4,0	1,2	0,5
Salzheringe, Salzfisch in Öl	2,0	2,5	1,2	0,5
Seelachserzeugnisse in Öl	2,0	4,0	1,2	0,5
Rogenerzeugnisse, nicht geräuchert	2,0	4,0	0,8	1,0
Anchosen	2,5	4,0	2,0	1,0
Krebszubereitungen nicht sterilisiert, keine Pulver	2,0	4,0	1,5	0,8
Garnelen- und Krabbenzubereitungen, nicht sterilisiert	1,5	4,0	2,0	0,5
Mayonnaise	2,5	2,5	1,2	-

Konservierungsstoffe wirken durch Zellschädigung und Beeinflussung der Enzymaktivität von Mikroorganismen. Dabei ist die Wirksamkeit von unterschiedlichen Faktoren abhängig:

- Art des Mikroorganismus, Wirkungsspektrum des Stoffes
- Grenzhemmkonzentration des Stoffes
- pH-Wert des Systems
- Löslichkeit des Konservierungsstoffes im System

In der Fischverarbeitung erfolgt die Konservierung über Bäder (Garbad bei Marinaden oder Farbbad bei Seelachserzeugnissen), Aufgüsse oder Tunken. Die Konservierungsstoffe wirken nur in gelöster Form und müssen dementsprechend in das Produkt eingebracht werden (3).

2.2.4 Convenience-Erzeugnisse aus Fisch

Neben der steten Zunahme der Weltfischfangerträge nimmt der Anteil an höheren Verarbeitungs- und Konservierungsformen zu. In den europäischen Ländern wird Fisch bis auf wenige Ausnahmen gegart genossen. Die Fischerzeugnisse können daher nach ihrem Charakter und Garungsgrad in Klassen eingeteilt werden:

- Rohfischerzeugnisse umfassen Fische und Fischteile, die nicht gegart, sondern durch Kühlen und Gefrieren über eine definierte Zeit haltbar gemacht werden und für die weitere Verarbeitung oder küchenmäßige Zubereitung angeboten werden (25).
- Thermisch gegarte Fischerzeugnisse sind Fische, Fischteile oder -zubereitungen, die einer Wärmebehandlung unterzogen wurden. Hierzu zählen alle Produkte die bei Temperaturen über 60 – 65 °C zubereitet und durch Kochen, Dämpfen, Dünsten, Heißräuchern, Braten, Frittieren oder Grillen genußfähig gemacht werden. Thermisch gegarte Produkte können auch mit Aufgüssen, Tunken, Cremes, Saucen und Aspik verfeinert und auf verschiedenste Weise konserviert angeboten werden (25).
- Enzymatisch gegarte Fischerzeugnisse sind Fische oder Fischteile, die ausschließlich durch die Wirkung der fischeigenen proteolytischen Enzyme genußfähig gemacht werden. Neben allen Marinaden-, Salzfish- und Anchosenerzeugnissen gehören auch die fermentierten Produkte Ostasiens und gesalzener Fischrogen in diese Kategorie (25).
- Salatartige Fischerzeugnisse bestehen aus enzymatisch und / oder thermisch gegarten Fischteilen- oder bräten, die gewürzt werden und unter Zugabe pflanzlicher Beigaben entweder mit Öl oder flüssigen bzw. pastösen Zubereitungen gemischt werden (25).
- Fischdauerkonserven weisen durch die Sterilisation bei 115 – 121 °C stets den Charakter thermisch gegarter Erzeugnisse auf. Sie werden aus thermisch vorbehandelten oder rohen Zwischenprodukten hergestellt und mit Beigaben wie Obst, Gemüse, Öl, flüssigen oder pastösen Zubereitungen ergänzt. Das Gleiche gilt für Produkte, die durch Pasteurisation bei Temperaturen unter 100 °C nur begrenzt haltbar gemacht werden (25).
- Fischhalbkonserven sind Produkte, die nicht durch Erhitzen keimfrei sondern durch chemische und / oder physikalische Methoden für einen begrenzten Zeitraum haltbar gemacht worden sind (19).

- Krebsfleischimitate, „Surimi“, werden aus echtem Fischeiweiß (Myofibrillärproteine) hergestellt, das thermisch behandelt wird und verbunden mit einer Neustrukturierung der Eiweißmasse, einer Aromatisierung und Färbung, echtem Krebsfleisch sehr nahe kommt (25).

Laut einer Statistik des Fischinformationszentrums über die „beliebtesten Fischproduktkategorien in Deutschland“ konnte in den letzten Jahren eine deutliche Zunahme an Tiefkühlprodukten aus Fisch verzeichnet werden. Der bislang dominierende Anteil an Fischkonserven hingegen nimmt im Verhältnis dazu eine zweitrangige Stellung ein (17):

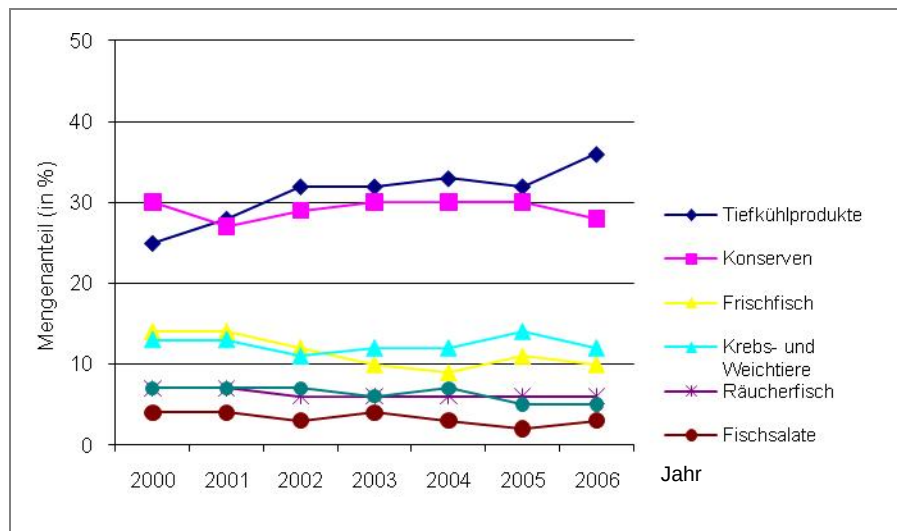


Abb. 14: Beliebteste Fischprodukte auf nationalem Gebiet (17)

Bei einer Lebensmittelprüfung für Tiefkühlkost, Fertiggerichte, Feinkosterzeugnisse und SB-verpacktes Frischfleisch der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft e.V. (DLG) im Jahr 2004 wurden diese Produktgruppen aufgrund ihrer heterogenen Probenstruktur aus dem Bereich der Fleischerzeugnisse ausgegliedert und unter dem Begriff Convenience-Produkte zusammengefasst (26). An diesem Beispiel wird ersichtlich, dass die Zuordnung von Produkten in den Convenience-Bereich von der Betrachtungsweise abhängt und nicht klar definiert ist. Die im Großhandel übliche Zuordnung von Erzeugnissen in den Convenience-Bereich schließt ausschließlich Produkte ein, die in der Endzubereitung gegart werden. Entgegen dieser Kategorisierung werden in dieser Arbeit sämtliche innovative Produkte mit Vorfertigungsgrad zu den Convenience-Erzeugnissen gezählt und aufgeführt.

2.2.4.1 Tiefkühlprodukte

Der enorme Zuspruch tiefgekühlter Fische und Fischprodukte begründet sich wie folgt:

- Fisch als sensibles und leicht verderbliches Lebensmittel kann in gefrorenem Zustand über längere Zeiträume konserviert werden. Unter optimalen Tiefkühlbedingungen bleibt die Qualität gefrorener Fische fast gänzlich erhalten: die Eiweißdenaturierung wird bei tiefen Temperaturen unterbunden und die Fettoxidation stark verlangsamt, so dass ein gefrorener Fisch auch nach Monaten der Lagerung noch fangfrisch verzehrt werden kann (22).

- Da sich gefrorene Fische besonders für die Lagerhaltung eignen und die Rohware hierdurch fortwährend der Be- und Verarbeitung zur Verfügung steht, ist die Fisch verarbeitende Industrie praktisch unabhängig vom saisonalen Betrieb der Fischerei (22).
- Durch die Lagerhaltung wird eine vorausschauende Planung des Verarbeitungsbetriebes in Bezug auf den Einsatz von Arbeitskräften und Maschinen sowie auf die bedarfsgerechte Auslieferung der Ware an den Kunden möglich (22).
- Unter Tiefkühlbedingungen (mindestens -18 °C) werden die bei direkt eingefrorenem Fisch noch vollständig enthaltenen Vitamine und Nährstoffe nicht angegriffen. Daher zählen auch gefrorene Fische zu den natürlichen und gesunden Lebensmitteln (22).
- Für den Verbraucher, der letztendlich für die Nachfrage verantwortlich ist, sind vor allem der Frischecharakter (Qualitätsnachweis), die Haltbarkeit zur Bevorratung, einfache und schnelle Zubereitungsalternativen sowie eine hygienische Verpackung für den Kauf entscheidend (22).

Neben den tiefgefrorenen Fischen und Fischteilen sind die meisten Fischerzeugnisse als Tiefkühlware erhältlich. Die Verarbeitungsindustrie bietet dem Verbraucher ein breites Spektrum an überwiegend tiefgekühlten Convenience-Erzeugnissen unterschiedlichen Grades an, das von portionierter Stückware über panierte Filets bis hin zu kompletten Fertiggerichten reicht. Die nachfolgende Tabelle enthält die wichtigsten Erzeugniskategorien mit den neuesten Produkten, die von bekannten Verarbeitungsindustrien angeboten werden:

Tab. 5: Convenience-Produkte im Bereich Tiefkühlfisch

Convenience im Tiefkühl-Bereich	Panierte Filets, Filetstücke, Spiesse	Panierte, gefüllte oder vorzerkleinerte Produkte	Filets mariniert und überbacken	Rouladen, Röllchen, Spiesse, Schnecken Sticks, unpaniert	Fertiggerichte, Suppen, Sonstiges
Artikel-bezeichnung	1. Knusperfilets 2. Alaska Seelachs in Eihülle 3. Fischnuggets 4. Kibbelinge 5. Fischspiesse	1. Fischlis 2. Fischburger 3. Kutterfrikadelle 4. Gefüllte Knusperfilets 5. Fischroulade Brokkoli 6. Lachsroulade Fjord	1. Schlemmerfilets 2. Filegro 3. Naturfilets 4. Grillfilets	1. Rouladen 2. Spiesse 3. Schnecken 4. Sticks 5. Röllchen	1. Fischsoljanka 2. Lachslasagne 3. Lachs in Blätterteig 4. Fischpfannen 5. Lachsfilet in Weißwein-Dill-Sauce mit grünen Bandnudeln / Reis
Fischart(en)	1. Alaska Seelachs, Seelachs, Pangasius, Lachs, Hoki, Rotbarsch, Kabeljau, Wittling, Forelle, Seehecht, Flunder, Kliesche, Scholle 2. Alaska Seelachs 3. s.o. 4. s.o. 5. Seelachs, Alaska Seelachs	1. Alaska Seelachs 2. Seehecht, Alaska Seelachs 3. Schellfisch, Seelachs 4. Scholle, Alaska Seelachs, Seelachs 5. Alaska Seelachs 6. Lachs	1. Alaska Seelachs, Seehecht 2. Alaska Seelachs 3. Seelachs, Tilapia, Seeteufel, Viktoria-Barsch, Pazifische Scholle, Steinbeisser 4. AlaskaSeelachs	1. A. Seelachs 2. A. Seelachs, Kabeljau, Wildlachs, Pangasius, Tilapia, Lachs (Filets gerollt und Filetstücke) 3. Wildlachs 4. Pangasius 5. Pangasius, Scholle	1. Alaska Seelachs 2. Lachs 3. Lachs / Wildlachs 4. Alaska Seelachs, Wildlachs 5. Lachs
Zutaten, Füllungen, Panaden	1. Würz-, Sesam-, Cornflakes-, Mais-, Kartoffel- und Backteigpanade 2. Eihülle 3. Würzpanade 4. Würzpanade 5. Würzpanade, Speck, Zwiebeln	1. nur Würzpanade 2. nur Würzpanade, Gewürzzugabe 3. Kartoffelstücke, Kräuter 4. Spinat-Käse-Füllung, Räucherlachs-Käse-, Kräuter-, Tomate-Zwiebel-, Sahne-Käse-, Gemüse-Käse- und u.a. Brokkoli-Sahne-Füllung 5. Käse, Brokkoli, Schinken 6. Merrettichcremefüllung	1. Käse-Kräuter-, Tomate-Mozzarella-, Brokkoli-, Kräuter-Quark-, Käse-Spinat-, Gemüse-Käse-Auflage u.a. 2. Senf-Dill-/ Kräutersauce 3. verschiedene Marinaden und Gemüseaufgaben 4. verschiedene Gewürzöle	1. Spargel-Gemüse-, Gemüse-Crème-fraîche-, Spinat-Tomate-, Spinat-Feta-, Gemüse-Käse-Füllung u. a. 2. naturbelassen, Paprikascheiben 3. naturbelassen 4. mariniert (Limette-Olive-Minze, Chili-Honig-Zitrone) 5. Gefüllt mit Lachsfarce, Lachsstücken und Garnelen	1. Gemüse 2. Nudeln, Gemüse, Shrimps u. a. 3. Blattspinat, Käse, Lasagne 4. Spinat, Crème-fraîche Blätterteig 5. Bandnudeln / Reis
Hersteller	Pickenpack, Findus, Iglo, Frosta, PGV-Partner, Wikinger, Costa, Ocean Dreams, Apetito, Schwarzbach Feinkost, Jütro, Femeg, Paulus, Frost & Frisch, Frostkrone u. a.				

2.2.4.2 Konserven

Bis zum Jahr 2000 wurde mehr Konserven- als Tiefkühlware hergestellt. Da das Tiefgefrieren in den letzten Jahrzehnten aber sukzessiv an Bedeutung gewonnen hat, ist der Anteil an Konservenerzeugnissen stagnierend bzw. rückläufig (17). Der meist verarbeitete Konservenfisch ist Hering, gefolgt von Thunfisch, Sardine und Makrele. Auch im Bereich der Konservenherstellung werden neben den traditionellen Erzeugnissen neue Produkte kreiert, die die rückläufige Entwicklung aufhalten sollen.

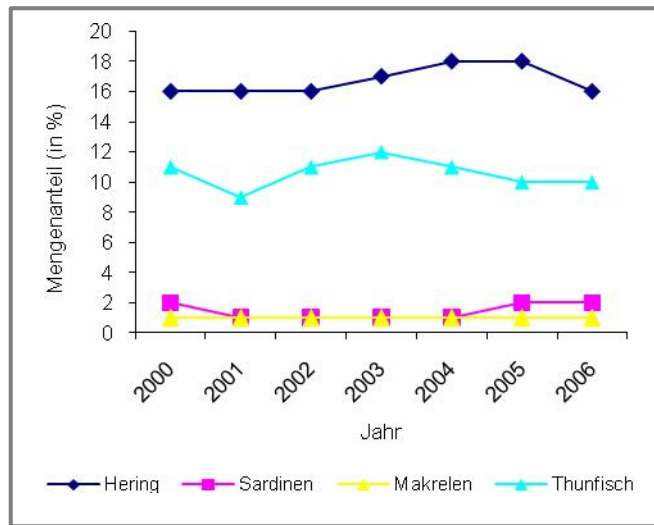


Abb. 15: Konservenfische national, (17)

Die klassischen Konservenfabrikate werden dem Trend folgend zu „Wellness-“ und „Exotic“-Produkten. Durch neue Geschmackskreationen und Produktdeklarationen soll der Verbraucher angesprochen und zum Kauf angeregt werden: die Firma Appel (seit 1879) bietet traditionelle Heringskonserven an, die mit neuen Saucen wie *Mango-Curry* oder *Mango-Chili* einen Beitrag zur „Harmonie“ und „Energie“ des Körpers leisten sollen und somit der Sparte „Wellness“ zugeordnet werden. Der Fisch wird auf der Konserve als gesundes, reich an Omega-3-Fettsäuren und appetitanregendes Lebensmittel dargestellt. Damit wird dem Verbraucher ein neues, gesundheitsförderndes Nahrungsmittel angeboten, dass der Konsumententwicklung optimal angepasst ist.

2.2.4.3 Gekühlte Erzeugnisse

Unter dem Oberbegriff „gekühlte Erzeugnisse“ werden sämtliche Standardprodukte wie Räucherfischwaren, Fischsalate und Fischfeinkosterzeugnisse (z. B. Rollmops, Heringshappen, Sahne-Heringsfilets, Lachsersatz, Brotaufstriche, etc.) zusammengefasst. Ein eindeutiger Trend ist gegenwärtig bei der Herstellung von Räucherwaren zu verzeichnen. Im Angebot stehen Sortimentspackungen, die aus verschiedenen Fischarten zusammengesetzt sind und in mundgerechten Portionen mit unterschiedlichen Würzungen dargereicht werden: Fischräuchereien (Deutsche See, Nottdorf, Wermsdorf) bieten „Fingerfood“ mit Pfeffer-, Sesam- und Kräuterauflage an. Außerdem stehen dem Konsumenten „Hering-Kürbis-Roller“, „Lachs-Ananas-Roller“ oder „Lachs-Taler“ zur Auswahl.

Produkte die offiziell als „gekühlte Fisch-Convenience-Erzeugnisse“ bezeichnet werden, sind in der Regel neuartige Produkte, die sich von den traditionellen hinsichtlich Zutaten, Portionierbarkeit und Vorfertigungsgrad unterscheiden. Das Unternehmen Deutsche See hat in den letzten Jahren eine Vielzahl an neuen Fischkreationen aus dem Bereich „gekühlte Fisch-Convenience“ auf den Markt gebracht. Einige Produktkreationen aus den letzten Jahren werden nachfolgend aufgeführt:

Tab. 6: gekühlte Fisch-Convenience der Deutschen See (Broschüren 2008 / 2009)

Produktbezeichnung	Zusammensetzung
Lachs im Blätterteig	handgewickelte Blätterteigrolle gefüllt mit Lachsfilet, Kartoffelpüree und Gemüse
Lachsfilet „Panko“	mit Zimt, Muskatblüte, schwarzem Pfeffer und Kreuzkümmel mariniertes Lachsfilet in Weißbrotpanade
Kaiserbrasse „Kürbis-Masala“	Kaiserbrassenfilet mit Tandoori gewürzt und einer Auflage aus Kürbis und Tomate, verfeinert mit Ingwer, Graham Masala und schwarzem Sesam
Pangasius „Kichererbsen-Dal“	in rotem Curry mariniertem Pangasiusfilet mit Kichererbsenpüree, verfeinert mit Curryblättern, Granatapfel- und Cashewkernen)
Hoki-Filet „Chutney-Naan“	mariniertes Hoki-Filet auf indischem Naan-Brot mit Auberginen-Chutney, aromatisiert mit Asant und Bockshornkleesamen, verfeinert mit Joghurt und Mandelstiften

Die gekühlten Fischportionen sind in Schalen unter Schutzatmosphäre versiegelt. An der Produktentwicklung der Deutschen See wird ersichtlich, wie viel Entwicklungspotential für die Kreation neuartiger Erzeugnisse noch in der fischverarbeitenden Industrie steckt.

2.2.5 Bedeutung des Convenience-Marktes im Bereich Fisch

2.2.5.1 Ernährungstrends

Um den hektischen Berufsalltag und die überwiegend mentale Belastung leichter bewältigen zu können, möchte sich der Verbraucher heute bewusster ernähren. Hierzu gehört eine ausgewogene und leichte Küche, die von trendabhängigen Einflüssen geprägt wird. Der Rohstoff Fisch ist unter diesen Gesichtspunkten betrachtet, ein optimales Lebensmittel für eine ausgewogene Ernährung. Trotz seiner bereits bekannten ernährungsphysiologischen Vorzüge, wird Fisch im Verhältnis zu Fleisch und Geflügel noch zu wenig konsumiert. Um die Absätze zu steigern, muss sich die Produktentwicklung im Bereich Fisch an den Entwicklungstendenzen des Marktes orientieren. Auf der Basis aktueller Ernährungstrends sollte Fisch als Lebensmittel besonders in sensorischer Hinsicht zu noch interessanteren Produkten verarbeitet und entsprechend vermarktet werden:

1. Das Bedürfnis nach Ausgeglichenheit und die Erhaltung des körperlichen und geistigen Gleichgewichts, sollen durch Nahrungsmittel mit „Health&Wellness-Charakter“ unterstützt werden. Produkte dieser Kategorie werden durch hochwertige Inhaltsstoffe, die zu einer gesunden Ernährung beitragen (funktional), möglichst wenige Kalorien enthalten („light“) und trotzdem geschmacklich abgerundet sind („wellness“), gekennzeichnet (10).
2. Neben einer gesundheitsfördernden Ernährung steht der Genuss beim Essen an oberster Stelle. Für Gaumenfreuden sollen Premium-Produkte sorgen, die ausgewählte Rohstoffe und Zutaten enthalten und den Konsumenten durch eine qualitätsvolle Verpackung ansprechen. Um das Angebot vielseitig und interessant zu gestalten, orientiert sich die Lebensmittelbranche an der

internationalen Küche. Landestypische Spezialitäten werden auf die nationalen Gewohnheiten abgestimmt und fließen als exotische Note mit in die Produktentwicklung ein (10).

3. Der Zuwachs an Bio-Produkten ist auf das steigende Verbraucherbewußtsein zurückzuführen. Im Mittelpunkt stehen hierbei die langfristige Erhaltung der Umwelt durch schonenden Anbau und die Gewinnung unbelasteter Rohstoffe im Interesse der eigenen Gesundheit (10).

Laut einer GfK-Studie zum Einkaufsverhalten werden Convenience-Erzeugnisse, die durch Portionierbarkeit, praktische Verpackung sowie kalkulierbare Zubereitungszeiten überzeugen, neben „Wellness“- , „Genuss“- und „Bio-Produkten“ am meisten konsumiert. Um den Zuwachs im Fisch-Convenience-Bereich zu stärken und das aus vorwiegend panierten Erzeugnissen bestehende Sortiment zu erweitern, sollten aktuelle Trends als Vorlage für Schwerpunktthemen dienen. Aus der neuesten Produktentwicklung der Deutschen See geht hervor, wie Convenience mit Genuss und Exotik verbunden werden kann und dennoch nicht an Praktikabilität verliert. Auch bei der Herstellung traditioneller Erzeugnisse wie z. B. beim Konservenhersteller Appel fließen Trends wie „Health&Wellness“ mit in die Produkte ein (10).

2.2.5.2 Entwicklungstendenzen

Die Fischindustrie verarbeitet im Convenience-Bereich neben dem Hauptträger Alaska Seelachs und den Klassikern Rotbarsch, Seehecht, Seelachs und Lachs zunehmend andere Fischarten. Hierdurch soll die Angebotsvielfalt größer und das Kaufinteresse gefördert werden. Neue „Modelfische“ sind die Süßwasserfische Pangasius und Tilapia sowie der neuseeländische Salzwasserfisch Hoki (Tiefseehecht). Des Weiteren findet man im Sortiment des Großhandels mittlerweile auch einheimische Süßwasserfische wie Forelle, Plattfische wie Scholle, Flunder oder pazifische Kliesche mariniert, mehliert, klassisch paniert oder mit Spezialpanade versehen.

Im Gegenzug zu den panierten und teilweise zerkleinerten Erzeugnissen, bei denen Spezialpanaden und Füllungen Variationsmöglichkeiten bieten, offenbart sich ein weiterer Trend zu weitaus naturbelassenen Filets und Filetteilen. Nur mit einer leichten Marinade, Sauce oder Füllung versehen, soll bei diesen Produkten der edle Fischcharakter, der durch eine Panade oder Zerkleinerung in Geschmack und Textur entfremdet wird, zur Geltung kommen.

Die bislang ausschließlich vorgebackenen panierten bzw. mehlierten Erzeugnisse werden nun auch vollständig gegart angeboten und unter der Bezeichnung „cook and chill“ vermarktet. Durch eine speziell für die Induktionsregeneration geeignete Panade oder Mehlierung ist es möglich, die Produkte auch im aufgetauten Zustand erfolgreich zu regenerieren und eine Kalkulationssicherheit durch ausbleibende Auftau- und Garverluste zu gewährleisten (PGV-Katalog).

2.3 Rekonstitutionsverfahren

2.3.1 Herleitung und Entwicklung des Verfahrens der fermentativen Rekonstitution

Das Verfahren der fermentativen Rekonstitution ist eine Entwicklung des Fachgebietes Technologie proteinreicher Lebensmittel der TU-Berlin:

„Unter Rekonstitution wird das Wiederherstellen eines dem ursprünglichen möglichst nahe kommenden Zustandes verstanden, der durch das Wirken bestimmter Faktoren zeitweilig aufgehoben war (27)“. Der lateinische Begriff „Fermentation“ bedeutet Gärung und umfasst die chemische Umwandlung von Stoffen durch Bakterien und Enzyme (28). Fachlich präzisiert ist „Fermentation der anaerobe Katabolismus organischer Verbindungen, bei denen es sich im Allgemeinen um Kohlenhydrate handelt, in Abwesenheit eines externen Elektronenakzeptors (29)“.

Die Verbindung der Begriffe „Rekonstitution“ und „Fermentation“ zu der Bezeichnung „fermentative Rekonstitution“ beinhaltet das Wiederausammenfügen einzelner eiweißhaltiger Rohstoffteile (Fleisch oder Fisch) zu einer größeren, kompakten Einheit. Der Herstellungsprozess ist aus einer Kombination von Rohwurst- und Formfleischtechnologie entstanden. Zielsetzung des Verfahrens ist es, ohne thermische Einwirkung, schnittfeste Produkte mit Rohfleischcharakter herzustellen. Die Schnittfestigkeit entsteht wie bei der Rohwurstherstellung durch Säuredenaturierung der Muskelproteine und Ausbildung einer Proteinnetzwerkstruktur (30). Die irreversible Veränderung der Eiweißstoffe erfolgt durch Milchsäure, die bei der Vergärung zugesetzter Kohlenhydrate mit Hilfe einer Starterkultur gebildet wird.

Der Erhalt des Fleischcharakters wird wie bei der Formfleischtechnologie durch den Zerkleinerungsgrad des Muskelfleisches bestimmt. Im Gegensatz zu traditionell hergestellten Produkten, wird der Zusammenhalt der Fleischstücke ohne Erhitzen (Formfleisch) oder Trocknung (Rohwurst) erzielt. Die Schnittfestigkeit wird ausschließlich durch Säuredenaturierung erzielt und durch äußere Druckeinwirkung stabilisiert.

2.3.1.1 Rohwursttechnologie

Rohwurst ist ein mikrobielles Reifungsprodukt, das aus rohem Magerfleisch, Speck, Umrötungshilfsmitteln, Zuckerstoffen, Gewürzen und Starterkulturen hergestellt wird (31), (32). Im Reifungsverlauf werden die myofibrillären Proteine durch eine mikrobiell induzierte Säurebildung und einer damit verbundenen pH-Wert-Senkung denaturiert. Bei pH-Werten zwischen 5,3 und 5,0 kommt es zur Ausbildung eines schnittfesten Proteingels (30).

Die zugegebenen Zuckerstoffe dienen als Energiequelle für den Stoffwechsel der Reifungsbakterien, die die Kohlenhydratquelle im Wesentlichen zu Säuren abbauen. Intensität und Dauer der Reifung sind für die Art und die Qualität des Endproduktes entscheidend. Während der Fermentation kommt es durch verschiedene mikrobiologische, chemische und physikalische Vorgänge zu einer Veränderung des pH-Wertes, zu einer Umrötung und Aromatisierung sowie zu einem Wasserentzug und zur Texturbildung. Diese in engem Zusammenhang stehenden Prozesse sind durch in- und externe Steuergrößen (•) regulierbar und werden durch natürliche Gegebenheiten (◊) beeinflusst:

- Art und Menge der Starterkultur / GDL ◇ Anfangskeimgehalt des Fleisches / Specks
- Art und Menge der Kohlenhydrate ◇ pH-Wert des unbehandelten Fleisches
- Zerkleinerungsgrad des Fleisches ◇ Qualität des Fleisches (Farbe, DFD, PSE)
- Salzkonzentration ◇ Reste an Glykogen und Glukose im Fleisch
- Reifungstemperatur ◇ Qualität des Specks
- Luftfeuchte / -geschwindigkeit ◇ Zusatz von Speck beeinflusst den pH-Wert
- Zeit

(32), (33), (31)

Es wird, in Abhängigkeit von der benötigten Reifezeit, von einer „schnellen“, „mittleren“ und „langsamen“ Reifung gesprochen. Die Dauer einer Reifung wird in Tagen gemessen, wobei die Übergänge fließend sein können.

Tab. 7: Reifungsverfahren für schnittfeste Rohwurst (33)

<u>Schnelle Reifung</u>	<u>Mittlere Reifung</u>	<u>Langsame Reifung</u>
1. GDL u. / o. bakterielle Säuerung	1. bakterielle Säuerung	1. Bakterielle Säuerung
2. Nitrit	2. Nitrit	2. Nitrat
3. bis 25 °C	3. 20 – 24 °C	3. 15 – 18 °C
4. Verkauf nach 10 Tagen	4. Verkauf nach 20 Tagen	4. Verkauf nach 8 Wochen

Schnellgereifte Rohwürste haben relativ niedrige pH-Werte (4,8 – 5,2) und hohe a_w -Werte (0,95 – 0,90), bei langgereiften Produkten ist es umgekehrt (pH 5,2 – 5,7 / a_w -Wert 0,90 – 0,65). Extreme Beispiele hierfür sind „frische Mettwurst“ und „italienische Salami“. „Frische Mettwurst“ reift in 3 – 4 Tagen und wird ausschließlich über den pH-Wert stabilisiert. „Italienische Salami“ hingegen hat eine Herstellungszeit von bis zu 6 Monaten. Da nur wenig Zucker zugesetzt wird, bleibt der pH-Wert hoch und das Erzeugnis wird mikrobiell vorrangig über den a_w -Wert stabilisiert (33).

2.3.1.2 Formfleischtechnologie

„Auf dem Gebiet der Lebensmittelverarbeitung, stellt die Herstellung von Formfleisch eine der wichtigsten technologischen Innovationen der letzten Jahrzehnte dar (34)“. In der zentralen Aussage der Formfleischdefinition, wird Formfleisch als das Zusammenfügen von Fleischstücken zu einer größeren Einheit beschrieben (34). Insofern besteht eine Analogie zur Rekonstitution von zerkleinertem Fleisch (27). Nach Ziffer 2.19 der Leitsätze für Fleisch und Fleischerzeugnisse, werden Formfleischerzeugnisse weder aus gewolfem noch aus gekuttertem oder in ähnlicher Weise zerkleinertem Fleisch hergestellt (34). Das ursprüngliche faserförmige Gefüge des Fleisches darf nur soweit mechanisch beansprucht werden, dass ein Wiederaufbau der Faserstruktur möglich ist und kein hackfleischähnliches Produkt entsteht. (27). Bei den verwendeten Fleischstücken, deren Mindestgröße folglich über dem Maß des im Fleischwolf Zerkleinerten liegen muss, wird nach mechanischer Behandlung unter Salzzugabe das oberflächliche Muskeleiweiß zu einer Kittsubstanz (Eiweißkleber) aktiviert, welche das Zusammenkleben der Einzelbestandteile gewährleistet. Ein fester Zusammenhalt ergibt sich erst durch Erhitzen oder Gefrieren. Eine wesentliche Rolle bei der Formfleischherstellung spielt die Aktivierung des Eiweißklebers: die Technologie des Tumbelns

ermöglicht eine effiziente Herauslösung des Actomyosins als Gel an der Muskeleoberfläche. Die mit Eiweißkitt benetzten Fleischstücke werden unter mehr oder weniger starkem Druck zusammengefügt und die entstandene Bindung im Anschluss thermisch stabilisiert. Der Eiweißkleber hat eine „wabig-schaumige“ Struktur und ist morphologisch nicht von Brühwurstbrät zu unterscheiden. Daher ist eine Zugabe brätartiger Strukturen gemäß den Leitsätzen für Fleisch und Fleischerzeugnisse zu einem maximalen Anteil von 5 Vol.-% technologisch gerechtfertigt (34). „Oberhalb dieser Grenze liegt kein Formfleisch mehr vor, sondern ein Erzeugnis eigener Art ohne eingeführte Verkehrsbezeichnung (34).“

2.3.2 Patentrecherche, gegenwärtige Rekonstitutionsverfahren

Die Patentrecherche in den Bereichen „Zerkleinerte oder emulgierte Fleischprodukte einschließlich Würste, wieder aufgebautes Fleisch aus zerkleinerten Fleischprodukten“ sowie „Fischerzeugnisse u. ä.“ ergab eine Reihe verschiedener Herstellungsverfahren zur Restrukturierung und Rekonstitution von Fleisch und Fisch. Angestrebte Ziele dieser Verfahren sind:

- Verarbeitung von Rohstoffabschnitten, die aufgrund von Beschädigung, Größe, Form und Qualität als solche nicht mehr verwertet werden können
- Aufwertung des eingesetzten, weniger wertvollen Rohstoffes durch Neustrukturierung und Geschmacksverbesserung
- Verarbeitung von intakter, hochwertiger Stück- oder Filetware zu portionierbaren Erzeugnissen bestimmter Form und Größe
- Erhalt der natürlichen Struktur des hochwertigen Rohstoffes durch angepasste, möglichst geringe Zerkleinerung
- Zerkleinerungsgrad bestimmt Erzeugnisqualität und Preiskategorie: je höher der Feinanteil, umso hackfleischähnlicher und preisgünstiger wird das Produkt
- Erzeugung formstabiler Gebinde durch Bindungsmittel, enzymatische Verbindungen, Proteinaktivierung und -denaturierung, Tiefgefrieren, Erhitzen, Pressen
- Formbarkeit durch optimale Mischverhältnisse und angepasste Temperaturen
- Schnittfestigkeit durch entsprechende Bindungsfestigkeit oder angepasste Temperaturen

Die Beschreibung der entsprechenden Offenlegungs- und Patentschriften ist im Anhang beigelegt. Unter den Aufzeichnungen konnte kein Verfahren gefunden werden, in dem das Wiederausammenfügen und Schnittfestwerden von größeren Fleisch- und Fischteilen wie bei der fermentativen Rekonstitution mittels Säuredenaturierung unter Einfluss einer Starterkultur ohne eine nachfolgende thermische Behandlung durchgeführt wird.

2.4 Warmblüter- und Fischmuskelfleisch

2.4.1 Übereinstimmungen in Aufbau und Zusammensetzung

Der Vergleich von Warmblüter- und Fischmuskelfleisch führt zu der Erkenntnis, dass das Fischmuskelgewebe keine wesentlichen Unterschiede oder funktionelle Abweichungen zur Muskulatur von warmblütigen Lebewesen aufweist: da alle tierischen Rohstoffe überwiegend aus Muskelzellen aufgebaut sind, können weitreichende Übereinstimmungen hinsichtlich des Zellaufbaus und der chemischen Zusammensetzung festgestellt werden. Dies gilt insbesondere für Proteine. Ergebnisse aus der Fleischforschung im Warmblüterbereich können so durchaus differenziert auf die wechselwarme Muskulatur der Fische überführt werden (3).

2.4.1.1 Muskelproteine

Proteine sind komplexe Makromoleküle. Sie unterliegen einem vielschichtigen, dreidimensionalen Aufbau, der in Primär-, Sekundär, Tertiär- und Quartärstruktur unterteilt ist. Die Primärstruktur stellt die ketten- oder fadenförmige Aminosäuresequenz dar. Die höheren Strukturen sind für die räumliche Anordnung und äußere Form verantwortlich, die von großer Bedeutung für Eigenschaften und Funktionen der Proteine sind. Proteine können in drei Hauptkategorien eingeteilt werden:

- Strukturproteine (in allen Geweben wie Muskel, Haut, Knochen, Zellmembranen, Zellorganellen und inneren Organen vorhanden)
- Proteine mit biologischer Aktivität (Enzyme, Biokatalysatoren)
- Lebensmittelproteine (Strukturproteine und Proteine mit biologischer Aktivität, die ungiftig, verdaulich und schmackhaft sind) (35), (45)

Muskelproteine gehören zu den Strukturproteinen und lassen sich aufgrund ihrer Lokalisierung klassifizieren. Man unterscheidet myofibrilläre Proteine, Sarkoplasmaproteine und Bindegewebsproteine (36).

2.4.1.1.1 Aminosäuren, Peptide, Proteine

Proteine sind nur aus wenigen Elementen aufgebaut: Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Schwefel. Aus diesen fünf Elementen sind die Aminosäuren, die Grundbausteine der Eiweiße, zusammengesetzt. Alle Aminosäuren besitzen eine Aminogruppe $-NH_2$ und eine Carboxylgruppe $-COOH$, die über ein C-Atom miteinander verbunden sind. Sie unterscheiden sich durch einen Rest R, der verschiedene funktionelle Gruppen (z. B. $-NH_2$, $-COOH$, $-OH$, $-SH$) enthalten kann (35).

Die Aneinanderreihung der Aminosäuren erfolgt durch Peptidbindungen, wobei die Aminogruppe eines Moleküls mit der Carboxylgruppe eines anderen unter Abspaltung von Wasser verbunden wird. Sind auf diese Art nur wenige Aminosäuren miteinander verknüpft, spricht man von Peptiden. Verbindungen, die aus mehreren Aminosäuren bestehen bezeichnet man als Polypeptide, erst ab einer Molekülzahl von 100 und mehr handelt es sich um Proteine. Beim Aufbau einer Peptidkette liegen die Reste seitlich abgezweigt und können so mit anderen Stoffen in Reaktion treten (35).

Es gibt ca. 22 Aminosäuren (31), von denen 8 essentiell sind. Essentielle Aminosäuren können vom Körper nicht synthetisiert werden und müssen mit der Nahrung aufgenommen werden. Je mehr essentielle Aminosäuren ein Eiweißstoff enthält, umso höher ist seine biologische Wertigkeit (35).

Freie Aminosäuren und niedermolekulare Peptide sind Geschmacksstoffe mit vorwiegend süßen bzw. bitteren Noten. In frischem Fleisch oder Fisch ist der Anteil an freien Aminosäuren sehr gering. Bei enzymatischem Eiweißabbau durch mikrobiellen Verderb, Autolyse oder durch Salzen, Marinieren und Trocknen, wird der Anteil an freien Aminosäuren und Peptiden beträchtlich erhöht (3).

2.4.1.1.2 Myofibrillarproteine

Myofibrilläre Proteine liegen im Muskel als Gel vor und bilden die Filamentstruktur der Muskelfibrillen. Die in Wasser unlöslichen Strukturen können mit Salzlösungen extrahiert und so bei Verarbeitungsprozessen solubel gemacht werden. Am stärksten vertreten sind die kontraktilen Proteine Aktin und Myosin (3). Myosin ist ein fadenförmiges Molekül und bildet die dicken Filamente. Aktin hat einen fibrillären und einen globulären Anteil und formt die dünnen Filamente (31). Myofibrillarproteine werden durch verschiedene Einflüsse denaturiert und bilden neue Strukturen aus. Beim Erhitzen koagulieren sie und bewirken so die Festigkeit und Härte gegarter Muskulatur (3).

2.4.1.1.3 Sarkoplasmaproteine

Sarkoplasmaproteine sind globuläre Eiweiße (3) und machen in etwa 30 – 35 % der Gesamtskelettmuskulatur aus. Sie umfassen sämtliche Enzyme der Glykolyse und zahlreiche Enzyme des Kohlenhydrat- und Proteinstoffwechsels (36). Sie sind in verdünnter Salzlösung (Globuline) und in reinem Wasser (Albumine) löslich (31). Wie Fibrillarproteine werden sie durch äußere Einflüsse leicht denaturiert und bilden beim Erwärmen ein festes Koagulat (3). Wichtige Vertreter dieser Gruppe sind die Blutfarbstoffe Myoglobin und Hämoglobin (36).

2.4.1.1.4 Bindegewebsproteine

Bindegewebsproteine haben im Organismus Stütz- und Haltefunktionen. Sie sind in Wasser und Salzlösungen unlöslich, schwer oder nicht verdaulich und wegen ihres geringen Gehaltes an essentiellen Aminosäuren, ernährungsphysiologisch minderwertig. Im Wasser lebende Tiere brauchen einen geringeren Anteil an Bindegewebe als Landtiere oder Vögel. Bindegewebsproteine bestehen zum Großteil aus Kollagen, wobei die Kollagene aller Tierarten nahezu gleich aufgebaut sind. Der Kollagengehalt beeinflusst wesentlich die mechanische Festigkeit des Fleisches. Beim Erhitzen wird Kollagen in lösliches Glutin (Gelatine) umgewandelt. Bei höheren Temperaturen wird Gelatine zu nicht geliebaren, löslichen Eiweißen abgebaut (3).

2.4.1.2 Allgemeiner Muskulaturaufbau

Bei dem Rohstoff „Fleisch“ oder „Fisch“ handelt es sich um das quergestreifte Muskelgewebe des Bewegungsapparates, das auch als Skelettmuskulatur bezeichnet wird. Der Begriff „Skelettmuskel“ rührt von der Tatsache her, dass die entsprechenden Muskeln am Knochengestüt verankert sind (37), (3).

Der Skelettmuskel verschmilzt an beiden Enden mit den Fibrillen der Sehnen und ist von einer festen Bindegewebshülle umschlossen. Innerhalb dieser Hülle liegen parallel orientierte Muskelfasern, die als schlauchförmige Zellverbände von einer dünnen Zellwandmembran, dem Sarkolemm, umschlossen sind (35). Die einzelnen Fasern sind zu Primärbündeln vereint, die ebenfalls von feinen Bindegewebshäuten, dem Perimysium internum, umhüllt sind. Mehrere Primärbündel ergeben jeweils durch das Perimysium externum gegeneinander abgegrenzte Sekundärbündel (38). Muskelfasern nehmen nicht das gesamte Volumen des Muskels ein. Der zwischen den Fasern verbleibende „extrazelluläre“ Raum macht in etwa 12 – 15 % des gesamten Muskelvolumens aus und ist mit „extrazellulärer“ Flüssigkeit gefüllt (35). Ein Muskel enthält 55 – 78 % Wasser, 15 – 22 % Protein, 1 – 15 % Fett, 1 – 2 % Kohlenhydrat und etwa 1 % Mineralstoffe. Der Proteinanteil der organischen Fleischmasse liegt zwischen 50 und 95 %. Untersuchungen zur Fleischqualität umfassen daher meistens eine Analyse des Eiweißanteils (36).

2.4.1.2.1 Quergestreiftes Muskelgewebe

Eine Skelettmuskelfaser enthält in etwa 1000 parallel angeordnete Myofibrillen, die im Längsschnitt eine charakteristische Querstreifung aufweisen (39). Die Myofibrillen haben einen Durchmesser von 1 – 2 μm und die Freiräume zwischen den Fibrillen in etwa 0,5 μm (35).

Die unterschiedlichen Lichtbrechungseigenschaften der parallel angeordneten Untereinheiten lassen unter dem Lichtmikroskop eine deutliche Querstreifung sichtbar werden. Man unterscheidet:

- Isotrope, einfachbrechende (helle) I-Streifen
- Anisotrope, doppeltbrechende (dunkle) A-Streifen (40)

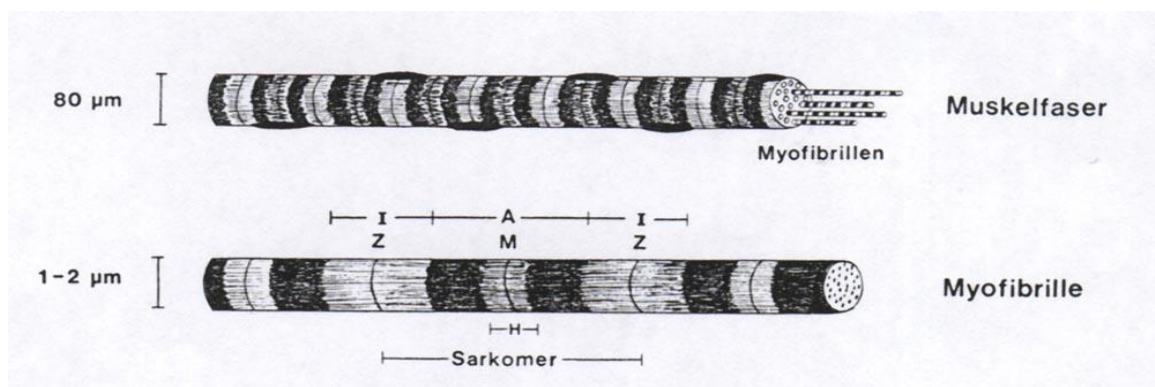


Abb. 16: Muskelfaser und Myofibrille (41)

Die hexagonale Struktur des Fibrillenquerschnitts kommt durch die Gruppierung der Aktin- und Myosinfilamente zustande: beide Arten von Filamenten sind durch Querverbindungen miteinander verknüpft, die aus den dicken Myosinfilamenten seitlich herausstehen. Diese „Köpfchen“ befinden sich nicht nur in einer Ebene, sondern sind räumlich in der Art einer Wendeltreppe angeordnet. Die in der gleichen Ebene liegenden „Köpfchen“ berühren in bestimmten Abständen ein Aktinfilament. Auf diese Weise sind um ein Myosinfilament sechs Aktinfilamente und um ein Aktinfilament drei Myosinfilamente angeordnet. Das Eiweiß der Myofibrillen bildet ein dreidimensionales Netzwerk, welches für die Beschaffenheit des Fleisches (Zartheit, Wasserbindungs- und Quellvermögen) von großer Bedeutung ist (35).

2.4.1.2.2 Arten der Binde- und Stützgewebe

Bindegewebe ist am Organaufbau des Skelettmuskels wesentlich beteiligt. Es bildet zum einen ein verschieblich-elastisches, Gefäße und Nerven enthaltendes Gerüst, das den Zusammenhalt der gebündelten Muskelfasern gewährleistet und baut zum anderen die der Transmission dienenden zugfesten Sehnen auf. Das besondere Gefüge der Bindegewebsscheiden ist bei der Kontraktion und Dickenzunahme der Muskeln von großer Bedeutung. Die für den wechselnden Umfang der Muskelfaserbündel notwendige Flexibilität beruht auf den kollagenen Fasern, die nach dem Prinzip eines verstellbaren Scherengitters angeordnet sind (38).

Morphologisch gesehen besteht das Binde- und Stützgewebe aus Zellen und Interzellulärsubstanzen. Aktive Bindegewebszellen synthetisieren die Interzellulärsubstanz, die in faserige und amorphe Grundsubstanz unterteilt wird. Die Funktion der Interzellulärsubstanz wird entscheidend von ihrer biochemischen Zusammensetzung bestimmt: der Gehalt an faseriger Grundsubstanz beeinflusst wesentlich die Biegsamkeit, die Elastizität und die Dehnbarkeit des Bindegewebes, während die amorphe Grundsubstanz Einfluss auf die Fähigkeit des Bindegewebes nimmt, extrazellulär Wasser zu binden (39).

2.4.1.2.2.1 Faserreiches Bindegewebe

Die faserige Grundsubstanz besteht aus kollagenen, retikulären und elastischen Fasern, wobei das Skleroprotein Kollagen die häufigste Faserart des Bindegewebes ist. Kollagenfasern kommen besonders in Binde- und Stützgeweben vor, bei denen mechanische Aufgaben im Vordergrund stehen und zeigen charakteristische chemische und physikalische Eigenschaften: sie quellen in Säuren auf, im Magensaft werden sie partiell verdaut, in Laugen lösen sie sich vollständig, in siedendem Wasser können sie zu Gelatine umgewandelt werden oder sich unter Leimbildung auflösen. Bei Temperaturen über 50 °C kommt es zu einer Verkürzung der Kollagenfasern. Die besondere Molekularstruktur verleiht diesen Fasern eine beträchtliche Zugfestigkeit bei einer maximalen Dehnungsfähigkeit von nur 5 %. Die Faserbündel sind im Ruhezustand leicht gewellt, so dass sie sich unter Zugbeanspruchung strecken können. Retikulinfasern ähneln in ihrer biochemischen Zusammensetzung Kollagenfasern, enthalten aber zehnmal mehr Kohlenhydrate und sind somit auch wesentlich dehnbarer. In besonderem Maße dienen Retikulinfasern in lympho- und hämoretikulären Geweben (Milz, Lymphknoten, Knochenmark) als formgebende, biegsame Strukturelemente. Elastische Fasern unterscheiden sich vor allem durch ihre große Elastizität (bis zu 150 % der Ausgangslänge) von Kollagenfasern. Sie sind widerstandsfähig gegen Laugen und Säuren und in Wasser nicht löslich. Sie bilden die Grundlage elastischer Gewebe und elastischer Bänder (39).

Das faserreiche Bindegewebe wird in lockeres, faserarmes und straffes, faserreiches Gewebe unterteilt: das lockere, faserarme Bindegewebe füllt die Räume zwischen Haut und Muskulatur sowie zwischen Muskelfasern und Muskeln. Kollagene, elastische und retikuläre Fasern sind weitmaschig angelegt, so dass der interzelluläre Stofftransport erleichtert wird. Das straffe, faserreiche Bindegewebe besteht vorwiegend aus kollagenen und elastischen Fasern. Die Faserbündel liegen in der Regel eng aneinander und sind nach Zug und Druck in ihrer Verlaufsrichtung orientiert. Die wesentlichen Vertreter dieser Gewebsart sind Sehnen und Bänder (39).

2.4.1.2.2.2 Fette und Fettgewebe

In nahezu allen Teilen des Tierkörpers sind Fette enthalten, die bei der Verarbeitung des Gewebes entscheidenden Einfluss auf den Produktionsprozess, die Produkteigenschaften und die Erzeugnisqualität haben. Kenntnisse über den Aufbau und die Eigenschaften der Fette ermöglichen daher das Verständnis zahlreicher Vorgänge in der Produktion und stofflichen Reaktionen im Enderzeugnis (42).

Die sogenannten Neutralfette bestehen ausschließlich aus den Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Sie sind Ester des dreiwertigen Alkohols Glycerin in Verbindung mit drei gleichen oder unterschiedlichen Fettsäuren. Aufgrund der dreifachen Veresterung werden sie als Triglyceride bezeichnet (35). Fettsäuren sind kettenförmige, in der Regel unverzweigte Monocarbonsäuren, die sich durch die Länge der Kette und die Bindung zwischen den C-Atomen unterscheiden. Fettsäuren mit ausschließlich Einfachbindungen werden als „gesättigt“ bezeichnet. „Ungesättigte“ Fettsäuren haben eine, zwei oder mehrere Doppelbindungen im Molekül (42).

Physikalische Eigenschaften wie Konsistenz, Löslichkeit und Schmelztemperatur eines Fettes, die ausschlaggebenden Einfluss auf den Verarbeitungsprozess und die Produkteigenschaften haben, werden von mehreren Faktoren bestimmt:

- Kettenlänge der Fettsäuren
- Geradzahlige / ungeradzahlige Fettsäure
- Anzahl von Mehrfachbindungen zwischen den C-Atomen
- Konfiguration und Position der Doppelbindung im C-Atom
- Fettsäurekombination im Triglycerinmolekül
- Sterische Anordnung des Triglycerinmoleküls im Kristallgitter des erstarrten Stoffsystems

(43), (31)

Die Konsistenz der tierischen Fette ist maßgeblich von der Sättigung der Fettsäuren abhängig und kann über die Fütterung mitgesteuert werden. Möglich ist dies, da der tierische Organismus in der Lage ist, Fettsäuren in intakter Form zu resorbieren. Je höher der Anteil an ungesättigten Fettsäuren, umso weicher oder flüssiger ist das Fett und umso leichter ist es oxidierbar (35).

Fettgewebe entwickelt sich aus retikulär-bindegewebigen Vorstufen, bei denen Retikulumzellen durch Einlagerung von Fetttröpfchen zu Fettzellen werden (39). Die Fetttröpfchen bestehen aus Triglyceriden mit geringen Mengen an Fettbegleitstoffen (35). Die Größe einer Fettzelle hängt von der in ihr gelagerten Fettmenge ab und liegt zwischen 0,06 und 0,12 mm. Kleine Ansammlungen von Fettzellen sind nicht außergewöhnlich und äußern sich zum Beispiel in der Marmorierung des Fleisches. Bei größeren Ansammlungen spricht man von adipösem oder fettreichem Gewebe (31). Die Festigkeit des Fettgewebes wird nicht nur von der Konsistenz der Fette bestimmt, sondern auch von der Festigkeit des sie umhüllenden Bindegewebes (35). Die Fettgewebsbildung wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst, wobei sich nicht nur die Größe sondern auch die Anzahl der Fettzellen ändert. Hierbei spielen Tierart, Lokalisationsstelle, Rasse, Haltungsform, Alter, Gewicht etc. eine entscheidende Rolle (31). Die Funktionen des Fettgewebes sind vielseitig. Im Rahmen des Energiestoffwechsels können relativ schnell energiereiche Substrate gespeichert werden und bei Bedarf ebenso rasch wieder mobilisiert werden (Speicher- und Depotfett). Fettgewebe steuert die

Thermoregulation des Körpers und übernimmt in erheblichem Umfang mechanische Aufgaben (Baufett), wie die stoßsichere Lagerung wichtiger Organe und Gelenke. Zwischen Speicher- und Baufettgewebe bestehen keine histologischen Unterschiede. Die Menge des Depotfetts steht im engen Zusammenhang mit dem Ernährungszustand, das Baufett hingegen bleibt auch bei stärkerem Gewichtsverlust weitgehend erhalten (39).

2.4.2 Unterschiede zwischen Warmblüter- und Fischmuskelfleisch

Wesentliche funktionelle und verarbeitungstechnische Eigenschaften wie die Wasserbindung, das Vermögen Fette zu emulgieren, die Texturbildung sowie die Veränderungen bei den verschiedenen Garverfahren sind in erster Linie an die Proteine und deren Reaktionen bzw. Umwandlungen gebunden. Fischproteine reagieren in der Regel sensibler auf äußere Einflüsse als vergleichbare Eiweiße von Warmblütern. Veränderungsreaktionen treten bereits bei mildereren Bedingungen auf und sind hauptsächlich auf reaktive Begleitkomponenten im Fischmuskel (polyungesättigte Fettsäuren, Formaldehyd) zurückzuführen. Die abweichenden Proteineigenschaften sind hierbei nur zum Teil relevant (3).

2.4.2.1 Struktur des Fischmuskelfleisches

Bei der Fischverarbeitung wird hauptsächlich Skelettmuskulatur des Rumpfes und des Schwanzes verwendet. Da die Rumpfmuskulatur der meisten Fische nur wenig durchblutet ist, hat das Muskelfleisch in der Regel eine weißliche Farbgebung. Bei einigen Arten kann sie aber durch den höheren Myoglobingehalt eine dunklere bzw. rötlichere Farbe aufweisen. Die Farbgebung der Muskulatur kann außerdem von der Zusammensetzung der Nahrung beeinflusst werden: Farbveränderungen werden z. B. durch karotinhaltiges Futter hervorgerufen (3).

Die ausgeprägten „weißen“ Seitenmuskeln des Rumpfes werden durch eine horizontale Bindegewebswand (Septe) in einen dorsalen (= epaxialen) und einen ventralen (= hypaxialen) Teil getrennt. Bei vielen Fischen wird ein weiterer Muskel, der zwischen der dorsalen und ventralen Muskulatur liegt durch das Myoseptum horizontale in eine epaxiale und hypaxiale Portion getrennt. Aufgrund seiner Färbung wird er als roter Muskel bezeichnet und ist bei einigen Fischarten sehr fettreich. Etwa senkrecht zur Trennlinie beider Muskelstränge verlaufen im großen Seitenmuskel zarte Scheidewände (Myosepten), die ihn in dünne Schichten (Myomere) aufteilen. Die Myomeren sind tütenartig ineinander gesteckt und lassen sich in gekochtem Zustand leicht voneinander lösen. Dicke, Form und Anordnung sind charakteristisch für jede Fischart, und können zu deren Wiedererkennung beitragen. Länge und Dicke hängen vom Alter und der Position im Muskel ab, wobei die Breite der Myomeren der Faserlänge entspricht. Die Muskelfasern der Fische sind vergleichsweise kurz. Ihre Länge und Dicke nehmen zum Schwanz hin ab (3).

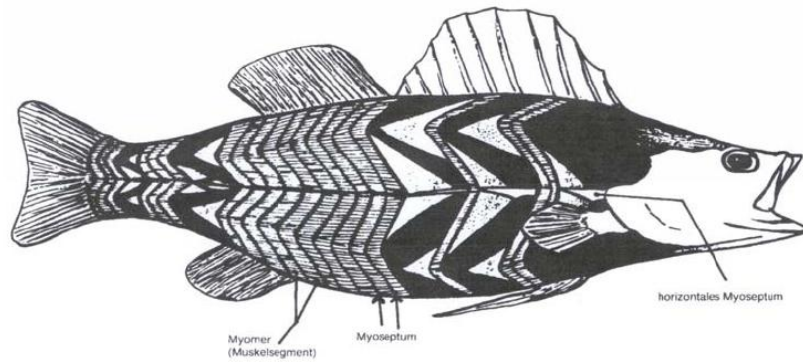


Abb. 17: Struktur des Fischmuskelfleisches (44)

Tab. 8: Muskelfaserlänge und -dicke (3), (45)

Muskelfaser	Wärmblüter	Fisch
Länge	x·cm	$x \cdot 10^2 \mu\text{m} - \geq 1 \text{ cm}$
Dicke / Durchmesser	0,01 – 0,1 mm	0,01 – 0,4 mm

2.4.2.2 Zusammensetzung der Fischmuskulatur

2.4.2.2.1 Inhaltsstoffe

Wasser, Proteine und Fette sind, wie auch bei den Wärmblütern, die Hauptkomponenten des Fischmuskulgewebes und bestimmen den Nährwert sowie technische und funktionelle Eigenschaften. Die quantitative und qualitative Zusammensetzung variiert nicht nur zwischen den Fischarten, sondern unterliegt auch innerhalb einer Fischart oder selbst eines Exemplares großen Schwankungen. So bestehen zwischen den verschiedenen Teilen der Muskulatur eines Fisches Differenzen, die Auswirkungen auf die verarbeitungstechnischen Eigenschaften haben und Einfluss auf die Qualität der Enderzeugnisse nehmen. Die Unterschiede betreffen überwiegend den Fett- und Wassergehalt sowie den Anteil an Protein und Bindegewebe (3).

Der Fettgehalt nimmt mit der Aktivität der Muskulatur ab, so dass in der Schwanzregion der geringste und im Bauchteil der höchste Anteil von Depotfetten vorhanden ist. Der dichteste Fettbesatz liegt in den obersten Fleischschichten direkt unter der Haut. Der Fettanteil als unbeständigste Komponente kann bei Nutzfischen zwischen 0 und 25 % liegen. Der Wassergehalt macht im Mittel etwa 75 % der Gesamtmasse aus und steht in enger Korrelation mit dem Fettanteil - je höher der Fettgehalt, umso geringer ist der Wasseranteil. Bindegewebs- und Proteinanteil sind in der Schwanzregion am höchsten. Durch die Zunahme des Anteils an Bindegewebe wird die Breite der Myomeren in dieser Muskelpartie immer schmaler und die Gewebsstruktur fester. Protein- (16 – 20 %) und Aschegehalt (1 – 1,5 %) sind im Vergleich zum Fettgehalt relativ konstante Größen (3).

2.4.2.2.2 Bindegewebe

Dadurch, dass Fische im Wasser anderen Kräften ausgesetzt sind und andere Bewegungsabläufe als Landtiere und Vögel haben, benötigen sie kein so starkes Knochengerüst und Stützgewebe. Ihre

Muskulatur enthält folglich weniger Bindegewebe (31). In reinem Muskelgewebe (enthäutetes Filet) werden bei Hering und Makrele 0,4...0,6 % bestimmt (3). Die überwiegend kollagenen Bindungen zwischen den Muskelfasern müssen geringere Verschiebungskräfte aufnehmen und sind daher loser (43). Wärmblüterfleisch enthält in etwa 15 % unlösliche bindegewebige Strukturen. Der Anteil des intramuskulären Kollagens, das als Perimysium und Endomysium vorliegt, beträgt allerdings nur 2 %. Säugetierfleisch wird mit zunehmendem Alter zäher, da die Querverbindungen im Kollagenmolekül zunehmen. Bei Fischen nimmt der Kollagengehalt im Alter zwar zu, eine stärkere Quervernetzung des Kollagens ist aber nicht zu festzustellen (31). Eine vereinfachte Darstellung der Muskelproteine erlaubt die Gegenüberstellung der anteiligen Zusammensetzung in Wärmblüter- und Fischmuskelfleisch:

Tab. 9: Vereinfachte Übersicht der Muskelproteine (3)

Anteil am Gesamteiweiß in %	Wärmblüterfleisch	Fischmuskelfleisch
Myofibrillarproteine	50...56	65...75
Sarkoplama-proteine	30...35	20...30
Bindegewebsproteine (Kollagenanteil)	10...15 40...60	1...3 bei 90

2.4.2.2.3 Rote Muskulatur

Der rote Seitenmuskel ist eine Spezifität der Fische. Er erfüllt besondere Funktionen und zeigt in seiner chemischen Zusammensetzung deutliche Abweichungen von der weißen Muskulatur. Die rote Farbgebung ist auf den höheren Myoglobingehalt zurückzuführen (die übrige weiße Muskulatur enthält praktisch kein Myoglobin). Sein Anteil an der gesamten Muskulatur hängt von der Lebensweise der Fischart ab. Die rote Muskulatur ist für Ausdauerleistungen prädestiniert, wohingegen die weiße Muskulatur plötzlichen Kraftentfaltungen bei Jagd oder Flucht dient. Der rote Seitenmuskel enthält weniger Wasser, Protein und Mineralstoffe aber mehr Fett als die übrige Muskulatur. Enzymaktivität und Eisengehalt der roten Muskulatur sind ebenfalls erhöht, wodurch Oxidations- und Verderbnisreaktionen begünstigt werden. Bei der Verarbeitung großer Fische wird der rote Muskel entfernt, um vorzeitige geschmackliche und farbliche Veränderungen zu verhindern (3).

2.4.2.2.4 Fettsäurespektrum

Fischfette bestehen fast vollständig aus Triglyceriden, die komplizierter zusammengesetzt sind als die der Landtiere (19). Andere lipide Verbindungen wie Phospholipide, Wachse und Steroide kommen nur in geringen Mengen von 0,4...1 % vor. Auch bei Fischen kann zwischen Speicher- und Depotfett unterschieden werden, die in Abhängigkeit ihrer Funktion eine andere spezifische Zusammensetzung haben (3). Der Fettgehalt variiert in Relation zum Alter, zum biologischen Zustand, zur Art der Ernährung, zum Ernährungszustand und zur Wassertemperatur (19). Die Fettsäuren der Fische sind geradkettig (unverzweigt) und haben eine gerade Anzahl an C-Atomen. Das Fettsäurespektrum des Fischfleisches wird von der Fettsäurenzusammensetzung des Futters beeinflusst und hängt von der Wassertemperatur ab. Zwischen Süßwasser- und Seefischen bestehen deutliche Unterschiede: in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur steigen und sinken die Anteile an gesättigten und ungesättigten Fettsäuren. Je niedriger die Wassertemperaturen sind, umso höher ist der Anteil an ungesättigten Fettsäuren im Fisch. Der Anteil gesättigter Fettsäuren beträgt im Mittel 20 – 25 % und kann bei Fischen aus wärmeren Gebieten auf 40 - 50 % ansteigen (3). Seefische enthalten im

Gegensatz zu Süßwasserfischen vermehrt langkettige Polyensäuren mit 4 und 6 Doppelbindungen, die aus 16, 18, 20 und 22 C-Atomen bestehen. Das breite Fettsäurespektrum der Seefische ist durch ihre Fähigkeit, Fettsäuren durch Elongation und Desaturierung zu verändern, bedingt. Süßwasserfische enthalten vorwiegend einfach und zweifach ungesättigte Fettsäuren mit 16 bzw. 18 C-Atomen (31).

2.4.2.3 Verderbsanfälligkeit

Der Fischmuskel ist aufgrund seines hohen Wasser- und Eiweißgehaltes sowie seines hohen Gehaltes an freien Aminosäuren und anderen stickstoffhaltigen Verbindungen leicht abbaubar, so dass Fisch zu den leicht verderblichen Lebensmitteln zählt. Qualitative Veränderungen des Fischfleisches, die bis zum sensorisch wahrnehmbaren Verderb reichen, werden durch eine Kombination aus fischspezifischen Eigenschaften ausgelöst. Hierzu gehören die im Fisch postmortal verändert ablaufenden Stoffwechselprozesse, enzymatische Autolysevorgänge durch fischeigene Enzyme und bakterielle Abbauprozesse durch eine arttypische Mikroflora (46).

Der 5...10 % höhere Wassergehalt des Fischmuskelfleisches, die niedrige Optimaltemperatur der Wirkung der autolytischen Enzyme, die überwiegend psychrophile Mikroflora sowie der schwankende Fettgehalt und der hohe Anteil an licht- und luftempfindlichen ungesättigten Fettsäuren begünstigen sämtliche Verderbnisreaktionen (20).

Ein weiterer, nicht zu vernachlässigender Aspekt ist die Tatsache, dass Fisch im Vergleich zum Warmblüterfleisch einen bedeutend geringeren Anteil an Bindegewebe enthält (Warmblüter: ca. 15 %, Fisch: ca. 3 %). Die chemischen Bindungen zwischen den Eiweißbausteinen sind erheblich labiler und sorgen für eine insgesamt lockerere Makrostruktur der Muskelbausteine des Fisches, die mikrobiell und enzymatisch leichter gespalten werden kann (20). Das Bindegewebe des Säugetiermuskels kann als zusätzliche Barriere für Verderbnisprozesse wirken, da es neben dem Hauptbestandteil Kollagen das mikrobiellen Abbauprozessen gegenüber widerstandsfähige Elastin enthält. Im Bindegewebe der Fische ist dagegen kein Elastin vorhanden. Kollagen als Major Komponente ist ein ausgezeichneter Bakteriennährboden, so dass die den Warmblütern eigene verderbnishemmende Funktion bei Fischen praktisch entfällt (19).

2.4.2.3.1 Einfluss der postmortalen Veränderungen

Enzymatisch-mikrobielle Vorgänge sind pH-Wert abhängig, so dass der Verlauf und die Dauer der Totenstarre für die Haltbarkeit des Fisches mit entscheidend sind: je tiefer der pH-Wert, umso haltbarer ist das Lebensmittel. Die nach Eintritt des Todes ablaufende Glykolyse ist beim Fisch aufgrund seines geringeren Glykogengehaltes weniger intensiv als beim Säugetier. Frischer Fischmuskel hat ähnlich dem Warmblütermuskel (7,0 – 7,2) einen pH-Wert von 7,05 – 7,35. Während der Totenstarre sinkt der pH-Wert beim Fisch auf Werte von 5,9 – 6,3. Beim Warmblüter kann der pH-Wert unter pH 5,0 absinken und steigt nach Auflösen der Totenstarre weniger an als beim Fisch (29). Im Säugetiermuskel werden Endwerte von 5,4 – 5,8 erreicht, bei Fisch hingegen meistens höhere Werte von 6,2 – 6,6 (3).

Die Haltbarkeit hängt neben der Zusammensetzung des Fischmuskels auch entscheidend von der Bearbeitung, der Art der Lagerung und der Aufbewahrung ab, die dem jeweiligen Fisch angepasst sein muss (19).

2.4.2.3.2 Enzymatische Autolysevorgänge

Die enzymatische Autolyse ist eine Selbstzersetzung des Körpers, bei der körpereigene Stoffe durch das körpereigene Enzymsystem (endogene Enzyme) abgebaut werden. Die Hauptrolle spielt hierbei die Zersetzung der strukturbildenden Proteine. Die proteolytischen Muskelenzyme (Kathepsine) sind pH-Wert-abhängig und werden bei niedrigen Werten nach Auflösen der Totenstarre freigesetzt und aktiviert (Optimum pH 4,3; zwischen pH 4,3 und pH 7,0 stetiges Abfallen der Aktivität; ab pH 7,0 keine Aktivität mehr (19)). Der autolytische Reifeprozess führt bei Warmblüterfleisch durch den Eiweißabbau und die Spaltung von Peptid- und anderen Hauptvalenzbindungen zu Aromabildung und zum Zartwerden. Bei Fisch laufen ähnliche Vorgänge ab: durch die höhere Kathepsinaktivität und den geringeren Bindegewebsanteil verlaufen die autolytischen Prozesse aber erheblich schneller und können unter sterilen Bedingungen zur völligen Verflüssigung führen. Gewebsschädigungen, die durch äußere Einflüsse hervorgerufen werden, führen zur Freisetzung und Verbreitung von Enzymen. Die Folgen hiervon sind eine beschleunigte Autolyse und ein schnellerer Verderb der betroffenen und benachbarten Muskelpartien. Gegenüber den Kathepsinen haben die hochaktiven Proteasen des Verdauungskanal eine 50 bis 100fach höhere Wirksamkeit. Wenn der Verdauungstrakt durch Ausschachten nicht entfernt wird, kommt es durch Autolyse der Membranen zu einer Ausbreitung dieser Enzyme und zu einem raschen Anstieg ihrer Aktivität in der Bauchhöhle und der angrenzenden Muskulatur. Daher müssen Fische direkt nach dem Fang entweidet werden. Die Autolyse fördert nachhaltig die Entwicklung von Mikroorganismen und bereitet ihr Eindringen in den sterilen Muskel vor, so dass der Proteinabbau bald zum Großteil von mikrobiellen (exogenen) Enzymen übernommen wird, die schließlich zum Verderb führen (46), (3).

2.4.2.3.3 Mikrobieller Verderb

Die Primärflora des lebenden und gesunden Fisches wird durch die mikrobielle Belastung von Futter und Umgebung (Wasser, Bodenschlamm) sowie von der Umgebungstemperatur bestimmt. Unmittelbar nach dem Fang enthalten Körperflüssigkeiten und Gewebe noch keine Mikroorganismen. Die Keimbelastung ist vielmehr im Magen-Darmtrakt ($10^3 \dots 10^8$ Keime / ml) sowie an den Kiemen und auf der Hautoberfläche ($10^2 \dots 10^5$) zu verzeichnen. Die Infektion erfolgt hauptsächlich von den Kiemen über das Gefäßsystem und die Nieren ins Fleisch. Die Bauchhöhle bleibt bis zur Beschädigung der Magen und Darmwände keimfrei. Nach einer Perforation kommt es auch hier zur Infektion und raschen Entwicklung der Keimzahlen. Obwohl die frischem Fisch anhaftende Schleimschicht zahlreiche Mikroorganismen enthält, verläuft eine direkte Infektion der Muskulatur durch die Haut langsamer - die Muskelmasse des Gewebes bleibt daher längere Zeit keimfrei. Die starke Entwicklung der sekundären Keimflora setzt in der Regel erst vier bis sechs Tage nach dem Tod ein (3). So werden direkt nach dem Fang mittlere Keimzahlen von $25 \cdot 10^3$ / g gemessen, die nach 6...20 Tagen unter Eislagerung auf Werte über 10^6 / g bzw. / ml Material ansteigen (31). Bei einer Keimbelastung

über 10^6 / g Material wird der Fisch unabhängig vom sonstigen Erscheinungsbild als verdorben beurteilt. Die Keimarten hängen von den Umgebungsbedingungen, dem Futter, der Fischart und der Lebensweise des einzelnen Tieres ab. Man unterscheidet in Abhängigkeit vom Temperaturoptimum psychrophile, mesophile und thermophile Organismen (3).

In den gemäßigten und kälteren Salzwassergebieten mit einer Temperatur von weniger als 10 °C setzt sich die Keimflora zu 95 % aus psychrophilen, gramnegativen, aerob wachsenden, beweglichen Stäbchenbakterien zusammen. In wärmeren Gewässern und in den tropischen Ozeanen wird ein höherer Prozentsatz an mesophilen grampositiven Keimen nachgewiesen, die etwa 50 – 60 % der Gesamtflora ausmachen. Süßwasserfische enthalten im Gegensatz zu Seefischen einen höheren Anteil an mesophilen, grampositiven Keimen, dominant sind jedoch auch hier die psychrophilen (46). Die Hauptvertreter der Mikroflora gehören den Gattungen *Achromobacter*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Aerobacter* und *Bacillus* an. Anaerobe Mikroorganismen kommen lediglich im Verdauungskanal vor. *Pseudomonas*-Arten machen bei ungefrorenen Fischen zum Zeitpunkt der Anlandung etwa 75 % aller Keime aus. Mit ihrem Anteil steigt auch der Anteil eiweißabbauender Mikroorganismen (Proteolyten) (3).

Die mikrobielle Zersetzung des Fischgewebes (lösliche Stickstoffsubstanzen, Proteine, Fette u. a.) zieht das Ansteigen des pH-Wertes, die Erhöhung des Anteils niedermolekularer Substanzen sowie ein gesteigertes Puffervermögen mit sich. Durch die Eiweißspaltung steigt der Anteil freier Aminosäuren, bei deren weiterer Zersetzung Abbauprodukte wie Ammoniak, Kohlendioxid und Schwefelwasserstoff gebildet werden. Aus diesen primären Spaltprodukten entstehen wiederum Amine, Oxy- und Ketosäuren u. a., die weiteren Reaktionen unterliegen. Hierdurch wird eine Bandbreite mikrobieller Abbauprodukte gebildet, die ausgeprägte Aromaeigenschaften aufweisen und die das sensorische Bild des verderbenden Fisches prägen (3).

Die Art der Be- und Verarbeitung stellt eine wesentliche Gefahrenquelle für einen mikrobiellen Befall dar. Durch mechanische Beanspruchung wie Stoßen, Schlagen, Treten, Verletzen durch Fischhaken oder durch den Schlachtvorgang selbst können Bakterien leicht in das Innere des Gewebes vordringen. Beim Filetieren oder bei maschinellen Enthäutungsverfahren können die Keimzahlen sprunghaft ansteigen und Werte von 10^7 bis 10^8 / g annehmen. Fischteile und Fischfilets haben daher eine stark verminderte Haltbarkeit (19).

2.4.2.4 Lagerstabilität

Der Verbraucher erwartet von Fisch und Fischerzeugnissen, dass diese bestimmten Frischekriterien entsprechen und auch nach einer Zwischenlagerungsperiode durch einen einwandfreien Zustand zum Kauf anregen. Die Akzeptanz und Bewertung eines Produktes erfolgt stets in Zusammenhang mit seiner Lagerfähigkeit. Die Haltbarkeit des jeweiligen Erzeugnisses hängt von der Verderbsanfälligkeit ab, die neben den Inhaltsstoffen durch mikrobielle, autolytische und oxidative Prozesse bestimmt wird. Die Lagerbedingungen müssen demzufolge nach den Produkteigenschaften und den gegebenen äußeren Einflüssen ausgerichtet sein (46).

2.4.2.4.1 Gekühlte Ware

Die Primärflora von Fisch besteht aufgrund der kühleren Umgebungstemperatur zum Großteil aus psychrophilen Mikroorganismen, die sich auch bei niedrigen Lagertemperaturen effektiv vermehren. Deshalb ist kühlgelagerter Fisch auch weniger lange haltbar als Fleisch. Im Temperaturbereich von 4 bis 7 °C unter Luftkühlung kommt es zu einer raschen Keimentwicklung, da diese Bedingungen eher eine Erwärmung der Lebenstemperatur der Mikroorganismen darstellen. Unter Eiskühlung bei 0 bis 2 °C kommt es lediglich zu einer geringen Verzögerung der Keimentwicklung, weil die gestellten Kühlbedingungen nur wenig von den natürlichen Gegebenheiten abweichen. Um die Keimvermehrung möglichst effizient zu verlangsamen sollten nicht konservierter Fisch und Fischerzeugnisse daher bei Temperaturen von 0...2 °C gelagert werden. In Abhängigkeit von der Fischart und den Lebensbedingungen ergeben sich unterschiedliche Lagerzeiten (3):

Tab. 10: Orientierungswerte für die Haltbarkeit (Tage) verschiedener Fischarten bei Lagerung in Eis (0-2°C) (3)

Fischart	Haltbarkeit	Fischart	Haltbarkeit
Heringshai	21	Kabeljau	12
Heilbutt	21	Wittling	9
Rotbarsch	20	Hering	4...8
Scholle	18	Makrele	4...6
Seehecht	15	Sprotte	2...6

2.4.2.4.2 Tiefkühlware

Fisch ist als leicht verderbliches Lebensmittel selbst unter Gefrierlagerbedingungen nur sehr eingeschränkt haltbar:

- Einige Vertreter der psychrophilen Mikroorganismen vermehren sich selbst unter Gefrierlagerbedingungen. Bei 0 °C ist bei fast allen untersuchten Arten noch Wachstum vorhanden. Selbst bei -5 und -7 °C konnte bei einigen psychrophilen Arten noch eine Vermehrungsrate festgestellt werden. Mit sinkender Temperatur steigen die Inkubationszeiten: bei *Pseudomonas fluorescens* betragen sie unter Einfluss der Optimaltemperatur einen Tag, bei 0 °C 4 – 5 Tage und bei -3 °C 6 Tage (3).
- Bei langfristig gelagerten Fischen und Fischerzeugnissen (Gefrier-, Trocken- und Salzfish) treten Verderbniserscheinungen auf, die auf Oxidationsreaktionen zurückzuführen sind. Durch den hohen Anteil an ungesättigten Fettsäuren ist die Oxidationsneigung von Fisch im Vergleich zu Wärmblüterfleisch deutlich erhöht und sorgt für eine erhebliche Begrenzung der Lagerfähigkeit. Die ungesättigten Bindungen nehmen unter Einfluss von Licht besonders leicht Sauerstoff auf und werden durch Oxidation gespalten. Die Doppelbindungen können als konjugierte oder isolierte Bindungen vorliegen, wobei isolierte Systeme reaktionsfähiger sind als konjugierte (3).
 - Konjugierte Doppelbindung $-CH_2-CH=CH-CH=CH-CH_2-$
 - Isolierte Doppelbindung $-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-CH_2-$

Es erfolgt zunächst eine Radikalbildung an einer reaktiven CH₂-Gruppe zwischen den Doppelbindungen, die sich fortsetzt bis weitere Reaktionsstufen als Kettenreaktion (Autoxidation) ablaufen. Die Reaktivität und Neigung zur Oxidation steigt mit der Anzahl der Doppelbindungen stark an. Der Fettanteil von Fischen und Fischerzeugnissen wird durch Autoxidation stark

verändert (3): Spaltprodukte wie Aldehyde, Ketone und kurzkettige Fettsäuren sind für schlechten Geruch und Geschmack verantwortlich (19). Autoxidative Prozesse können mit Hilfe radikalbindender Komponenten (Antioxidantien) gehemmt werden. Die Lagerfähigkeit der verschiedenen Fischrohstoffe hängt vom Fettgehalt und vom Anteil ungesättigter Fettsäuren ab und kann daher sehr unterschiedlich sein. Mit sinkender Lagertemperatur wird die Haltbarkeit in jedem Fall erhöht (3).

Tab. 11: Lagereignung verschiedener Fischarten bei – 18 °C (3)

Fischart und empfohlener Schutz	Lagerfähigkeit (Monate)
1. sehr schlecht lagerfähig: Buckel-Lachs (glasieren und verpacken)	4...6
2. schlecht lagerfähig: Forelle, Hering, Sardine, Karpfen, Span. Makrele, Katfisch, Sprotte, Keta-Lachs, Schildmakrele, Stöcker, Makrele, Thunfische (glasieren und verpacken)	5...8
3. mittlere Lagerfähigkeit: Barsch, Kisutsch-Lachs, Blei, Plattfische, Blaurücken-Lachs, Plötze, Heilbutt weiss, Rotbarsch (verpacken)	5...12
4. gut lagerfähig: Kabeljau, Schellfisch, Krebstiere, Seehecht, Lodde, Polarstint, Wittling, Poutassou (verpacken)	über 12

3 Experimenteller Teil

3.1 Präzisierte Aufgabenstellung

Die Aufgabe der vorgelegten Dissertation umfasst die Entwicklung neuartiger Produkte mit Convenience-Charakter aus Süß- und Salzwasserfischen. Im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsprojektes der Sachsenfischland GmbH, dem Institut für stadt- und agrarökologische Projekte Berlin (IASP) und dem Fachgebiet Technologie proteinreicher Lebensmittel der TU-Berlin sollen innovative Erzeugnisse entstehen, die folgenden Kriterien entsprechen:

- rohfischartig
- schnittfest
- praktisch grätenfrei
- in Form und Größe variabel

Um das Produktsortiment möglichst vielfältig gestalten und Erzeugnisse unterschiedlicher Preiskategorien herstellen zu können, sollen zwei Grundprodukte geschaffen werden. Die beiden Erzeugnisarten sollen sich in mehreren Punkten voneinander unterscheiden:

- Rohmaterial
- Zutaten
- Grad der Veredelung
- Art der Endzubereitung

Während das **Premium-Produkt** ausschließlich zum rohen Verzehr gedacht ist, soll das **fermentierte Karpfenprodukt (FKP)** in der Endzubereitung gegart werden und zur Verlängerung der Lagerfähigkeit gefriertauglich sein. Der Hauptrohstoff Karpfen soll mit weiteren, möglichst preisgünstigeren Fischarten kombiniert werden, um zum einen die Produktvielfalt zu erhöhen und zum anderen den Preis des Rohwareneinsatzes zu verringern. Die Veredelung der einzelnen Produkte kann durch ergänzende Zutaten oder Verfahrensschritte erfolgen. Um eine Portionierbarkeit und leichte Weiterverarbeitung im Rohzustand zu gewährleisten, müssen die Produkte ein gewisses Maß an Formstabilität und Schnittfestigkeit aufweisen. Bei der Verarbeitung grätenreicher Fischarten wie dem Karpfen gilt es, die Grätenstruktur im Laufe des Verfahrens entweder mechanisch oder chemisch so zu beeinflussen, dass die Produkte im Sinne des Verbrauchers „praktisch grätenfrei“ sind. Die Bezeichnung „praktisch grätenfrei“ bedeutet, dass Fischfilets und Teile von Fischfilets höchstens 2 Gräten (Fehlergräten) enthalten. Zu Fehlergräten zählen alle Gräten und Grätenteile, die länger als 10 mm sind und einen Durchmesser von über 1 mm haben (47), (48).

Das Hauptziel des Verarbeitungsprozesses ist, die sensorischen und funktionellen Eigenschaften des nativen Rohstoffes Fisch trotz der verfahrensbedingten Eingriffe weitgehend zu erhalten. Das fermentative Rekonstitutionsverfahren stellt den ersten Schritt zur Veredelung der Rohware dar: die Verfremdung des Rohstoffcharakters soll so gering wie möglich sein und sich weniger in textuellen oder geschmacklichen Veränderungen zeigen, sondern vielmehr durch eine neue Formgebung bedingt sein. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, kommt es primär darauf an, die Faserstruktur zu erhalten, die für die textuellen Eigenschaften (Biss- und Schnittfestigkeit) verantwortlich ist. Zudem soll das Rohmaterial eine möglichst milde Säuerung erfahren und dadurch

geschmacklich aufgewertet werden. Die optische Modifizierung soll durch einen Formgebungsprozess realisiert werden.

Aus den gewonnenen Erkenntnissen des theoretischen Teils kann zusammengefasst werden, dass Fisch ein verarbeitungs- und lagerungstechnisch komplexerer Rohstoff ist als Fleisch. Trotz der Übereinstimmungen mit dem Fleisch warmblütiger Tiere im Hinblick auf den Aufbau der Muskulatur und auf die chemische Zusammensetzung gibt es wesentliche Unterschiede, die zu abweichenden funktionellen und verarbeitungstechnologischen Eigenschaften führen:

- unterschiedliche chemische und physikalische Eigenschaften der Fischfette und -öle
- schwankender Fettgehalt
- schwankender Wassergehalt
- lockerere Bindungen zwischen den Eiweißbausteinen
- niedrigerer Bindegewebsanteil
- überwiegend kollagenhaltiges Bindegewebe
- vergleichsweise kurze Muskelfasern
- andere Mikroflora
- unterschiedliche Form und Größe der Fische
- Anteil an Zwischenmuskelgräten
- spezifische rote Muskulatur
- geringerer Myoglobingehalt

In Versuchsreihen vorhergehender wissenschaftlicher Arbeiten des Fachgebietes Technologie proteinreicher Lebensmittel der TU-Berlin wurden bereits fermentativ rekonstituierte Fleisch- (Schweine- und Geflügelfleisch) und Fischprodukte (Karpfen und Alaska Seelachs) hergestellt. Die Ergebnisse zeigten, dass sich Fisch in ähnlichem Maß zur fermentativen Rekonstitution eignet wie Fleisch. Vergleicht man jedoch die Qualität der Endprodukte aus Fisch und aus Fleisch, treten deutliche Unterschiede hinsichtlich der Schnittfestigkeit, des Schnittbilds, des Geschmacks und der Formstabilität hervor: die rekonstituierten Fischprodukte sind den Fleischerzeugnissen in sämtlichen Qualitätsparametern unterlegen. Darüberhinaus stellen die in den Karpfenfilets enthaltenen Zwischenmuskelgräten eine zusätzliche Problematik dar.

Die Erarbeitung nachstehender Parameter soll zu einer Optimierung des Rekonstitutionsverfahrens führen, um die wirkungsvolle Verarbeitung der Rohstoffe und die Umsetzung der Endproduktspezifikationen gewährleisten zu können.

- **Rohstoffanalyse (insbesondere des Karpfens)**

Erfassung des strukturellen Aufbaus der Muskulatur (Textur des Fischfleisches, Fleischfarbe),
des pH-Wertes und der Rohstoffmikrobiologie

Ermittlung des Fett- und Wassergehaltes

Bestimmung der Garverluste

- **Analyse der Zwischenmuskelgräten des Karpfens und Ermittlung geeigneter Methoden zur Beeinflussung oder Entfernung**
 1. auf mechanischem Weg: Ermittlung von Anzahl, Form und Anordnung der Gräten
 2. auf chemischen Weg: Untersuchung des Aufbaus und der Zusammensetzung der Gräten, Ermittlung wirkungsvoller Stoffe zur Grätenerweichung
- **Ermittlung der Kombinierbarkeit der einzelnen Fischarten mit dem Karpfen (technologisch und sensorisch)**
 1. Welche Mengenanteile können verarbeitet werden?
 2. Welche sensorischen Vor- und Nachteile gibt es in Abhängigkeit von der Fischart?
- **Ermittlung des Zerkleinerungsgrades und der Zerkleinerungsart**
 1. Welche Zerkleinerungsart ist für die Rekonstitution von Fischfilet geeignet?
 2. Bis zu welchem Zerkleinerungsgrad bleiben die fischtypischen textuellen Eigenschaften erhalten?
 3. Welche Zerkleinerungstechnik führt zu einem ansprechenden Schnittbild?
- **Ermittlung des Anteils an feinstzerkleinertem Fischmuskelgewebe (Farce) zur Unterstützung der Bindungsbildung**

Erprobung von Mengenanteilen, Mischmodalitäten und Einwirkzeiten:

 1. Welche Menge an Fischfarce trägt zur Verbesserung der Bindungsbildung bei?
 2. Durch welchen Farceanteil werden Schnittbild und Textur optimiert?
 3. Wie lange und wie stark darf gemischt werden, um die bindungsbildenden Proteine zu aktivieren und die entstandenen Bindungen nicht durch einen zu hohen mechanischen Energieeintrag zu zerstören?
 4. Welche Bestandteile hemmen die Bindungsbildung?
 5. Welche Zutaten fördern die Bindungsbildung?
 6. Welche Einwirkzeiten sind unter Zugabe der Zutaten optimal?
- **Erprobung für die Rekonstitution geeigneter Mikroorganismen und Mikroorganismenmengen**

Welche Starterkultur und welche Konzentration führen zu einer effektiven pH-Wert-Absenkung ohne sensorische Nachteile hervorzurufen?
- **Ermittlung von Zutaten und Zutatenkonzentrationen**

zur Verbesserung des Fermentationsverlaufes, zur Unterstützung der Rekonstitution, zur sensorischen Optimierung der Produkte und zur Verlängerung der Haltbarkeit
- **Erfassung des Fermentationsverlaufs (Wirkzeiten, Temperaturen) und der Auswirkungen auf die Nachreifung der Produkte**
 1. Ist eine Regelmäßigkeit im Fermentationsverlauf festzustellen?
 2. Wie lang dauert die Fermentationsphase bis zum Erreichen des angestrebten End-pH-Wertes? Welche Faktoren beeinflussen den Ablauf der Fermentation? Inwieweit spielen Anfangs-pH-Wert, Zutaten, Zutatenkonzentrationen und Diffusionsbedingungen (Zerkleinerungsgrad, Mischerfolg) eine Rolle?

3. Hat die Dauer der Fermentation Auswirkungen auf die Produktqualität?
 4. Sollte nach Zeit oder nach End-pH-Wert fermentiert werden? Welcher End-pH-Wert ist für die Produkte im Hinblick auf Säurenote und Schnittfestigkeit geeignet?
- **Erkundung des Nachreifeprozesses**
Wie verhält sich der pH-Wert nach Abbruch der Fermentation? Ist der Verlauf des pH-Wertes regulierbar? Welche Faktoren sind dafür verantwortlich? Wie verändert sich die Qualität der Produkte im Laufe der Nachreifung?
 - **Gefrier-/ Taustabilität**
Sind die Produkte gefriertauglich? Treten nach dem Gefrieren entscheidende Qualitätsmängel auf? Falls ja, wie ist dem vorzubeugen? Wie verändern sich die Garverluste nach dem Einfrieren? Wie lagerstabil sind die Produkte?
 - **Sensorische Untersuchungen**
Der objektiven Beurteilung unterliegen Garverluste und pH-Werte. Der subjektiven Beurteilung unterliegen Geschmack, Textur, Optik und Handhabbarkeit.
 - **Haltbarkeiten, Lagerbedingungen**
 1. Wie lang sind die Produkte genießbar?
 2. Wie verändert sich die Mikroflora? Welche Keimzahlen entstehen? Welche Keime vermehren sich bevorzugt?
 3. Welche Maßnahmen können ergriffen werden, um einen vorzeitigen Verderb zu verhindern?
 - **Produktgestaltung**
Welche Form und welche Größe sind für Optik und Handhabung gleichermaßen vorteilhaft? Welche Verpackungsmöglichkeiten gibt es? Sollten die Produkte vorportioniert werden?
 - **Produktentwicklung**
Welche Produktformen können von den Grundprodukten abgeleitet werden? Welche Möglichkeiten gibt es, um die Produkte zusätzlich zu veredeln?

Die Ausarbeitung der aufgeführten Parameter sollte es ermöglichen, die gestellten Anforderungen zu erfüllen und zwei reproduzierbare sowie entwicklungsfähige Grundprodukte herstellen zu können.

3.2 Material und Methoden

3.2.1 Material

3.2.1.1 Geräte und Maschinen

Zur Fischeaufbereitung wurden die in der Fleischverarbeitung üblichen Geräte und Maschinen zum Einsatz gebracht. Bei der verwendeten heißbrauchthermischen Anlage handelt es sich um das Modell: Allround-System Rondette, H. Maurer & Söhne, Rauch und Wärmetechnik GmbH & Co KG Reichenau, Typ: MC-5/0693.

3.2.1.2 Zutaten und Chemikalien

Die eingesetzten Zutaten und Chemikalien sind handelsübliche Präparate, die unabhängig von der Herstellerfirma verwendet werden können. Bei den Zusatzstoffen Calciumacetat und Calciumchlorid handelt es sich um entwässerte, reine Stoffe. Das verwendete Nitritpökelsalz hat einen Natriumnitritanteil zwischen 0,4 bis 0,5 %.

3.2.1.3 Gefäße und Materialien

Für die Versuchsdurchführung wird eine handelsübliche Laborausstattung verwendet.

3.2.2 Methoden

3.2.2.1 Untersuchungsmethoden

3.2.2.1.1 Wasserbestimmung

Zur Beurteilung der Rohstoff- und Endproduktbeschaffenheit werden Wasser- und Fettgehalt ermittelt. Die Wasserbestimmung erfolgt im Ultra X 2010 / D in Anlehnung an die amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB BVL L 06.00-3 *Bestimmung der Trockenmasse in Fleisch- und Fleischerzeugnissen*.

3.2.2.1.2 Fettbestimmung

Die Fettbestimmung erfolgt im Ultra X Fettextraktor im Anschluss an die Wasserbestimmung in Anlehnung an die amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB BVL L 06.00-6 *Bestimmung des Gesamtfettgehaltes in Fleisch- und Fleischerzeugnissen*.

3.2.2.1.3 pH-Messung

Im Laufe der Fermentation kommt es infolge der mikrobiell gebildeten Milchsäure zu einer Absenkung des pH-Wertes. Der Fermentationsprozess wird bei einem bestimmten pH-Wert beendet, um die erwünschten mikrobiologischen, technologischen und sensorischen Eigenschaften zu erreichen. Der Endwert der Fermentation, pH 5,4, wurde in Vorversuchen mit Schweine- bzw. Geflügelfleisch ermittelt und als Orientierungswert für Fisch übernommen. Ziel ist, den End-pH-Wert zu ermitteln, der auch bei Fisch zu schnittfesten und haltbaren Produkten mit unauffälliger Säurenote führt.

Durch das Verschieben des pH-Wertes tritt eine Änderung des Ladungszustandes der Fleischeiweiße ein: H^+ -Ionen neutralisieren negative, OH^- -Ionen positive Ladungen. Die veränderte Gesamtladung der Proteine bewirkt eine Veränderung des Löslichkeitsverhaltens und des Wasserbindevermögens der Eiweiße. In einem bestimmten pH-Wert-Bereich hat das Protein keine Nettoladung und wird als isoelektrisch bezeichnet. Am sogenannten isoelektrischen Punkt der Fleischeiweiße, der im pH-Bereich 5,1 bis 5,3 liegt, ist das Eiweißnetzwerk maximal verdichtet und die Wasserbindekapazität am geringsten. Diese charakteristische Eigenschaft wird bei Schnellreifeprozessen genutzt, um ein Schnittfestwerden der Produkte ohne zusätzliche Trocknung zu erzielen (35).

Durch das Erfassen des pH-Wertes werden die Stoffwechselaktivität der Starterkultur sowie der Säuregrad im Produkt ersichtlich. Da die Säurebildung von zahlreichen Faktoren abhängt und nachhaltige Auswirkungen auf die Qualität der Endprodukte hat, wird dem Fermentationsprozess eine besondere Bedeutung beigemessen. Zur Optimierung der Produkte müssen sämtliche Zusammenhänge zwischen Einflüssen und Auswirkungen analysiert werden. Hierfür wird der pH-Wert im 30-Minuten-Takt abgelesen und in Form einer Kurve dargestellt. Die Analyse der Kurvenverläufe soll zu Erkenntnissen führen, die eine Standardisierung des Herstellungsprozesses ermöglichen. Im Rahmen der sensorischen Nachuntersuchung wird der pH-Wert tageweise gemessen und gibt Auskunft über den Reifegrad und die Säurenote des Produktes. Des Weiteren erlauben die Messergebnisse, Rückschlüsse über den Einfluss des Herstellungsprozesses und des Fermentationsverlaufes auf die Nachreifung zu ziehen. Die in diesem Zusammenhang ermittelten Parameter sollen im Sinne der Produkte verbessert werden.

3.2.2.1.4 Messung der Garverluste

Zum Erhitzen gedachte rekonstituierte Fischerzeugnisse können aus sensorischer Sicht nur solange als „genussfähig“ eingestuft werden, bis erste textuelle Veränderungen eintreten. Da das Wasserbindevermögen die Textur und die Saftigkeit des Produktes bestimmt, wird es als Maß für die sensorische Qualität sowie für den Reifegrad der Produkte genommen und in Form einer Garverlustmessung erfasst. Die thermische Behandlung führt nach dem Säuerungsprozess zu einer weiteren Denaturierung der Proteine, wobei filamentäre Strukturen wie Myofilamente und Kollagen schrumpfen. Die Temperaturerhöhung bewirkt eine Zerstörung der lipidhaltigen Zellmembranen, so dass intra- und extrazelluläres Wasser frei wird. Das Ausmaß des freiwerdenden Wassers hängt in erster Linie von dem Wasserbindevermögen der Fleischeiweiße ab und dient somit als messbarer physikalischer Qualitätsindex (45). Weder Eiweiß- noch Wassergehalt des Fleisches haben direkten Einfluss auf das Wasserbindevermögen. Verantwortlich sind vielmehr strukturelle Veränderungen der Proteine und damit verbundene Ladungsunterschiede (49).

Da die Garverluste von den Erhitzungsbedingungen beeinflusst werden, wird im Rahmen der Nachuntersuchung stets gleichermaßen verfahren:

- Schneiden der Proben in möglichst gleichmäßige Scheiben
- Auswiegen der einzelnen Scheiben (4 bis 5 Scheiben zur Ermittlung des Mittelwerts)
- Dampfgaren im Konvektomat bei 90 °C für 8 Minuten
- Abkühlen der Scheiben und erneutes Auswiegen
- Berechnen der Differenz und Darstellung des Ergebnisses in Prozent

3.2.2.1.5 Ermittlung der Trocknungsverluste

Infolge einer Grätenvorbehandlungsmethode von GRIEBEL (47), bei der Milchsäure in Karpfenfilets injiziert wurde, kam es zu einer Erhöhung der Wasseranteils im Muskelgewebe. Während der Versuche stellte sich heraus, dass ein hoher Gehalt an ungebundenem Wasser negative Auswirkungen auf die Rekonstitution hat. Daraus folgend wurde ein Teil des Wassers nach der Milchsäurebehandlung durch einen Trocknungsprozess entzogen. Die Trocknung der Filets erfolgte im Räucherschrank bei einer Temperatur von 25 °C und einer moderaten Luftumwälzung über einen Zeitraum von 30 bis 60 Minuten.

Da das Einfrieren der Produkte merkliche Qualitätsmängel hervorruft, wird in Anlehnung an GRIEBEL (47) ein Teil des auskristallisierbaren Wassers der unbehandelten Rohware durch Vortrocknen entfernt. Die Verringerung des Anteils an freiem Wasser soll zu einer Verbesserung der Qualität tiefgekühlter Produkte führen. In diesem Zusammenhang wird die Rohware sowohl in Form ganzer Filets als auch geschnitten vorgetrocknet. Zur Ermittlung des Trocknungsverlustes und der Trocknungsgeschwindigkeit werden die Filets bzw. Filetteile vor, während und nach der Trocknung ausgewogen.

3.2.2.1.6 Sensorische Untersuchung

Durch die technologischen Eingriffe und den fortschreitenden Reifeprozess kommt es zu qualitativen Veränderungen, die auch sensorisch beurteilt werden.

Um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, werden die Proben im Rahmen der sensorischen Untersuchung stets nach denselben Kriterien bewertet. Die Beurteilung wird am rohen und am gegarten Produkt durchgeführt, welches bei 90 °C acht Minuten lang im Konvektomat gedämpft wird. Die objektive Darstellung der Produktqualität erfolgt mit Hilfe eines Qualitätsindex, der aus den Untersuchungsergebnissen abgeleitet und zahlenmäßig ermittelt wird. Der Umfang der sensorischen Bewertung richtet sich nach dem jeweiligen Versuchsthema und umfasst in Abhängigkeit von Roh- oder Garzustand verschiedene Qualitätsparameter. Da die Qualitätsparameter einen unterschiedlichen Einfluss auf die empfundene sensorische und verarbeitungstechnologische Qualität der Produkte haben, werden sie mit Hilfe eines Faktors (1, 2 und 3) multipliziert und erhalten dadurch eine individuelle Gewichtung:

Tab. 12: Qualitätsparameter der sensorischen Bewertung mit entsprechendem Multiplikationsfaktor für den Roh- oder Garzustand

Untersuchungskriterien Rohzustand	Faktor	Untersuchungskriterien Garzustand	Faktor
Geruch	1	Textur	3
Schnittbild	3	Säurenote	3
Schnittfestigkeit	3	(Bei)Geschmack	2
Farbgebung	2	Eiweißaustritt	2
		Gräten	3

Zur genauen Einordnung des jeweiligen Qualitätsparameters erfolgt eine objektive Beschreibung und Benotung (Punktesystem 1 bis 5), die sich an nachfolgendem Schema orientiert:

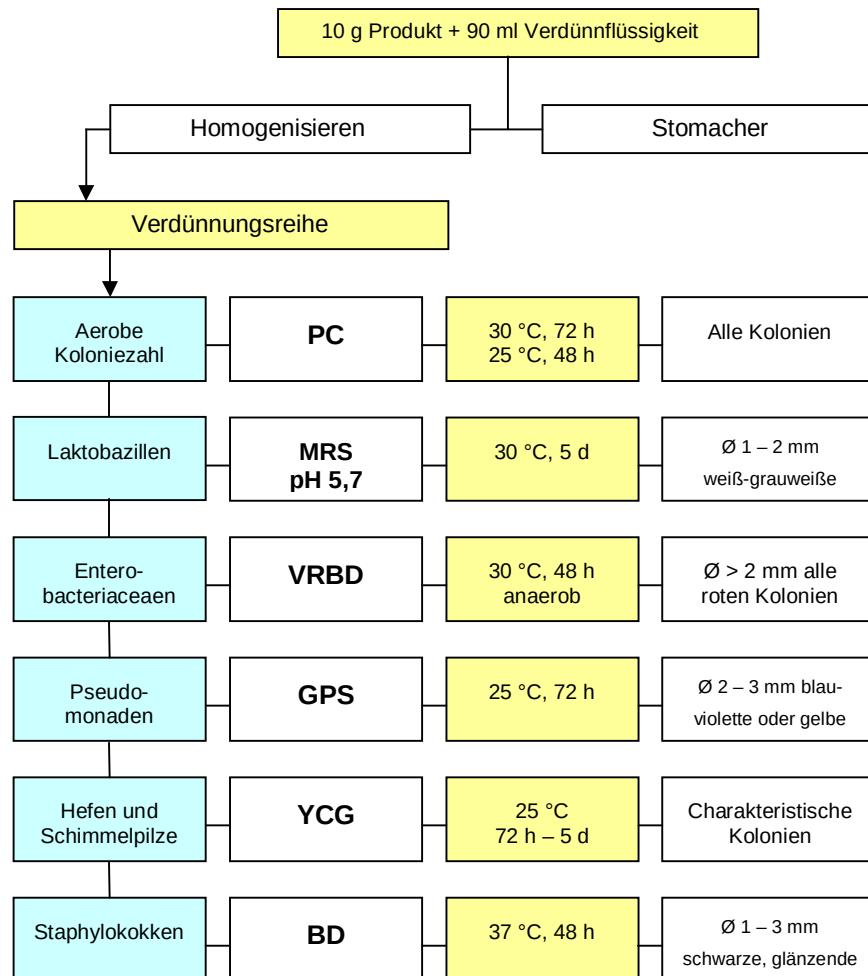
Tab. 13: Beurteilungs- und Punktesystem zur Validierung der Produktqualität

Kriterium Rohzustand	Beschreibung	Benotung 1= schlecht 5= optimal	Kriterium Garzustand	Beschreibung	Benotung 1= schlecht 5= optimal
Geruch	frisch, kaum fischig, kaum Säuregeruch	4-5	Textur	leicht zu zerteilen, fischtypisch, saftig zart	4-5
	ausgeprägte Säurenote, muffig, Fermentationsaroma	1-2		zu fest, schlecht zerteilbar, gummiartig, trocken	1-2
Schnittbild	ausgeprägte Myomerenstruktur, rohfischähnlich, ebenmäßig	4-5	Säurenote	mild, leicht, kaum vorhanden	4-5
	wurst-, bierschinkenähnlich, durchwachsen	1-2		intensiv, pikant, stechend, ausgeprägt	1-2
Schnittfestig- keit	sehr schnittfest	4-5	(Bei) Geschmack	kein Beigeschmack, arttypisch nach Fisch, angenehm gesalzen	4-5
	schlechte Rekonstitution, zu weich	1-2		metallisch, nussig, Fermentations- aroma, teichig, muffig	1-2
Farbgebung	kräftig rosafarben, frisch, wenig dunkle Stellen	4-5	Eiweißaustritt	kaum, leicht flächendeckend, filmartig	4-5
	bräunlich-beige, zahlreiche dunkle Stellen	1-2		punktuell, zahlreiche und große Ausflockungen	1-2
			Gräten	keine, erweicht aber spürbar, kaum kurze Stücke	5-3
				zahlreiche große Stücke	1

Der Qualitätsindex des Produktes errechnet sich aus der Summe aller Benotungen, die zuvor mit dem entsprechenden Faktor multipliziert werden. Je höher die Punktzahl, umso besser ist die Produktqualität. Die Bestimmung des QI erfolgt jedoch erst, wenn wenigstens drei Qualitätsparameter in die Beurteilung mit einfließen. Eine Differenzierung der Produktqualitäten ist andernfalls nicht möglich.

3.2.2.1.7 Mikrobiologische Untersuchung

Zur Beurteilung der Produktqualität werden neben den physikalischen, chemischen und sensorischen Untersuchungsmethoden mikrobiologische Untersuchungen durchgeführt. Aus den Ergebnissen können Erkenntnisse über den Anfangskeimgehalt des Rohstoffes, über die Keimzahlentwicklung in der Nachreifezeit sowie über die Haltbarkeit der Produkte gewonnen werden. Als Orientierungswerte werden die veröffentlichten Warn- und Richtwerte für verschiedene Fischereierzeugnisse von der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM) genutzt. Die Nachweisverfahren für die Kultivierung der entsprechenden Mikroorganismen werden in folgendem Diagramm erläutert:



(**PC-Agar**= Plate-Count-Agar, **MRS-Agar**= De Man, Rogosa und Sharpe Agar, **VRBD-Agar**= Violet-Red-Bile-Dextrose-Agar, **GSP-Agar**= Glutamat-Stärke-Phenolrot-Agar, **YCG-Agar**= Yeast-Extract-Glucose-Chloramphenicol-Agar, **BP**= Baird-Parker-Agar)

Abb. 18: Untersuchung von Fisch und Fischerzeugnissen (modifiziert nach (50))

Die Kultivierung und Auszählung der Mikroorganismen erfolgen nach den von BAUMGART beschriebenen mikrobiologischen Untersuchungen von Lebensmitteln (50) in Zusammenarbeit mit den am Forschungsprojekt beteiligten Studenten MEIER und GRÜNKORN (51) sowie dem wissenschaftlichen Mitarbeiter Karpinski durchgeführt.

3.2.2.2 Herstellungsmethoden

3.2.2.2.1 Herstellungsprinzip der fermentativen Rekonstitution

In Abb. 19 wird das Prinzip des Herstellungsverfahrens für fermentativ rekonstituierte Produkte dargestellt. Die einzelnen Prozessstufen müssen in Abhängigkeit von der Endproduktspezifikation auf die Verarbeitungseigenschaften des Rohstoffes und die sensorischen Zielstellungen ausgerichtet werden.

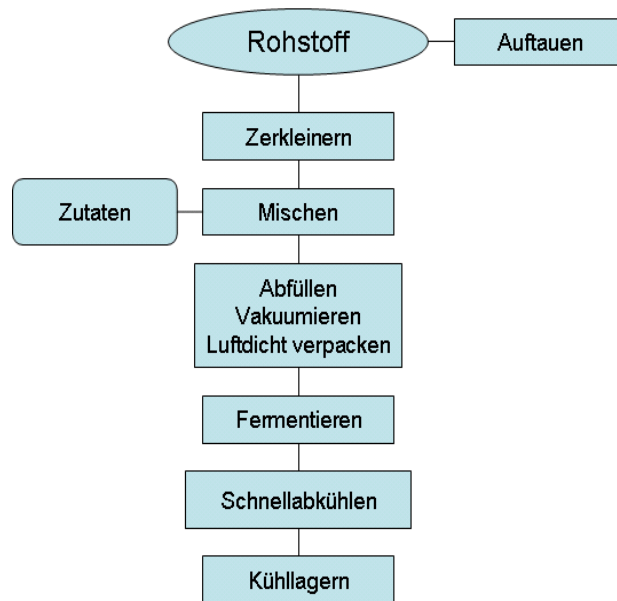


Abb. 19: Herstellungsprinzip der fermentativen Rekonstitution

3.2.2.2 Stufen des Herstellungsprozesses

Die grundlegenden Herstellungsparameter der fermentativen Rekonstitution können zunächst aus vorhergehenden Forschungsarbeiten des Fachgebietes Technologie proteinreicher Lebensmittel übernommen werden: in den Vorversuchen wurde mit Schweine- und Geflügelfleisch sowie mit Süß- und Salzwasserfischfilet und Karkassen gearbeitet. Die gewonnenen Erkenntnisse dienen als Basis für die weiterführenden Arbeiten.

Rohstoff

Karpfen bildet die Grundlage sämtlicher Produkte. Da Karpfenfilet aufgrund des geringen Ausbeutegrades relativ teuer ist, sollen preisgünstigere Fischarten wie Alaska Seelachs (auch Alaska Pollack), Butterfisch, Rotbarsch, Afrikanischer Wels und Pangasius mit verarbeitet werden. Alle Fischarten sind vor der Verarbeitung bereits filetiert, enthäutet und tiefgefroren. Das Mitverarbeiten von Haut und Karpfenkarkassen wurde wegen sensorischer und verarbeitungstechnologischer Nachteile ausgeschlossen. Sämtliche Fischrohstoffe werden vom Auftraggeber „Sachsenfischland GmbH“ geliefert.

Auftauen

1. Auftauen bei Raumtemperatur

In den kalten Monaten werden die Filets über Nacht bei Raumtemperatur aufgetaut. Der Dripsaft wird gesondert aufgefangen, um eine Kontamination des Rohstoffes mit dem Gewebswasser zu verhindern.

2. Auftauen im Kühlschrank bei 4 °C

Um den Fisch in der warmen Jahreszeit nicht zu hohen Außentemperaturen auszusetzen und ihn möglichst schonend und langsam aufzutauen, werden die Filets über 1,5 Tage im Kühlschrank bei einer Temperatur von 4 °C gelagert. Auch hierbei wird der Dripsaft separat aufgefangen. Je nach Fischmenge kommt es vor, dass die Filets nach 30 Stunden zum Teil noch angefroren sind.

3. Auftauen im Konvektomat bei 30 °C

Für ein schnelles Auftauen bietet sich die Möglichkeit, den Fisch im Wasserdampfmodus des Konvektomaten bei einer Temperatur von 30 °C und in Folie eingeschweißt aufzutauen. Der Wasserdampf ermöglicht eine bessere Wärmeübertragung und das Einschweißen verhindert eine zusätzliche mikrobielle Kontamination.

Zerkleinerung

Die Art der Zerkleinerung und der Zerkleinerungsgrad beeinflussen nicht nur die Textur und das Schnittbild des Endproduktes, sondern darüber hinaus den gesamten Produktions- und Reifeprozess: da es bei der Rekonstitution kommt es auf eine formstabile und mechanisch belastbare Vernetzung der Partikel an, so dass optimale Voraussetzungen für eine Aktivierung der Oberflächenproteine geschaffen werden müssen. In Abhängigkeit der Zerkleinerungsart kommt es zu einer mehr oder weniger starken Zerstörung der intakten Muskelstruktur. Die Beschädigung des Sarkolemmes führt zu einem Austritt von Gewebswasser, zur partiellen Herauslösung der Myofibrillen und nachhaltig zu einer Verschlechterung der textuellen Eigenschaften (35). Gelingt es, die Fleischteilchenoberfläche beim Zerkleinern nur leicht aufzurauen, wird das Herauslösen und Verfilzen der Oberflächenproteine beim Mischen bedeutend erleichtert. Der Zerkleinerungsgrad trägt wesentlich zu den Diffusionseigenschaften des Formkörpers bei und hat eine ausschlaggebende Bedeutung für den Verlauf der Fermentation und der Nachreifung.

Aus den Versuchsreihen der vorhergehenden Forschungsprojekte können einige geeignete Arten der Zerkleinerung übernommen werden:

1. Zerkleinerung im Wolf

In Abhängigkeit vom Rohstoff (Schweinefleisch, Geflügelfleisch, Fisch) kommen unterschiedliche Schneidsätze zum Einsatz: zur Zerkleinerung von Schweinefleisch auf eine Stückgröße von 2 bis 8 cm dient folgender Schneidsatz: Vorschneidescheibe - gezahntes Einflügelmesser - Vorschneidescheibe. Durch die Drehbewegung der Schnecke wird das Fleisch durch die Scheiben gepresst und an der Zahnung des Messers zerrissen. Hierbei werden unterschiedlich große Fleischteile mit aufgerauter Oberfläche geschaffen, wodurch die nachfolgende Oberflächenvernetzung der Proteine erleichtert wird. Um noch größere Partikel zu erhalten, kann das Einflügelmesser mit der ungeschliffenen Rückseite eingesetzt werden (52).

Zur Herstellung von Karpfenrouladen wird der Fisch mit folgendem Schneidsatz zerkleinert:

Vorschneidescheibe – Kreuzmesser - 8mm-Lochscheibe. Es entstehen an der Oberfläche angeraute, kleine Stücke, die sich beim Mischen zu einer hochviskosen Masse verbinden (53).

Bei der Rekonstitution von Hähnchenfleisch wird die 8mm- durch eine 13mm-Lochscheibe ersetzt: Vorschneidescheibe - Kreuzmesser - 13mm-Lochscheibe. Das Muskelfleisch der Oberkeule ist sehr fein gefasert und hat eine geschlossene, glatte Oberflächenstruktur. Bei einer ungeeigneten Zerkleinerungstechnik entsteht aus dem Geflügelfleisch eine Mus-ähnliche Masse. Geflügeloberkeulenfleisch darf im Vergleich zu Schweinefleisch daher nicht zu fein zerkleinert oder zu stark mechanisch belastet werden. Bei der Zerkleinerung mit der 13mm-Lochscheibe wird eine mittlere Stückgröße erzeugt und die Oberfläche der Fleischteilchen aufgeraut. Die Geflügelprodukte sind schnittfest und weisen gute textuelle Eigenschaften auf (54).

2. Zerkleinerung im Kutter

Eine weitere Zerkleinerungsmethode stellt der Kutter (Schneidmischer) dar, in dem zerkleinert und gemischt werden kann. Das Rohmaterial kann im ersten Gang bei langsamer Vorwärtsbewegung der Messer in 14 Runden oder im zweiten Gang in 4 Runden zerkleinert werden. Hierbei entstehen weniger aufgeraute Anschnittflächen und kleinere Fleischteilchen als im Fleischwolf. Die Endprodukte haben eine Wurst-ähnliche Textur (55).

3. Zerkleinerung im Streifenschneider oder per Hand

Die Fischfilets werden quer in einen handbetätigten Streifenschneider gelegt und mit den aneinander gereihten Lamellenscheiben zu 0,5cm-Streifen zerteilt (53). Um breitere Streifen zu erhalten, müssen die Filets mit der Hand zerschnitten werden. Da die Streifen sehr glatte Anschnittflächen haben, kann die Fleischoberfläche zusätzlich gesteakert werden: der Steaker besteht aus zwei mit Zähnen besetzten, parallel angeordneten Wellen, die ineinander greifen und das Stückgut oberflächlich einschneiden. Durch die leichte Schädigung der Muskeleoberfläche können die bindungsbildenden Proteine besser in Lösung gehen. Im Zuge dessen wird die Wirkung reaktiver Zutaten verbessert, da diese über die Einschnitte unter die Streifenoberfläche gelangen.

Zutaten

Die Grundrezeptur für fermentierte Fleisch- und Fischprodukte setzt sich wie folgt zusammen:

- Kochsalz (NaCl)
- Glukose
- Starterkultur (LC 1, SC 2)

Die Zutatenzusammenstellung wurde in den Vorversuchen mehrfach erprobt und auf den jeweiligen Rohstoff abgestimmt. Hierbei ergaben sich unterschiedliche Zutatenkonzentrationen. Je nach Rohstoffproblematik und sensorischen Merkmalen wurde die Rezeptur durch weitere Zutaten ergänzt:

Tab. 14: produktspezifische Rezepturen

	NaCl	Glukose	Starterkultur einfach= 2 ml / kg zweifach= 4 ml / kg	weitere Zutaten
Schwein	1,5 %	0,2 - 0,4 %	LC 1: Lactobacillus curvatus 1fach – 2fach	5 % Wasser 0,3 % Phosphat 1,5 % Nitritpökelsalz (NPS) oder 0,75 % NaCl + 0,75 % NPS
Geflügel	1,4 %	0,6 %	SC 2: Staphylococcus carnosus, Lactobacillus curvatus 2fach	2,5 % Wasser 0,125 % Natriumazetat (NA) 0,05 % Ascorbinsäure 0,4 g / kg Calciumchlorid (CC) 0,04 g / kg Lysozym
Fisch	1,2 - 1,3 %	0,6 - 0,9 %	LC 1 2fach	0,1 % NA

Im Laufe der experimentellen Forschung wird die Zutatenzusammenstellung für die fermentativ rekonstituierten Fischprodukte im Sinne der Produktqualität verändert und ergänzt. Die Bedeutung und Wirkungsweise der eingesetzten Zutaten wird nachfolgend erläutert.

Kochsalz

Das zugegebene Kochsalz (Natriumchlorid) dient neben der Geschmacksgebung zur Erhöhung der Wasserbindekapazität (Quellung) und zur Aktivierung des extrahierbaren Fleischeiweißes (Löslichkeit) (35). Ein Zusatz von bis zu 5 % Kochsalz bewirkt den sogenannten Einsalzeffekt: die Proteine quellen auf und binden mehr Wasser (31).

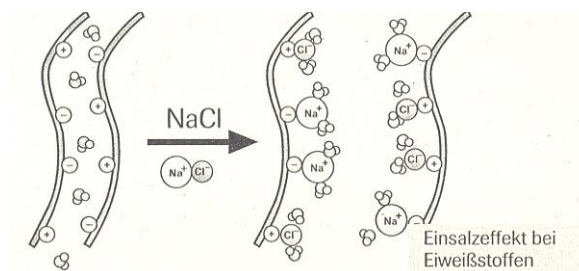


Abb. 20: Einsalzeffekt (56)

Vor der Zugabe des Natriumchlorids liegt das Fleisch- oder Fischeiweiß noch in seiner originären, filamentären Struktur vor und hat keine partikelbindenden Kräfte (57). In diesem Stadium sind die Proteinmoleküle durch zahlreiche Querverbindungen zu einem dichten Netzwerk verbunden und der Anteil an „freiem Wasser“ liegt locker gebunden in leicht auspressbarer Form vor (35). Nach der Zugabe löst sich das Salz in der natürlichen im Fleisch vorhandenen Flüssigkeit und zerfällt in Na^+ - und Cl^- -Ionen. Da die fadenförmigen Eiweißmoleküle herausstehende polare Aminosäuren haben, kommt es durch Anlagerung der niedermolekularen Gegenionen des Salzes zu einer Veränderung der Nettoladung der Proteinmoleküle (58), (31).

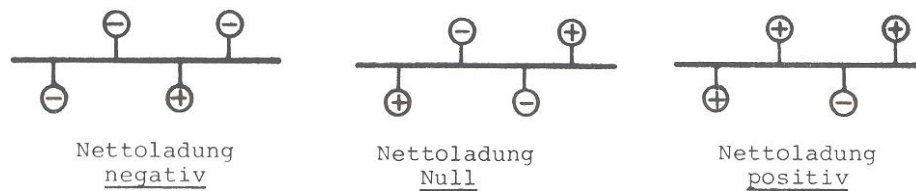


Abb. 21: Ladungszustand der Proteine (35)

Sobald sich die zur Strukturbildung beitragenden Na^+ -Ionen an die überwiegend negativ geladenen Proteinmoleküle anlagern, entfernen sich die Eiweiße voneinander und das Netzwerk wird aufgelockert. Nun können Wasserdipole zwischen den Eiweißstrukturen eingelagert werden, indem sie sogenannte Hydrathüllen um die Salzionen bilden. Ein großer Teil des „freien“ Wassers wird so in immobilisierter, wenig beweglicher Form festgehalten (58), (35). Die Hydratation ist umso größer je kleiner der Radius und je höher die Ladung des Ions ist. Kationen sind meist stärker hydratisiert als Anionen (31).

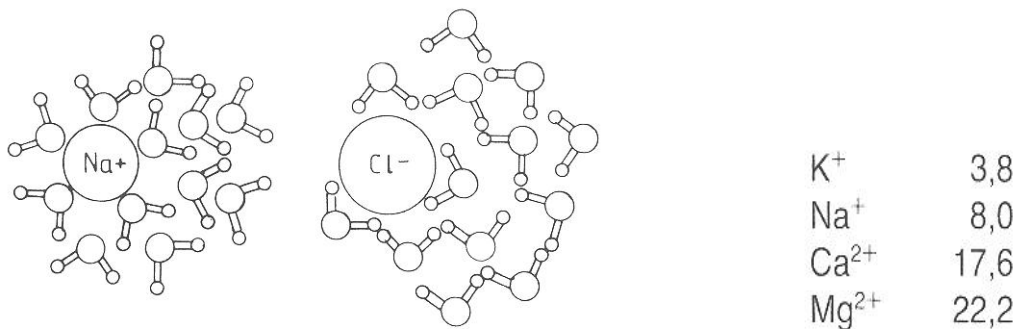


Abb. 22: Hydrathülle von Ionen (links) und Anzahl der Wassermoleküle pro Molekül (rechts) (31)

Bei einer entsprechenden Konzentration von 1,5 bis 5 % bringt das NaCl die Eiweißmoleküle nicht nur zum Quellen, sondern löst sie auch aus ihren Eiweißfilamenten heraus. Das im Muskel zu 30 % vorkommende Myosin ist in Wasser und physiologischen Salzlösungen von 0,9 % unlöslich (59). Bei einer höheren Salzkonzentration lösen sich die Polypeptidketten des Myosins zunehmend auf und es entstehen lösliche, oberflächenaktive Proteine (45), (60). Diese Eiweißfragmente bilden unter mechanischer Beanspruchung auf der Fleischoberfläche einen klebrigen, milchig-trüben Film. Der Überzug wirkt wie ein Klebemittel und ermöglicht die Ausbildung einer kompakten, zusammenhängenden Struktur der Fleischstücke (61). Die Chloridionen sind für den salzigen Geschmack verantwortlich. Bei wenig getrockneten Produkten, in denen viel freies Wasser vorhanden ist, kann nur mit geringeren NaCl -Konzentrationen gearbeitet werden. Der Salzgeschmack ist hier wesentlich ausgeprägter. Bei gut getrockneten Rohwürsten können höhere Salzgehalte zwischen 2,4 und 3 % verwendet werden, da die Chloridionen fester an die Fleischoberfläche gebunden sind (62). Die konservierende und a_w -Wert senkende Wirkung des Salzes kann bei Konzentrationen von 1,2 bis 1,5 %, die bei der fermentativen Rekonstitution eingesetzt werden, jedoch vernachlässigt werden.

Nitritpökelsalz

In der Fleischverarbeitung wird zur Herstellung bestimmter Erzeugnisse wie z. B. Rohwurst, Brühwurst, Rohschinken, Kasseler etc., Kochsalz durch Nitritpökelsalz ersetzt. Nitritpökelsalz ist eine Mischung aus Kochsalz mit einem Anteil von 0,4 bis 0,5 % (auch 0,8 %) Natriumnitrit E 250 und dient zur Umrötung, Aromabildung und Konservierung von Fleischerzeugnissen. „Unter „Umrötung“ versteht man eine durch Pökelfstoffe bewirkte Farbveränderung des Fleisches, wobei das Fleisch eine typische rote Farbe (Pökelrot) annimmt (63).“ Neben der farbverändernden und -stabilisierenden Eigenschaft hat das enthaltene Nitrit eine bakteriostatische Wirkung und verzögert oxidative Veränderungen (64). Da der Umröteprozess auf Veränderungen am Myoglobinmolekül zurückzuführen ist, können nur Fleischteile erfolgreich umgerötet werden, die einen ausreichenden Myoglobingehalt haben. Um bei den Rohfischprodukten eine frische und vor allem stabile Farbgebung zu erzielen, wurde der Kochsalzanteil versuchsweise durch Nitritpökelsalz ersetzt.

Glukose

Die Zugabe von Glukose hat im Rahmen der Fermentation keine geschmacksgebende Funktion, sondern dient als Nährstoffquelle für die Starterkultur. Da Fleisch und Fisch nur einen geringen Gehalt an vergärbaren Kohlenhydraten in Form von Glykogen haben, werden Zuckerstoffe hinzugegeben. Hierdurch kann eine effektive und schnelle Säuerung durch die zugesetzten Mikroorganismen gewährleistet werden. Da es bei einem kurzen Reifungsprozess auf eine schnelle pH-Wert-Senkung ankommt und keine Aromastoffe ausgebildet werden sollen, werden leicht vergärbare Einfachzucker wie Glukose eingesetzt. Glukose wird von den Mikroorganismen auf anaerobem Weg zu Milchsäure abgebaut (65):

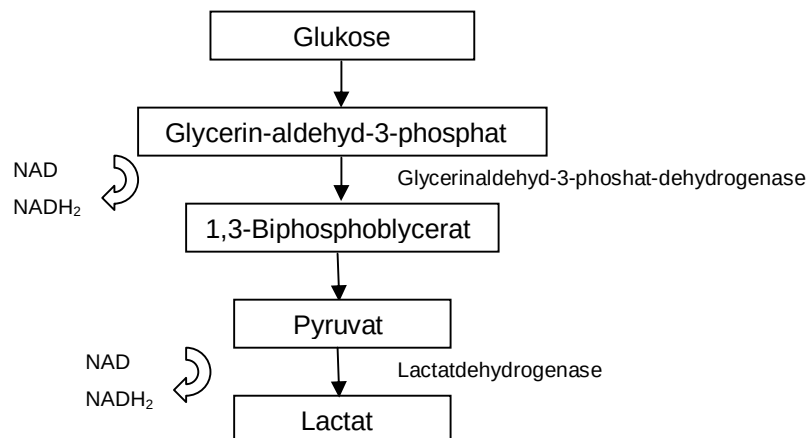


Abb. 23: homofermentativer Glukoseabbauweg zu Lactat (modifiziert nach (66))

Starterkultur

Starterkulturen werden in der Fleischverarbeitung zur Herstellung von Rohwürsten eingesetzt. Sie dienen der gezielten bakteriellen Steuerung des fermentativen Reifeprozesses, dessen Verlauf entscheidend für die Qualität des Endproduktes ist (67). Der Erfolg der Reifung hängt von zahlreichen Faktoren ab. Die entscheidenden Parameter werden nachfolgend aufgeführt:

- Anfangskeimgehalt des Rohstoffes
- Qualität und Zusammensetzung des Rohstoffes
- Zusammensetzung der Starterkultur
- Art und Menge der Zuckerstoffe
- Temperatursteuerung bei Herstellung und Reifung
- Regulierung der Luftfeuchtigkeit (62), (68)

Durch den mikrobiellen Abbau von fleischeigenen oder zugesetzten Kohlenhydraten entstehen zum Großteil organische Säuren, die zu einer Senkung des pH-Wertes führen (66). Im Bereich des isoelektrischen Punktes kommt es zur Gerinnung (Gelbildung) des Fleischeiweißes:

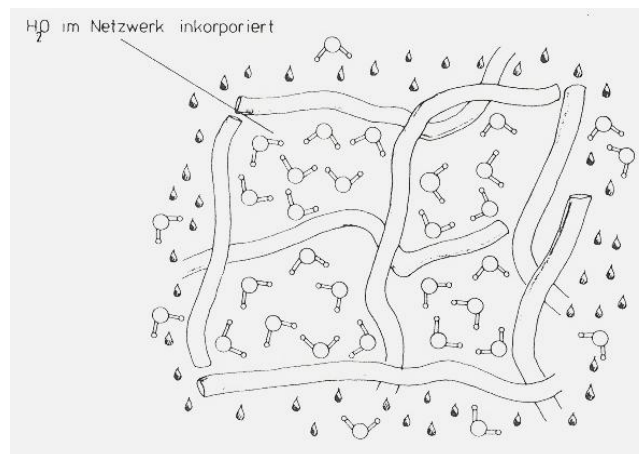


Abb. 24: Gel-Struktur (31)

Bei der fermentativen Rekonstitution kommt es im Gegensatz zur langsamen Rohwurstreifung weder auf Aromabildung noch auf Trocknung, sondern vielmehr auf eine schnelle pH-Wert-Senkung an. Die Schnittfestigkeit und Haltbarkeit langgereifter Erzeugnisse beruhen auf einem optimalen Verhältnis zwischen Säuerung und Trocknung. Kurzgereifte Produkte werden nicht getrocknet und haben deshalb auch eine wesentlich weichere Textur. Die mikrobiologische Stabilisierung der Produkte erfolgt ausschließlich durch die pH-Wert-Senkung. Für eine Schnellreifung bei $\geq 25\text{ °C}$ werden in der Regel homofermentative Starterkulturen verwendet, die fast ausschließlich Milchsäure bilden. Besonders geeignet sind Mikroorganismen der Gattung *Lactobacillus* (68). Laut Fleisch-Hygiene-Verordnung „(...) ist ein Erzeugnis fermentiert, wenn in seiner Keimflora die Lactobacillen (und andere Milchsäure bildende Bakterien wie z. B. *Pediokokken*) überwiegen und dadurch das Wachstum der schädlichen Keime, also der Konkurrenzflora unterdrückt wird. (...) bei ausreichend gereifter Mettwurst liegt die Konzentration an Milchsäurebakterien im Bereich von 10^7 bis $> 10^8$ KBE / g (69).“ Lactobacillen sind grampositive, stäbchenförmige Bakterien mit charakteristischem Gärungsstoffwechsel. Da es sich bei diesen Mikroorganismen um fakultative Anaerobier handelt, tolerieren sie Luftsauerstoff und können auch in seiner Gegenwart wachsen. Sie sind aber nicht in der Lage, Luftsauerstoff als Energiequelle zu nutzen: organische Substanzen wie z. B. Zuckerstoffe werden auf anaerobem Weg zu Milchsäure abgebaut. Bei der aeroben Glykolyse hingegen wird Glukose zu CO_2 und Wasser abgebaut. Heterofermentative Lactobacillen bilden neben Milchsäure auch größere Mengen an Essigsäure, CO_2 und Ethanol (31). In Vorversuchen zur fermentativen

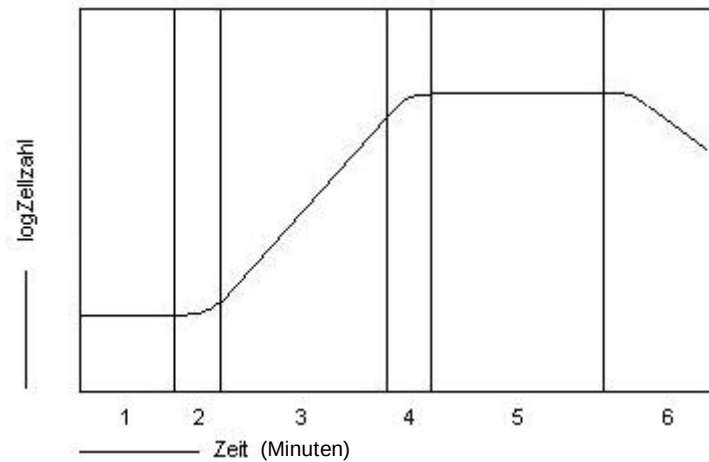
Rekonstitution mit Schweine- und Geflügelfleisch wurde mit zwei unterschiedlichen Starterkulturen gearbeitet:

1. SC2, Mischkultur (*Lactobacillus curvatus*, *Staphylococcus carnosus*),
Milchsäure- und Aromabildner
2. LC1, Reinkultur (*Lactobacillus curvatus*), Milchsäurebildner

Bei der Fischverarbeitung wurde die Reinkultur von *Lactobacillus curvatus* verwendet.

Die verwendeten Milchsäurebakterien in Starterkulturen sind so zusammengestellt, dass sie wenig Wasserstoffperoxid, keine unerwünschten Aromen und keine biogenen Amine durch Decarboxylierung bilden (68). Neben der Eigenschaft, den pH-Wert zu senken, haben *Lactobacillen* eine antimikrobielle Wirkung und können eng verwandte Mikroorganismen aufgrund ihrer Bakteriozinbildung hemmen. *L. curvatus* produziert vorwiegend Curvazin A, das eine bakteriostatische Wirkung gegenüber anderen Milchsäurebakterien und *Listeria monocytogenes* hat. Pathogene Bakterien wie *E. coli* und *Salmonella* werden durch die Bakteriozine allerdings nicht tangiert. Eine Wachstumseinschränkung erfolgt bei diesen Keimen in Abhängigkeit vom pH-Wert und der Säurestärke (68), (70). Durch die pH-Wert-Senkung werden überwiegend gramnegative Bakterien gehemmt. Besonders empfindlich sind Bakterien der Gattung *Enterobacteriaceae*. Unter den psychrotrophen Bakterien werden überwiegend Verderbniserreger der Gattung *Pseudomonas* gehemmt oder abgetötet. Hefen und Schimmelpilze sowie grampositive Bakterien und Sporenbildner werden vom pH-Wert hingegen kaum beeinflusst (62).

Im Rahmen des Schnellreifeverfahrens versucht man, optimale Bedingungen für die eingesetzten *Lactobacillen* zu schaffen. Die fakultativ anaeroben Bakterien vermehren sich bevorzugt in sauerstoffarmen Medien, so dass der beimpfte Rohstoff luftdicht verpackt wird. In diesem geschlossenen Lebensraum entsteht eine diskontinuierliche oder statische Kultur, was bedeutet, dass in der Wachstumsphase keine weiteren Nährstoffe zugeführt und keine Stoffwechselprodukte abgeführt werden. Durch den Mangel an Nährstoffen kommt es schließlich zum Wachstumsende (71), (72). „Als Wachstum bezeichnet man die irreversible Zunahme der lebenden Substanz, die in der Regel mit einer Vergrößerung und Teilung der Zelle verbunden ist (72).“ Bei einzelligen Mikroorganismen wird zwischen der Zunahme der Zellmasse während des Wachstums und der Erhöhung der Zellzahl unterschieden. Steigt die Anzahl der Mikroorganismen, wird von Vermehrung gesprochen. Die Wachstumsentwicklung einer statischen Kultur verläuft nicht mit konstanter Geschwindigkeit, sondern kann in Form einer Kurve, die in sechs Phasen unterteilt ist, dargestellt werden (72):



- (1) Latenzphase (2) Beschleunigungsphase (3) exponentielle Phase
(4) Verzögerungsphase (5) stationäre Phase (6) Absterbephase

Abb. 25: Wachstumskurve einer statischen Kultur (modifiziert nach (72))

Kurz nach der Beimpfung befinden sich die Lactobacillen in einem passiven Zustand, in dem noch keine Zellteilung, sondern eine Aktivierung des Stoffwechsels stattfindet. Dieses Stadium wird als Latenz-, Anlauf- oder „lag-Phase“ bezeichnet. Die Länge der lag-Phase variiert stark und endet mit der ersten Zellteilung. In der folgenden Beschleunigungs- oder Akzelerationsphase nimmt die Teilungsgeschwindigkeit stetig zu. Ist der Grad der Vermehrung konstant und maximal, wird von einer exponentiellen oder logarithmischen Teilung, kurz „log-Phase“ gesprochen. Die Generationszeit, die die Zeitspanne darstellt, in der eine Verdopplung der Zellzahl eintritt, erreicht in dieser Phase ihr Minimum. Bei Prokaryonten liegen die Generationszeiten zwischen 15 und 60 Minuten, bei Eukaryonten zwischen 90 und 120 Minuten. Durch Begrenzung des Nährstoffangebotes und / oder durch Anhäufung von Stoffwechselendprodukten kommt es zu einer Verringerung der Vermehrungsgeschwindigkeit; die Kultur geht in eine Verzögerungsphase über. Wenn schließlich keine Änderung der Zellkonzentration mehr messbar ist und ein Gleichgewicht zwischen neu gebildeten und absterbenden Zellen besteht, ist die stationäre Phase erreicht. Die sich anschließende Absterbephase oder letale Phase ist durch einen Rückgang der Zellzahl gekennzeichnet. In diesem Stadium sterben mehr Zellen durch Autolyse als neue gebildet werden (72).

In den Versuchsreihen wird pro Rohstoffcharge ein 20g-Paket der Reinkultur LC1 verwendet. Da der Inhalt eines Tütchens für 100 kg Fleisch gedacht ist, wird die Menge der eingesetzten Masse entsprechend angepasst. Die lyophilisierten Mikroorganismen sind mit pulverförmiger Glukose vermengt und werden zur Reaktivierung und gleichmäßigen Verteilung in ein Becherglas mit 200 ml handwarmem Leitungswasser gegeben und 30 Minuten lang auf einem Magnetrührer gemischt. Wenn der Herstellerempfehlung entsprochen werden soll, müssen 2 ml Flüssigkeit für 1 kg Rohware verwendet werden.

Calciumchlorid

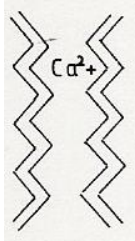
In Vorversuchen zur fermentativen Rekonstitution wurde neben Fisch mit Schweine- und Hähnchenfleisch gearbeitet, wobei sich die Herstellung von Hähnchenfleischerzeugnissen als besonders schwierig erwies. Unter den gleichen Prozessbedingungen entstanden stets weniger schnittfeste und instabilere Produkte. Infolgedessen wurden Zusatzstoffe mit festigenden Eigenschaften getestet, die keine Auswirkungen auf die Geschmacksgebung des Produktes haben sollten. Bei der Verwendung von Calciumchlorid kam es zu einer merklichen Verbesserung der Schnittfestigkeit ohne sensorische Nachteile mit sich zu ziehen. Der Zusatzstoff Calciumchlorid (E 509) dient bei der Käseherstellung als Festigungsmittel und Säureregulator, hat stark hygroskopische Eigenschaften und wird zur Trocknung eingesetzt (73). Um die zum Teil sehr empfindlichen Fischstrukturen zu festigen, wird Calciumchlorid auch bei der Herstellung von fermentativ rekonstituierten Fischerzeugnissen eingesetzt.

Genusssäuresalze

Durch die gebildete Milchsäure erhalten die Produkte eine mehr oder weniger ausgeprägte Säurenote. Der Säuerungsgrad hängt von mehreren Faktoren ab und kann im Sinne der angestrebten Produkteigenschaften beeinflusst werden. Sobald die Säure im Produkt in Abhängigkeit von ihrer Säurestärke protolysiert, d. h. H^+ -Ionen freisetzt, ändert sich der pH-Wert des Mediums. Je höher die Wasserstoffionenkonzentration ist, umso niedriger ist der pH-Wert. Um sensorische Einbußen zu vermeiden, die durch eine Übersäuerung zustande kommen, sollte ein zu hoher Anteil freier H^+ -Ionen vermieden werden. Zu diesem Zweck werden die Produkte mit Säureregulatoren versetzt. Bei den säureregulierenden Agenzien handelt es sich um eine Verbindung schwacher Säuren mit ihren Alkalisalzen, sogenannte Genusssäuresalze. Anstelle des H^+ -Ions enthalten die Salze Ca^{2+} -, Na^+ - oder K^+ -Ionen, die an die jeweilige Säure gebunden sind. Durch die Zugabe des Regulators kann ein Teil der H^+ -Ionen von den negativ geladenen Säuremolekülen gebunden werden. Hierbei wird der Anteil freier Wasserstoffionen und somit der pH-Wert im Lebensmittel in einem begrenzten Maß reguliert: die Wirkung eines Puffergemisches hängt von der Konzentration der gebildeten Säure und von dem Wirkungsbereich des jeweiligen Puffers ab, der eine Spannweite von maximal 2 bis 2,5 pH-Einheiten hat. Ober- und unterhalb dieses Bereiches ist die Pufferlösung unwirksam (74). Der organische Teil, der eine schwache Säure wie Essig-, Milch- oder Zitronensäure darstellt, kann in Abhängigkeit von der eingesetzten Konzentration einen geschmacksgebenden Einfluss auf das Lebensmittel haben. Darüber hinaus tragen die Zusatzstoffe durch die konservierenden oder antioxidativen Eigenschaften der jeweiligen Säure zu einer Verlängerung der Haltbarkeit bei.

Calciumlactat

Calciumlactat (E 327) dient als Säureregulator und hat im Vergleich zur reinen Milchsäure eine geringere konservierende Wirkung. In Pektin angereicherten Fruchtmischungen reagiert Calciumlactat zu unlöslichem Calciumpektinat, das zur Festigung des Lebensmittels beiträgt (75). Begründet ist dies durch die Ausbildung der sogenannten Egg-Box-Struktur. Das bivalente Calciumion ist in der Lage, die



Gelbildung des Pektins zu stabilisieren, indem es sich zwischen zwei Pektinmolekülen anlagert und die Immobilisierung des Wassers unterstützt (31).

Bei der Verarbeitung von Fleisch- oder Fischmuskelgewebe bewirkt das Calciumlactat eine Steigerung der Gelfestigkeit des Proteinnetzwerkes. Die Firma Purasal gibt bei Brühwürsten unter Zusatz von 2 % Calciumlactat eine Erhöhung der Wasserbindung und der Schnittfestigkeit sowie eine verlängerte Haltbarkeit an.

Abb. 26: Egg-Box-Struktur / Calciumverbrückung (31)

Calciumacetat

Calciumacetat (E 263) ist das Calciumsalz der Essigsäure. Acetate werden überwiegend als Säureregulatoren eingesetzt. Calciumacetat dient aber auch als Konservierungsstoff und Festigungsmittel (s. Calciumlactat) (76). Die konservierende Wirkung beruht auf dem Anteil an freigesetzter Essigsäure, die in der Lage ist, die Zellwand von Mikroorganismen zu durchdringen und die enthaltenen Eiweiße zu denaturieren. Essigsäure und Acetate werden vermehrt zur Konservierung und Geschmacksgebung in Fischprodukten eingesetzt (77).

Natriumacetat

Natriumacetat (E 262) ist das Natriumsalz der Essigsäure und dient zur Regulierung des Säuregeschmacks in Lebensmitteln sowie zur Konservierung (s. Calciumacetat). Die Wirkung der Natriumsalze beruht darauf, dass sie in Abhängigkeit vom Milieu kontrolliert Essigsäure freisetzen und so den Säuregehalt des Lebensmittels relativ konstant halten. Die gebildete Essigsäure verleiht dem Lebensmittel den typischen Essiggeruch und -geschmack und wirkt gleichzeitig als Konservierungsmittel. Da das Natrium als einfach positiv geladenes Ion nicht in der Lage ist, Querverbindungen auszubilden, hat es keine festigenden Eigenschaften (s. Calciumlactat) (78).

Mischen

Das Mischen des Rohstoffes mit den Zutaten erfolgt entweder per Hand oder in einem Knetarm-Mischer. In beiden Fällen kann der Mischprozess als „Knetmengen“ bezeichnet werden. Durch einen begrenzten mechanischen Energieeintrag können salzlösliche Proteine aus der Oberfläche des intakten Fleisches und aus der durch das Zerkleinern beschädigten Muskelstruktur herausgeknetet werden. Durch die Einbindung des freien Gewebswassers in dem aufgelockerten Proteingefüge und die Lösung einzelner Proteinfractionen entsteht ein klebriger, milchig-trüber Film, der die Fleischstücke zu einer einheitlichen, formbaren Masse verbindet. Bei maximaler Eiweißlösung und Wasserbindung steigt die Viskosität der Knetmasse im Laufe des Mischvorganges. Da bei dem Säuerungsprozess zuerst die Eiweiße denaturiert werden, die sich in unmittelbarer Nähe der säureproduzierenden Bakterien befinden, gilt es, einen möglichst starken Oberflächenproteinfilm zu erzeugen. Das beim

Absinken des pH-Wertes denaturierende Eiweiß bildet in der Folge eine stabile Proteinnetzwerkstruktur aus, wodurch die Anschnittflächen fest miteinander verbunden werden (30).

Abfüllen

In Abhängigkeit von der Produktionsmenge und der Produktart kann die Fischmasse entweder mit einer Abfüllmaschine oder per Hand in die jeweiligen Behältnisse überführt werden. Als Hüllmaterial eignen sich sowohl Kunststoffdärme als auch Polyethylen-Beutel (PE-Beutel) oder ausgelegte Formkästen.

Der Luftentzug und das Zuschweißen der Proben erfolgt im Vakuumierer. Hierdurch wird die Rohmasse verdichtet und Rekonstitutionsfehler wie Lufteinschlüsse minimiert. Durch den Entzug des Luftsauerstoffes werden zudem optimale Milieubedingungen für die fakultativ anaeroben Lactobacillen geschaffen. Da eine zusätzliche, externe Druckeinwirkung die Bindungsfestigkeit erhöht und das Rekonstitutionsergebnis deutlich verbessert, sollten die Produkte möglichst unter Druckeinwirkung fermentieren und nachreifen. Druck kann durch mehrfaches Zudrehen der Darmhülse, durch das Auflegen von Gewichten oder in Schinkenpressen erzeugt werden.

Fermentieren

Durch die Festlegung der Milieubedingungen (Temperatur, Sauerstoffzufuhr etc.) ist eine Eingrenzung des Wachstums der enthaltenen Bakterienarten gegeben. Je nach Bedarf können so spezifische mikrobielle Eigenschaften, die für die Produktqualität von Bedeutung sind, gesteuert werden. Bei der Verwendung einer Mischkultur können die Mikroorganismen unterschiedlich stark aktiviert werden und dadurch zu den gewünschten Produkteigenschaften führen. Da Lactobacillen bevorzugt in einem Temperaturbereich von 25 bis 30 °C wachsen, wird die Fermentationstemperatur auf 30 °C eingestellt. Der Fermentationsprozess erfolgt entweder in einer Räucher- bzw. Klimakammer oder in einem Sterilisationsschrank. Von jeder Charge wird eine Probe entnommen, die zur pH-Wert-Erfassung dient. Da es in Abhängigkeit von der Rohstoffqualität, den Diffusionsbedingungen und der Zutatenzusammenstellung zu einer unterschiedlich langen Fermentation kommen kann, die wiederum zu einer schwankenden Produktqualität führt, gilt es, die Kurvenverläufe im Sinne einer Prozessoptimierung festzuhalten und genau zu analysieren.

Daher wird der pH-Wert im 30-Minuten-Takt gemessen und nach Beendigung der Fermentation zu Vergleichszwecken in Form einer Kurve dargestellt. Der angestrebte gemittelte Endwert von 5,4 wurde aus Vorversuchen übernommen.

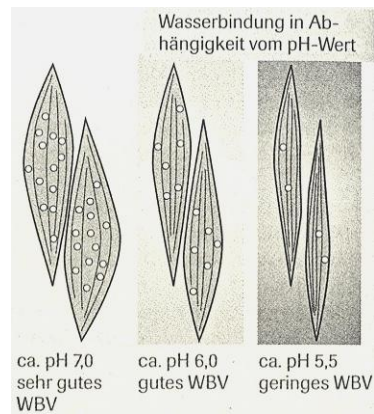


Abb. 27.: Wasserbindung in Abhängigkeit vom pH-Wert (56)

Der Ladungszustand der Proteine kann durch Zufügen von Säuren (H^+) oder Laugen (OH^-) geändert werden. H^+ -Ionen neutralisieren hierbei negative, OH^- -Ionen positive Ladungen:

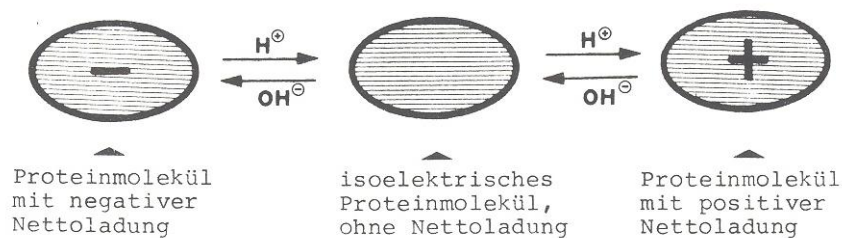


Abb. 28: Protein-Nettoladung (35)

Da es bei der Fermentation zu einer Milchsäureanreicherung im Produkt kommt, kann ein zu tiefer pH-Wert sensorische Nachteile mit sich ziehen. Das Verhältnis von Säuregrad und Schnittfestigkeit muss in Abhängigkeit vom Rohstoff, von der Erzeugnisart und von der Endzubereitung des Produktes abgewogen werden (35).

Schnellabkühlen

Das Schnellabkühlen erfolgt nach Erreichen des End-pH-Wertes im Kühlschrank bei + 2 °C. Durch die Zugabe von Eis kommt es zu einer besseren Wärmeabfuhr, so dass die Temperatur im Produkt schneller gesenkt wird. Der plötzliche Temperaturabfall bewirkt eine Verlangsamung der Stoffwechselaktivität der Lactobacillen, so dass der pH-Wert nicht weiter sinkt und die Produkte nicht übersäuern.

Kühl lagern

Die Produkte werden im Kühlschrank bei + 2 °C gelagert. Für eine intensivere Kühlung sollte geschmolzenes Eis erneuert werden.

3.3 Versuchsteil 1

Rohstoffuntersuchung und -analyse

Der experimentelle Teil ist nach Themenschwerpunkten gegliedert: um die Rohstoffe, insbesondere den Karpfen, optimal verarbeiten können, erfolgt in Versuchsteil 1 eine anatomische und physiologische Analyse der einzelnen Fischarten. Im zweiten Versuchsteil werden die Verfahrensstufen des Herstellungsprozesses dargestellt, zu deren Optimierung mehrere Versuchsreihen auf der Basis des Hauptrohstoffes Karpfenfilet durchgeführt werden. Der Vergleich und die Auswertung der Versuchsergebnisse sollen zu einer Verbesserung der Produktionsabläufe führen und die Umsetzung des vorgegebenen Qualitätsstandards ermöglichen. Der dritte Versuchsteil umfasst die Übertragung des optimierten Herstellungsprozesses auf die Verarbeitung von Karpfen mit weiteren Fischarten. Die Ergebnisse zur sensorischen, physikalischen und mikrobiologischen Bewertung des Nachreifeprozesses von frischer und tiefgekühlter Ware werden in Versuchsteil 4 diskutiert. Im fünften und letzten Versuchsteil werden Veredelungs-, Zubereitungs- Entwicklungsmöglichkeiten der Produkte veranschaulicht, die zur Erweiterung und Gestaltung des Warensortiments dienen können.

3.3.1 Rohstoffe

Für die Herstellung von fermentierten Convenience-Erzeugnissen aus Süß- und Salzwasserfischen sollen im Auftrag der Sachsenfischland GmbH zwei tragende Produktlinien geschaffen werden:

1. ein hochwertiges Premiumprodukt (PP) aus Karpfen, in Schinken- oder Aufschnittform für den rohen Verzehr.
2. ein fermentiertes Karpfenprodukt (FKP) mit einem Fremdfischanteil, der in Abhängigkeit von den verarbeitungstechnologischen und sensorischen Eigenschaften im Sinne der Wirtschaftlichkeit des Endproduktes variiert werden soll. Die FK-Produkte sollen gefriertauglich sein und als zugarende Convenience-Erzeugnisse in unterschiedlichen Formen angeboten werden können.

3.3.1.1 Verarbeitete Fischarten

3.3.1.1.1 Süßwasserfische

Karpfen (*Cyprinus carpio*)

Karpfen sind wärmeliebende Fische (Optimaltemperatur 25 – 27 °C), die sich vorwiegend am Grund von flachen Gewässern aufhalten und keinen hohen Sauerstoffgehalt im Wasser benötigen. Unter guten Lebensbedingungen ist der Karpfen ein schnellwachsender Fisch, der im ersten Lebensjahr ein Gewicht von 15 bis 500 g, im zweiten von 150 bis 1000 g und im dritten von 350 bis 2000 g erreicht. Die Fische halten auch rauerem Bedingungen stand, wachsen dann jedoch langsamer. Die Einführung der Karpfenzucht in Teichen ist auf die ausgezeichneten Wirtschaftseigenschaften des Fisches zurückzuführen. Karpfen aus Aquakulturen haben einen ausgeprägt hochrückigen Bau, der durch eine höhere Masse im Verhältnis zur Körperlänge gekennzeichnet ist (79).

Trotz der positiven Züchtungseigenschaften ist der Karpfen seit jeher ein saisonbedingt konsumierter Fisch, der überwiegend zu traditionellen Anlässen wie Weihnachten, Silvester und Ostern zubereitet

wird. Gründe hierfür sind seine arttypischen Merkmale, die ihn zu einem Fisch mit hohem sensorischen Wiedererkennungswert machen: das feste, geschmacksintensive Fleisch kann in Abhängigkeit von der Fütterung und den Aufzuchtbedingungen eine mehr oder weniger modrige bzw. teichige Geschmacksnote annehmen.

Der Hauptgrund für die Zurückhaltung beim Karpfenverzehr sind jedoch die zahlreichen Zwischenmuskelgräten, die ohne Verbindung zum Skelett zwischen den Muskelsegmenten liegen und jedes Karpfenessen zur Konzentrationsaufgabe werden lassen. Karpfenartige Fische weisen zwischen 70 und 100 Zwischenmuskelgräten auf, die nicht nur spitz und lang, sondern häufig einfach oder sogar mehrfach verzweigt sind. Hinzu kommt, dass die Lage der Gräten im Filet kaum zu erkennen ist (19).

Afrikanischer Wels (*Clarias gariepinus*)

Der Afrikanische Wels gehört zu den welsartigen Fischen und ist an seinen Barteln, dem lang gestreckten, schuppenlosen Körper und den zum Teil stark gepanzerten Hautknochenplatten zu erkennen. Die Fische werden überwiegend in angelegten Teichen gezüchtet und können unter optimalen Lebensbedingungen bis zu 2 m lang und 80 kg schwer werden. Ursprünglich kommt der Afrikanische Wels aus warmen, ruhigen Gewässern Zentralafrikas. Auf dem deutschen Markt vorhandene Fische stammen hingegen zum Großteil aus holländischen Kreislaufanlagen. Der Afrikanische Wels erfreut sich zunehmender Beliebtheit, was sich durch effiziente Zuchtprogramme und der daraus resultierenden niedrigen Einkaufspreise sowie durch das schmackhafte, rötliche Fleisch begründen lässt (80).

Pangasius (*Pangasius hypophthalmus*)

Der Pangasius lebt in Flüssen und Seen Südostasiens. Er gehört zur Familie der Welse und wird auch als Schlankwels bezeichnet. Die Tiere wachsen vergleichsweise schnell und können eine Länge von 1,50 m erreichen. Auf Grund der guten Zuchteigenschaften können die vegetarischen Fische hervorragend in Aquakultur (Teiche, Aufzuchtgehege) gezüchtet werden. Bei guten Bedingungen erreichen die Tiere in nur 6 bis 8 Monaten ein Schlachtgewicht von 1,5 bis 2 kg. Pangasius gilt als Wachstumsmotor der vietnamesischen Fischwirtschaft. Sein Fleisch ist weiß bis zart gelb, mitunter leicht rosafarben, fettarm und hat kaum Gräten. Auf Grund der günstigen Einkaufspreise, der vielfältigen Zubereitungsmöglichkeiten sowie des geringen Eigengeschmacks steigt sein Beliebtheitsgrad in Europa zunehmend. Traditionelle Süßwasserfische wie Scholle und Karpfen hat er bereits überholt. Auf dem Markt ist er ausschließlich tiefgefroren in Filetform mit unterschiedlichem Glasuranteil erhältlich (81).

3.3.1.1.2 Salzwasserfische

Flachseerotbarsch (*Sebastes marinus*)

Aus den Statistiken des FIZ geht hervor, dass Rotbarsch zu den fünf beliebtesten Speisefischen in Deutschland zählt (33). Dies ist auf sein festes, rotweißes und fettarmes Fleisch zurückzuführen, das vielseitig zuzubereiten ist. Der Rotbarsch lebt in Schwärmen, die überwiegend im Nordatlantik in

Tiefen bis zu 300 Metern (Tiefseerotbarsch „*Sebastes mentella*“ lebt in bis zu 1000 Metern Tiefe) vorzufinden sind. Die bevorzugte Wassertemperatur liegt zwischen 3 und 8 °C. Rotbarsche gehören der Familie der Panzerwangen an und haben charakteristisch harte, festsitzende Schuppen. Die Namensgebung ist durch das leuchtend rote Aussehen begründet (81). Für die Verarbeitung werden vorwiegend kleinere Fische von 30 bis 40 cm Länge und einem Gewicht von 1,5 bis 2 kg genutzt. Ausgewachsene Tiere können bis zu 60 Jahre alt, einen Meter lang und 12 bis 15 kg schwer werden (82).

Buttermakrele (*Lepidocybium flavobrunneum*)

Die Buttermakrele gehört zu der Familie der Schlangemakrelen (Gempylidae) und weist die für Makrelen typische, aalartige, schlanke Körperform auf. Ausgewachsene Tiere können bis zu 2 m lang und 50 kg schwer werden. Buttermakrelen leben in Schwärmen und halten sich in warmen Küstengewässern des Nordpazifik und Nordatlantik auf. Das Fleisch dieser Fische ist sehr fetthaltig und hat einen spezifischen Geschmack (83). Aus einem Bericht des Bundesinstitutes für Risikobewertung geht hervor, dass empfindliche Personen auf den Verzehr geräucherter Buttermakrele mit Durchfällen, Krämpfen und Erbrechen reagieren können. Experten vermuten, dass diese Reaktionen entweder durch den hohen Anteil an schwerverdaulichen Wachsestern oder durch allergen wirkende Fischproteine bzw. biogene Amine hervorgerufen werden (84). Die wirtschaftliche Bedeutung der Buttermakrele ist im Gegensatz zum Rotbarsch, Alaska Seelachs und Hering eher unbedeutend.

Alaska Seelachs (*Theragra chalcogramma*)

Alaska Seelachs ist der am meisten konsumierte Speisefisch in Deutschland. Der hohe Beliebtheitsgrad ist auf sein äußerst fettarmes und geschmacklich neutrales Fischfleisch zurückzuführen. Das besonders zarte, weiß bis leicht rosa aussehende Fleisch ist so fein, dass es unmittelbar nach dem Fang verarbeitet werden muss. Die Rohware wird überwiegend in Blöcken tiefgefroren importiert und deckt ca. 28 % des Marktes. Aufgrund der hohen Fangmengen, kam es in den letzten Jahren zu einer starken Abfischung dieser Art. Der Alaska Seelachs ist mit den dorschartigen Fischen verwandt, was an dem lang gestreckten Körperbau, den weiten Kiemenöffnungen und den Bartfäden erkennbar ist. Die Fische halten sich vorwiegend in Bodennähe in einer Meerestiefe von 30 bis 400 Metern auf. Alaska Seelachse sind relativ kleine Fische und werden etwa 80 cm lang (81).

3.3.2 Rohstoffanalyse

3.3.2.1 Nährstoffzusammensetzung und Textur der verarbeiteten Fischfilets

Ein sensorisch und chemisch-analytischer Vergleich der Fischfilets soll dazu beitragen, die Eignung zur Rekonstitution, die Kombinierbarkeit mit dem Karpfen und die im Herstellungsprozess auftretenden Reaktionen beurteilen zu können.

Aus den Ergebnissen der Vorversuche geht hervor, dass es für ein gutes Fermentationsergebnis in erster Linie darauf ankommt, hochwertige Rohstoffe zu verarbeiten, die eine mechanische

Belastbarkeit aufweisen. Geeignete Rohstoffe haben definierte Eigenschaften, die von der biochemischen Zusammensetzung, der Textur und der mikrobiologischen Flora bestimmt werden. Die Qualitätsmerkmale werden von folgenden Parametern charakterisiert:

- Anfangskeimbelastung / Kontaminationsgrad der Rohware
- Anteil von Wasser, Fett und Eiweiß
- Fettzusammensetzung
- Wasserhaltevermögen der Fleischeiweiße
- Muskelfaserstruktur / Bindegewebsanteil
- pH-Wert

Die Zusammenhänge zwischen den qualitätsbestimmenden Faktoren und dem Rekonstitutionsergebnis werden in den nachfolgenden Kapiteln diskutiert.

Tab. 15: Nährwerte der verarbeiteten Fischarten *(81), **(85), *** (86)

	Wasser in %	Eiweiß in %	Fett in %	Energie in kJ	Textur im Rohzustand, Farbe, Geschmack
Afrikanischer Wels **	76 - 78	18 - 20	1 - 2	731 (Wels)	festes Fleisch (fleischähnlich), rotfleischig, mild- bis kräftig- aromatisch
Alaska Seelachs*	80 - 83	14,7 - 18,9	0,2 - 1,0	314	empfindliche Struktur, leicht zu beschädigen (fischtypisch), weißfleischig bis leicht rosafarben, wenig Eigengeschmack
Buttermakrele***	66	15	18	1086	festes Fleisch (speckähnlich), weißfleischig, würzig- aromatisch, saftig
Karpfen*	72 - 78	16,7 - 19,3	2,0 - 7,1	523	festes Fleisch (fleischähnlich), hell- bis kräftig rosafarben, geschmacksintensiv, teilweise modrig bzw. teichig
Pangasius*	79 - 82	16 - 18	2,0 - 3,0	355	weiches Fleisch, von weiß über rosafarben bis zartgelb, wenig Eigengeschmack, saftig
Rotbarsch*	73 - 81	16,8 – 21,7	6 – 8,4	479	festes Fleisch, weißlich-beige, mild im Geschmack

Tab. 16: experimentell ermittelte pH-Werte der verschiedenen Fischfilets

	Afrik. Wels	Alaska Seelachs	Butter- makrele	Karpfen	Pangasius	Rotbarsch
pH-Wert- Bereich	6,6 – 7,0	6,6 – 6,8	6,4 – 6,9	6,25 – 6,6	6,7 - > 7,0	6,6 – 6,7
meist gemesse- ner pH-Wert	6,9	6,7	6,8	6,5	7,0	6,6

Der Vergleich der Werte zeigt, dass Fischarten wie z. B. Pangasius und Afrikanischer Wels eine ähnliche Nährstoffzusammensetzung wie der Karpfen haben. Andere Spezies wie z. B. Butterfisch weisen hingegen abweichende Nährwerte auf. Inwieweit die Fischfilets unter Beachtung der sensorischen und technologischen Aspekte miteinander verarbeitet werden können, wird im Kapitel 3.5 beschrieben und analysiert. Die Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung der Rohstoffe sind in Kapitel 3.6 aufgeführt.

3.3.2.2 Anatomische und chemische Eigenschaften des Hauptrohstoffes Karpfen

Der Hauptrohstoff Karpfen wird wegen seiner Artspezifität genauer untersucht. Karpfenfleisch unterscheidet sich von den übrigen Fischarten zum einen durch den hohen Anteil an Zwischenmuskelgräten und zum anderen durch den ausgeprägten roten Seitenmuskel. Diese beiden Faktoren haben einen ausschlaggebenden Einfluss auf die verarbeitungstechnologischen Eigenschaften des Rohstoffes. Bei den chemisch-physikalischen Untersuchungen wird ihnen daher besondere Bedeutung beigemessen.

3.3.2.2.1 Zwischenmuskelgräten im Karpfenfilet

Gräten sind Bindegewebsverknöcherungen von transversalen Bindegewebssepten (Myocommata) der Rumpfmuskulatur und haben kein knorpeliges Vorstadium. Gräten können wie Rippen die Wirbelsäule erreichen, stehen aber nicht mit den Wirbeln in Verbindung und gehören auch nicht zum eigentlichen Skelett. Sie bilden vielmehr einen Teil des Muskelsystems der Fische (87). Zwischenmuskelgräten sind überwiegend in Nutzfischen des Süßwassers vorzufinden und im Hinblick auf Lage, Form und Anzahl artspezifisch (19). In beiden Karpfenfilets befinden sich insgesamt zwischen 71 und 104 Zwischenmuskelgräten. Teilt man ein Karpfenfilet in Bauch- und Rückenteil entlang der Seitenlinie, liegen die Gräten im gesamten mittleren Rückenbereich und im Schwanzbereich des Bauchteils. Grätenfrei sind der Bauchlappen, der obere Rückenteil sowie der rote Seitenmuskel (88).

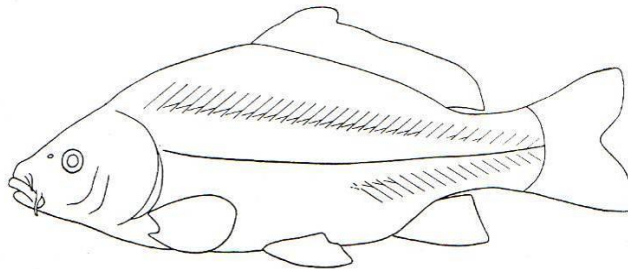
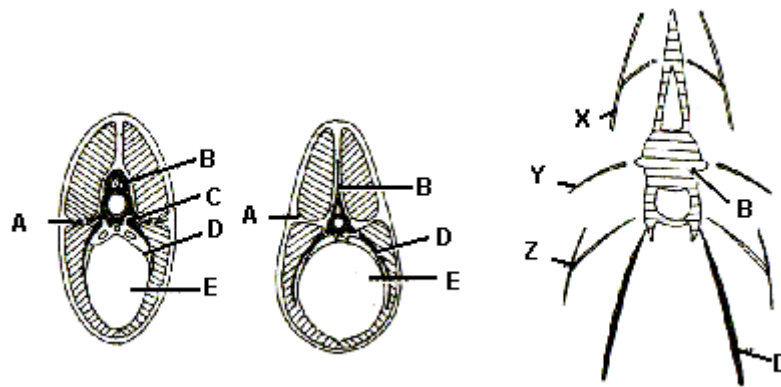


Abb. 29: Schematische Darstellung der Verteilung der Zwischenmuskelgräten im linken Filet des Karpfens (modifiziert nach (88))

Wie in Abb. 29 ersichtlich, sind die Gräten zum Großteil ein- bzw. mehrfach verzweigt. Unverzweigte Gräten sind in der Unterzahl und liegen vornehmlich im hinteren Schwanzbereich (88).

In der Literatur sind nur wenige Angaben über den chemischen Aufbau, die Funktion und die Lage der Zwischenmuskelgräten im Karpfen u. a. aufgeführt. Der mangelnde Kenntnisstand führt dazu, dass die Grätenproblematik im Rahmen einer gesonderten Forschungsarbeit analysiert wurde. Einige bedeutende Erkenntnisse können aus dieser Arbeit übernommen werden.



(A) Horizontalseptum (B) Wirbel (C) Dorsalrippe (D) Ventralrippe (E) Coelom
(X) Epineuralgräte (Y) Epicentralgräte (Z) Epipleuralgräte

Abb. 30: Querschnitte durch den Rumpf (v. l. n. r.)
eines Crossopterygiers, eines Teleosteers und eines Herings (Rippen und Gräten) (modifiziert nach (89))

Ein rein mechanisches Entfernen der Zwischenmuskelgräten ist nicht möglich, da mehrere Muskelfasern fest an einer Gräte inserieren und die Myomerenstruktur beim Herausreißen stark beschädigt wird. Eine chemische Behandlung erweist sich ebenfalls als schwierig, da die Agenzien nur über die Muskulatur an die Gräten gelangen können. Auf der einen Seite sind hierdurch erschwerte Diffusionsbedingungen gegeben, auf der anderen Seite wird die Muskulatur von der Chemikalie mit beeinflusst. Die Auswirkungen auf die funktionellen Eigenschaften der Muskelproteine und auf die Textur des Endproduktes sind in diesem Zusammenhang noch ungeklärt. Um die Diffusionswege zu verkürzen, müssen Gräten und Muskelfasern auf ein bestimmtes Maß gekürzt werden. Da die Myomerenstruktur durch die mechanische Vorbehandlung beschädigt wird und der native Fischcharakter verloren gehen kann, sollte das gewählte Verfahren möglichst rohstoffschonend sein. Im Rahmen der Rohstoffanalyse und der folgenden Verfahrensoptimierung soll nun eine geeignete Methode zum Entfernen der Zwischenmuskelgräten ermittelt werden, die die Beschädigung der Muskelstrukturen eingrenzt.

3.3.2.2.1.1 Chemische Zusammensetzung der Zwischenmuskelgräten

Im Rahmen der institutsinternen Forschungsarbeit von PETRUSCHKE und GRIEBEL wurde eine chemische Analyse des Aufbaus von Zwischenmuskelgräten durchgeführt. Mit Hilfe der Erkenntnisse sollte eine effiziente Methode zur Erweichung der Gräten entwickelt werden: von der Annahme ausgehend, dass Zwischenmuskelgräten auf Grund ihrer Funktion im Fischkörper und ihrer Deformationseigenschaften den gleichen chemischen Aufbau wie Knochen und Zähne haben, konnten die chemischen Verbindungen festgelegt und quantitativ bestimmt werden.

Die wichtigsten Bestandteile sind Collagen und Hydroxylapatit, die in Form eines mineralisierten Collagengeflechts mit darin eingelagerten Apatitkristallen vorliegen. Die anorganischen Bestandteile sind für die Härte der Gräte verantwortlich, der Collagenanteil hingegen für die strukturellen Eigenschaften. Die prozentualen Anteile der einzelnen Komponenten weichen jedoch von denen in Knochen und Zähnen ab.

Tab. 17: Ergebnisse der chemischen Analyse von Karpfengräten vergleichend zu Knochen und Zähnen (47)

Bestandteile	Zwischenmuskelgräten von K3	Knochen	Zahn (Dentin / Schmelz)
Hydroxyprolin	2,66 %		
Collagen (berechnet)	7,98 %	18 %	8 % / -
Phosphat	20,99 %		
Calcium (berechnet)	34,98 %		
Hydroxylapatit	Ca-Gehalt / 5 6,97 %	60 %	75 % / 95 %

Da die chemische Zersetzung von Zähnen auf dem Wirken organischer bzw. anorganischer Säuren (Phosphorsäure) beruht, wurde angenommen, dass die Struktur von Zwischenmuskelgräten ebenfalls durch Säuren angreifbar ist. Bei Versuchen an einzelnen Karpfengräten stellte sich heraus, dass alle angewendeten sauren Agenzien (Milch-, Wein-, Essig-, Zitronen- sowie Phosphorsäure) eine Wirkung auf die Gräten haben. Die zu beobachtende Erweichung der Gräte beginnt an der Spitze und führt schließlich in Abhängigkeit von der Einwirkzeit, der Säurestärke und der Säurekonzentration zu einem totalen Härteverlust. Laut PETRUSCHKE und GRIEBEL lässt sich dieses Phänomen wie folgt erklären: „Die Wirkung organischer Säuren, die durch Fermentation gebildet werden oder durch eine Vorbehandlung zugesetzt werden können, basiert auf der Absenkung des pH-Wertes. Bei pH-Werten $\leq 5,5$ folgt die Dissoziation des Apatits zu Calcium-, Phosphat- und Hydroxylionen. Das Wasserstoffion der Milchsäure verbindet sich mit den Phosphat- und Hydroxylionen unter Bildung von Hydrogenphosphationen und Wasser. Calcium liegt in Ionenform vor. Die Apatitstruktur ist zerstört. Die Gräte wird biegsam (47).“ Nach Zerstörung der Apatitstruktur bleibt das Collagengeflecht zurück, das durch die Säureeinwirkung in aufgequollener Form vorliegt und sensorisch nicht wahrnehmbar ist. PETRUSCHKE und GRIEBEL sind der Ansicht, dass eine mechanische Vorzerkleinerung der Gräten den Zersetzungsprozess beschleunigt. Durch das Anschneiden entstehen mehr geschädigte Oberflächenstrukturen, über die die Säure in das Gräteninnere eindringen kann (47).

3.3.2.2.1.2 Methoden der mechanischen Grätenbehandlung

Um eine größtmögliche Zerkleinerung der Gräten zu erzielen, werden die Fischfilets vorwiegend im Fleischwolf aber auch im Kutter, in Passiermaschinen, in Separatoren und anderen Spezialkonstruktionen zerstückelt. Die entstandene pastenartige Fischmasse ist „praktisch grätenfrei“, weist jedoch keinerlei Myomerenstruktur mehr auf. In der Regel wird die Rohmasse nach der Weiterverarbeitung in Präserven- oder Konservenform angeboten (19).

Eine klassische und einfache Art der mechanischen Vorzerkleinerung, die in fischverarbeitenden Betrieben durchgeführt wird, ist das Einlegen der Fischfilets mit Haut in einen Gabelgrätenschneider. Der Grätenschneider besteht aus einer Walze mit aufgesetzten Messerscheiben. Die Filets werden auf der Hautseite liegend über ein Förderband zugeführt und im Abstand von 3 bis 4 mm bis kurz vor die Haut eingeschnitten. Im Anschluss daran kann die Haut entfernt werden. Die Gerätehersteller geben an, dass die Gabelgräten durch das Einschneiden auf eine nicht mehr störende Größe zerkleinert und die Filets bedenkenlos verzehrt werden können (90).

Eine weitere Möglichkeit zur Entfernung störender Gräten ist das Herausschneiden: Stehgräten (englisch: pin bones), die bei bestimmten Fischarten vorhanden sind, werden beim Filetieren vom Skelett getrennt und verbleiben im Filet (19). Die sogenannten „pin bones“ können entweder manuell

durch einen keilförmigen Schnitt (V-Schnitt oder V-Cut) oder maschinell in speziellen Filetmaschinen, die mit einem Pin-Bone-Schneider ausgestattet sind, entfernt werden (48).

3.3.2.2 Analyse der Grätenlage im Karpfenfilet

Um eine mechanische Vorzerkleinerungsmethode zu ermitteln, die ein optimales Verhältnis zwischen der Stückgröße der Gräten und dem Erhalt der Myomerenstruktur schafft, werden weiterführende Analysen über die Lage der Gräten in den Filets vorgenommen.

3.3.2.2.1 Röntgenologische Untersuchung

Zur Verbesserung sämtlicher Schnitttechniken wird die Lage der Gräten eingehender untersucht. Anhand röntgenologischer Untersuchungen kann der Winkel der Gräten zur Längsachse und die Lage der Gräten zwischen den Myomeren verdeutlicht werden.

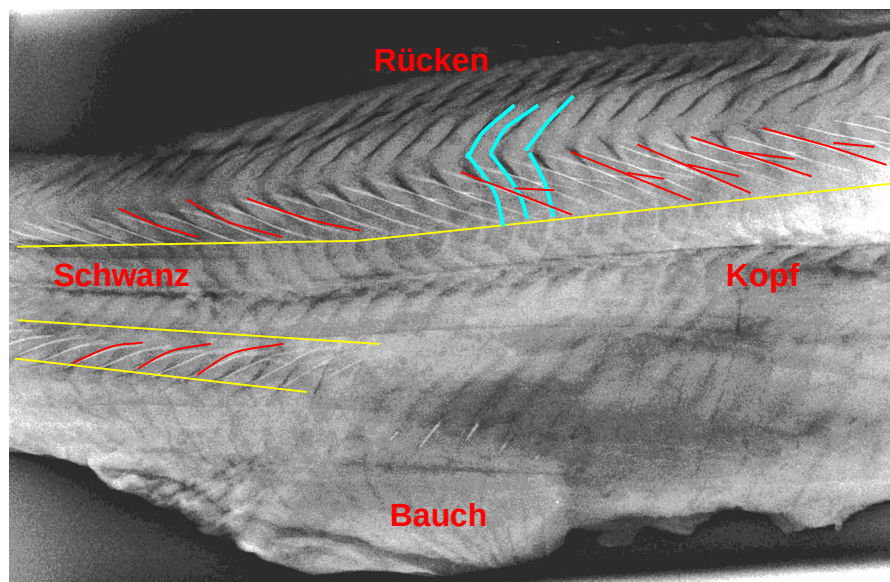
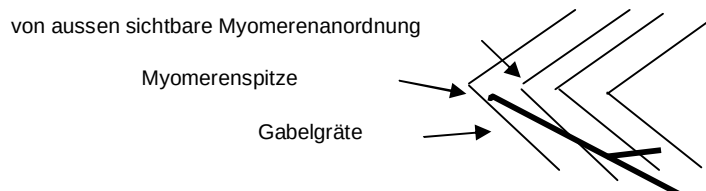


Abb. 31: Röntgenaufnahme von der Außenseite eines rechten K3-Filets:
in den vorderen zwei Dritteln des Rückenbereiches sind die Gabelgräten zu erkennen. Im hinteren Drittel des Rückens sowie im Bauchbereich liegen vornehmlich unverzweigte Gräten.

Das Röntgenbild zeigt, dass die Gräten in einem Winkel von etwa 45 Grad zu der Längsachse des Filets liegen, wobei das dicke Grätenende nach außen und die Grätenspitze (Gabelung) zur Mittelachse zeigt. Der Abstand zwischen zwei Gräten beträgt eine Myomerenbreite. Die von außen erkennbare Struktur (hellblaue Kennzeichnung) entspricht nicht dem inneren trichterförmigen Aufbau der Myomeren. Deshalb liegen die Gräten von der Hautseite aus gesehen nicht parallel zur äußeren Myomerenanordnung, sondern erstrecken sich in Abhängigkeit von der Länge über 2,0 bis 3,5 Myomeren hinweg. Die Gräten liegen an der Außenseite der Myomeren, wobei das dicke Ende in der Trichterspitze sitzt und die Grätengabelung in Richtung Kopf weist.



Aus den Röntgenbildern wird zwar die zweidimensionale Lage aber nicht die Neigung der Gräten im Filet ersichtlich. Um das Ein- oder Herausschneiden effektiv durchführen zu können, müssen daher weiterführende Analysen getätigt werden.

3.3.2.2.2 Anatomische Untersuchung

Zur sauberen Trennung der Myomeren werden die Filets vor der anatomischen Untersuchung gegart. In den unteren Abbildungen sind die Grätenanordnung, die Grätenlage sowie der Myomerenaufbau eines Filets dargestellt.

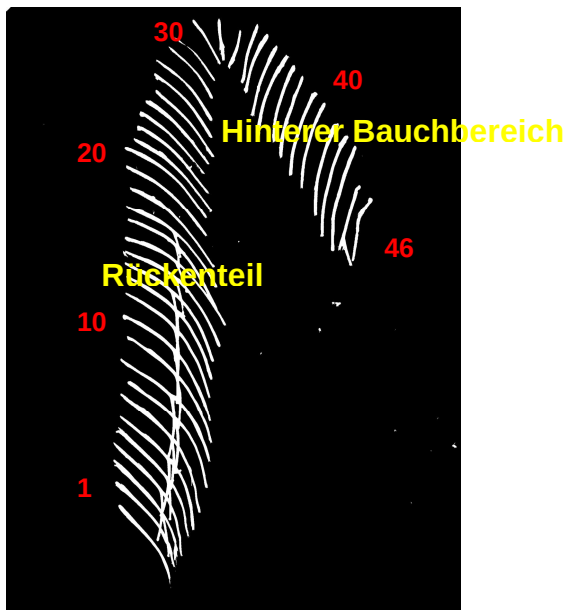


Abb. 32: 46 Zwischenmuskelgräten eines K3-Filets angeordnet entsprechend der originären Lage im Filet

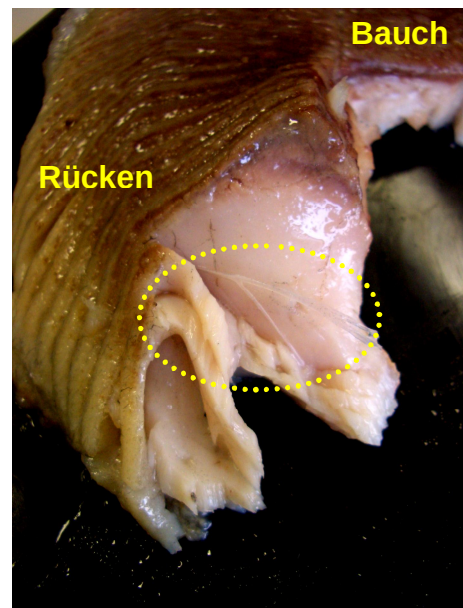
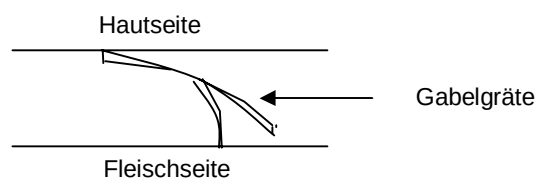
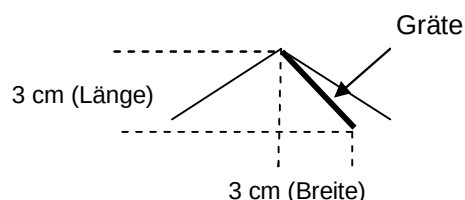


Abb. 33: gegartes K3-Filet: Darstellung der Lage einer 3fach-verzweigten Gabelgräte im Rückenteil; deutlich erkennbar: die tütenförmig ineinander gesteckten Myomeren

Da die Gräten leicht gebogen sind und in mehreren Ebenen liegen, erweist es sich als außerordentlich schwierig, eine optimale Schnittführung zu entwickeln. Bei einem quer zur Längsachse durchtrennten Filet (linke Seite) ergibt sich folgende Ansicht:



Das Grätenende befindet sich kurz unter der Haut, der untere Arm der Gabelung reicht direkt bis an die Fleischseite und ist dort mit den Fingern ertastbar. Die längsten Gräten (4 cm) nehmen bei einer Winkellage von 45 Grad eine Länge sowie eine Breite von ca. 3 cm ein:



3.3.2.2.3 Mechanische Grätenvorbehandlung

Im Anschluss an die Analyse der Grätenlage im Filet können erste Versuche zur mechanischen Grätenbehandlung durchgeführt werden.

3.3.2.2.3.1 Vorzerkleinerung der Gräten im Grätenschneider

Für eine möglichst effektive Vorzerkleinerung der Gräten und einen maximalen Erhalt der Myomerenstruktur werden verschiedene Versuche am Grätenschneider unter Beachtung des Einschnittwinkels durchgeführt: die höchste Zerkleinerung der Gräten wird dann erreicht, wenn diese senkrecht von den Messerscheiben der Walze zerteilt werden. Da die Filets in einem 45 Grad-Winkel zur Mittelachse liegen, muss der Einschnittwinkel 45° in entgegengesetzter Richtung betragen.

1. Einschneiden eines ganzen Filets im 45 Grad-Winkel
2. Einschneiden beider Hälften eines Filets im 45 °-Winkel, das entlang der Mittelachse geteilt wurde, um auch die Gräten im Bauchbereich zu erreichen
3. Längs-und-quer-Einschneiden

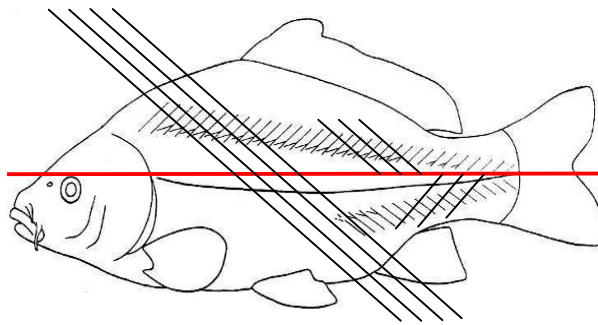


Abb. 34: unterschiedliche Einschnittwinkel im Grätenschneider



Abb. 35: Ergebnis der unterschiedlichen Einschnittmethoden im Grätenschneider

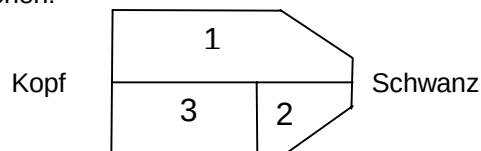
Die besten Ergebnisse werden beim Längs-und-quer-Einschneiden erzielt (3). Der Nachteil dieser Methode ist aber, dass die Myomerenstruktur der Filets weitgehend zerstört wird. Das Zerteilen des Filets in zwei Hälften und das anschließende Schneiden im 45°-Winkel (2) führt zu einem besseren Ergebnis als beim Schneiden eines ganzen Filets (1). Bei beiden Methoden muss beim Einlegen jedoch auf die Grätenlage geachtet werden, da ein rechtes Filet anders gelegt werden muss als ein linkes.

Dadurch, dass die Gräten im nativen Filet sehr elastisch sind, weisen sie eine hohe Flexibilität gegenüber dem Messer auf und werden teilweise nicht zerteilt. Bei leicht angefrorenen Filets kommt es zu besseren Resultaten.

3.3.2.2.3.2 Einfacher Grätenschnitt

Ein weiterer Schritt zur Verringerung der Grätenbelastung in den Produkten ist das Zerteilen der Filets in „grätenarme“ (GA) und „grätenreiche“ (GR) Teile. Die Zerlegung orientiert sich an der Grätenverteilung im Filet, so dass drei Filetteile entstehen:

- grätenreicher Rücken (1)
- grätenreicher Bauch (2)
- grätenarmer Bauch (3)



Anschließend können die grätenreichen Filetteile individuell vorbehandelt und verarbeitet werden:

- Säurebehandlung per Injektion oder in Lake
- Zerkleinerung im Fleischwolf

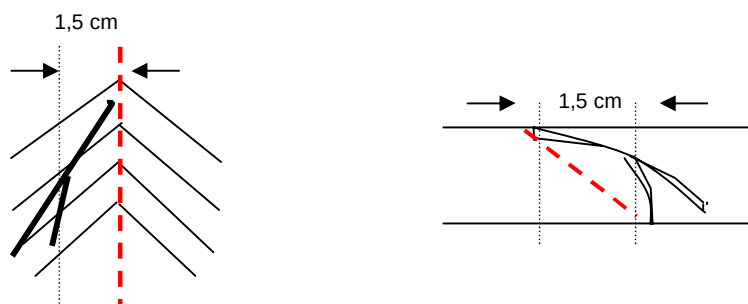
Durch diese Verfahrensweise wird aber ein Großteil des grätenfreien Muskelfleisches und der Myomerenstruktur zerstört. Infolgedessen muss die Schnittführung definiert und die Oberfläche der grätenreichen Teile minimiert werden.

3.3.2.2.3.3 Optimierung des Grätenschnittes

Der nächste Schritt ist, den einfachen Grätenschnitt so zu optimieren, dass beim Herausschneiden der grätenreichen Teile möglichst wenig Muskelfleisch verloren geht. Hierfür wird eine definierte Schnittführung ermittelt, die sich an äußeren Merkmalen des Filets orientiert und in der Praxis wie folgt umzusetzen ist:

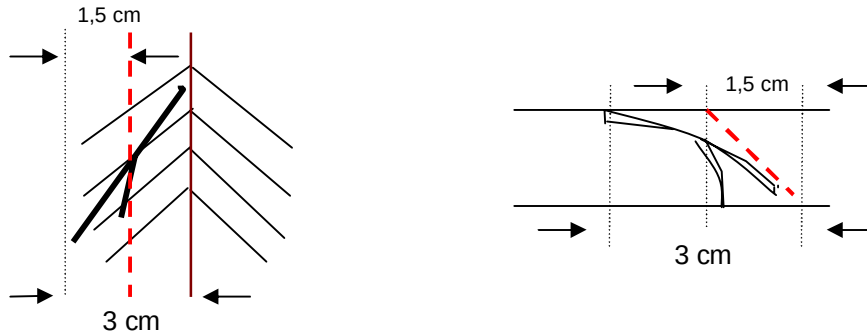
Schnitt 1

Der Einschnitt erfolgt auf der Hautseite an der von außen sichtbaren Myomerenspitze (rote Strichlinie) und verläuft über eine Breite von ca. 1,5 cm schräg herunter zur Fleischseite des Filets.

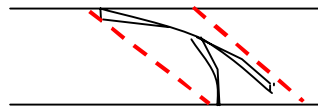


Schnitt 2

Der zweite Schnitt (rote Strichlinie) erfolgt etwa 1,5 cm vom ersten Schnitt (rote Linie) entfernt in Richtung Mittelachse. Auch bei diesem Schnitt wird das Messer über eine Breite von ca. 1,5 cm schräg herunter zur Fleischseite des Filets geführt.



Bei diesem Grätenschnitt wird relativ wenig grätenfreies Muskelfleisch abgetrennt. Allerdings ist zu beachten, dass sich die Abstände zwischen den Schnitten zum Schwanz hin etwas verkleinern, da die Myomeren und Gräten dort kürzer sind. Die Unterschiede sind aber mit bloßem Auge nachvollziehbar, so dass die Schnittführung angepasst werden kann:



Die Schnittführung im grätenreichen Bauch orientiert sich an den vom Schwanz aus gezählten Myomeren. Wie in Abb. 32 zu sehen enthält der grätenreiche Bauch ca. 16 Gräten. Der erste Einschnitt sollte entlang der 18. Myomere vorgenommen werden. Da im Bauchbereich keine verzweigten und etwas kürzere Gräten vorhanden sind, kann der zweite Schnitt von den Myomerenspitzen ausgehend über eine Breite von ca. 2 cm schräg herunter zur Fleischseite des Filets geführt werden. Der dritte Schnitt erfolgt wegen der Biegung der Gräten etwa 1 cm entfernt und führt über eine Breite von ca. 1 cm schräg herunter zur Fleischseite des Filets.

Schnittführung im grätenreichen Bauch:



In Versuchen konnte ermittelt werden, dass der optimierte Grätenschnitt das Trennen der grätenarmen und grätenreichen Filetteile zu einem Anteil von 70 % GAT und 30 % GRT ermöglicht. Die Varianten der Weiterverarbeitung der GA- und GR-Filetteile werden im fortlaufenden Teil der Arbeit dargestellt.

3.3.2.2.4 Mechanische Vorbehandlung der Karpfenfilets

Die Filets der verarbeiteten Fischarten unterliegen natürlichen und verarbeitungsbedingten Qualitätsschwankungen. Zu den elementaren, abweichenden Faktoren gehören die Farbgebung, die Textur, die chemische Zusammensetzung und die Anfangskeimbelastung der Rohware. Um eine gleichbleibende Qualität zu erhalten, ist es wie bei der Rohwurstherstellung dringend notwendig, mit ausgewählten und möglichst standardisierten Rohstoffen zu arbeiten.

Durch den hohen Anteil an Unterhautfett und den ausgeprägten roten Seitenmuskel des Karpfens entstehen bei der Verarbeitung von Filets und Filetstücken Produkte mit unansehnlichen Schnittbildern. Nach dem Garprozess ist der optische Eindruck eines wieder zusammengefügteten Produktes sogar noch ausgeprägter: die rote Muskulatur wird grau-braun, die Unterhautreste werden grau-gelb und die weiße Muskulatur wird weißlich-beige. Hinzu kommen die unterschiedlichen texturellen (Bissfestigkeit) und thermischen Eigenschaften (Schrumpfungsverhalten) der einzelnen Rohstoffbestandteile. Die Folgen hiervon sind eine unebene Oberflächenstruktur und ein fremdartiges Mundgefühl der gegarten Produkte. Außerdem neigen die fetthaltigen Bestandteile zu oxidativen Veränderungen, die im Laufe der Lagerung zu farblichen und geschmacklichen Abweichungen führen, wodurch die Gesamtqualität des Produktes erheblich gemindert wird.

3.3.2.2.4.1 Einfache Abschnittechnik

Zur Aufwertung der Produktqualität und zur Schaffung eines möglichst natürlichen Schnittbilds wurden die Karpfenfilets vorbehandelt: bei der einfachen Abschnittechnik werden das Unterhautfett, freiliegendes Fettgewebe sowie Teile der roten Muskulatur, die bereits bräunlich verfärbt sind, entfernt. Durch die geringen Eingriffe kommt es bereits zu einer Verbesserung des Schnittbilds und der Rekonstitution. Da der rote Seitenmuskel einen hohen Fettgehalt hat und beim Karpfen verhältnismäßig ausgeprägt ist, führt dies bei der Verarbeitung unbehandelter Filets vermehrt zu technologischen und sensorischen Einbußen. Die Produkte halten an den Schnittstellen der roten Muskulatur schlechter zusammen, woraufhin eine verminderte Schnittstabilität und Rissbildungen in den Scheiben nach dem Garen verursacht werden können. Um diese Qualitätsminderung zu umgehen, wird die einfache Abschnittechnik weiterentwickelt.

3.3.2.2.4.2 Fischwertsortierung

Die Weiterentwicklung der einfachen Abschnittechnik umfasst die Zerlegung des gesamten Karpfenfilets in einzelne Teile, die sich in Bezug auf den späteren Verwendungszweck und die chemische Zusammensetzung voneinander unterscheiden. Die Bezeichnung Fischwertsortierung wurde aus der Fleischverarbeitung abgeleitet. Bei der Fleischwertsortierung wird das Abschnittfleisch einer differenzierten Sortierung unterzogen. Die Aufteilung in Qualitätsklassen erfolgt nach dem GEHA Materialwirtschafts- und Kalkulationssystem. Hiernach wird Schweinefleisch in 12 und Rindfleisch in 6 Qualitätsklassen aufgeteilt. Zu jeder Sortierungsklasse gehören eine Materialbeschreibung, Verwendungsbeispiele und entsprechende Analysenwerte, die folgende Parameter einschließen:

- Wassergehalt
- Fettgehalt
- Fleischeiweiß
- bindegewebsfreies Fleischeiweiß
- Bindegewebeiseiweiß (91)

Das Sortieren der Rohware entscheidet über die künftige Veredelung der Fleischabschnitte und ermöglicht die Bereitstellung standardisierter Ausgangsmaterialien für die Herstellung von Produkten mit gleichbleibend hochwertiger Qualität.

Die Fischwertsortierung von Karpfenfilets wurde speziell für die fermentative Rekonstitution entwickelt und ist in 6 Qualitätsklassen, „F-Sorten“, unterteilt. Anteil und Sorte der einzelnen Filetteile im Produkt richten sich nach der Spezifikation des Enderzeugnisses. Insgesamt gilt, je geringer der Zerkleinerungsgrad und je fettärmer und heller das Muskelfleisch ist, umso hochwertiger wird das Endprodukt. Die Filetteilklassifizierung erfolgt nach vier Kriterien:

1. Grätenanteil
2. Fleischfarbe
3. Fettgehalt
4. Wassergehalt

Grätenreiche Filetteile müssen zur Herstellung „praktisch grätenfreier“ Produkte vorbehandelt werden, wodurch es zu einer Verminderung der Qualität kommt. Grätenreiches Material wird daher in eine niedrigere Qualitätsklasse eingeteilt. Die Filetteile der roten Muskulatur fallen durch die dunklere Farbgebung optisch unangenehm auf. Hinzu kommen die differierenden Verarbeitungseigenschaften (geringere Rekonstitutionsfähigkeit, anderes Schrumpfverhalten beim Garen) gegenüber der weißen Muskulatur, die durch die biochemische Zusammensetzung begründet sind. Filetteile, die einen größeren Anteil an weißer Muskulatur haben, werden demnach höher eingestuft. Unterhaut- und Fettabschnitte sind für eine Rekonstitution nicht geeignet, so dass diese Filetteile im Rahmen des Herstellungsprozesses nicht verwertet werden können. An der schematischen Darstellung eines Karpfenfilets lässt sich die Schnittführung der Fischwertsortierung demonstrieren:

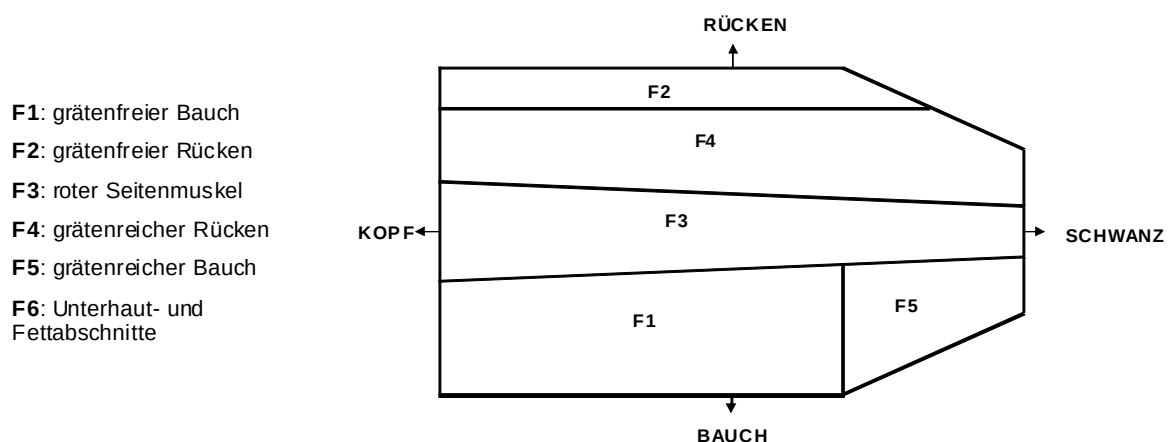


Abb. 36: schematische Darstellung der Fischwertsortierung

Da es in Abhängigkeit von der Schnitttechnik zu großen Schwankungen zwischen den Anteilen der F-Sorten kommen kann, werden wiedererkennbare Orientierungspunkte festgelegt. Für eine präzise Schnittführung sollten die Filets weder grätengeschnitten noch anderweitig vorbehandelt sein. Am besten eignen sich leicht angefrorene Filets, die einen gewissen Schneidwiderstand bieten:

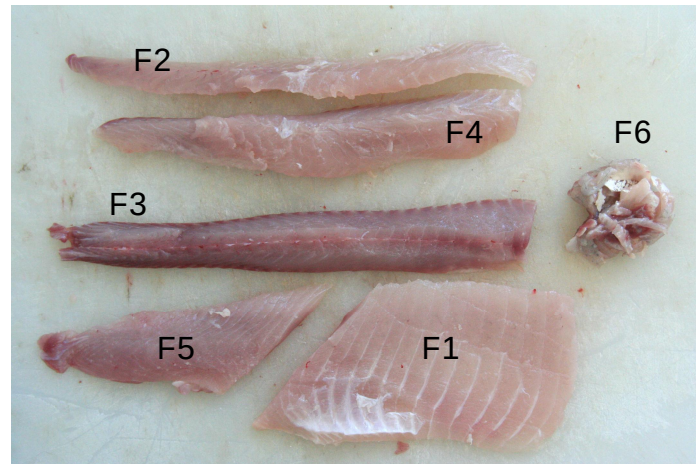


Abb. 37: Fischwertsortierung an einem K3-Filet

Der prozentuale Anteil der einzelnen F-Sorten konnte im Laufe zahlreicher Versuche ermittelt werden. Die Durchschnittswerte sind im folgenden Diagramm veranschaulicht:

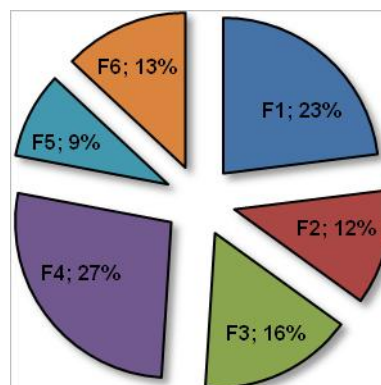


Abb. 38: prozentualer Anteil der F-Sorten

Die Effektivität und Umsetzung der Fischwertsortierung sowie die Verarbeitung der einzelnen F-Sorten werden in Kapitel 3.4 beschrieben. Der Anteil der GRT beträgt bei der Fischwertsortierung ca. 35 %. Demgegenüber stellt der optimierte Grätenschnitt einen Gewinn von etwa 5 % grätenfreier Masse dar. Hierbei ist aber zu beachten, dass die Fischwertsortierung eine sortenreinere Trennung der Filetbestandteile im Hinblick auf die Fleischbeschaffenheit ermöglicht, so dass die Techniken produktspezifisch eingesetzt werden sollten:

- der optimierte Grätenschnitt für grätenfreie und zu garende Convenience-Produkte (z. B. panierte Filetteile)
- FWS für fermentativ rekonstituierte, grätenfreie und rohfishähnliche Produkte (z. B. Karpfenaufschnitt für den rohen Verzehr, Karpfenmedallions mit oder ohne Fremdfischanteil zum Garen)

3.3.2.2.5 Rohstoffeigenschaften der F-Sorten

Sinn und Zweck der Fischwertsortierung ist eine Optimierung und Standardisierung der Produktqualität. Um die Filetteile im Rahmen der Klassifizierung effizient verarbeiten zu können, werden die Rohstoffeigenschaften durch eine Wasser- und Fettbestimmung sowie eine Messung der Garverluste charakterisiert. Die wertmäßige Erfassung der Rohstoffeigenschaften ermöglicht einen objektiven Vergleich und somit eine präzise Definierung der Verarbeitungseignung der F-Sorten.

3.3.2.2.5.1 Wasser- und Fettgehalt

In Vorversuchen kam es bei der Verarbeitung von ganzen Filets und von unbehandelten Filetabschnitten wiederholt zu schlechten Rekonstitutionsergebnissen. Die Analyse des Wasser- und Fettgehaltes der F-Sorten soll in diesem Zusammenhang dazu beitragen, die Ursache von Fehlern zu klären, die bei der Rekonstitution und anschließenden thermischen Behandlung der Produkte auftreten können. Die gezielte Verarbeitung der einzelnen Filetteile in Abhängigkeit von ihrer Zusammensetzung soll zu einer Verbesserung des Schnittbildes, der Schnittfestigkeit und der Haltbarkeit führen.

Tab. 18: Ergebnisse der Wasser- und Fettbestimmung der F-Sorten

F-Sorte	Wassergehalt	Fettgehalt	Summe aus Fett und Wasser	geschätzter Eiweißanteil
F1	74,15 %	7,35 %	81,50 %	17,50 %
F2	73,35 %	7,00 %	80,35 %	18,50 %
F3	68,45 %	11,22 %	79,67 %	19,50 %
F4	75,15 %	6,40 %	81,55 %	17,50 %
F5	73,80 %	7,06 %	80,86 %	18,00 %
F6	46,40 %	42,06 %	88,46 %	10,50 %

Die Analysenwerte bestätigen neben den biochemischen auch die verarbeitungstechnischen Unterschiede der F-Sorten: die Unterhaut- und Fettabschnitte (F6) heben sich durch einen hohen Fettanteil und niedrigen Wassergehalt deutlich von den übrigen F-Sorten ab und sollten aus sensorischen und technologischen Gründen vollständig entsorgt werden.

Der Fettgehalt der roten Muskulatur (F3) liegt ebenfalls über dem der weißen Muskulatur. Das Verhältnis von Wasser- und Fettgehalt lässt jedoch erkennen, dass der Anteil an Muskeleiweiß in der dunklen Muskulatur vergleichsweise hoch ist. Das Muskeleiweiß des roten Seitenmuskels unterscheidet sich aber durch den höheren Myoglobingehalt und die feinere Faserstruktur von der hellen Muskulatur. Aus den unterschiedlichen Fettgehalten und Eiweißstrukturen resultieren unterschiedliche Verarbeitungseigenschaften zwischen den roten und weißen Muskelgruppen, auf die in Kapitel 3.4 genauer eingegangen wird.

Bei den F-Sorten der grätenarmen- (F1, F2) und grätenreichen (F4, F5) Filetteile wurden ähnliche Wasser- und Fettgehalte gemessen. Diese F-Sorten können im Hinblick auf die Nährstoffzusammensetzung problemlos miteinander verarbeitet werden, wobei die grätenreichen Teile in diesem Fall entweder stärker zerkleinert oder gesondert vorbehandelt werden müssen.

3.3.2.5.2 Garverluste

Das Erfassen der Garverluste ist für Produkte von Bedeutung, die in der Endzubereitung thermisch behandelt werden sollen. Aus der Bestimmung des Wassergehaltes geht hervor, dass die einzelnen Filetteile unterschiedliche Wasseranteile haben und aufgrund der Eiweißzusammensetzung und -struktur voneinander abweichende funktionelle Eigenschaften aufweisen. Es kommt daher vor, dass sich die Fischabschnitte unter thermischem Einfluss mehr oder weniger stark zusammenziehen und dadurch Risse im Produkt entstehen. Um dies zu vermeiden, sollten die F-Sorten in Abhängigkeit von ihren Gareigenschaften verarbeitet werden.

Tab. 19: Garverluste der F-Sorten

F-Sorte	Garverlust in % Filet A	Garverlust in % Filet B	MW in %
F1	10,25	11,80	11,03
F2	10,70	11,75	11,23
F3	12,50	12,36	12,43
F4	11,00	11,29	11,15
F5	12,00	12,40	12,20
F6	9,10	10,12	9,61



Abb. 39: Gegenüberstellung der rohen und gegarten F-Sorten

Die Aufstellung der Garverluste verdeutlicht, dass die F-Sorten mit einem großen Anteil an roter Muskulatur mehr Wasser verlieren als die F-Sorten mit einem höheren Gehalt an weißer Muskulatur. Je schlechter das Wasserbindevermögen der Fleischeiweiße ist, umso ausgeprägter sind auch die Garverluste. Insofern sollten die verwertbaren F-Sorten mit geringeren Garverlusten F1, F2 und F4 weniger zerkleinert und mit den F-Sorten mit höheren Garverlusten F3 und F5, die stärker zerkleinert werden können, gemischt werden. Durch den unterschiedlichen Zerkleinerungsgrad sollten Rissbildungen und unebene Scheibenoberflächen in den Produkten vermeiden werden können.



Abb. 40: Ansicht eines quer angeschnittenen Filets mit gut erkennbarem roten Seitenmuskel. Stufenweise Veranschaulichung des Garprozesses mit einhergehender farblicher und textueller Veränderung der Filetbestandteile (weiße und rote Muskulatur, Unterhautreste, Fettdepots)

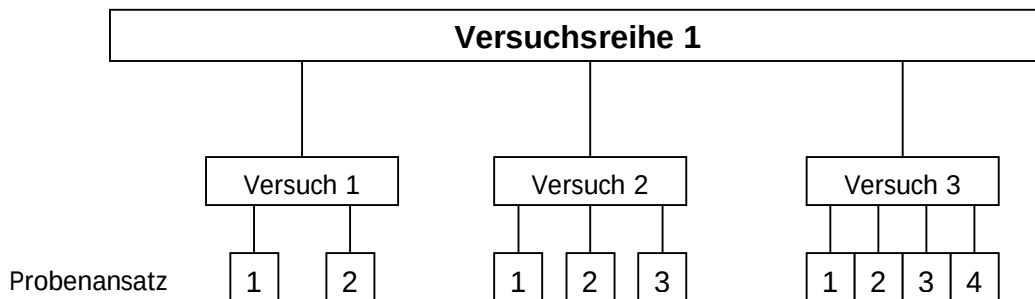
3.4 Versuchsteil 2

Optimierung der Verfahrensstufen

Im Rahmen des zweiten Versuchsteiles werden 4 Versuchsreihen mit folgenden Themenschwerpunkten durchgeführt:

- 3.4.1 Zerkleinerung
- 3.4.2 Zutatenzusammenstellung
- 3.4.3 Misch- und Abfüllprozess
- 3.4.4 Fermentation

Die Versuchsreihen umfassen insgesamt 30 Versuche, die sich in der Regel aus mehreren Probenansätzen (oder Chargen) zusammensetzen. Ein Probenansatz stellt die Menge der Einzelproben dar, die aus derselben Fischmasse (denselben Zutaten, derselben Vorgehensweise bei der Herstellung, gegebenenfalls unterschiedliche Rohstoffchargen) hergestellt werden.



Die Optimierung der Verfahrensstufen erfolgt durch die Analyse der Themenschwerpunkte 1 bis 4 unter Ermittlung folgender Parameter:

1. Art der Zerkleinerung, Zerkleinerungsgrad, Farceanteile
2. Zutatenauswahl, Zutatenzusammenstellung, Mengenanteile
3. Mischzeiten, Mischintensitäten, Mischstufen, Reihenfolge der Zutatenzugabe
4. Fermentationsverlauf in Abhängigkeit von den aufgeführten Parametern 1. – 3., Temperaturen, pH-Wert, Zeiten

Aufgrund der zahlreichen Untersuchungskriterien, des hohen Versuchsaufwands und der begrenzten Rohstoffmenge können die meisten Experimente nur einmalig durchgeführt werden. Trotz der vermeintlich geringen Aussagekraft sollen diese Ergebnisse für die fortlaufende Versuchsplanung genutzt werden. Zur Ermittlung des optimalen Herstellungsprozesses werden die besten Resultate übernommen. Im Rahmen der Weiterentwicklung der ausgewählten Kriterien kann die Aussagekraft der Ergebnisse durch die erhöhte Versuchsanzahl gesteigert werden. Da die gelieferten Rohstoffchargen aus 5 bis 10 kg Karpfen bestehen, müssen bei größeren Versuchen und fehlenden Warenmengen mehrere Chargen miteinander verarbeitet werden.

3.4.1 Zerkleinerung

Die Art und der Grad der Zerkleinerung haben einen ausschlaggebenden Einfluss auf die Spezifikation und die Qualität des Enderzeugnisses, da sie wesentliche Produktmerkmale wie Diffusionseigenschaften, Schnittstabilität, Schnittbild und Textur beeinflussen.

Für ein klares und gleichmäßiges Schnittbild wird das Fleisch bei der Rohwurstherstellung in gut gekühltem oder angefrorenem Zustand im Fleischwolf oder im Kutter zerkleinert. Der Zerkleinerungsgrad ist bei schnittfester Rohwurst sortenspezifisch (< 1 cm), wobei in jedem Fall ein entfremdetes, „wurstähnliches“ Schnittbild entsteht (33). Bei der Formfleischherstellung hingegen soll der native Fleischcharakter erhalten bleiben, so dass ein größeres Teilchenspektrum (> 1 cm) gewählt wird. Zur Unterstützung der Bindungsbildung muss jedoch ein gewisser Anteil an feinstzerkleinerter Fleischmasse, „Feinfarce“, hinzugegeben und möglichst gleichmäßig untergemischt werden. Zur Erzeugung von Formfleischprodukten darf der Anteil brätartiger Strukturen 5 Vol.-% nicht übersteigen (34).

Da es sich bei den fermentativ rekonstituierten Produkten um Erzeugnisse eigener Art ohne eingeführte Verkehrsbezeichnung handelt, kann das Teilchenspektrum frei gewählt und an das Verfahren und die Rohstoffeigenschaften angepasst werden. Der Zielstellung entsprechend sind folgende Produktmerkmale anzustreben:

1. ein rohfischähnliches Schnittbild
2. im rohen Zustand schnittfähige Produkte, die auch beim Garen zusammenhalten
3. eine dem Naturprodukt nahekommende Textur
4. praktisch grätenfreie Produkte

Die Vorzüge eines höheren Zerkleinerungsgrades sind verbesserte Diffusions- und Mischbedingungen sowie eine höhere Schnittstabilität. Die Nachteile sind ein wurstähnliches Schnittbild und eine hackfleischähnliche Textur, die in jedem Fall von den Eigenschaften eines naturbelassenen Produktes abweichen. Je größer die Anschnittflächen der Fleischteilchen sind, umso geringer ist die Bindungsstärke zwischen den Stücken. Insofern wird es bei der Verwendung größerer Teilchen oder Stücke wie auch bei der Formfleischherstellung unerlässlich sein, einen Anteil an Feinfarce hinzuzugeben.

In den Vorversuchen wurde mit einem Feinfarceanteil von 10 % gearbeitet, der als Ausgangskonzentration übernommen wird. Sofern in der Versuchsbeschreibung keine anderen Angaben vorliegen, beträgt der Farceanteil im Produkt 10 %. Die Feinfarce (2mm-Farce) wird in einem Tischfleischwolf mit einem Schneidsatz aus Segmentscheibe-Kreuzmesser-2mm-Lochscheibe hergestellt. Das fertig gemischte Fischbrät wird anschließend in Kunstdärme gefüllt.



Abb. 41: pastenartige S2-Farce



Abb. 42: fertiges Fischbrät



Abb. 43: Abfüllen des Fischbräts

3.4.1.1.1 Versuch 1

Zerkleinerung im Tischfleischwolf

Der Tischfleischwolf ist für geringere Durchsatzmengen geeignet und hat einen Scheibendurchmesser von 80 mm. Zur Erzeugung unterschiedlicher Stückgrößen werden die Fischfilets mit verschiedenen Schneidsätzen zerkleinert, wobei das Muskelfleisch dabei stets zerrissen und die Stückoberfläche an den Werkzeugen aufgeraut wird.

Charge 1: Schneidsatz: Segmentscheibe-Kreuzmesser-8mm-Lochscheibe

Charge 2: Schneidsatz: Segmentscheibe-Kreuzmesser-13mm-Lochscheibe

Charge 3: Schneidsatz: Segmentscheibe-gezahntes Einflügelmesser-Segmentscheibe

a. Sensorische Parameter

Tab. 20: sensorische Parameter V1

	Charge 1	Charge 2	Charge 3
Stückgröße	Fischflocken Ø 5 – 8 mm	Fischflocken Ø 10 – 13 mm	Fischstücke 1 - 20 cm ²
Schnittfestigkeit	4	4	4
Schnittbild	1	1	2
Textur	2	3	1
Gräten	3	2	1
Max. QI (60= 100 %)	30 (50 %)	30 (50 %)	24 (40 %)



Abb. 44: 8mm-Farce



Abb. 45: Schnittbild Charge 2



Abb. 46: Schnittbild Charge 3

Zusammenfassung

Die Zerkleinerung im Fleischwolf ermöglicht eine effiziente Oberflächenaufrauung der Fischstücke, so dass sich die Fleischfasern gut ineinander verfilzen und lückenlos rekonstituierte, sehr schnittfeste Produkte entstehen. Durch das Zerreißen der Filets zwischen den kleinen Scheidwerkzeugen wird die Myomerenstruktur so sehr beschädigt, dass die Rohware ihren fischtypischen Charakter verliert. Die fertigen Produkte haben ein wurstähnliches Schnittbild und weder im Roh- noch im Garzustand eine fischähnliche Muskelstruktur.

Je größer der Zerkleinerungsgrad ist, umso gummiartiger und einheitlicher wird die Textur. Dadurch, dass die aufgerauten und ausgefranst Schnittflächen beim Mischen mit Feinfarce überzogen werden, entstehen nach der Säuredenaturierung besonders feste Bindungen. Die Folge davon sind schwer zu trennende Fischstückchen, die ein fischuntypisches Mundgefühl hervorrufen. Selbst bei größeren Fischstücken (Charge 3) wird die Textur nicht wesentlich zarter. Der positive Nebeneffekt einer stärkeren Zerkleinerung ist, dass die Gräten vermehrt gekürzt werden und im Produkt weniger stören.

Bei allen drei Chargen kann das Schnittbild als „marmoriert / durchwachsen“ beschrieben werden, da helle und dunkle Abschnitte der Muskulatur alternieren und ineinander greifen. Der Feinfarceanteil ist optisch deutlich zwischen der stückigen Fischmasse zu erkennen.

Für die Erzeugung von rohfishähnlichen Produkten erweist sich die Zerkleinerung im Tischfleischwolf als ungeeignet. Zur Herstellung von Feinfarce bietet der kleine Wolf jedoch optimale Voraussetzungen und soll daher weiterhin eingesetzt werden.

3.4.1.1.2 Versuch 2

Zerkleinerung im Industriefleischwolf

Die praktische Handhabung des Wolfes erweist sich als vorteilhafte Zerkleinerungstechnik im Produktionsprozess und sollte daher beibehalten werden. Um den positiven Effekt der Oberflächenaufrauung zu erhalten, die Bindungsintensität herabzusetzen und eine Veränderung von Textur und Schnittbild zu bewirken, soll ein anderes Teilchenspektrum im Industriefleischwolf erzeugt werden. Dieser Fleischwolf hat einen Scheibendurchmesser von 130 mm. Bei der Verwendung von Segmentscheiben werden durch den höheren Scheibendurchmesser größere Fischstücke produziert. Da sich bei größeren Fischstücken die Anzahl der Anschnittflächen verringert, wird die Bindungsstärke herabgesetzt. Infolgedessen sind die Fischstücke leichter voneinander zu trennen und die Textur wird weniger gummiartig.

Charge 1: Bei diesem Versuch wurden die Filets über die Schnecke zu einem Schneidesatz Segmentscheibe-Kreuzmesser-Segmentscheibe geleitet und in Stücke unterschiedlicher Größe und Form zerrissen. Der Oberflächenquerschnitt der Stücke beträgt zwischen 2 und 40 cm², wobei das Teilchenspektrum eher aus größeren Stücken besteht. Die Randbereiche der Fischstücke sind ungleichmäßig ausgefranst und die Oberfläche ist leicht aufgeraut.

a. Sensorische Parameter

Tab. 21: sensorische Parameter V2

	Charge 1
Stückgröße	2 – 40 cm ²
Schnittfestigkeit	3
Schnittbild	3
Textur	2
Gräten	1
Max. QI (60= 100 %)	27 (45 %)

Zusammenfassung

Trotz der größeren Zerkleinerung kann das Schnittbild nicht wesentlich verbessert werden: das Zerreißen der Fischfilets zwischen den größeren Segmentscheiben führt ebenfalls zu einer nachhaltigen Zerstörung der Myomerenstruktur, wonach das Schnittbild unverändert bierschinkenähnlich und durchwachsen aussieht. Der Unterschied zwischen den hellen und dunklen Partien fällt im gegarten Produkt sogar noch deutlicher auf als bei den Chargen aus Versuch 1. Durch das größere Teilchenspektrum wird die Textur des gegarten Erzeugnisses zwar lockerer, ist insgesamt aber noch viel zu fest für ein fischähnliches Produkt. Insofern ist die Zerkleinerung im Fleischwolf für die Herstellung von rohfischartigen Erzeugnissen definitiv ungeeignet.



Abb. 47: Schnittbild Charge 1

3.4.1.1.3 Versuch 3

Manuelle Zerkleinerung

Um das Schnittbild und die Textur der Erzeugnisse zu verbessern, muss die Myomerenstruktur auch nach dem Zerkleinerungsprozess noch in ausreichendem Maße erhalten sein. Bei der manuellen Zerkleinerung mit dem Messer werden ausschließlich glatte Anschnittflächen ohne eine Zerstörung der Muskelstruktur geschaffen. Durch die fehlende Aufrauung werden die Eiweißaktivierung und der Teilchenzusammenhalt erschwert, so dass die Bindungsbildung durch die Zugabe von Feinfarce unterstützt werden soll. Der optimale Anteil an Feinfarce muss in Abhängigkeit von Schnittfestigkeit und Textur der Enderzeugnisse ermittelt werden.

Bei diesem Versuch werden die Filets mit einem Messer in Würfel bzw. Streifen geschnitten und mit einem Feinfarceanteil von 10 % vermischt.

Charge 1: Zerkleinerung zu 1cm-Würfeln

Charge 2: Zerkleinerung zu 1 – 3 cm breiten Streifen

a. Sensorische Parameter

Tab. 22: sensorische Parameter V3

	Charge 1	Charge 2
Stückgröße	1cm-Würfel	1 – 3 cm Streifen
Schnittfestigkeit	3	3
Schnittbild	3	5
Textur	3	4
Gräten	2	1
Max. QI (60= 100 %)	33 (55 %)	39 (65 %)

Zusammenfassung

Die fertigen Erzeugnisse sind wider Erwarten ausreichend schnittfest und haben ein definiertes Schnittbild, bei dem die Myomerenstruktur wesentlich besser zu erkennen ist als bei den gewolften



Abb. 48: Streifenfarce

Proben: durch das Schneiden und die Erzeugung glatter Anschnittflächen bleibt die Myomerenstruktur erhalten. Für Fleischprodukte mag die Zerkleinerung im Wolf eine geeignete Methode sein, da Fleisch eine weniger erkennbar definierte Struktur hat als Fisch und eine Marmorierung im nativen Rohstoff nicht ungewöhnlich ist. Zur Herstellung von rohfischähnlichen Produkten sollte die fischtypische Muskelstruktur aber unbedingt

erhalten bleiben. Die Produkte aus grobem Streifenbrät haben den stärksten Rohfischcharakter. Bei dem aus Fischwürfeln hergestellten groben Brät kann die Myomerenstruktur im Endprodukt zwar erhalten bleiben, sieht im Vergleich zu den aus Streifen bestehenden Proben aber weniger natürlich aus.



Abb. 49: Probe aus Streifenfarce

Zwischen den glatten Anschnittflächen ist der Feinfarceanteil deutlicher zu sehen und sammelt sich teilweise zu größeren Farcehöfen an. Im Kontrast zu der hellen Farce und den hellen Abschnitten stören die dunklen Teile der Muskulatur, die besonders bei den gegarten Proben hervorstechen. Das Zerteilen der gegarten Proben fällt wesentlich leichter als bei den gewolften Produkten, da die Bindungsstärke geringer ist und die Myomeren einfacher voneinander getrennt werden können. Der Grätenanteil ist durch den geringen Zerkleinerungsgrad verhältnismäßig hoch und kann beim Anschneiden von kurz gelagerten Proben durch das instabile Stückgefüge durchaus zur Beschädigung der Produkte führen. Insofern sollte für die Verarbeitung kurzgereifter Fischfilets eine Grätenvorbehandlung erfolgen.

3.4.1.1.4 Versuch 4

Einsatz von Rohware nach der Fischwertsortierung

Nachdem eine geeignete Zerkleinerungsart zur Erzeugung eines rohfischähnlichen Schnittbilds gefunden wurde, sollen die Karpfenfilets nach den Schnittführungen der Fischwertsortierung zerlegt und die Einzelteile in sechs Qualitätsklassen unterteilt werden. Im Anschluss an die Zerlegung können die Filetabschnitte in Abhängigkeit von der Endproduktspezifikation verarbeitet werden. Da sich die F-Sorten 3, 4 und 5 aufgrund der biochemischen Zusammensetzung und des Grätenanteils nicht zu einer hundertprozentigen Verarbeitung eignen, sollen sie zu Feinfarce zerkleinert und unter das Streifenbrät gemischt werden. Da die Anteile von F3 ($\approx 16\%$), F4 ($\approx 27\%$) und F5 ($\approx 9\%$) unterschiedlich hoch sind, soll die Feinfarce zur vollständigen Verarbeitung der jeweiligen F-Sorte aus den Qualitätsklassen mit geringerem Gewichtsanteil F3 und F5 hergestellt werden. Durch die Zerkleinerung von F3 und F5, die einen höheren Anteil an roter Muskulatur haben, werden die störenden Farbunterschiede im Produkt bedeutend reduziert. Für F4 gilt es noch eine geeignete Verwendung zu finden. F6 wird mit anderen Fischfiletabschnitten zu Emulsionsprodukten verarbeitet.

Charge 1: 15 % Feinfarce aus F3

Charge 2: 10 % Feinfarce aus F5

a. Sensorische Parameter

Tab. 23: sensorische Parameter V4

	Charge 1	Charge 2
Konsistenz des Brätes nach dem Mischen	kein Viskositätsanstieg beim Mischen weiches, pastöses Brät	deutlicher Viskositätsanstieg klebriges, festes Brät
Schnittfestigkeit	3	5
Schnittbild	4	5
Textur	4	4
Gräten	5	5
Max. QI (60= 100 %)	48 (80 %)	57 (95 %)



Abb. 50: F3-Farce aus der 2mm-Scheibe



Abb. 51: F5-Farce aus der 2mm-Scheibe

Zusammenfassung

In Abhängigkeit von der F-Sorte, aus der die Feinfarce hergestellt wird, kommt es beim Mischen zu einem mehr oder weniger ausgeprägten „manuell empfundenen“ Viskositätsanstieg. Die F3-Farce ist wesentlich weicher und dunkler gefärbt als die F5-Farce mit einem nur geringen Anteil an roter Muskulatur. Der höhere Fettanteil und die feinere Muskelfaserstruktur des roten Seitenmuskels ergeben in feinstzerkleinerter Form eine pastöse Masse, die den Viskositätsaufbau beim Mischen erschwert. Die Endprodukte sind trotz des ausbleibenden Viskositätsanstiegs gut rekonstituiert, wobei die F3-Farce farblich mehr aus dem Produkt hervorsticht als die F5-Farce. Die Produkte mit F3-Farce-Anteil haben im Rohzustand einen geringeren Schneidwiderstand und sind im Garzustand leichter zu zerteilen.

3.4.1.2 Mechanische Grätenvorbehandlung

Bei kurz gelagerten Rekonstitutionserzeugnissen (2 bis 7 Tage) kann bislang keine Erweichung der Gräten festgestellt werden. Die Gräten sind in diesen Produkten zwar mechanisch vorzerkleinert, die enthaltenen Stücke aber noch völlig hart und durchaus gefährlich. Die grätenreichen Teile müssen daher separat behandelt und auf ein nicht mehr störendes Maß zerkleinert werden.

3.4.1.2.1 Versuch 5

Verarbeitung von grätengeschnittenen Filets

Da die Gräten grätengeschnittener Filets bereits zu einem gewissen Grad vorbeschädigt sind, wird die Grätenweichung durch die gebildete Milchsäure etwas beschleunigt. Neben der Grätenvorzerkleinerung trägt ein weiterer Effekt zu einer schnelleren Grätenweichung bei: durch die Vergrößerung der Oberfläche kann das Zutaten-Farce-Gemisch leichter zwischen den Muskelstrukturen verteilt werden und hat infolge der verkürzten Diffusionswege eine intensivere Einwirkung auf sämtliche Bestandteile. Um aber ein praktisch grätenfreies Produkt zu erhalten, das nur kurzgare ist, reicht die Behandlung im Grätenschneider nicht aus. Bei der Verarbeitung großer Filetstücke oder ganzer Filets müssen daher stets längere Reifezeiten einkalkuliert werden.

Besonders tief eingeschnittene Filets fallen bei zusätzlicher mechanischer Behandlung schnell auseinander und können im aufgetauten Zustand nicht fachgerecht nach der Fischwertsortierung zerlegt werden. Insofern sollten die Einschnitte nicht zu tief und die Filets vor der Weiterverarbeitung noch leicht angefroren sein.

3.4.1.2.2 Versuch 6

Zerkleinerung mit der 8mm-Scheibe

Um die Gräten auf eine ungefährliche Größe zu zerstückeln und gleichzeitig die Muskelstruktur nicht gänzlich zu zerstören, sollen die grätenreichen Teile mit der 8mm-Scheibe zerkleinert werden. Zuvor werden die Filets mit Hilfe der Fischwertsortierung in grätenreiche und grätenarme Teile zerlegt. Die grätenarmen Teile werden anschließend in 1 – 3 mm breite Streifen geschnitten. Der grätenreiche Anteil beträgt je nach Schnittführung zwischen 30 und 35 % und wird vollständig mit verarbeitet, wohingegen der rote Seitenmuskel und die Unterhaut- und Fettabschnitte nicht verarbeitet werden.

Charge 1: grätenreicher Teil mit der 8mm-Lochscheibe zerkleinert

a. Sensorische Parameter V6

Tab. 24: sensorische Parameter V6

	Charge 1
Schnittbild	2
Schnittfestigkeit	5
Textur	3
Gräten	3
Max. QI (60= 100 %)	39 (65 %)

Zusammenfassung

Durch den 30%igen Anteil an feiner zerkleinerter Filetware haben die Proben eine einheitliche, immer noch fischuntypische Oberflächenstruktur. Im Gegensatz zu den Proben der Charge 1 aus Versuch 1 sehen diese Produkte aber durchaus ansprechend aus: bei der Fischwertsortierung konnten die dunkle Muskulatur sowie die Abschnitte vom hellen Filetfleisch getrennt werden, so dass im Produkt kaum Farbunterschiede zu sehen sind. Nach dem Garen bleibt die geschlossene Oberflächenstruktur erhalten und die Eiweißausflockung ist nicht punktuell und intensiv, sondern nur leicht filmartig und

flächendeckend. Die Textur der Proben ist durch den hohen Streifenfarceanteil auch weniger gummiartig.

Sämtliche Gräten sind auf eine Länge ≤ 8 mm gekürzt. Da einzelne größere Stücke aber noch sehr hart sind und durchaus zu Verletzungen führen können, ist diese Art der Zerkleinerung für die Herstellung von kurzgereiften, praktisch grätenfreien Produkten ebenfalls ungeeignet.

3.4.1.2.3 Versuch 7

Zerkleinerung mit der 2mm-Scheibe

Um die enthaltenen Gräten auf eine unbedenkliche Größe zu zerkleinern, sollen die grätenreichen Teile komplett mit der 2mm-Lochscheibe zerkleinert werden. Hierfür werden die Filets wie im Vorversuch behandelt.

Charge 1: grätenreicher Teil mit der 2mm-Lochscheibe zerkleinert

a. Sensorische Parameter

Tab. 25: sensorische Parameter V7

	Charge 1
Schnittbild	1
Schnittfestigkeit	5
Textur	2
Gräten	5
Max. QI (60= 100 %)	39 (65 %)

Zusammenfassung

Durch den hohen Zerkleinerungsgrad von F4 und F5 werden zwar die Gräten zerstört, die Qualität der Produkte wird im Hinblick auf Textur und Schnittbild aber deutlich vermindert. Demnach ist die vollständige Verarbeitung des grätenreichen Anteiles von 30 – 35 % zu Feinfarce nicht möglich. In den Folgeversuchen gilt es nun, den Feinfarceanteil zu ermitteln, bei dem die Textur, das Schnittbild, die Schnittfestigkeit und die Verwertung von F3, F4 und F5 im optimalen Verhältnis zueinander stehen.

3.4.1.3 Feinfarce

Der Feinfarceanteil hat einen entscheidenden Einfluss auf textuelle und optische Eigenschaften der Produkte. Da es in Abhängigkeit von der eingesetzten F-Sorte zu farblichen und verarbeitungstechnologischen Unterschieden kommen kann, sollen die Viskositäts- und Farbentwicklung während des Mischens mit beobachtet werden.

3.4.1.3.1 Versuch 8

Verarbeitung des roten Seitenmuskels zu Feinfarce

Die Fischfilets werden nach der Fischwertsortierung zerlegt und F1 und F2 zu 1 – 3 cm Streifenbrät verarbeitet. F4 und F5 werden bei diesem Versuch nicht mitverwertet, da sie in Form von Streifenbrät aufgrund des hohen Grätenanteils die Schnittfestigkeit der Produkte beeinträchtigen würden. F3 wird mit der 2mm-Lochscheibe zu Feinfarce verarbeitet und in unterschiedlichen Anteilen

untergemischt. Zu Vergleichszwecken werden die einzelnen Chargen hintereinander folgend mit der Hand vermengt.

Charge 1: 5 % Feinfarce aus F3

Charge 2: 10 % Feinfarce aus F3

Charge 3: 15 % Feinfarce aus F3

Charge 4: 20 % Feinfarce aus F3

a. Sensorische Parameter

Tab. 26: sensorische Parameter V8

	Charge 1	Charge 2	Charge 3	Charge 4
Viskositäts- und Farbentwicklung	sämiges Brät relativ weich am hellsten	Farce lässt sich leichter unterheben wird etwas dunkler	Farce bedeckt die Steifen vollständig Viskosität sinkt Brät wirkt dunkler Farce lässt sich sehr gut verteilen	Viskosität steigt zuerst an, sinkt dann aber wieder Streifen fallen auseinander Brät glänzt fettig
Schnittfestigkeit	3	4	5	5
Schnittbild	5	5	4	4
Textur	5	5	4	4
Gräten	5	5	5	5
Max. QI (60= 100 %)	54 (90 %)	57 (95 %)	54 (90 %)	54 (90 %)

Zusammenfassung

Das F3-Brät ist fein und fast cremig, so dass das Untermischen sehr leicht fällt. Je höher der Farceanteil, umso höher ist die Wahrscheinlichkeit von Farceansammlungen im Produkt. Je fettreicher der Seitenmuskel ist, desto geringer ist der Viskositätsanstieg. Auch bei einem Ausbleiben des erfüllten Viskositätsmaximums, sind die Formlinge ausreichend schnittfest. Die F3-Farce ist dunkler und fällt optisch mehr auf, was aber zu keiner Qualitätsminderung der Produkte führt.

3.4.1.3.2 Versuch 9

Verarbeitung der grätenreichen Teile zu Feinfarce

Die Probenvorbereitung erfolgt wie beim Vorversuch. Die Feinfarce wird diesmal jedoch unterschiedlichen Anteilen aus F5 (und F4) hergestellt.

Charge 1: 5 % Feinfarce aus F4 und F5

Charge 2: 10 % Feinfarce aus F4 und F5

Charge 3: 15 % Feinfarce aus F4 und F5

Charge 4: 20 % Feinfarce aus F4 und F5

a. Sensorische Parameter

Tab. 27: sensorische Parameter V9

	Charge 1	Charge 2	Charge 3	Charge 4
Viskositäts- und Farbentwicklung	fest, klebrige Farce, schwerer zu verteilen und heller als F3-Farce	je höher der Farceanteil ist, umso klebriger und zäher wird das Brät die Farce wird im Gegensatz zur F3-Farce nicht fettig-glänzend, sondern milchig-trüb		
Schnittfestigkeit	3	4	5	5
Schnittbild	5	5	4	4
Textur	5	5	4	4
Gräten	5	5	5	5
Max. QI (60= 100 %)	54 (90 %)	57 (95 %)	54 (90 %)	54 (90 %)



Abb. 52: 5 % F5-Farce



Abb. 53: 10 % F5-Farce



Abb. 54: 15 % F5-Farce



Abb. 55: 20 % F5-Farce

Zusammenfassung

Die Verarbeitung von F4/F5-Farce verbessert neben der Viskositäts- und Farbentwicklung die Schnittfestigkeit und das Schnittbild der Produkte. Im Gegensatz zur F3-Farce, die einen höheren Fettanteil hat, können die salzlöslichen Eiweißmoleküle beim Mischen mit F4/F5-Farce besser aktiviert werden, wodurch es zu einem deutlichen Anstieg der Viskosität kommt. Trotz der ausbleibenden Viskositätsentwicklung bei den Proben mit einem höheren F3-Farceanteil, sind diese wider Erwarten gut rekonstituiert. Welche möglichen Folgen sich aus dem Ausbleiben des Viskositätsanstiegs ergeben, soll in den nachfolgenden Kapiteln analysiert werden.

Bei beiden Versuchen zeigt sich eindeutig, dass ein geringerer Farceanteil auf der einen Seite zwar zu einer verminderten mechanischen Belastbarkeit der Produkte führt, auf der anderen Seite jedoch den Fischcharakter im Hinblick auf Textur und Schnittbild erhält. Zu Vergleichszwecken soll im nächsten Versuch daher ohne Farceanteil gearbeitet werden.

3.4.1.3.3 Versuch 10

Herstellung von Proben ohne Feinfarceanteil

Bei diesem Versuch werden die grätenarmen Teile in Streifen geschnitten und ohne Farcezugabe mit den Zutaten vermischt.

Charge 1: Streifenbrät ohne Feinfarceanteil

Die Proben haben einen deutlichen Rohfischcharakter und sind im gegarten Zustand sehr leicht zu zerteilen. Das Zerschneiden der Proben muss allerdings mit Vorsicht durchgeführt werden, da die

Bindungen zwischen den glatten Anschnittflächen der Streifen ohne Kittsubstanz weniger stabil sind und nur geringen Spannungen standhalten.

Zusammenfassung

Die Rekonstitution erfolgt sowohl ohne als auch mit F3 oder F5-Farce. Hierbei gibt es jedoch Vor- und Nachteile:

1. Je geringer und je heller der Farceanteil ist, umso ansprechender sehen die Produkte aus.
2. Ein zu hoher Farceanteil kann zu einer gummiartigen Textur führen.
3. Je höher der Farceanteil ist, umso höher ist auch die Zerreißfestigkeit und Produktstabilität.
4. Die Schnittfestigkeit kann durch eine gute Farceverteilung und die Verarbeitung von eiweißreichem, fettärmerem Material (F4 / F5) gesteigert werden.
5. Die Verarbeitung von F3-Farce ist insofern interessant, als dass die dunklen Muskelanteile entfernt werden können im Produkt wesentlich geringere sensorische und lagerungstechnische Nachteile hervorrufen.
6. Je höher der Farceanteil ist, desto mehr grätenreiches oder minderwertiges Material kann verarbeitet werden.

3.4.1.4 Diskussion

Tab. 28: höchster Qualitätsindex Versuchsreihe 3.4.1

Produkt	Höchster Qualitätsindex
FWS, 10 % F3-Farce	57 (95 %)
FWS, 10 % F5-Farce	

In Anlehnung an die Verfahren der Formfleisch- und Rohwurstherstellung, bei denen der Zerkleinerungsgrad des Rohmaterials und die Art der Zerkleinerung eine zentrale Bedeutung haben, wurden diese Aspekte bei der Herstellung von fermentativ rekonstituierten Fischprodukten besonders berücksichtigt.

Ein hoher Zerkleinerungsgrad führt zur Zerstörung der geordneten Myomerenstruktur und darüber hinaus zum Verlust des fischtypischen Charakters. Infolge der mehr oder weniger starken Einkürzung der Myofilamente, verändern sich mit den funktionellen Eigenschaften der Proteine auch die sensorischen Merkmale der Produkte. Je höher der Zerkleinerungsgrad ist, umso gummiartiger und wurstähnlicher wird die Textur der Erzeugnisse. Je größer der Zerkleinerungsgrad ist, desto eher kann der native Charakter erhalten bleiben. Kommt es beim Zerkleinern jedoch zu einer Zerstörung der Oberflächenstruktur wie beim Wolfen, kann der rohfishähnliche Charakter auch bei großen Stücken verloren gehen. Demgegenüber ermöglicht die Aufrauung der Oberflächenstruktur eine besonders effektive Verfilzung der Fischfasern, so dass es im Zuge einer verbesserten Aktivierung der salzlöslichen Proteine beim Mischen zum Anstieg der Schnittstabilität kommt. Die Erzeugung von glatten Anschnittflächen führt zu einer geringeren Bindungsfestigkeit, da sich die zerteilten und bündig liegenden Muskelfasern weniger ineinander verknäuelen lassen. Die entscheidenden Vorteile hierbei sind jedoch, dass die Oberflächenstruktur der Myomeren und der rohfishähnliche Charakter erhalten bleiben und die Stücke im Garzustand leichter zu zerteilen sind. Da die Erhaltung des fischähnlichen Charakters vor allem bei den Premiumprodukten im Vordergrund steht, sind ein Zerkleinerungsgrad

< 1 cm sowie die Zerkleinerung im Fleischwolf weniger geeignet. Die Verarbeitung von 1 – 3 cm Filetstreifen sowie von ganzen Fischfilets führt zu Produkten mit einem ausgeprägten Rohfischcharakter.

Bei der Formfleischherstellung darf laut den Leitsätzen für Fleisch und Fleischerzeugnisse kein gewolfte oder gar gekutterte Fleisch verwendet werden. Zur Unterstützung der Bindungsbildung kann aber ein maximaler Anteil an brätartigen Strukturen von 5 % hinzugegeben werden. Produkte mit einem höheren Farceanteil werden in die Kategorie „Erzeugnisse eigener Art ohne eingeführte Verkehrsbezeichnung“ eingestuft. Die Feinfarce dient dazu, den Wiederaufbau der ursprünglichen Faserstruktur zu unterstützen, indem sie sich beim Mischen als „Kittsubstanz oder Eiweißkleber“ um die Fleischteilchen legt und diese miteinander verbindet.

Bei den fermentativ rekonstituierten Produkten aus Schweinefleisch und Geflügel, die als Erzeugnisse eigener Art bezeichnet werden können, wurde mit einem Feinfarceanteil von 10 bzw. 20 % gearbeitet. Da die Rekonstitution von Hähnchenoberkeulenfleisch problematischer ist als die von Schweinefleisch, wurde ein höherer Farceanteil eingesetzt. Besonders bei den Fischerzeugnissen, die aus 1 – 3 cm Streifen mit glatten Anschnittflächen hergestellt werden, ist es wichtig, einen Farceanteil zur Unterstützung der Bindungsbildung hinzuzugeben. Die Zugabe von Feinfarce erweist sich bei den Fischerzeugnissen aber als widersprüchlich: da Fisch einen geringeren Anteil an Bindegewebe und zudem eine spezielle Myomerenstruktur hat, ist das gegarte Fischfleisch zarter als das Fleisch warmblütiger Tiere. Wird durch die Farcezugabe eine höhere Bindungsfestigkeit erreicht, wirken die gegarten Produkte fischuntypisch fest. Der Vorteil einer Produktion ohne Farce ist die Erhaltung des Rohfischcharakters, wobei Textur und Schnittbild die fischähnlichsten Eigenschaften haben. Der Nachteil hierbei ist die geringere mechanische Belastbarkeit der Proben, die Grundvoraussetzung für eine unkomplizierte Weiterverarbeitung und praktikable Handhabung ist. Der Mindestfarceanteil sollte 5 % daher nicht unterschreiten. Liegt der Farceanteil über 10 % sind die Produkte zwar schnittstabiler, neigen aber dazu, fischuntypisch fest zu werden und erinnern eher an Schweine- oder Geflügelfleisch. Im Laufe der Versuche wurde festgestellt, dass die Herstellung von Feinfarce aus unterschiedlichen Teilen des Karpfens verschiedene Festigkeiten hervorruft. Wird die Farce aus der roten Muskulatur erzeugt, sind die gegarten Produkte in der Regel leichter zu zerteilen. Wird sie hingegen aus weißer Muskulatur hergestellt, sind die Produkte etwas schnittstabiler, aber auch schwerer zu zerteilen.

Die Gegenüberstellung unterschiedlicher Farceanteile in Höhe von 10, 15 oder 20 % derselben Sorte erbringt eine leichte Steigerung der Schnittfestigkeit im Rohzustand. Der wesentliche Unterschied beläuft sich auf die Sichtbarkeit im Produkt. Die Farcelinien werden breiter und zahlreicher und es kann durch Aggregation der Strukturen zur Ausbildung von unansehnlichen Farcehöfen kommen. Da das Einbringen von Feinfarce aber die Möglichkeit bietet, Teile des Karpfens mitzuverarbeiten, die in größerer Stückform nicht verwendet werden können, ist die Bedeutung des Einsatzes höherer Anteile an feinstzerkleinertem Material nicht zu unterschätzen. Infolge dieses Widerspruchs kommt es zu dem Schluss, dass die Zugabe unterschiedlicher Farceanteile und –sorten in Abhängigkeit von der Produktspezifikation und der Wirtschaftlichkeit erfolgen sollte. Die in Frage kommenden Farceanteile liegen zwischen 10 und 20 % und können sowohl aus roter als auch aus weißer Muskulatur hergestellt werden.

Um praktisch grätenfreie Produkte zu erhalten, muss die Filetware entsprechend vorbehandelt werden: durch das Einschneiden der Filets im Grätenschneider wird die Grätenerweichung während der Produktreifung etwas beschleunigt. Das Einschneiden sollte aber nur an Ware erfolgen, die in Form von ganzen Filets weiterverarbeitet wird und bei der das Herausschneiden der grätenreichen Teile nicht möglich ist. Bei der Verarbeitung von grätengeschnittenen Filets müssen zur ausreichenden Erweichung der vorbeschädigten Gräten im Gegensatz zur Fischwertsortierung Nachreifezeiten einkalkuliert werden. Nach der Fischwertsortierung zerlegte Ware kann zu unterschiedlichen Teilen und in verschiedenen Formen weiterverarbeitet werden, so dass auch praktisch grätenfreie Produkte ohne Nachreifezeiten herstellbar sind.

3.4.2 Zutatenzusammensetzung

Die Zutaten beeinflussen eine Vielzahl an Faktoren, die die Endqualität des Produktes bestimmen:

- | | | |
|----------------------|--------------|-------------------------|
| 1. Geschmacksgebung | 4. Textur | 6. Haltbarkeit |
| 2. Farbgebung | 5. Säuregrad | 7. Fermentationsverlauf |
| 3. Schnittfestigkeit | | |

Um für jedes Produkt die passende Zutatenzusammenstellung zu ermitteln, wird zunächst an der Grundrezeptur gearbeitet; ergänzende Zusatzstoffe werden im Anschluss daran getestet. Die Versuche für die Zutatenzusammensetzung werden auf der Basis von Karpfenfilet durchgeführt und nachfolgend auf weitere Fischarten übertragen. Es erfolgt keine Fischwertsortierung, die Filets werden lediglich mit der einfachen Abschnittechnik vorbehandelt, in 1 – 3 cm Streifen geschnitten und mit 15 % 2mm-Farce versetzt.

3.4.2.1 Grundrezeptur

3.4.2.1.1 Versuch 11

Erprobung der Grundrezeptur

Die Grundrezeptur setzt sich aus Kochsalz (NaCl), Glukose und der Starterkultur zusammen. Aus den Vorversuchen werden folgende Konzentrationen übernommen:

Tab. 29: Grundrezeptur

Zutaten	NaCl	Glukose	LC1	Natriumacetat
Konzentration	1,3 %	0,9 %	4 ml / kg	0,1 %

Im ersten Versuch werden die zerkleinerten Filets mit den Zutaten in den oben angegebenen Konzentrationen und der Farce zusammen vermischt.

a. Sensorische Parameter

Tab. 30: sensorische Parameter V11

	Charge 1
Schnittfestigkeit	2
Farbgebung	2
Textur	3
Säurenote	2
(Bei)geschmack	2
Max. QI (65= 100 %)	29 (44,6 %)

Zusammenfassung

Die Fermentationskurve des Versuchs (s. Kap. 3.4.4) zeigt eine früh einsetzende und gleichmäßige pH-Wert-Absenkung. Infolgedessen soll die Menge der zugesetzten Starterkultur zunächst nicht verändert werden. Trotz der gut verlaufenen Fermentation ist die Gesamtqualität der Produkte mangelhaft: in den ersten Tagen sind die Proben durchaus genießbar. Ab dem fünften Tag verlieren sie jedoch zunehmend an Saftigkeit und der Säuregehalt steigt verhältnismäßig an. Zur Regulierung der Säureproduktion soll im nächsten Versuch die Nährstoffquelle Glukose reduziert werden.

Da der Zusammenhalt der Fischteilchen nicht genügend gefestigt und die Schnittstabilität der meisten Proben noch nicht ausreicht, muss der Eiweißaufschluss verbessert werden. Ein erster Schritt hierfür ist die Erhöhung der Salzkonzentration.

Bei einem End-pH-Wert von 5,4 und der bestehenden Rezeptur setzt die Grätenweichung in der zweiten Woche ein und ist erst in der dritten Woche nach deutlicher Abnahme der Produktqualität in ausreichendem Maße vorangeschritten: die Gräten sind ab Tag 19 beim Schneiden nicht mehr spürbar. Laut GRIEBEL und PETRUSCHKE (47) erfordert eine effektive und schnelle Grätenweichung ohne zusätzliche mechanische Einwirkung einen pH-Wert der durchgehend $\leq$ pH 5,5 liegt. Um den Prozess der Grätenweichung analysieren zu können, soll der Vorgang im Rahmen der sensorischen und physikalischen Nachuntersuchungen in Kapitel 3.6 untersucht werden.

Die dunklen Filetabschnitte verfärben sich durch oxidative Veränderungen im Laufe der Lagerung bräun- bzw. grünlich, so dass die Produkte zunehmend unappetitlich und fremdartig aussehen. Die Möglichkeiten einer Farbstabilisierung werden in den Folgeversuchen erprobt.

3.4.2.1.2 Versuch 12

Veränderung der Grundrezeptur

Als Folge der Ergebnisse aus Versuch 1 wird die Grundrezeptur verändert:

Tab. 31: veränderte Grundrezeptur

Zutaten	NaCl	Glukose	LC1	Natriumacetat
Charge 1	1,4 %	0,6 %	4 ml / kg	0,1 %
Charge 2	1,6 %	0,6 %	4 ml / kg	0,1 %
Charge 3	1,8 %	0,6 %	4 ml / kg	0,1 %

a. Sensorische Parameter

Tab. 32: sensorische Parameter V12

	Charge 1	Charge 2	Charge 3
Schnittfestigkeit	3	4	4
Farbgebung	2	2	2
Textur	4	3	3
Säurenote	3	3	3
(Bei)geschmack	3	3	2
Max. QI (65= 100 %)	40 (61,5 %)	40 (61,5 %)	38 (58,5 %)

Zusammenfassung

Die Fermentationszeit (s. Kap. 3.4.4) wird durch die Verringerung der Glukosekonzentration erheblich verlängert. Im Zuge dessen wird die Säurenote der Produkte positiv vermindert. ULAMBAYAR (65) stellte in ihren experimentellen Arbeiten fest, dass die Fermentationszeit sowohl durch eine

Veränderung des Glukoseanteils (0,2 bis 2 %) als auch durch eine Modifizierung der *Lactobacillus-curvatus*-Konzentration (1/2, 1/3, einfach, zweifach) beeinflusst werden kann. Bei maximaler Erhöhung beider Anteile ist der Säuerungseffekt am ausgeprägtesten. Um jedoch eine Regulierung der Säurebildung zu erreichen, soll in diesen Versuchen durchgehend mit der zweifachen Menge der Starterkultur (4ml / kg) gearbeitet und bei Bedarf lediglich der Glukoseanteil variiert werden.

Durch die stufenweise Erhöhung der Salzkonzentration kann die Viskosität des Bräts gesteigert und die Schnittfestigkeit nachhaltig verbessert werden. In Zusammenhang mit dem empfundenen Salzgeschmack sollten zu gärende Erzeugnisse einen geringeren Salzgehalt von 1,4 % enthalten. Ein 1,6 %iger Salzgehalt ist bereits zu hoch. Bei roh zu verzehrenden Produkten kann der Salzanteil hingegen 1,6 % betragen. 1,8 % NaCl verleihen den Rohprodukten teilweise jedoch einen zu intensiven Salzgeschmack.

Die Zutatenzusammenstellung der Grundrezeptur ermöglicht es nicht, den für Karpfen charakteristischen Geschmack abzuschwächen. Durch die Fermentation schmecken die Proben nicht nur karpfentypisch teichig, sondern bilden im Laufe des Reifeprozesses auch andere Geschmackskomponenten (Fermentationsnote, nussiger bzw. muffiger Geschmack), die in jedem Fall reduziert werden sollten.

3.4.2.1.3 Versuch 13

Zusatz von Calciumchlorid

Da eine Erhöhung des Salzgehaltes aus sensorischen Gründen begrenzt ist, soll in diesem Versuch zur Optimierung von Textur und Festigkeit der Produkte der Zusatzstoff Calciumchlorid zum Einsatz kommen. Bei Versuchen zur Herstellung von fermentativ rekonstituierten Hähnchenfleischerzeugnissen (63) konnte die Schnittfestigkeit durch die Zugabe von Calciumchlorid erfolgreich gesteigert werden ohne dabei sensorische Nachteile mit sich zu ziehen. Bei einer zu hohen Calciumchlorid-Konzentration kann es durch die hygroskopische Wirkung allerdings zu Rissbildungen im Produkt kommen. Als Anfangskonzentrationen werden daher Anteile von 0,2 bis 0,4 g / kg CaCl_2 , die bei den Versuchen mit Hähnchenfleisch ermittelt wurden, übernommen. Auf die Zugabe von Natriumacetat wird bei den Testversuchen mit anderen Zusatzstoffen verzichtet. Der Salzgehalt wird für alle folgenden Versuche auf 1,4 % festgelegt, da die Produkte sowohl im Gar- als auch im Rohzustand verkostet werden sollen.

a. Sensorische Parameter

Tab. 33: sensorische Parameter V13

	Charge 1
Schnittfestigkeit	4
Farbgebung	2
Textur	2
Säurenote	1
(Bei)geschmack	1
Max. QI (65= 100 %)	27 (41,5 %)

Zusammenfassung

Durch den Zusatz von Calciumchlorid kommt es zu einer Verkürzung der Fermentationszeit (s. Kap. 3.4.4). Die Qualität der Produkte liegt jedoch weit unter dem Niveau der Vorversuche: die Festigkeit der Proben wird durch die Zugabe von CaCl_2 tatsächlich erhöht. Die Art der gesteigerten Festigkeit ist jedoch ausgesprochen fischuntypisch - die Proben sind viel zu trocken und zu sauer. Hinzu kommt ein chemischer Beigeschmack, der sich im Laufe der Lagerung verstärkt und schließlich zur völligen Un genießbarkeit der Produkte führt. Die Verwendung von Calciumchlorid ist für Fischprodukte demzufolge ungeeignet.

3.4.2.1.4 Versuch 14Zusatz von Calciumlactat

Da die festigende Wirkung auf das Calcium zurückzuführen ist und sich in vermindertem Maß durchaus positiv auf die Produktqualität auswirkt, sollte Calcium in einer anderen Verbindung wiederverwendet werden: Calciumlactat wird in der Fleischverarbeitung bereits erfolgreich eingesetzt und führt zu einer Verbesserung des Wasserbindevermögens, der Schnittfestigkeit und der Haltbarkeit, ohne dabei Einfluss auf die Geschmacksgebung der Erzeugnisse zu nehmen.

Laut Herstellerempfehlung soll in Brühwurstprodukten eine Konzentration von 2 % Calciumlactat eingesetzt werden. Um die für Fisch geeignete Konzentration zu ermitteln, werden zwei Chargen mit unterschiedlichen und vorerst geringeren Mengenteilen an Calciumlactat hergestellt:

Charge 1: 0,5 % Calciumlactat

Charge 2: 1,0 % Calciumlactat

a. Sensorische Parameter

Tab. 34: sensorische Parameter V14

	Charge 1	Charge 2
Schnittfestigkeit	5	5
Farbgebung	3	3
Textur	3	3
Säurenote	4	
(Bei)geschmack	4	2
Max. QI (65= 100 %)	50 (76,9 %)	46 (70,8 %)

Zusammenfassung

Durch die Zugabe von Calciumlactat wird die Fermentationszeit erhöht (s. 3.4.4). Je höher die Konzentration des Zusatzstoffes ist, umso länger dauert die pH-Wert-Senkung. Die Schnittfestigkeit wird durch das Calciumlactat in einem geringeren Maße gesteigert als durch Calciumchlorid, wobei die Saftigkeit zum Vorteil der Produkte erhalten bleibt. Da es für eine praktikable Handhabung der fischähnlichen Produkte auf eine gute Tranchierbarkeit ankommt, die keine negativen Auswirkungen auf die Textur hat, scheint der Zusatz von Calciumlactat besser geeignet, die angestrebten Produkteigenschaften zu schaffen. Die Zugabe von 1,0 % Calciumlactat führt zu keiner Aufwertung der Produktmerkmale: weder Schnittfestigkeit noch Textur werden deutlich verbessert. Im Gegenzug kommt es zu geschmacklichen Abweichungen, die sich in einer leichten Bitternote und einem Kribbeln auf der Zunge äußern. Der Zusatz von Calciumlactat ist aus sensorischen Gründen daher beschränkt.

3.4.2.1.5 Versuch 15

Zusatz von Calciumacetat

Um die geschmacklichen Veränderungen der Produkte zu reduzieren, die das Calciumlactat bei einer Konzentration von 1,0 % verursacht und dabei die positiven Begleiterscheinungen wie die Verbesserung der Wasserbindung und der Textur zu erhalten, soll ein weiterer Zusatzstoff auf Calciumbasis getestet werden: Calciumacetat wird zunächst in den gleichen Konzentrationen von 0,5 % und 1 % eingesetzt:

Charge 1: 0,5 % Calciumacetat

Charge 2: 1,0 % Calciumacetat

a. Sensorische Parameter

Tab. 35: sensorische Parameter V15

	Charge 1	Charge 2
Schnittfestigkeit	4	4
Farbgebung	3	2
Textur	4	3
Säurenote	4	4
(Bei)geschmack	4	2
Max. QI (65= 100 %)	50 (76,9 %)	45 (69,2 %)

Zusammenfassung

Calciumacetat ist der Zusatzstoff mit den intensivsten Auswirkungen auf die Produktbeschaffenheit: der Anfangs-pH-Wert der Fermentation wird bei einer Calciumacetat-Konzentration von 1,0 % bedeutend verringert. Das Erreichen des End-pH-Wertes nimmt im Verhältnis zum niedrigeren Anfangswert aber mehr Zeit in Anspruch (s. Kap. 3.4.4). Bei einer Konzentration von 0,5 % dauert die Fermentation sogar 24 Stunden an. Die fermentierten Erzeugnisse sind sichtlich heller gefärbt und haben einen intensiven Essigsäuregeruch.



Abb. 56: gewolfte Probe mit Calciumlactat, dunkler



Abb. 57: gewolfte Probe mit Calciumacetat, heller

Die Produkte schmecken wider Erwarten nicht sauer, sondern süß. In etwas schwächerem Maß ausgebildet könnte die Süße die zum Teil als störend empfundene Säure im Produkt mildern. Bei den eingesetzten Konzentrationen ist der süße Beigeschmack jedoch zu ausgeprägt. Eine Verbesserung der Schnittfestigkeit ist durch die Zugabe von Calciumacetat weniger festzustellen als durch Calciumchlorid oder Calciumlactat. Die Proben haben eine sehr saftige und zarte Textur, die bei 1,0 % Calciumacetat bereits zu weich ist. Der Zusatz von Calciumacetat muss daher auf eine geringere Konzentration reduziert werden, bei der die Auswirkungen weniger intensiv sind.

3.4.2.1.6 Versuch 16

Kombination von Calciumlactat und -acetat

Infolge der Versuchsergebnisse sollen die Zusatzstoffe Calciumlactat und -acetat kombiniert werden, wobei sich die Konzentrationen an der jeweiligen Wirkungsintensität- und weise orientieren. Calciumlactat wird aufgrund der geringeren sensorischen Auswirkung und der positiven festigenden Eigenschaften in einer höheren Konzentration eingesetzt. Der Mengenanteil von Calciumacetat wird wegen der deutlichen Veränderung der Produkteigenschaften reduziert. Um die Auswirkungen der Zusatzstoffe auf die Produktmerkmale besser beurteilen zu können, wird eine Referenzprobe ohne Zusatzstoffe hergestellt.

Charge 1: 0,5 % Calciumlactat, 0,1 % Calciumacetat

Charge 2: 0,5 % Calciumlactat, 0,2 % Calciumacetat

Charge 3: Referenzprobe ohne Zusatzstoffe

a. Sensorische Parameter

Tab. 36: sensorische Parameter V16

	Charge 1	Charge 2	Charge 3
Schnittfestigkeit	5	5	3
Farbgebung	4	4	3
Textur	4	5	2
Säurenote	3	4	2
(Bei)geschmack	3	4	2
Max. QI (65= 100 %)	50 (76,9 %)	58 (89,2 %)	31 (47,7 %)

Zusammenfassung

Die Kombination von Calciumlactat und Calciumacetat scheint zur Verbesserung der Produktqualität durchaus geeignet zu sein: durch die Zugabe von Calciumlactat werden Wasserbindung und Festigkeit gesteigert. Durch die Zugabe von Calciumacetat wird die Säurenote gemildert und die Textur des gegarten Produktes etwas zarter. Bei einer Konzentration von 0,5 % Calciumlactat sind die Produkte im Rohzustand genügend schnittfest und haben im Garzustand keinen metallischen Nachgeschmack. Verwendet man parallel dazu einen Anteil von 0,1 % Calciumacetat, gibt es kaum merkbare Veränderungen. Bei einer Konzentration von 0,2 % wird die Säurenote bereits spürbar vermindert und die Textur des gegarten Produktes zarter. Die süße Note ist dabei so gering, dass sie nicht herauszuschmecken ist. Die Referenzprobe ohne Zusatzstoffe ist qualitativ deutlich schlechter als die Proben mit Zusatzstoffen: die Säurenote ist ausgeprägter, der Fisch- und Fermentationsgeruch intensiver und die Textur fester und gummiartiger.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass Zutaten und Zutatenkonzentrationen deutlichen Einfluss auf den Verlauf der Fermentation nehmen. Je nach eingesetztem Zusatzstoff und entsprechendem Wirkmechanismus kann die Fermentation beschleunigt oder verlangsamt werden. Darüber hinaus wird die Entwicklung der Produkteigenschaften gesteuert, so dass die Einstellung eines Qualitätsstandards erleichtert wird.

3.4.2.1.7 Versuch 17

Zusatz von Nitritpökelsalz

Im Laufe der Versuche stellt sich heraus, dass es besonders bei der Verarbeitung von Karpfenfilets zu farblichen Veränderungen der Produkte kommt. Der ausgeprägte rote Seitenmuskel mit hohem Myoglobin- und Fettanteil neigt bei längerer Lagerung zu Farbabweichungen (von dunkelrot nach bräunlich-rot bis grau-grünlich). Grünfärbungen sind auf Fettperoxide zurückzuführen, die eine Oxidationsreaktion im Muskelfarbstoff Myoglobin auslösen (31).

Um die noch haltbaren Produkte für den Verbraucher farblich ansprechender und frischer aussehen zu lassen, wurden zunächst Farbstoffe eingesetzt. Die homogene Verteilung und Diffusion des Farbstoffes erwies sich bei der Verarbeitung von größeren Stücken mit unterschiedlicher Oberflächenstruktur und Zusammensetzung jedoch als schwierig. Die gefärbten Produkte sehen stets unnatürlich aus.

Zur Stabilisierung und Intensivierung der Farbgebung soll deshalb der in der Fleischverarbeitung vielfach verwendete Zusatzstoff Natriumnitrit E 250 in Form von Nitritpökelsalz (NPS) eingesetzt werden. Natriumnitrit ist bei Fischerzeugnissen bislang nicht zugelassen. Bei diesem Versuch wird der Kochsalzgehalt von 1,4 % durch Nitritpökelsalz ersetzt. Um mögliche Reaktionen mit den übrigen Zusatzstoffen beurteilen zu können, werden zwei Chargen hergestellt:

Charge 1: 1,4 % NPS, 0,1 % Natriumacetat

Charge 2: 1,4 % NPS, 0,5 % Calciumlactat, 0,2 % Calciumacetat

a. Sensorische Parameter

Tab. 37: sensorische Parameter V17

	Charge1	Charge 2
Schnittfestigkeit	5	5
Farbgebung	5	5
Textur	4	5
Säurenote	4	4
(Bei)geschmack	4	4
Max. QI (65= 100 %)	57 (87,7 %)	60 (92,3 %)

Zusammenfassung

Die Verwendung von Nitritpökelsalz trägt eindeutig zur Aufwertung der Produktqualität bei:

1. die Fermentationszeit wird verkürzt
2. die Farbgebung wird intensiviert und stabilisiert
3. Teile der roten Muskulatur neigen weniger zur Oxidation und müssen nicht vollständig entfernt werden
4. die Produkte erhalten ein gewisses Pökelaroma
5. die Zusatzstoffe beeinflussen sich nicht gegenseitig



Abb. 58: K3 mit NPS



Abb. 59: K3 mit NaCl

Durch die Zugabe von Calciumacetat und Calciumlactat wird die Textur positiv beeinflusst und die Säurenote in stärkerem Maß gemildert als durch die Zugabe von Natriumacetat. Dieser Effekt spielt besonders bei Garprodukten eine ausschlaggebende Rolle, bei denen die Textur möglichst zart und die Säurenote nur wenig ausgeprägt sein sollte. Da gepökelte Produkte allerdings nicht gebraten oder gegrillt werden sollen, ist die Behandlung von Garprodukten mit Nitritpökelsalz je nach Endzubereitungsart beschränkt. Roh zu verzehrende, aufschnitt- oder schinkenähnliche Erzeugnisse können aber durchaus gepökelt werden. Aus verarbeitungstechnischen und mikrobiologischen Gründen sollten Rohprodukte schnittfester und trockener als Garprodukte sein. Da ein höherer Säureanteil im rohen Produkt weniger geschmacksintensiv zum Tragen kommt, ist die Verwendung von Natriumacetat als Säureregulator in schinken- oder aufschnittähnlichen Produkten ausreichend.

3.4.2.2 Diskussion

Die Zutatenzusammenstellung erweist sich als bedeutende Einflussgröße auf den Verlauf der Fermentation (s. Kap. 3.4.4), die Haltbarkeit (s. Kap. 3.6), die Säureentwicklung sowie die Geschmacksgebung der Produkte. Die Konzentrationen der Grundzutaten Glukose und Kochsalz sowie die Starterkultur sollten in einem optimalen Verhältnis kombiniert werden. Glukose dient als Nährstoffquelle für die Starterkultur und ist mit steigender Konzentration wachstumsfördernd. Zur Regulierung der Säureproduktion sollte der Glukoseanteil allerdings nicht zu hoch sein ($\geq 0,9\%$). Eine geringere Konzentration führt allerdings zu einer langsameren pH-Senkung ($\leq 0,3\%$). Infolgedessen wird der Glukoseanteil auf ein mittleres Maß von $0,6\%$ eingestellt. Die Zugabe von Kochsalz dient hauptsächlich zur Aktivierung der salzlöslichen Proteine beim Mischen. Der geschmacksgebende Einfluss spielt eine eher untergeordnete Rolle. Durch Erhöhung der Kochsalzkonzentration wird der Einsalzeffekt verstärkt. Allerdings sind der Zugabe von NaCl sensorische Grenzen gesetzt, die von der Endzubereitungsart des Produktes abhängen. Ist das Produkt zum Garen vorgesehen, muss der Kochsalzgehalt geringer sein als wenn das Produkt roh verzehrt werden soll. Aufgrund des Wasserverlustes beim Garen entsteht ein intensiverer Salzgeschmack, so dass zu garenden Erzeugnissen ein maximaler NaCl-Anteil von $1,4\%$ hinzugegeben werden kann. Rohprodukte können demgegenüber mit einer Konzentration von $1,6$ bis $1,8\%$ Kochsalz versetzt werden.

Die Konzentration der Starterkultur wurde aus den Vorversuchen mit Schweine- und Geflügelfleisch übernommen. Bereits in den ersten Versuchen zeigte sich, dass die zugegebene Menge von 4 ml / kg genügt, um den pH-Wert innerhalb eines festgesetzten Zeitraumes zu senken und für eine ausreichende Säuerung zu sorgen. Insofern wurde die Konzentration der Starterkultur nicht weiter verändert. Da es bei diesem Kurzreifeprozess lediglich darauf ankommt, Milchsäure zur Denaturierung der Fischproteine zu erzeugen, wurde keine heterofermentative und aromabildende Starterkultur mit

anderen Bakterienstämmen getestet, sondern ausschließlich die LC1-Kultur mit den homofermentativen *Lactobacillus-curvatus*-Bakterien verwendet.

Da es bei länger gelagerten Produkten häufig zu geschmacklichen Abweichungen kam, die Fermentation trotz der optimierten Grundzutaten unbeständig verlief und die Schnittfestigkeit der Produkte verbesserungswürdig war, wurden weitere Zutaten getestet. Bei den Versuchen mit Geflügelfleisch wurde zur Erhöhung der Schnittfestigkeit der Zusatzstoff E 509 Calciumchlorid eingesetzt. Das zweiwertige, positive Calcium-Ion verfügt über die Fähigkeit, Makromoleküle miteinander zu verknüpfen, zwischen denen Wassermoleküle eingespeichert werden können. Unter Zusatz von E 509 konnte die Schnittstabilität der labilen Hähnchenfleischprodukte ohne eine geschmackliche Veränderung gesteigert werden. Bei den Fischerzeugnissen kommt es bei denselben geringen Konzentrationen von 0,2 – 0,4 g / kg (= 0,02 %) zu Rissbildungen und zu wesentlichen textuellen sowie geschmacklichen Abweichungen.

Stattdessen wurde der Zusatzstoff E 327 Calciumlactat getestet, der in der Brühwurstherstellung zur Verbesserung der Wasserbindungskapazität, zur Erhöhung der Schnittfestigkeit und zur Verlängerung der Haltbarkeit eingesetzt wird. Die vom Hersteller empfohlene Konzentration von 1 bis 2 % ist für die Fischprodukte allerdings zu hoch- die Fermentation verläuft mit über 20 Stunden überdurchschnittlich lang und die Proben schmecken bitter. Der Bittergeschmack rührt wie auch beim Calciumchlorid vom Calcium her und kann durch das Senken der Konzentration auf 0,5 % deutlich reduziert werden. Im Zuge dessen kommt es auch zu einer Verkürzung der Fermentationszeit auf unter 20 Stunden. Der Schneidwiderstand sowie die Dichte der Produktstruktur können unter Zugabe von Calciumlactat tatsächlich erhöht werden. Da die Textur der Proben gleichzeitig fester wird und die Produkte den fischähnlichen Charakter verlieren, sollte zum Vergleich der Zusatzstoff E 263 Calciumacetat eingesetzt werden. Im Gegensatz zum Calciumlactat bewirkt das Acetat mit steigender Konzentration keine Verfestigung der Produktstruktur, sondern eine Auflockerung der Textur. Bei einem Anteil von 1,0 % kommt es zu einer sichtbaren Aufhellung der Farbgebung, zu einer Erweichung der Textur und zu einer gustatorischen sowie olfaktorischen Veränderung. Die Produkte schmecken nicht sauer sondern wider Erwarten sehr süß und riechen stark nach Essigsäure. Bei einer Konzentration von 0,5 % sind die Proben merklich fester, schmecken nur noch leicht süßlich und riechen auch weniger nach Essigsäure. Die Wirkungsweise des Calciumacetats ist demnach konzentrationsabhängig und äußerst intensiv. Der Essiggeruch entsteht durch Dissoziation des Genussäurensalzes in Calcium-Ionen und Essigsäuremoleküle. In diesem Zusammenhang kommt es zu einer Absenkung des Anfangs-pH-Wertes. Aufgrund der antimikrobiellen Wirkung des Acetats tritt trotz niedrigeren Anfangswertes eine deutliche Verlängerung der Fermentationszeit (> 20 Stunden) ein. Der süße Geschmack rührt vermutlich von einem durch das Acetat ausgelösten Proteinabbau her, wobei es zur Freisetzung von Aminosäuren kommt. Die geschmacklichen Veränderungen der Produkte können auf die Tatsache zurückzuführen sein, dass einige Aminosäuren einen süßlichen Geschmack haben. Die partielle Zersetzung des Proteinnetzwerkes erklärt auch das Weicherwerden der Textur. Da weder bei der Verwendung von Calciumchlorid noch von Calciumlactat eine solch spürbare Veränderung des Produktcharakters auftritt, ist die Ursache im Acetat bzw. in der Kombination von Calcium und Acetat zu finden. Beim Marinieren von Fischerzeugnissen in Essiglake kommt es zu einer Enzymaktivierung, die das sogenannte „Garwerden“ der Produkte bewirkt. Sowohl die Säure als auch die enzymatische

Aktivität fördern den Denaturierungsprozess der Proteine. Davon ausgehend entsteht die Annahme, dass es unter Zugabe von Calciumacetat ebenfalls zur Aktivierung von Enzymen kommt, die das Aufspalten von Proteinketten auslösen und dadurch eine Erweichung der Textur verursachen. Da eine weichere Textur wie auch eine leicht süßliche Note im Garzustand vorteilhaft als sensorische Eigenschaften sind, ist die Zugabe von Calciumacetat in geringerer Konzentration durchaus von Nutzen. Ein leichter Essigsäuregeruch verleiht den Produkten außerdem den Eindruck von Frische und überdeckt den fremdartigen Fermentations- sowie den oftmals muffigen Karpfengeruch. Unter Verwendung von 0,2 % Calciumacetat können in Kombination mit 0,5 % Calciumlactat Produkte hergestellt werden, die genügend schnittfest sowie wenig sauer sind und zudem eine angenehm zarte Textur haben. Infolge der geringen Konzentrationen beider Zusatzstoffe kann die Fermentationszeit auf < 17 Stunden verkürzt werden.

Aufgrund farblicher Veränderungen während der Lagerzeit wurde in Anlehnung an die Fleischverarbeitung der Zusatzstoff E 250 Natriumnitrit in Form von Nitritpökelsalz hinzugegeben. In der Erwartung, dass bei rotfleischigen Fischarten mit höherem Myoglobingehalt die Farbgebung der Endprodukte intensiviert und stabilisiert werden kann, wurde das Nitritpökelsalz erstmalig an Karpfenprodukten getestet. Hierzu wurde der Kochsalzanteil von 1,4 % (FKP) bzw. 1,6 % (PP) durch Nitritpökelsalz ersetzt. Der Karpfen nimmt eine fleischähnliche Rosa- bzw. Rotfärbung an, wodurch es zu der erwünschten Aufwertung der Produktqualität kommt. Die gepökelten Fischerzeugnisse unterscheiden sich von unbehandelten Produkten durch ein leichtes Pökelaroma, das den Fermentationsgeruch und -geschmack überdeckt.

Die Zugabe von Nitritpökelsalz bringt eine Vielzahl an positiven Auswirkungen auf die Produktqualität mit sich: das Pökelaroma schwächt den Fischgeruch und -geschmack ab und trägt so zu der gewünschten Entfremdung bei, die die Hemmschwelle des Verbrauchers gegenüber Fisch herabsetzt. Die Farbgebung wird intensiviert und stabilisiert, so dass die Produkte ansprechender und frischer aussehen. Hinzu kommt eine verlängerte Haltbarkeit der Produkte, die auf die keimhemmende Wirkung des Nitrits zurückzuführen ist.

Tab. 38: höchster Qualitätsindex Versuchsreihe 3.4.2

Produkt	Höchster Qualitätsindex
1,4 % NPS, 0,5 % CL, 0,2 % CA	60 (92,3 %)

Mikrokokken und Lactobacillus-Arten weisen eine verhältnismäßig hohe Nitrittoleranz auf. Pseudomonas-Arten, E. Coli, Coliforme, Bacillus- und Clostridium-Arten werden durch Nitrit mehr oder weniger gehemmt. Das Wachstum von Schimmelpilzen und Hefen wird hingegen nicht beeinflusst.

Die keimhemmende Wirkung des Nitrits ist vom pH-Wert im Milieu abhängig. Je tiefer der pH-Wert ist, desto größer ist die Hemmwirkung des Nitrits und umgekehrt: bei hohen pH-Werten (> 6,4) dissoziiert salpetrige Säure gänzlich in H^+ - und NO_2^- -Ionen. In dieser Form ist eine Reduktion von Nitrit zu NO nicht möglich. Zur NO-Bildung muss salpetrige Säure in undissoziierter Form vorliegen. Insofern ist zur Keimhemmung weniger die Zusatzmenge an Nitrit als vielmehr die Konzentration der undissoziierten salpetrigen Säure maßgebend. Bei einer pH-Senkung um eine Einheit verringert sich die zur Hemmung erforderliche Nitritkonzentration auf etwa ein Zehntel, so dass bei pH-Werten $\leq 5,5$ eine höhere mikrobiologische Stabilität bei einer niedrigeren Nitritkonzentration gewährleistet werden kann (45), (92).

Trotz der zahlreichen Vorteile, die die Verwendung von Nitritpökelsalz mit sich bringt, ist der Einsatz aufgrund der toxischen und kanzerogenen Wirkung jedoch begrenzt. Bei der Verarbeitung von Fisch stellt Nitrit eine besondere Gefahrenquelle dar, da die Bildung kanzerogener Nitrosamine durch die verstärkte Aminbildung im Fischgewebe forciert wird.

Toxische Wirkung von Nitrit:

Nitrit wandelt das zweiwertige Eisen des Blutfarbstoffes Hämoglobin in dreiwertiges um. Es entsteht Methämoglobin, das Sauerstoff nicht mehr binden und im Blut transportieren kann. Die Folge hiervon sind Atemnot, Cyanose und Tod. Aufgrund seiner Toxizität wird Nitrit nicht in reiner Form, sondern nur als Nitritpökelsalz zugegeben. Die Einbettung in Kochsalz verhindert Überdosierungen durch die damit verbundene Übersalzung (32).

Kanzerogene Wirkung von Nitrit:

Nitrit ist in größeren Mengen nicht nur toxisch, sondern neigt auch zur Bildung von kanzerogenen Nitrosaminen: Nitrosamine entstehen aus einer Reaktion zwischen sekundären Aminen und nitrosierenden Stoffen. Nitritpökelsalz ist einer der bekanntesten nitrosierenden Stoffe in Lebensmitteln. Da der Großteil der Nitrosamine eine mehr oder weniger starke kanzerogene Wirkung hat, müssen Grenzwerte eingehalten werden. Eine Reaktion zwischen sekundären Aminen und Nitrit findet nur bei sehr niedrigen pH-Werten (~ pH 3 im Magensaft) oder bei hohen Temperaturen (≥ 180 °C beim Braten) statt. Da die über das Pökelsalz zugesetzten Nitritmengen in der Regel sehr gering sind, ist eine Bildung kanzerogener Nitrosamine eingeschränkt. Im Magensaft kann es aber durch den tiefen pH-Wert zu einer Reaktion zwischen den mit der Nahrung aufgenommenen Aminen und Nitriten kommen. Daher ist der Restnitritgehalt im Nahrungsmittel möglichst gering zu halten (32), (63). Die Grenzwerte liegen laut der europäischen Richtlinie Nr. 95 / 2 / EG in gepökelten Fleischerzeugnissen bei 100 ppm Nitrit. Der Restnitritgehalt in mit Kaliumnitrat E 252 behandelten, eingelegten Heringen und Sprotten liegt bei 200 ppm Nitrit. Die Verwendung von Natriumnitrit ist bei Fischerzeugnissen bislang nicht zugelassen (93).

Aminbildung in Fisch:

Biogene Amine

„Als biogene Amine werden niedermolekulare organische Basen mit der Struktur von aliphatischen, aromatischen bzw. heterozyklischen Verbindungen definiert, die im normalen Stoffwechsel von Mensch, Tier, Pflanze und Mikroorganismus gebildet und metabolisiert werden (94).“

Biogene Amine entstehen vorwiegend in Lebensmitteln, die biochemischen und mikrobiologischen Eiweißveränderungen unterliegen. Ihr Vorkommen in erhöhten Konzentrationen ist als Zeichen für eine Qualitätsminderung oder sogar Genussuntauglichkeit anzusehen. Neben der chemischen und bakteriologischen Überwachung kann der Nachweis von Aminen als weiteres Kriterium für die Lebensmittelqualität dienen. In Abhängigkeit von Qualität und Quantität der Amine, die beim Verzehr eines Lebensmittels aufgenommen werden, kann eine toxische Wirkung auftreten. Von Bedeutung ist auch der Aminoxydase-Spiegel im Darmtrakt eines Menschen, der für den Abbau von gebildeten Aminen verantwortlich ist und der sehr unterschiedlich sein kann. Bei Allergikern, die einen niedrigen

Aminoxidase-Spiegel haben treten bei geringen Konzentrationen bereits Krankheitssymptome auf, die sich in Rötungen und Ausschlägen, Magenkrämpfen, Übelkeit, Schwindel und Kopfschmerzen äußern (94).

Bildung biogener Amine

Amine entstehen im Lebensmittel auf verschiedenen Wegen:

1. Decarboxylierung von Aminosäuren
2. Aminierung von Aldehyden / Ketonen
3. Abbau stickstoffhaltiger Verbindungen

Es wird vermutet, dass der Großteil der Amine in Lebensmitteln auf die Decarboxylierung von Aminosäuren zurückzuführen ist. Hierbei entstehen jedoch nur primäre Amine, sekundäre und tertiäre Amine werden hingegen durch Alkylierung gebildet (94).

Amine in Fisch und Fischprodukten

Fisch als leicht verderbliches Lebensmittel unterliegt in Abhängigkeit von der Außentemperatur einem mehr oder weniger starken Eiweißabbau, der durch Enzyme des Fischfleisches und durch Bakterien bedingt ist. Das Vorhandensein bestimmter Amine im Fisch ist ein Zeichen für den Frischegrad des Rohstoffes, so dass deren mengenmäßige Erfassung als Kriterium für die Fischqualität dient. Vorwiegend kommen Amine wie Trimethylamin, Histamin, Cadaverin und Tyramin in Lebensmitteln vor. Biogene Amine sind ausgesprochen thermostabil: Histamin z. B. wird erst bei einer Temperatur von 116 °C, die über einen Zeitraum von 90 Minuten gehalten wird, zerstört. Aminbildung kann auch im erhitzten Produkt ohne eine mikrobielle Rekontamination erfolgen. Da einige Decarboxylasen Pasteurisierungsbedingungen überstehen, können die Enzyme trotz Abtötung der Mikroorganismen im thermisch behandelten Produkt weiter wirken (94).

Tab. 39: biogene Amine, die durch Decarboxylierung und (...) entstehen und in frischen, tiefgefrorenen und konservierten Fischen und Fischerzeugnissen nachweisbar sind (94)

Amin	Ausgangsverbindung	Grenzwerte
Histamin (Decarb.)	Histidin	200 mg / kg bei Frisch-, TK- und Räucherfisch bzw. 400 mg / kg bei Fischmarinaden und Konserven
Phenylethylamin Putrescin (Decarb.) Tyramin Cadaverin	Phenylalanin Ornithin Tyrosin Lysin	
Dimethylamin Diethylamin Trimethylamin	Trimethylaminoxid Trimethylaminoxid	5 - 15 mg TMA-N / 100 g

Tab. 40: stickstoffhaltige Basen in Seefischen (3), (94)

Basische Komponenten	Formel	ppm in frischem Muskelgewebe
Flüchtige Stickstoffbasen:		
Ammoniak	NH_3	30...200
Trimethylamin (TMA)	$(\text{CH}_3)_3\text{N}$	10...25
Dimethylamin	$(\text{CH}_3)_2\text{NH}$	5...20
Diethylamin	$(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$	0...0,4
Methylamin	$(\text{CH}_3)\text{NH}_2$	Spur
Trimethylammonium-Basen:		
Trimethylaminoxid (TMAO)	$(\text{CH}_3)_3\text{N}=\text{O}$	$10^3 \dots 15 \times 10^3$

Tab. 41: nitrosierbare Amine und die daraus gebildeten Nitrosamine (94)

Sekundäre, nitrosierbare Amine	Gebildete Nitrosamine
Dimethylamin	Dimethylnitrosamin
Diethylamin	Diethylnitrosamin
Dipropylamin	
Dibutylamin	
Piperidinderivate (aus Cadaverin)	Nitrosopiperidin
Pyrrolidinderivate (aus Putrescin oder Prolin)	Nitrosoprolin, Nitrosopyrrolidin

Untersuchungen an fermentierten Fischprodukten (Karpfen- und Pangasius-Schinken), die in einem externen Labor des IASP nach einem anerkannten Verfahren durchgeführt wurden, ergaben sehr geringe Restnitritgehalte:

L 07.00 / 12 Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 35 LMBG „Bestimmung des Nitrit- und Nitratgehaltes in Fleischerzeugnissen“ Abschnitt 7.3.1
Photometrische Bestimmung des Nitritgehaltes mittels Testsatz von WTW Modell 14776 für Nitrit

Tab. 42: Restnitritgehalt in Karpfen- und Pangasius-Schinken

	Probe 1 NaNO_2 in mg / kg	Probe 2 NaNO_2 in mg / kg	Mittelwert NaNO_2 in mg / kg
Karpfen (mit 15 % Pangasius)	1,10	0,93	1,02
Pangasius (mit 15 % Karpfen)	0,49	0,48	0,485

Infolge des niedrigen Restnitritgehaltes, der in etwa 1,0 % der zugelassenen Höchstmenge in Fleischerzeugnissen beträgt, ist die Gefahr einer Nitrosaminbildung in den fermentierten Fischprodukten als gering einzuschätzen.

Die Zutatenzusammenstellung sollte aufgrund des unterschiedlichen Erzeugnischarakters rohstoff- und produktspezifisch ausgerichtet sein. Für die beiden Grundprodukte ergeben sich daher folgende Rezepturen:

Tab. 43: Zutatenzusammenstellung für die Grundprodukte

	Glukose in %	NaCl / NPS in %	Calcium- lactat in %	Calcium- acetat in %	Natrium- acetat in %	LC 2 in ml / kg
Rohprodukt (Premium)	0,6	1,6 – 1,8 (NPS)	-	-	0,1	4
Garprodukt (FKP)	0,6	1,4 (NaCl)	0,5	0,2	-	4

3.4.3 Misch- und Abfüllprozess

Mischprozesse spielen bei der Herstellung von Lebensmitteln eine wichtige Rolle: während des Mischens werden Zutaten verteilt, Stoffe in Lösung gebracht und Strukturen auf- oder abgebaut. Da es sich bei den fermentativ rekonstituierten Fischprodukten um roh- und schinkenähnliche Erzeugnisse handelt, kann der Ablauf des Mischprozesses von den bekannten Herstellungsverfahren abgeleitet werden.

Infolge der Erfahrungen, die bei den experimentellen Untersuchungen zur Rekonstitution von Hähnchenfleisch (54) gewonnen wurden, wird dem Mischprozess besondere Beachtung geschenkt. Da es bei zu intensivem Mischen zu einer Zerstörung des sensiblen Hähnchenfleisches kommt, wird die Mischintensität des Knetarms bei dem noch empfindlicheren Fischfleisch von vornherein gesenkt: aufgrund der Tatsache, dass Fischproteine ein schlechteres Wasserhaltevermögen als Eiweiße von Warmblüterfleisch haben, wird das aufgenommene Wasser bei einer starken mechanischen Beanspruchung des Gewebes schneller wieder freigegeben. Die aufgebauten Strukturen können durch das überschüssige Wasser leicht zerstört werden, so dass die Mischdauer bei den kleinen Versuchschargen auf eine Zeit ≤ 5 Minuten reduziert wird.

In der Anfangsphase der Versuche werden die Zutaten mit grobem Brät (Partikelgröße ($\varnothing$) ≥ 8 mm) und Feinfarce (Partikelgröße ($\varnothing$) ≤ 3 mm) in Abhängigkeit von der Menge über einen Zeitraum von 2 bis 5 Minuten vermischt. Die Proben der aufgeführten Versuche werden aus Karpfenfiletbrät hergestellt, das zu 85 % aus 1 – 3 cm Streifen und zu 15 % aus 2mm-Farce besteht. Fetthaltige Bestandteile wie F6 und F3 werden bei den Mischversuchen nicht verarbeitet, da sie die Mischeigenschaften des Bräts beeinflussen.

3.4.3.1 Viskositätsentwicklung

3.4.3.1.1 Versuch 18

Vergleich beim Mischen von zimmerwarmer und gekühlter Ware

Bei den Versuchen kommt es durch das Vortrocknen der Rohware dazu, dass die Filets und Filetstücke eine zimmerwarme Temperatur annehmen. Infolgedessen treten während des Mischprozesses unterschiedliche Reaktionen auf: in Abhängigkeit von der Fischart und dem Anteil der verarbeiteten F-Sorten, kann ein deutlicher Viskositätsanstieg bis hin zu einem vollständigen Zerfall der Brätstruktur beobachtet werden.

Bei der Herstellung von Rohwurst werden die Rohmaterialien zur Erzeugung von Produkten mit gleichbleibender Qualität in angefrorenem Zustand zerkleinert und gekuttert. Hierdurch entsteht ein klares, nicht verschmiertes Schnittbild. Grundvoraussetzung für ein beständiges Gelingen ist die Verarbeitung von hochwertigen Rohstoffen.

Da sich die Viskosität des Fischbräts während des Mischprozesses sehr unterschiedlich ausbildet, werden in Anlehnung an die Praktiken der Rohwurstherstellung zwei Chargen mit der gleichen Fischzusammensetzung (Fischart, F-Sortenanteil und Farceanteil) bei unterschiedlicher Rohstofftemperatur gemischt:

Charge 1: Filetstücke (F1 und F2) mit 15 % S2-Farce (F4 und F5), 0 - +2 °C

Charge 2: Filetstücke (F1 und F2) mit 15 % S2-Farce (F4 und F5), zimmerwarm

a. Sensorische und verarbeitungstechnologische Parameter

Tab. 44: sensorische und verarbeitungstechnologische Parameter V18

	Charge 1	Charge 2
Temperatur des Bräts nach dem Mischen	+ / - 2 °C	18 – 20 °C
gefühlter Viskositätsanstieg	ja	nein
Eigenschaften des Brätes	Schlierenbildung Brät wird milchig-trüb bildet eine einheitliche Masse fest, zäh und relativ trocken	ausgetretenes Wasser sammelt sich am Boden Farce lässt sich nach dem Wasserkontakt schlechter verteilen Brockenbildung Brät wird fettig-glänzend Brät fällt auseinander
Schnittbild	4	3
Schnittfestigkeit	5	3

Zusammenfassung

Da beide Chargen aus demselben Rohmaterial und derselben Zutatenzusammensetzung bestehen, kann ein direkter Vergleich zwischen den beiden Chargen gezogen werden: das Durchmischen von Charge 1 führt im Gegensatz zu Charge 2 zu einem deutlichen Viskositätsanstieg des Bräts. Durch die hohen Rohstofftemperaturen kommt es bei Charge 2 zu einem vermehrten Wasser- und Fettaustritt, der an der fettig glänzenden Oberfläche der Fischstücke und an den Wasseransammlungen am Mischerboden zu erkennen ist. Im Versuchsteil 3.4.1 wird die Verarbeitung von fetthaltigen F-Sorten zu Feinfarce beschrieben: auch hier zeigt sich, dass fetthaltige Rohmaterialien den Viskositätsaufbau erschweren. Inwieweit überschüssiges oder freigewordenes Wasser als Trennmittel wirkt, ist noch nicht geklärt und soll zu einem späteren Zeitpunkt getestet werden. Zu Brühwurgerzeugnissen aus Fisch wird Wasser in Form von Schütteis hinzugegeben. Weil es sich hierbei aber um eine Emulsionsbildung handelt, bei der Fett und Wasser gleichermaßen zwischen den viel kleineren Fischteilchen (Faserfragmenten) gebunden werden, kann kein direkter Vergleich stattfinden. In jedem Fall trägt die Zugabe von Fremdwasser zu einer Steigerung der Ausbeute bei, so dass dieser positive Nebeneffekt nicht außer Acht gelassen werden sollte.

Da die Produktqualität von Charge 2 erst nach zwei Wochen Nachreifung leicht von Charge 1 abweicht, ist die Auswirkung der Viskositätsentwicklung auf die Produktqualität nach diesem Versuch noch unklar. Sicher ist, dass das Mischen von tiefer temperierten Rohstoffen die Entwicklung von unerwünschten Mikroorganismen hemmt, dadurch die Fermentationsbedingungen verbessert und letztendlich zu einer verlängerten Haltbarkeit der Produkte führt. Im Zuge dessen sollte ausschließlich mit gekühlten Rohstoffen (0 - +2 °C) gearbeitet werden.

3.4.3.1.2 Versuch 19

Einsalzen der Streifenfarce

Aus den Erfahrungen der Hähnchenfleischversuche (63) wird das Einsalzen der Filetteilchen übernommen. Werden die Filetteile erst während des Mischens gesalzen, lösen sich die Eiweiße

später, so dass der Viskositätsaufbau verzögert einsetzt. Hinzukommt, dass sich die pulverförmigen Zutaten in der flüssigen Phase leichter lösen und anschließend besser untermischen lassen. Somit dient das Einsalzen der Beschleunigung und Intensivierung des Viskositätsaufbaus und nachfolgend der Schonung der Filetstruktur.

Bei den Versuchen wird die Streifenfarce vor dem Mischen eingesalzen und für 10 bis 20 Minuten ruhen gelassen.

Charge 1: Vorsalzen der Streifenfarce

a. Sensorische und verarbeitungstechnologische Parameter

Tab. 45: sensorische und verarbeitungstechnologische Parameter V19

	Charge 1
Einsalzen	Untermischen des Salzes, bis keine Kristalle mehr spürbar sind (ca. 30 Sekunden) Brät soll noch glänzen und darf nicht trüb werden
Eigenschaften des Bräts	Brät ist weich und glänzend Gewebswasser sammelt sich am Boden des Mischgefäßes
Zutaten- und Farcezugabe	Farce zugeben Zutaten über Farce und Filetteilchen streuen Mischprozess starten 2 Minuten Mischzeit mit halbminütiger Unterbrechung zur Beurteilung der Viskositätsentwicklung
gefühlter Viskositätsanstieg	Zutaten lösen sich im Gewebewasser Masse wird trockener bereits nach dem Aufsaugen der Flüssigkeit kommt es zum Viskositätsanstieg Brät wird milchig-trüb und zäh Brät bildet einen einheitlichen Klumpen und ist schwer von den Händen und Gefäßen zu entfernen
Schnittbild	4
Schnittfestigkeit	5

Zusammenfassung

Das Einsalzen trägt zu einer Verbesserung des Mischprozesses bei, indem salzlösliche Proteine aus dem Muskelgewebe gelöst und die Aktivierung der Eiweiße sowie die Lösung der pulverförmigen Zutaten im ausgetretenen Gewebswasser vereinfacht werden. Während des Mischens und der Ruhezeit sollte das Brät möglichst kühl gehalten werden.

3.4.3.2 Durchmischung

3.4.3.2.1 Versuch 20

Vormischen von Feinfarce und Streifenfarce

Je nach Rohstoffbeschaffenheit kann es zu einer inhomogenen Verteilung der Farce kommen, die sich im fertigen Produkt in sichtbaren Farceansammlungen (Farcehöfe, breite Farcelinien) zeigt. Deshalb wird die Farce bei diesem Versuch vor dem Einsalzen unter die Streifenfarce gemischt. Durch das Vormischen soll eine gleichmäßigere Verteilung der unterschiedlichen Massen erreicht werden. Die Zugabe der Zutaten erfolgt im Anschluss an die Ruhezeit vor dem Hauptmischgang.

Charge 1: Vormischen von Feinfarce und Streifenfarce

a. Sensorische und verarbeitungstechnologische Parameter

Tab. 46: sensorische und verarbeitungstechnologische Parameter V20

	Charge 1
Vormischen	Fein- und Grobfarce 2 Minuten vormischen Farce legt sich um die Filetteilchen Schlierenbildung Masse ist recht fest und matt Farce ist gut verteilt
Einsalzen	Salz ca. 30 Sekunden untermischen 10 – 20 Minuten ruhen lassen Masse verliert weniger Gewebswasser und glänzt weniger
Zutatenzugabe	Zutaten werden beim Anmischen eingestreut Zutaten werden gleich von der Masse aufgenommen 2 Minuten Hauptmischzeit
gefühlter Viskositätsanstieg	Viskositätsanstieg ist weniger deutlich als beim Vorversuch, da sich die Farce bereits filmartig um die Fischteilchen gelegt hat Masse wird ebenso fest und zäh wie beim Vorversuch
Schnittbild	3 - 4
Schnittfestigkeit	5

Zusammenfassung

Durch das Vormischen kommt es zu einer gleichmäßigeren Farceverteilung, da die Brätmasse ohne Salzzugabe nicht so fest und das aus der Streifenfarce zum Teil freigezeichnete Wasser von der Feinfarce zeitgleich aufgenommen wird. Die



Abb. 60:
Farceansammlungen

Fischstruktur wird durch das zusätzliche Mischen vor der Zutaten- und Salzzugabe nicht stärker beschädigt. Nachdem sämtliche Zutaten im Brät verteilt sind und die Viskosität zu steigen beginnt, ist die Mischzeit jedoch begrenzt: durch den

Temperaturanstieg und den mechanischen Energieeintrag können die Fischfette verflüssigt werden und zu einer Phasentrennung in der Brätmasse führen, wodurch die Viskosität erneut sinkt.



Abb. 61: gleichmäßige
Farceverteilung

3.4.3.2.2 Versuch 21

Vermischen von Farce und Zutaten, Einsalzen der Streifen

Im Laufe der Versuche zeigte sich, dass die Fermentationszeit und der pH-Wert-Verlauf auch bei derselben Probenzusammensetzung (Zutaten, Rohstoffart, Rohstoffanteil) sehr unterschiedlich sein können. Da die Qualität gerade bei diesen Produkten sehr schwankend ist, sollte die Verteilung der Zutaten zur Verbesserung der Diffusionsbedingungen optimiert werden. Inwieweit sich die Zutaten beim zweiminütigen Durchmischen tatsächlich verteilen und lösen lassen, ist schwer zu beurteilen. Deshalb sollen die fermentationsfördernden Zutaten in diesem Versuch gründlich mit der Farce vermischt werden. Das Streifenbrät wird separat eingesalzen.

Charge 1: Vermischen von Farce und Zutaten**a. Sensorische und verarbeitungstechnologische Parameter**

Tab. 47: sensorische und verarbeitungstechnologische Parameter V21

	Charge 1
Einsalzen des Streifenbräts	einsalzen 10 bis 20 Minuten ruhen lassen Beobachtungen s. Versuch 3.4.3.1.2
Vermischen von Farce und Zutaten	gründliches manuelles Vermischen ca. 2 Minuten Mischzeit Farce wird sehr fest und sämig
Vermischen von Streifenbrät und Feinfarce	schneller Viskositätsanstieg Farce lässt sich schwerer verteilen hoch viskose, trocken-zähe Masse
Schnittbild	2
Schnittfestigkeit	4

Zusammenfassung

Das Vermischen von Farce und Zutaten führt zu einem Viskositätsanstieg der Farce. Die Farce lässt sich danach schwerer mit den Filetstreifen vermischen. Die Folge hiervon ist die Bildung von Farcehöfen, die optisch auffallen und in Abhängigkeit von der Rohstoffqualität die Schnittstabilität der Produkte verringern.

3.4.3.2.3 Versuch 22Zusatz von Wasser zur Feinfarce

Um die Auswirkungen des Zusatzes von Wasser auf die Produkte beurteilen zu können, wurde ein Anteil von 2 % Wasser mit den Zutaten unter die Farce gemischt. Die Probenvorbereitung erfolgte wie im Vorversuch.

Charge 1: 2 % Wasserzusatz zur Feinfarce**a. Sensorische und verarbeitungstechnologische Parameter**

Tab. 48: sensorische und verarbeitungstechnologische Parameter V22

	Charge 1
Einsalzen des Streifenbräts	einsalzen 10 bis 20 Minuten ruhen lassen Beobachtungen s. Versuch 19
Vermischen von Farce und Zutaten	gründliches manuelles Vermischen ca. 2 Minuten Mischzeit Farce nimmt das Wasser gut auf und wird ähnlich fest und sämig wie bei Versuch 21
Vermischen von Streifenbrät und Feinfarce	schneller Viskositätsanstieg Farce lässt sich etwas leichter verteilen hoch viskose, zähe Masse
Schnittbild	2
Schnittfestigkeit	2 - 3

Zusammenfassung

Die Zugabe von 2 % Wasser zur Feinfarce verringert die Viskosität des Bräts nur geringfügig. Die mit Zutaten und Wasser angereicherte Feinfarce lässt sich leichter unter das Streifenbrät mischen. Trotz der vermeintlich homogenen Verteilung der Farce haben sich Farcehöfe gebildet. Die Farceansammlungen fallen durch die unterschiedliche Farbgebung deutlich auf, sind leicht aufgequollen und weniger dicht strukturiert als ohne Wasserzusatz.

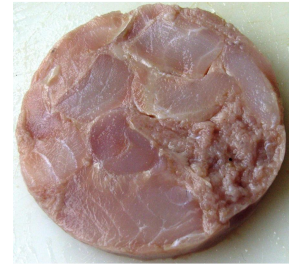


Abb. 62: schlecht eingebundene Farce

3.4.3.3 Abfüllvorgang

3.4.3.3.1 Versuch 23

Verwendung von 55-, 65- und 90mm-Därmen

Je nach Weiterverarbeitungszweck und angestrebter Produktform kann das Brät in Därme unterschiedlichen Kalibers gefüllt werden. Der Durchmesser der verwendeten Därme beträgt 55, 65 und 90 mm, wobei die 65- und 90mm-Därme (Firma Naturin) aus elastischem und die 55mm-Därme (Eintopfdärme) aus zerreifestem, weniger elastischem Material bestehen. Die 90mm-Därme können durch Beschweren sehr leicht in ihrer Ursprungsform verändert werden. Je kleiner der Darmdurchmesser ist, umso schwieriger erweist sich eine Deformation.

Charge 1: 85 % Grobfarce, 15 % Feinfarce, 90mm-Därme

Charge 2: 85 % Grobfarce, 15 % Feinfarce, 65mm-Därme

Charge 3: 85 % Grobfarce, 15 % Feinfarce, 55mm-Därme

a. Sensorische und verarbeitungstechnologische Parameter

Tab. 49: sensorische und verarbeitungstechnologische Parameter V23

	Charge 1	Charge 2	Charge 3
Abfüllen	einfaches manuelles Befüllen der Därme	erschwertes manuelles Befüllen	kein Befüllen ohne Trichter möglich
Verschließen	erschwerte Druckaufbringung auf die Proben	verbesserte Druckaufbringung	effektivste und höchste Druckaufbringung
Deformationseigenschaften	hoch leicht in ovale Form zu bringen	mittel erschwerte Formveränderung	gering kaum Formveränderung möglich
Lagerfähigkeit	geringer hohe Luftdurchlässigkeit	geringer hohe Luftdurchlässigkeit	hoch kaum Luftaustausch
Scheibengröße	mortadellaartig	medaillonartig	medaillonartig
Schnittfestigkeit	2 - 3	4	5
Schnittbild	2 - 3	4	5

Zusammenfassung

Die Verwendung von Därmen unterschiedlichen Kalibers zeigt, dass Produkte mit geringerem Scheibendurchmesser optisch ansprechender aussehen und einfacher in der Handhabung sind.

Eine Deformation der befüllten Därme führt in der Regel zu symmetrisch verformten Produkten. Da diese stets unnatürlich aussehen, sind die Deformationseigenschaften der Därme weniger ausschlaggebend für die Auswahl des Materials. Demgegenüber erweist sich die Luftdurchlässigkeit

des Materials als besonders wichtig: bei einer zu hohen Permeabilität kann es zu vorzeitigen Verfärbungen und oxidativen Veränderungen der Produkte kommen. Die Lagerfähigkeit solcher Erzeugnisse ist folglich begrenzt. Insofern sollten ausschließlich Materialien verwendet werden, die möglichst wenig Gasdiffusion zulassen. Demnach ist die Verwendung von 55mm-Eintopfdärmen aus luftundurchlässigem, wenig elastischem Material für die Rekonstitution von Fischerzeugnissen am besten geeignet.

3.4.3.3.2 Versuch 24

Befüllung von PE-Beuteln mit Filets und Brät

Zur Herstellung von schinkenähnlichen Produkten aus ganzen Filets werden Polyethylen-Beutel (PE-Beutel) unterschiedlicher Abmessungen verwendet. In den PE-Beuteln können zudem sämtliche brätartige Strukturen fermentiert werden. Durch das Zusammenschieben, Vakuumieren, Einschweißen und Pressen erhalten die Erzeugnisse eine praktikable, blockartige Form. Aus den blockartigen Gebilden können problemlos Würfel, Streifen oder Scheiben geschnitten werden.

Schinkenähnliche Erzeugnisse aus ganzen Filets werden wegen der Schnittstabilität und der Formgebung zu kleineren Blöcken mit einer Schichthöhe von 3 bis 5 cm und einer Kantenlänge von 10 bis 20 cm verarbeitet. Die Schinkenbreite entspricht der Breite eines Filets. Blöcke, die aus Brätmasse hergestellt werden, haben eine geringere Schichthöhe von ca. 1 cm und können dafür breiter und länger als Schinkenblöcke sein. Die Technologie zur Herstellung der Schinkenprodukte wird in Kapitel 3.5 beschrieben.

Charge 1: K3-Filets mit 15 % S2-Farce ummantelt, geschichtet

Charge 2: F3-, F4- und F5-Abschnitte zu S8- und S2-Farce zerkleinert und vermischt

a. Sensorische und verarbeitungstechnologische Parameter

Tab. 50: sensorische und verarbeitungstechnologische Parameter V24

	Charge 1	Charge 2
Befüllen	erschwertes Befüllen der Beutel Filets verrutschen teilweise und müssen erneut zurecht geschoben werden	problemloses Befüllen der Beutel gute Farceverteilung
Formgebung	Filets können zum Setzen der Schweißnähte einfach zusammen geschoben werden das Anpressen in Schinkenpressen darf nicht zu stark sein, sonst platzen die Nähte an den Schweißstellen. fertige Blöcke sind formstabil	Brät lässt sich leicht zusammenschieben und einschweißen durch die geringere Schichthöhe, größere Oberfläche und Zerkleinerung reicht eine geringere Druckeinwirkung zum Pressen des Materials fertige Blöcke sind sehr formstabil
Lagerstabilität	hohe Lagerstabilität wenig Luftdurchlässigkeit	
Schnittfestigkeit	3	5
Schnittbild	5	1

Zusammenfassung

Die Verwendung von Polyethylen-Beuteln ermöglicht es, aus ganzen Filets oder brätartigen Fischmassen kompakte Blöcke herzustellen. Die Blockware lässt sich ohne größeren Verlust durch Verschnitt in Scheiben, Würfel oder Streifen schneiden und entsprechend weiterverarbeiten. Das systematische Befüllen der PE-Beutel mit ganzen Filets ist eine manuelle Tätigkeit, da es für diese

Zwecke keine maschinelle Funktion gibt. Das Befüllen von Därmen oder Beuteln mit brätartiger, fließfähiger Masse kann hingegen mit einer Abfüllmaschine erfolgen. Die Materialbeschaffenheit der PE-Beutel ist besonders geeignet zum Verpacken oxidationsanfälliger Ware und führt zu einer höheren Lagerstabilität.

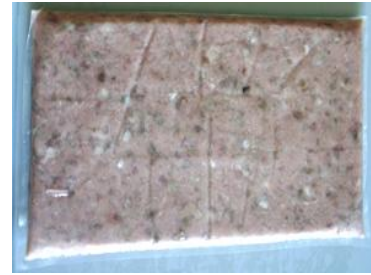


Abb. 63: brätartige Masse in PE-Beuteln

3.4.3.4 Diskussion

Der Mischprozess und die Reihenfolge der Zutatenzugabe haben bedeutende Auswirkungen auf die Qualität und Lagerstabilität der Produkte: neben dem Zerkleinerungsgrad und der Farcezugabe trägt der Mischvorgang entscheidend zur Förderung der Teilchenbindung bei: Dauer und Intensität des Mischens, die Mischtemperatur sowie die Reihenfolge der Zutatenzugabe haben einen wesentlichen Einfluss auf das Rekonstitutionsergebnis. Die experimentellen Arbeiten haben zu der Erkenntnis geführt, dass ein zu intensives und zu langes Mischen kontraproduktiv für den Viskositätsaufbau ist. Wird das aufgebaute Proteinnetzwerk durch einen zu hohen mechanischen Energieeintrag (Dauer, Intensität) belastet, kommt es zur Freigabe des gebundenen Wassers und zum Absinken der Viskosität.

Bei der Verarbeitung von fetthaltigem Rohmaterial aus Fisch ist es besonders wichtig, die Temperatur so niedrig wie möglich zu halten, da es bereits bei einem geringen Temperaturanstieg zur Verflüssigung der Fette kommt. Der Fettfilm legt sich beim Mischen um die Fischteilchen und verhindert die Aktivierung der salzlöslichen Proteine. Infolgedessen kommt es nicht zum Anstieg der Viskosität, sondern zur Trennung der Einzelbestandteile.

Entgegen den Erkenntnissen der Forschungsarbeit mit Geflügelfleisch (63), nach denen ein Ausbleiben des Viskositätsanstiegs zu einem Misslingen der Rekonstitution führt, erfolgt die Rekonstitution bei den Fischprodukten auch ohne einen Viskositätsmaximum. Bei kühlgelagerten Produkten hat ein Ausbleiben des Viskositätsanstiegs nur geringe Auswirkungen auf die Produktqualität. In Kapitel 3.6 wird vergleichend dazu die Bedeutung des Viskositätsaufbaus bei tiefgekühlten Erzeugnissen beschrieben.

Das Einhalten tiefer Rohstofftemperaturen beim Mischen hat darüberhinaus einen entscheidenden Einfluss auf die Entwicklung der mikrobiellen Flora. Kommt es während des Verarbeitungsprozesses zu einer Kontamination und Keimvermehrung, kann die Entwicklung der Starterkultur beeinträchtigt werden. Die Begrenzung der Rohstofftemperatur auf maximal + 2 °C hat daher eine besondere Gewichtung.

Überschüssiges Wasser, das beim Auftauen nicht vollständig abgefließen ist oder sich nach längerem Ruhen ansammelt, kann von den Fischproteinen aufgrund des geringeren Wasserbindevermögens nur zum Teil wieder aufgenommen werden und wirkt ähnlich wie Fett als Trennmittel, das den Strukturaufbau erschwert. Im Gegensatz zu grobem Schweinefleischbrät ist die Zugabe von Fremdwasser zu grobstückigem Fischbrät für die Bildung eines hoch viskosen Proteinnetzwerkes nicht förderlich. Bei feiner zerkleinertem Fischmaterial (2mm-Farce) erleichtert die Zugabe eines geringen Wasseranteils (ca. 2 %) die Lösung der Zutaten und ermöglicht eine bessere Verteilung der Inhaltsstoffe. Infolgedessen kommt es zu einer Optimierung der Diffusionsbedingungen, die am

Fermentationsverlauf erkennbar ist. Trotz der verbesserten Zutatenverteilung und der gut verlaufenen Fermentation ist die Farce grobkörnig und aufgequollen und die Proben sind weniger schnittfest. Das zusätzliche Wasser ist nicht ausreichend von der Proteinmatrix gebunden und tritt beim Anschneiden aus den Proben aus. Der Zusatz von Wasser führt nicht nur zu einer verminderten Schnittstabilität, sondern stellt ein weiteres Risiko ein mikrobielles Wachstum dar. Trotz der verbesserten Ausbeute sollte die Zugabe von Wasser bei den Fischprodukten ausgeschlossen werden.

Die Reihenfolge der Zutatenzugabe sowie das stufenweise Mischen sind wichtige Einflussgrößen für den Verlauf der Fermentation und das Rekonstitutionsergebnis. Der stufenweise Mischprozess ist in drei Phasen unterteilt: das Vormischen von grobem und feinem Anteil ermöglicht eine homogene Verteilung der Feinfarce, die sich bei direkter Zutatenzugabe durch die ansteigende Viskosität nur noch schwer verteilen lässt. Die Bildung von Farcehöfen kann dadurch reduziert werden. Das folgende Einsalzen des Fischbräts führt zu einem Stoffaustausch an der Rohstoffoberfläche, wobei die gelösten Salzkristalle hinein und ein Teil des Gewebswassers hinaus diffundieren. Beim anschließenden Hauptmischen können sich die pulverförmigen Zutaten in der Gewebsflüssigkeit lösen und die salzlöslichen Proteine effektiver aktiviert werden. Die Folgen hiervon sind eine insgesamt kürzere und rohstoffschonendere Mischdauer, eine gleichmäßig verlaufende Fermentation und ausgeglichene pH-Verteilung im Endprodukt sowie ein ebenmäßiges und ansprechenderes Schnittbild. Die durchschnittliche Mischdauer beträgt bei einer Chargengröße von bis zu 10 kg:

- 2 bis 3 Minuten Vormischen
- 30 Sekunden bis 1 Minute Salz untermischen und 10 bis 15 Minuten einwirken lassen
- 2 bis 3 Minuten Hauptmischen

Das Abfüllen der fertig gemischten Rohmasse kann in unterschiedlichen Formen erfolgen. Es kommt im Wesentlichen darauf an, eine geringe Querschnittsfläche zu erzeugen, damit die beim Schneiden wirkenden Kräfte nicht zu groß sind und eine Beschädigung der Produktstruktur hervorrufen. Je geringer die Scheibendicke der geschnittenen Produkte ist, umso kleiner sollte der Probendurchmesser sein. Produkte mit einer kleinen Querschnittsfläche sehen zudem ansprechender aus. Die Abfüllung sollte in Därmen eines Kalibers von 55 bis 65 mm erfolgen. Die Schichthöhe von Filets in Siegelrandbeuteln sollte nicht mehr als 5 cm betragen. Die Verwendung von reißfestem und wenig elastischem Material erleichtert die Druckaufbringung für eine effektive Verdichtung des Teilchengefüges führt zu einem besseren Rekonstitutionsergebnis. Eine hohe Luftundurchlässigkeit der Folie verzögert farbliche Veränderungen und unterstützt das Wachstum der Starterkultur gegenüber der Konkurrenzflora.

3.4.4 Fermentation

Wie auch bei der Rohwurstherstellung hat der Verlauf der Fermentation eine ausschlaggebende Bedeutung für die Beschaffenheit der Enderzeugnisse. Um eine gleichbleibende Qualität der Produkte zu erzielen, muss der Ablauf des Fermentationsprozesses kontrollier- und steuerbar sein. Da die Fermentation aber durch zahlreiche Faktoren wie

1. den Anfangskeimgehalt des Rohstoffes (Konkurrenzflora)
2. die Zutatenzusammenstellung (Wirkungsweise, Nährstoffdiffusion)
3. den Mischprozess (Verteilung und Lösung der Zutaten)

4. dem Zerkleinerungsgrad (Nährstoffdiffusion)
5. die Fermentationstemperatur (Wachstum der Starterkultur)

beeinflusst wird, soll der Fermentationsprozess in dieser Versuchsreihe systematisch unter Veränderung der erfassbaren Parameter beobachtet werden. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen letztendlich dazu führen, ein optimales Verhältnis zwischen verarbeitungstechnologischen und sensorischen Eigenschaften der Produkte herzustellen.

Um diese Verfahrensstufe regeln zu können, muss die Länge der Fermentationszeit (Dauer vom Anfangs- bis zum End-pH-Wert) auf eine geringe Schwankungsbreite eingeschränkt werden. Eine natürliche Beschleunigung der pH-Wert-Senkung kann in erster Linie durch die Verbesserung der Nährstoffdiffusion ausgelöst werden. Laut dem Fickschen Diffusionsgesetz ist die pro Zeit (t) diffundierende Stoffmenge (Q) proportional dem Diffusionskoeffizienten (D), der Austauschfläche (F) und der Konzentrationsdifferenz ($C_1 - C_2$) und umgekehrt proportional der Diffusionsstrecke (d):

Formel 1: Ficksches Diffusionsgesetz

$$Q / t = D \times F \times (c_1 - c_2) / d \quad (95)$$

Dies bedeutet, dass die pro Zeit diffundierende Stoffmenge durch

1. eine Vergrößerung der Austauschfläche
2. eine Verkürzung der Diffusionsstrecke
3. eine Erhöhung der Konzentrationsdifferenz

erhöht werden kann. Die Vergrößerung der Austauschfläche sowie die Verkürzung der Diffusionsstrecke können durch eine Erhöhung des Zerkleinerungsgrades erreicht werden. Weitere regelbare Faktoren zur Verkürzung und Steuerung der Fermentation sind die Zutatenzusammenstellung sowie die Bebrütungstemperatur, deren Auswirkungen in dieser Versuchsreihe ermittelt werden.

Soweit keine Angaben vorliegen, werden die Proben nach folgender Rezeptur und Verfahrensweise hergestellt:

Tab. 51: Rezeptur und Verfahrensweise Versuchsreihe 3.4.4

Bebrütungstemperatur	End-pH-Wert	Zutaten	Zerkleinerungsgrad
ca. 30 °C	5,4	0,6 % Glukose 4 ml / kg LC1 0,2 % Calciumacetat 0,5 % Calciumlactat 1,4 % NaCl	1 -3 cm Streifen 15 % 2mm-Farce

3.4.4.1 Verlauf der Fermentation bei Veränderung unterschiedlicher Parameter

3.4.4.1.1 Versuch 25

Fermentation bei unterschiedlichen Zutaten und Zutatenkonzentrationen

Um die Auswirkungen der einzelnen Zutaten auf die Fermentation untersuchen zu können, werden jeweils zwei Probenansätze (bis auf Charge 1) mit unterschiedlichen Konzentrationen vorbereitet. Sämtliche Proben enthalten die Grundzutaten zu folgenden Anteilen:

- 4 ml / kg LC1
- 0,6 % Glukose (sofern keine weiteren Angaben vorliegen)
- 1,4 % NaCl (sofern keine weiteren Angaben vorliegen)

Da für die pH-Wert-Messung nur vier Elektroden zur Verfügung stehen, müssen die Versuche nacheinander durchgeführt werden. Die Proben werden daher aus unterschiedlichen Rohstoffchargen hergestellt.

Tab. 52: Versuchsaufstellung Versuchsreihe 3.4.4

	Zutaten	Konzentration	weitere Zutaten
Charge 1	o. Zusätze	—	Grundrezeptur
Charge 2	Glukose	0,6 % 0,9 %	4 ml / kg LC1 1,4 % NaCl
Charge 3	Calciumchlorid	0,2 g / kg 0,4 g / kg	Grundrezeptur
Charge 4	Calciumlactat	0,5 % 1,0 %	Grundrezeptur
Charge 5	Calciumacetat	0,5 % 1,0 %	Grundrezeptur
Charge 6	CA + CL	0,2 % + 0,5 % 0,5 % + 0,5 %	Grundrezeptur
Charge 7	NaCl	1,4 %	0,6 % Glu 4ml / kg LC1 0,2 % CA 0,5 % CL
	NPS		

a. Fermentationsdiagramme

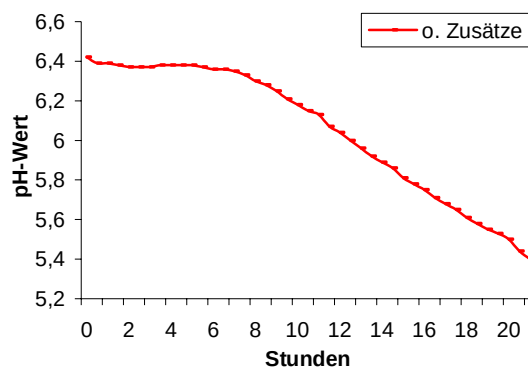


Diagramm 1: Charge 1

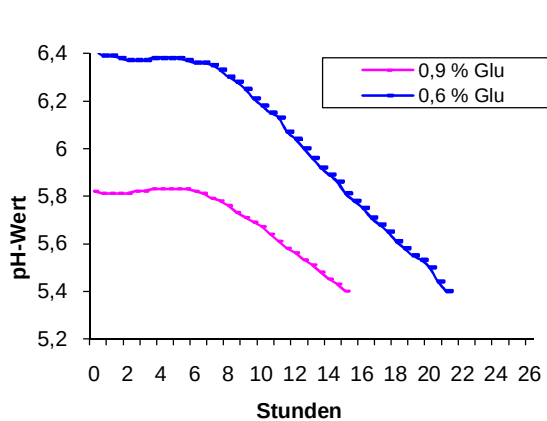


Diagramm 2: Charge 2

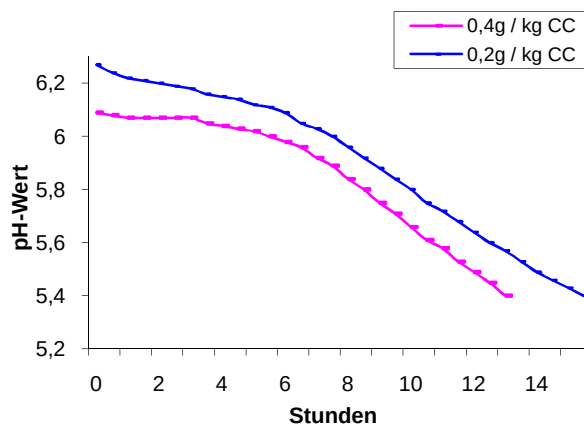


Diagramm 3: Charge 3

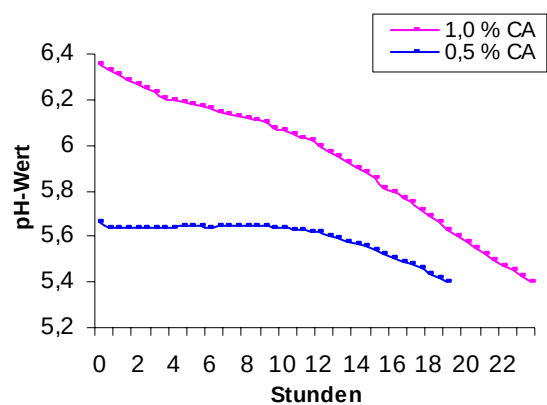


Diagramm 4: Charge 4

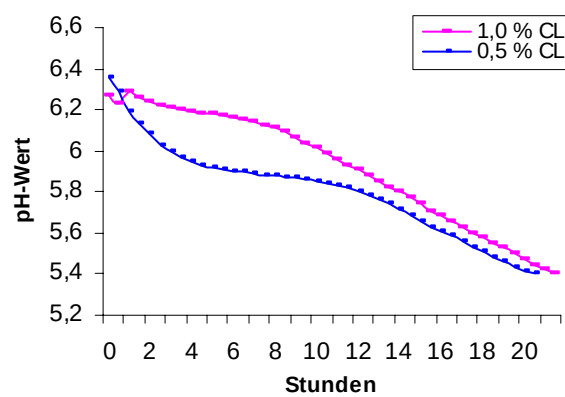


Diagramm 5: Charge 5

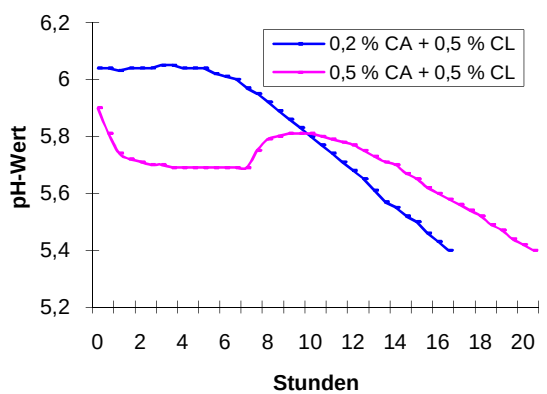


Diagramm 6: Charge 6

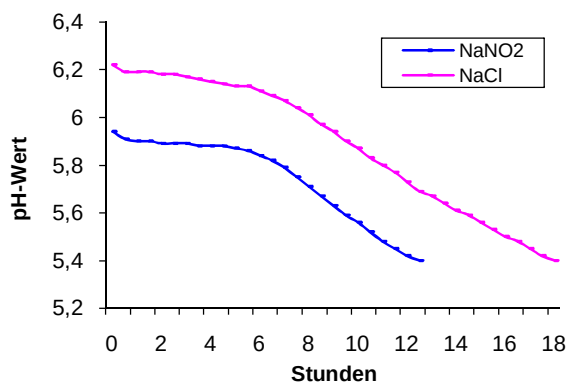


Diagramm 7: Charge 7

Aus den Diagrammen wird ersichtlich, dass sowohl Zutaten als auch Zutatenkonzentration einen erheblichen Einfluss auf den Verlauf der Fermentation (Fermentationszeit, pH-Kurve) ausüben. Zutaten und Zutatenkonzentrationen haben nicht nur Auswirkungen auf die Fermentation, sondern verändern auch wie in Kapitel 3.4.2 beschrieben die sensorischen Eigenschaften der fermentierten Erzeugnisse. Es gilt nun, die Zutatenkombination zu ermitteln, bei der die Fermentation nicht überdurchschnittlich lang ist und bei der die sensorischen Eigenschaften der Endprodukte den gestellten Anforderungen entsprechen.

Tab. 53: Beschreibung der Fermentationskurven

	Anfangs-pH-Wert	Fermentationszeit	Kurvenverlauf
Charge 1 ohne Zusätze	6,42	21,5 Stunden	gleichmäßiger Kurvenverlauf hoher Anfangs-pH-Wert
Charge 2 0,6 % Glukose 0,9 % Glukose	6,36 5,82	21 Stunden 15,5 Stunden	gleichmäßiger Kurvenverlauf sehr unterschiedliche Anfangs-pH-Werte
Charge 3 0,02 g / kg CC 0,04 g / kg CC	6,27 6,09	15 Stunden 13 Stunden	gleichmäßige, paralleler Kurvenverlauf geringerer Unterschied in den Anfangswerten
Charge 4 0,5 % CL 1,0 % CL	6,36 6,27	20 Stunden 21 Stunden	Kurvenverlauf ist spiegelsymmetrisch ähnliche Anfangswerte
Charge 5 0,5 % CA 1,0 % CA	5,66 6,36	19,5 Stunden 24 Stunden	unterschiedlicher Kurvenverlauf sehr weit auseinander reichende Anfangswerte
Charge 6 0,2 % CA + 0,5 % CL 0,5 % CA + 0,5 % CL	6,04 5,90	17 Stunden 21 Stunden	sehr unterschiedlicher Kurvenverlauf Anfangswerte sind bei beiden Chargen relativ tief
Charge 7 1,4 % NaCl 1,4 % NPS (inkl. 0,2 % CA und 0,5 % CL)	6,22 5,94	19 Stunden 13 Stunden	Kurven verlaufen nahezu parallel Anfangswerte liegen weit auseinander

Zusammenfassung:

Die Analyse der aufgezeichneten pH-Kurven erbringt drei wesentliche Erkenntnisse:

1. Die gemessenen Anfangswerte weichen stark voneinander ab und liegen im Bereich von 5,66 bis 6,42. Der im nativen Karpfenfilet gemessene pH-Wert liegt in der Regel zwischen 6,2 und 6,4.
2. Die pH-Kurven haben einen unterschiedlichen Verlauf mit verschiedenen langer lag- und log-Phase.
3. Die Fermentationszeiten sind sehr unterschiedlich und reichen von 13 bis 24 Stunden, wodurch die Erstellung eines standardisierten Verfahrens mit festen Prozesszeiten nicht möglich ist.

In Anbetracht der Tatsache, dass die pH-Vergleichs-Messung im nativen Karpfenfilet nur geringe Abweichungen von 0,01 – 0,1 pH-Einheiten pro Rohstoffcharge aufweist, sind die variierenden Anfangswerte vermutlich auf eine unterschiedliche Wachstumsentwicklung der Starterkultur, auf das Puffervermögen des Muskelfleisches oder auf Dissoziationsreaktionen der Zusatzstoffe im Medium zurückzuführen. Des Weiteren können diese Abweichungen mit der punktuellen Messmethode in

Zusammenhang gebracht werden, die nicht den Reifestatus der gesamten Probe wiedergeben kann, da das Produkt aus grob- und feinzerkleinertem Rohmaterial besteht.

In einem Nebenversuch wird getestet, inwieweit sich der pH-Wert in der Lösung mit der reaktivierten Starterkultur im Laufe der Zeit ändert:

- handwarmes Leitungswasser Wasser: 7,27
- nach Einrühren der Starterkultur: 6,68
- nach einer Stunde: 5,63
- nach 5 Stunden: 4,19

Es zeigt sich, dass die Reaktivierungszeit der Starterkultur eine nicht unwesentliche Rolle für den Anfangs-pH-Wert der Fermentation spielt. Da es während des Herstellungsprozesses durchaus zu zeitlichen Verzögerungen kommt, können verschiedene Wachstumsstadien der Mikroorganismen zu Beginn der pH-Wert Erfassung begründet werden. Bei sehr starken Abweichungen der Anfangswerte kann es auch sein, dass der enthaltene Zusatzstoff wie z. B. Calciumacetat im Produkt dissoziiert und Essigsäure entsteht, was ebenfalls zu einer Senkung des pH-Wertes im Produkt führt.

Der Verlauf der pH-Kurve spiegelt die Wachstumsentwicklung der Starterkultur wieder und kann genau wie die Wachstumskurve einer statischen Kultur in lag- und log-Phase untergliedert werden. Die Verzögerungs- und die Absterbephase liegen außerhalb der erfassten Fermentationsperiode. Lag- und log-Phase können aufgrund der unterschiedlich stark entwickelten Starterkultur, der Konkurrenzflora im Produkt, der Diffusionsbedingungen, der Anfangstemperatur der rohen Fischmasse, der Bebrütungstemperatur sowie der antimikrobiellen Wirkung der Zusatzstoffe verschieden lang sein, was sich im Kurvenverlauf ausdrückt.

Die Dauer der Fermentationsphase hängt im Prinzip von denselben Faktoren ab. Da die Chargen der Versuche aber systematisch auf dieselbe Art aufgetaut, zerkleinert, gemischt und bebrütet wurden, sollten Verzögerungen in der Fermentationsphase auf die Wirkung der Zutaten, die mikrobielle Vorbelastung der Rohware sowie die Qualität des Muskelfleisches zurückgeführt werden können. Durch eine hygienisch korrekte Arbeitsweise bei der Bearbeitung ist eine weitere Kontamination des Rohstoffes einzugrenzen. Der bestehende Keimgehalt der tiefgekühlten Lieferung ist jedoch nicht zu beeinflussen, so dass die mikrobielle Belastung einen ständigen Risikofaktor darstellt, der den Verlauf der Fermentation und die Endproduktqualität beeinflusst. Insofern sollte der Reifeprozess möglichst durch Zutaten unterstützt werden, die eine antimikrobielle Wirkung haben und dabei die Entwicklung der Starterkultur nicht beeinträchtigen.

Ziel ist es, die zum Teil sehr langen Fermentationszeiten durch eine geeignete Verfahrensweise zur Verbesserung der Wachstumsbedingungen der Starterkultur zu verkürzen. Auf die Fleischqualität der gelieferten Rohware kann in diesem Zusammenhang jedoch kein Einfluss genommen werden.

In die Beurteilung der Wirkungsweise der Zutaten auf den Verlauf der Fermentation fließen folgende Kriterien mit ein:

1. Anfangs-pH-Wert
2. Kurvenverlauf
3. Fermentationszeit

In Diagramm 1 wird der Kurvenverlauf von Charge 1 dargestellt, die keine weiteren Zusatzstoffe außer der Grundrezeptur enthält. Der Kurvenverlauf ist gleichmäßig und zeigt eine klar abzugrenzende lag-

Phase (stagnierende pH-Senkung) mit einem deutlichen Übergang zur log-Phase (Steigerung der sinkenden pH-Einheiten / Zeit). Die Fermentationszeit ist relativ lang und beträgt > 20 Stunden. Diese Kurve soll als Vergleichsmodell für alle übrigen Diagramme des Versuches dienen.

In Charge 2 wurde die Glukosekonzentration auf 0,9 % erhöht, was im Vergleich zur normalen Konzentration von 0,6 % zu einer deutlichen Verkürzung der Fermentationszeit führt. Hinzu kommt, dass der gemessene Anfangs-pH-Wert bei der Charge mit höherem Glukoseanteil geringer ist. Dieselben Erkenntnisse wurden bereits von ULAMBAYAR während der experimentellen Arbeiten zur Rekonstitution von Schweinefleisch (52) gewonnen. Die Beschleunigung der pH-Senkung ist wie auch der niedrigere Anfangs-pH-Wert auf die verstärkte Stoffwechselaktivität der Milchsäurebakterien durch das erhöhte Nährstoffaufkommen zurückzuführen. Die pH-Kurven haben einen vergleichbaren Verlauf zu Charge 1 mit deutlich erkennbarer lag- und log-Phase. Da eine Erhöhung der Glukosekonzentration aber zu einer stärkeren Säuerung der Produkte führt, wird ein Glukoseanteil > 0,6 % nicht eingesetzt.

Durch die Zugabe von Calciumchlorid kann die Fermentationszeit von Charge 3 erheblich verkürzt werden (< 16 Stunden), wobei die pH-Senkung bei einer höheren Calciumchlorid-Konzentration noch schneller verläuft. Die pH-Kurven beider Probenansätze verlaufen parallel und sind mit denen aus Charge 1 und 2 vergleichbar. Die Anfangs-pH-Werte der Probenansätze liegen wesentlich dichter beieinander als bei Charge 2. Der Verlauf der pH-Kurven zeigt deutlich, dass das Calciumchlorid einen fermentationsfördernden Effekt hat. Da der Zusatzstoff aber negative Auswirkungen auf die sensorischen Eigenschaften der Produkte hat und deshalb nicht verwendet werden sollte, tritt die fermentationsfördernde Wirkung in den Hintergrund.

Das in Charge 4 enthaltene Calciumlactat hat im Gegensatz zum Calciumchlorid keine fermentationsfördernde Wirkung. Die pH-Senkung nimmt dieselbe Zeit in Anspruch wie bei den Proben ohne Zusatzstoffe (> 20 Stunden). Die pH-Kurven weisen im Vergleich dazu aber einen unregelmäßigen Verlauf auf, bei dem lag- und log-Phase nicht eindeutig definierbar sind. Die Unregelmäßigkeiten können auf die antimikrobielle Wirkung des Calciumlactats zurückzuführen sein, die zu einer Hemmung der gesamten Mikroflora führt. Die Starterkultur ist hiervon ebenso betroffen wie die Konkurrenzflora, so dass sich der allgemeine Hemmeffekt im Kurvenverlauf widerspiegelt.

Charge 5 enthält verschiedene Anteile an Calciumacetat, das im Vergleich zu Calciumlactat eine intensivere Auswirkung auf die pH-Wert-Senkung hat. Die pH-Kurven beider Probenansätze liegen sehr weit auseinander und lassen keinen eindeutigen Übergang von lag- zur log-Phase erkennen. Der sehr tiefe Anfangs-pH-Wert der Probe mit 0,5 % Calciumacetat ist vermutlich auf die gebildete Essigsäure zurückzuführen, die durch Dissoziation des Zusatzstoffes entsteht. Da der Probenansatz mit der höheren Calciumacetat-Konzentration wider Erwarten einen sehr hohen Anfangs-pH-Wert aufweist, ist dieser Unterschied wahrscheinlich nicht chemischer Natur, sondern auf die pH-Messstelle und / oder eine inhomogene Verteilung und Lösung der Zutaten zurückzuführen. Die Fermentationszeit wird durch Erhöhung des Anteils an Calciumacetat von 0,5 auf 1 % deutlich verlängert (> 24 Stunden). Calciumacetat hat demnach eine fermentationshemmende Wirkung und sollte nicht in Konzentrationen > 0,5 % verwendet werden.

Durch die Kombination von Calciumacetat und -lactat in Charge 6 werden- wie in Kapitel 3.4.2 beschrieben- die sensorischen Eigenschaften des Produktes aufgewertet. Bei den Versuchen zeigte

sich, dass die Konzentration von Calciumacetat geringer sein muss als die von Calciumlactat, um ein optimales sensorisches Ergebnis zu erzielen. Aus den Fermentationsdiagrammen wird ebenfalls ersichtlich, dass ein geringerer Anteil an Calciumacetat einen positiven Effekt auf die Fermentation hat. Sind die Anteile an Calciumacetat und -lactat gleich groß, dauert die Fermentation länger und der Kurvenverlauf ist unruhiger, als wenn die Acetatkonzentration geringer ist. Durch die Kombination beider Zusatzstoffe zu unterschiedlichen Anteilen kommt es sogar zu einer Verkürzung der Fermentationszeit (17 Stunden). Die pH-Kurve hat in diesem Fall einen gleichmäßigen Verlauf und lässt eine eindeutige lag- und log-Phase erkennen. Die Kombination beider Zusatzstoffe zu verschiedenen Anteilen hat demzufolge einen leicht fermentationsfördernden Einfluss.

Die Zugabe von Nitritpökelsalz in Charge 7 führt zu einer deutlichen Beschleunigung der pH-Senkung (ca. 13 Stunden). Die pH-Kurve der NPS-Probe verläuft parallel zur NaCl-Probe mit dem Unterschied, dass der Anfangs-pH-Wert niedriger und die Fermentationszeit entsprechend kürzer ist. Der tiefere Anfangswert und die schnellere pH-Senkung sind unter anderem auf die Dissoziation der salpetrigen Säure zurückzuführen. Die verkürzte Fermentationszeit beruht auf der antimikrobiellen Wirkung des Nitrits. Die nitrittoleranten Lactobacillen können sich durch die Hemmung der Konkurrenzflora im Gewebe schneller vermehren, so dass die pH-Senkung beschleunigt wird: der Hemmeffekt rührt aus der Blockierung des Dehydrogenase-Systems der Mikroben durch NO-Moleküle, die sich an Aminogruppen anlagern. Die Wirkung ist ausschließlich auf Bakterien gerichtet, die auf Nitrit unterschiedlich empfindlich reagieren (32). Die Zugabe von Nitritpökelsalz ist eindeutig fermentationsfördernd und trägt zu einer mikrobiologischen Stabilisierung der Produkte bei. Im Sinne der Produktqualität und der Verarbeitungstechnologie sollte eine dauerhafte Zugabe von Nitritpökelsalz- zumindest für die Rohfischprodukte- in Erwägung gezogen werden.

Da die Fermentationszeit von zahlreichen Faktoren abhängt, die mehr oder weniger steuerbar sind, ist es besonders schwer, ein standardisiertes Verfahren zu konzipieren. Durch die gezielte Zugabe bestimmter fermentationsfördernder Zutaten, die in ihrer Wirkung entsprechenden Konzentrationen einzusetzen sind, kann der Reifungsprozess effektiv verkürzt werden. Inwieweit der Fermentationsverlauf unter Zugabe dieser Zutaten regulier- und charakterisierbar ist, soll im folgenden Versuch ermittelt werden.

3.4.4.1.2 Versuch 26

Fermentationszeit unter Zusatz von Kochsalz oder Nitritpökelsalz sowie Calciumacetat und Calciumlactat

Die Verbesserung und Stabilisierung der sensorischen Eigenschaften durch die Zusatzstoffe Calciumlactat, -acetat und Nitritpökelsalz wurden bereits im Kapitel 3.4.2 beschrieben. Ausgehend von der positiven sensorischen Bewertung werden diese Zutaten unter dem Gesichtspunkt der fermentationsfördernden oder -hemmenden Eigenschaften betrachtet. Da es durch eine Kombination der Zusatzstoffe zu einer Beschleunigung der pH-Senkung kommt, sollen in diesem Versuch der Schwankungsbereich und die Beständigkeit der Fermentationszeit sowie des Kurvenverlaufes ermittelt werden. Die Ergebnisse stammen aus mehreren Versuchen und werden zu Vergleichszwecken in Abhängigkeit von der Zutatenzusammenstellung in einem Diagramm aufgeführt. Dadurch, dass die

Probenansätze aus unterschiedlichen Rohstoffchargen hergestellt werden, kann die tatsächliche Wirkungsweise der Zutatenkombination besser eingeschätzt werden. Bedingt durch den größeren Versuchsumfang kann eine statistische Auswertung der Ergebnisse durchgeführt werden. Der dargestellte Kurvenverlauf beider Diagramme bildet jeweils den Mittelwert aller durchgeführten Versuche. Die angezeigten Fehlerbalken demonstrieren die Streuung des pH-Wertes. Zur Einschätzung der Abweichung der Einzelwerte vom Mittelwert, werden von den ausschlaggebenden Werten wie dem Anfangs-pH-Wert und der Fermentationszeit jeweils die Standardabweichung s und der Variationskoeffizient vk ermittelt.

Charge 1: 5 Versuche mit 1,4 % NaCl, 0,2 % Calciumacetat, 0,5 % Calciumlactat

Charge 2: 5 Versuche mit 1,4 % NPS, 0,2 % Calciumacetat, 0,5 % Calciumlactat

a. Fermentationsdiagramme

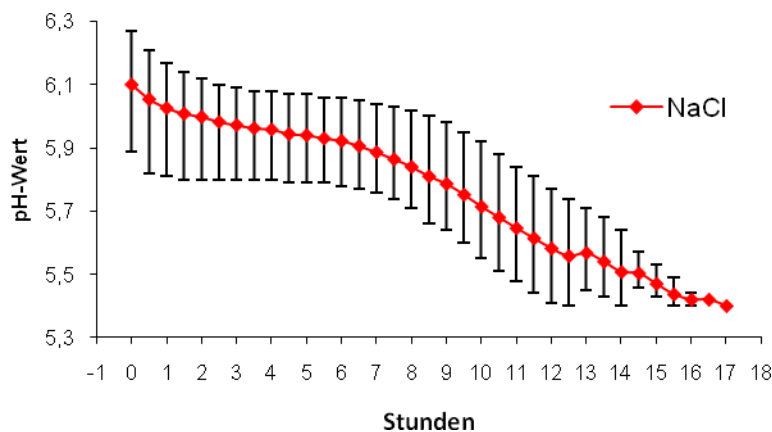


Diagramm 8: 5 Versuche mit NaCl

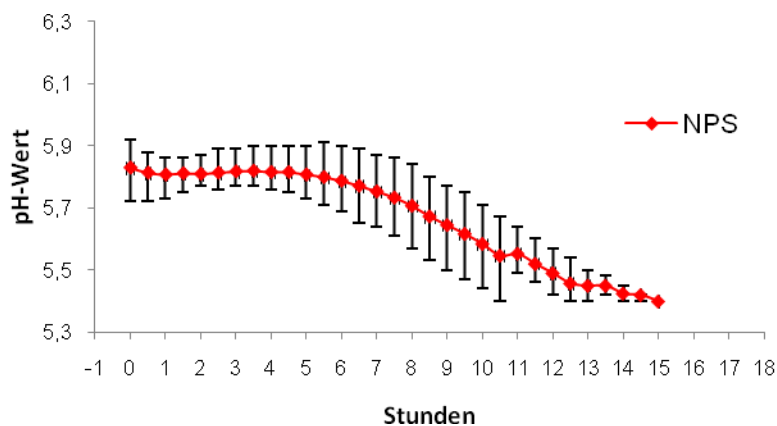


Diagramm 9: 5 Versuche mit NPS

Tab. 54: Auswertung der Fermentationsdiagramme V26

	Anfangs-pH-Wert	Fermentationszeit	Kurvenverlauf
Charge 1	V1= 5,96 V2= 6,28 V3= 5,89 V4= 6,10 V5= 6,27	16 Stunden 16,5 Stunden 14,5 Stunden 13 Stunden 14,5 Stunden	flachere pH-Kurven gestreckter Kurvenverlauf teilweise verwischter Übergang von lag- zur log-Phase Schwankungsbreite: 4 Stunden
	MW: 6,10	MW: 14,9 Stunden	
Charge 2	V1= 5,72 V2= 5,92 V3= 5,81 V4= 5,85 V5= 5,84	14,5 Stunden 13 Stunden 11 Stunden 13,5 Stunden 15,5 Stunden	deutlich ausgeprägter Kurvenbogen in der lag-Phase zum Teil ansteigende Kurve in der lag-Phase insgesamt sehr gleichmäßiger Kurvenverlauf Schwankungsbreite: 4 Stunden
	MW: 5,83	MW: 13,5 Stunden	

b. Berechnung der Standardabweichung s und des Variationskoeffizienten vk des Anfangs-pH-Wertes und der Fermentationszeit

Die Formeln zur Berechnung der Standardabweichung s und des Variationskoeffizienten vk lauten:

Formel 2: Standardabweichung

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{v=1}^n (x_v - \bar{x})^2}. \quad (96)$$

Formel 3: Variationskoeffizient

$$vk = \frac{s}{\bar{x}} \quad (97)$$

Tab. 55: Berechnung der Standardabweichung und des Variationskoeffizienten

Merkmal x	Standardabweichung	Variationskoeffizient $\times 100$ (in %)
Anfangs-pH-Wert mit NPS	0,065	1,11 %
Anfangs-pH-Wert mit NaCl	0,158	2,59 %
Fermentationszeit mit NPS	1,517	11,23 %
Fermentationszeit mit NaCl	1,241	8,33 %

Zusammenfassung

An den pH-Kurven wird deutlich, dass bestimmte Zutaten einen charakteristischen Kurvenverlauf hervorrufen. Trotz der optimierten Zutatenzusammenstellung und der methodischen Herstellungspraxis entstehen aber um bis zu 4 Stunden variierende Fermentationszeiten. Eine rein zeitorientierte Fermentation kann folglich keine gleichbleibende Produktqualität gewährleisten. Es ist demnach ratsam, immer eine pH-Gegenmessung durchzuführen, wobei die erste Sichtkontrolle erfahrungsgemäß erst nach zehn Stunden zu erfolgen braucht.

Durch die Zugabe von Nitritpökelsalz kommt es unverkennbar zu einer Absenkung des Anfangs-pH-Wertes (im Durchschnitt $< \text{pH } 6,00$) und zu einer Verkürzung der Fermentationszeit um durchschnittlich 1,5 Stunden. Aus dem optischen Vergleich der Diagramme geht hervor, dass die Streuung der pH-Werte unter Zugabe von Nitritpökelsalz in der Gesamtheit geringer ist als unter Zusatz von NaCl. Den statistischen Berechnungen nach ist die Streuung des Anfangs-pH-Wertes

unter Zugabe von Nitritpökelsalz deutlich kleiner als unter Zusatz von NaCl. Die Schwankungen der Fermentationszeit sind unter Zusatz von Nitritpökelsalz allerdings etwas ausgeprägter.

3.4.4.1.3 Versuch 27

Fermentation bei unterschiedlichem Zerkleinerungsgrad

Laut dem Fickschen Diffusionsgesetz kann die Nährstoffdiffusion durch eine Veränderung des Zerkleinerungsgrades beeinflusst werden. Je höher der Zerkleinerungsgrad ist, umso größer wird die Oberfläche und desto kürzer werden die Diffusionswege. Demnach müsste die Fermentationszeit bei feiner zerkleinertem Material kürzer sein als bei grob zerkleinertem Material. Zur Bestätigung dieser Aussage werden in diesem Versuch vier Chargen mit unterschiedlichem Zerkleinerungsgrad fermentiert. Um möglichst gleiche Ausgangsbedingungen für alle vier Probenansätze zu erhalten, wird dieselbe Rohstoffcharge verwendet:

Charge 1: 90 % 1 – 3cm Streifen, 10 % 2mm-Farce

Charge 2: 100 % Feinfarce

Charge 3: 90 % 0,5 – 1cm Würfel, 10 % 2mm-Farce

Charge 4: 90 % Filetstücke, 10 % 2mm-Farce

a. Fermentationsdiagramm

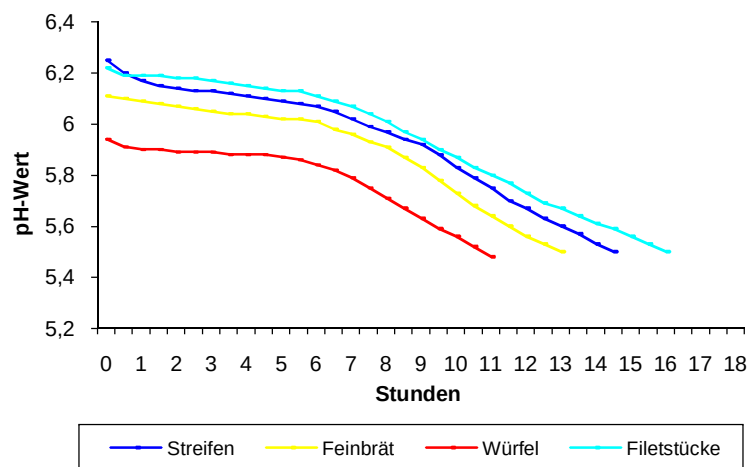


Diagramm 10: Fermentation bei unterschiedlichem Zerkleinerungsgrad

Zusammenfassung

Eine Veränderung des Zerkleinerungsgrades führt zu einer Veränderung der Diffusionsbedingungen: je feiner der Rohstoff zerkleinert ist, umso bessere Diffusionsbedingungen sind gegeben. Dieses Phänomen lässt sich an der pH-Wert-Senkung erkennen, die bei zu Feinbrät und Würfeln zerkleinerten Fischfilets früher einsetzt. Der Fickschen Diffusionsformel nach müsste aber die zu Feinbrät zerkleinerte Probe die kürzeste Fermentationszeit haben. Stattdessen weist Charge 3, die aus kleineren Würfeln besteht, die effektivste pH-Senkung auf. Bei den weiteren Chargen 1 und 4, die aus Streifen und Filetstücken hergestellt wurden, verläuft die Fermentation entsprechend des Zerkleinerungsgrades in einem längeren Zeitraum. Der Vergleich des Anfangs-pH-Wertes der vier Chargen zeigt, dass die Werte zum Teil sehr weit auseinander liegen. Dieses Phänomen kann

mehrere Ursachen haben. Da die Probenansätze aus derselben Rohstoffcharge hergestellt wurden, ist der Anfangskeimbelastung eine geringere Rolle beizumessen als der punktuellen Messmethode und den Dissoziationsreaktionen: steckt die Elektrode bei den unterschiedlich zerkleinerten Proben in einem Bereich, in dem ein hohes Aufkommen an Nährstoffen und Mikroorganismen besteht, wird dort ein tieferer pH-Wert angezeigt. Steckt die Elektrode hingegen in einem größeren Stück Fleisch, fällt der angezeigte pH-Wert entsprechend höher aus. Insofern kann aus der punktuellen, einfachen Messung kein vollständiger Eindruck über den Reifestatus des jeweiligen Probenansatzes gewonnen werden. Um aber eine präzise pH-Messung über einen längeren Zeitraum durchzuführen, muss eine punktuelle Messung vorgenommen werden, die die Darstellung eines gleichmäßig sinkenden Kurvenverlaufes ermöglicht. Zur Überprüfung der Genauigkeit der pH-Wert-Erfassung soll daher in einem der folgenden Versuche eine Messung an unterschiedlichen Stellen einer Probe vorgenommen werden.

3.4.4.1.4 Versuch 28

Fermentation bei unterschiedlichen Reifetemperaturen

Einen wesentlichen Faktor, der die Aktivität der Starterkultur beeinflusst, stellt die Regulierung der Temperatur im Reifungsraum dar. In den Versuchsreihen wird mit einer durchschnittlichen Fermentationstemperatur von 30 °C gearbeitet, die in den experimentellen Arbeiten von ULAMBAYAR (52) ermittelt wurde. Um das temperaturabhängige Verhalten der Lactobacillen beobachten und die daraus resultierenden Folgen auf die Qualität der Fischprodukte beurteilen zu können, werden die Proben in diesem Versuch bei unterschiedlichen Temperaturen fermentiert.

Charge 1: Fermentation bei Raumtemperatur 20 °C

Charge 2: Fermentation in der Klimakammer bei 30 °C

Charge 3: Fermentation im Räucherschrank bei 35 °C

Charge 4: Fermentation im Brutschrank bei 40 °C

a. Fermentationsdiagramme

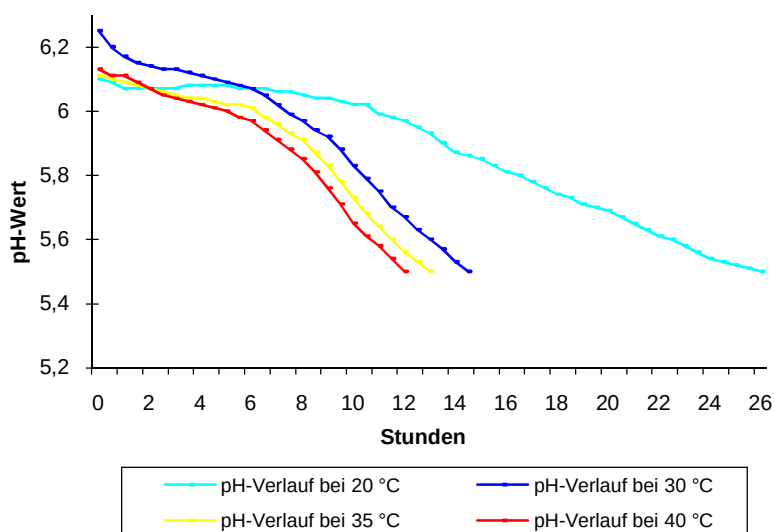


Diagramm 11: pH-Verlauf bei unterschiedlichen Bebrütungstemperaturen

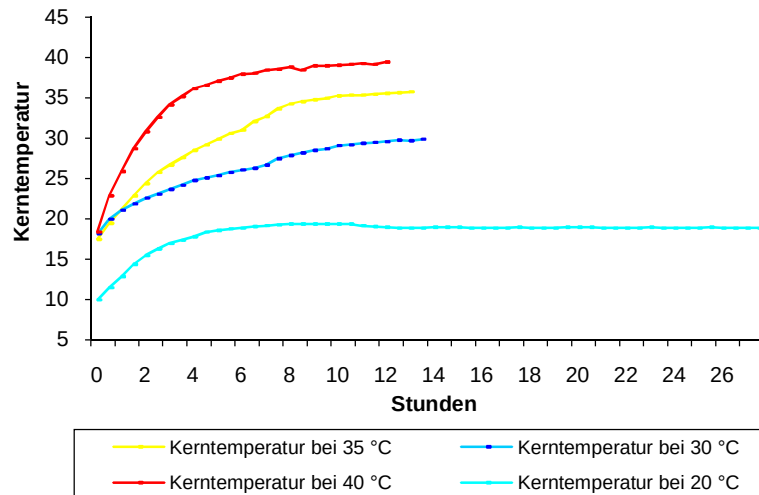


Diagramm 12: erreichte Kerntemperaturen

b. Sensorische Parameter

Tab. 56: sensorische Parameter V28

	Charge 1 20 °C	Charge 2 30 °C	Charge 3 35 °C	Charge 4 40 °C
End-pH-Wert	5,5	5,5	5,5	5,5
Fermentationszeit	26 Std.	14,5 Std.	13,5 Std.	12,5 Std.
Farbgebung	4	4	3	3
Geruch	3	3	2	2
Schnittbild	4	4	2	2
Schnittfestigkeit	3	4	4	4
(Bei)geschmack	3	4	4	3
Textur	4	4	4	3
Säurenote	4	4	3	2
Max. QI (85= 100 %)	62 (72,9 %)	67 (78,8 %)	64 (75,3 %)	47 (55,3 %)

Zusammenfassung

Die pH-Senkung wird durch eine Steigerung der Außentemperatur beschleunigt: eine Verdopplung der Bebrütungstemperatur von 20 auf 40 °C führt zu einer Verkürzung der Fermentationszeit um mehr als 50 %. Obwohl das Temperaturoptimum der Lactobacillen im Bereich von 25 – 30 °C liegt, ist die Vermehrungsrate bei 40 °C höher als bei 30 °C. Die pH-Senkung steht in etwa im Verhältnis zur Temperaturerhöhung; je höher die Temperatur eingestellt wird, umso höher sind auch die sinkenden pH-Einheiten / Stunde. In einem Bereich von 30 – 35 °C Bebrütungstemperatur treten keine deutlichen sensorischen Unterschiede zwischen den Produkten auf. Wird die Temperatur aber auf 40 °C erhöht, kommt es bereits zu sensorisch wahrnehmbaren Veränderungen: die Farbgebung der Produkte ist heller, der Säuregeruch intensiver, die Myomerenstruktur weniger ausgeprägt und die Textur weicher. Im Laufe der Lagerung werden die Proben unter Bildung eines leichten, schleimartigen Oberflächenfilmes weicher und cremiger. Die Muskelfasern wirken verkürzt und partiell zersetzt, so dass das Produkt mit der Zunge im Mund zerrieben werden kann. Ähnliche Beobachtungen wurden in diesem Zusammenhang von ULAMBAYAR (52) bei der Rekonstitution von Schweinefleisch gemacht. Sie beschrieb dieses Phänomen als „Überfermentation“.

Die auftretenden Merkmale deuten auf eine erhöhte mikrobielle und / oder enzymatische Aktivität hin, die eine vorzeitige Zersetzung der Proteinstruktur herbeiführt. Hinzukommt eine partielle Proteindenaturierung, die bereits bei Temperaturen ab 40 °C einsetzt und mitunter an der farblichen Aufhellung der Produkte zu erkennen ist. Ein vorzeitiger Verderb der Produkte kann im Gegensatz zu den Ergebnissen von ULAMBAYAR aber nicht festgestellt werden. Anhand der veränderten sensorischen Produkteigenschaften ist erkennbar, dass eine Fermentation bei 40 °C nicht zu Erzeugnissen mit optimaler Qualität führt. Die Fermentation bei 20 °C führt zwar weniger zu qualitativen Unterschieden, dauert aber überdurchschnittlich lang und entspricht somit nicht der Zeitspanne, die für den Kurzreifungsprozess vorgesehen war.

Unter Einbezug aller technologischen und sensorischen Aspekte kann der Temperaturbereich von 30 – 35 °C auch als Optimum für rekonstituierte Erzeugnisse aus Fisch (Karpfen) bestätigt werden.

3.4.4.2 Messungen zur Analyse des Fermentationsverlaufes

3.4.4.2.1 Versuch 29

Vergleichsmessungen zum pH-Verlauf in einer Probe

Um zu überprüfen, inwieweit die Ergebnisse der punktuellen Messung den Reifestatus der gesamten Probe repräsentieren, sollen in diesem Versuch zwei Chargen hergestellt werden, bei denen eine Gegenmessung mit einer weiteren Elektrode durchgeführt wird. Die Proben wurden bis zum End-pH 5,5 fermentiert.

Charge 1: pH-Messung an zwei unterschiedlichen Stellen einer Probe

Charge 2: 1. pH-Messung in der Probe

2. pH-Messung im fein zerkleinerten Brät der Probe, das den Farceanteil repräsentiert

a. Fermentationsdiagramme

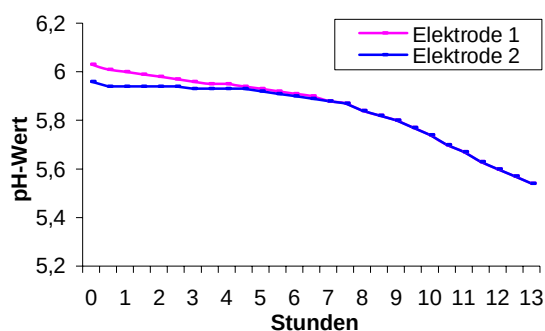


Diagramm 13: Charge 1

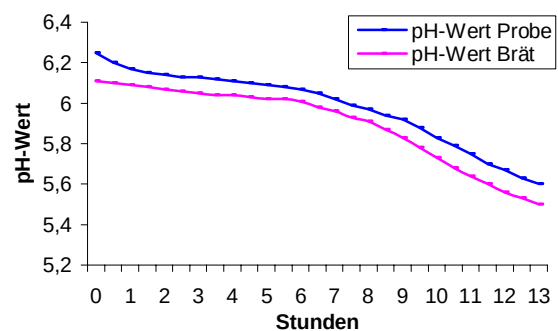


Diagramm 14: Charge 2

Tab. 57: Auswertung der Fermentationsdiagramme V29

	Anfangs-pH-Wert	Fermentationszeit	Kurvenverlauf
Charge 1	6,03 5,96	13 Std.	nur geringfügig auseinander liegende Anfangswerte Kurven verlaufen nach anfänglicher Anpassungsphase direkt übereinander
Charge 2	6,25 6,11	13 Std.	Kurven verlaufen parallel geringe Unterschiede zwischen den Anfangs-pH-Werten Kurve mit dem niedrigeren Anfangswert hat den End-pH 5,5 entsprechend früher erreicht

Zusammenfassung

Die Auswertung der pH-Kurve von Charge 1 zeigt, dass die punktuelle Messung bei gleichmäßiger Durchmischung durchaus repräsentativ für den Reifestatus der Probe sein kann. Entnimmt man wie bei Charge 2 einen Teil des Rohmaterials und verarbeitet es zu Brät, gibt es geringe Abweichungen zwischen den pH-Kurven. Aufgrund des höheren Zerkleinerungsgrades ergeben sich bessere Diffusionsbedingungen, so dass die pH-Senkung bei dem feiner zerkleinerten Material innerhalb eines kürzeren Zeitraums erfolgt. Dieser Unterschied stellt in etwa das Verhältnis zwischen der pH-Senkung in der stückigen Masse und im Brät dar. Steckt die Elektrode in einem Bereich mit einem größeren Farceanteil, kann es also durchaus sein, dass der gemessene pH-Wert 0,1 – 0,2 Einheiten unterhalb dessen der grobstückigen Masse liegt. Da die Abweichungen aber eher gering sind, kann die punktuelle Messung vor allem bei einem hohen bis zu einem mittleren Zerkleinerungsgrad (Streifen, kleinere Stücke) als Orientierung für die Ermittlung des End-pH-Wertes dienen.

3.4.4.2.2 Versuch 30

pH-Langzeitmessung

Um die Entwicklung des pH-Wertes in der Nachreifezeit bei Unterbrechung der Fermentation zu verschiedenen Zeitpunkten beobachten und die Auswirkungen auf die Produktqualität besser beurteilen zu können, wird eine Langzeitmessung über 7 Tage durchgeführt. Zu diesem Zweck werden die Proben von der Bebrütungskammer samt Elektrode direkt in den Kühlschrank überführt. Die pH-Wert-Erfassung erfolgt in der Abkühlphase 30minütig und während der Nachreifung mindestens einmal täglich.

Charge 1: End-pH-Wert 5,7

Charge 2: End-pH-Wert 5,4

Charge 3: End-pH-Wert 5,3

a. pH-Verlauf in der Nachreifezeit

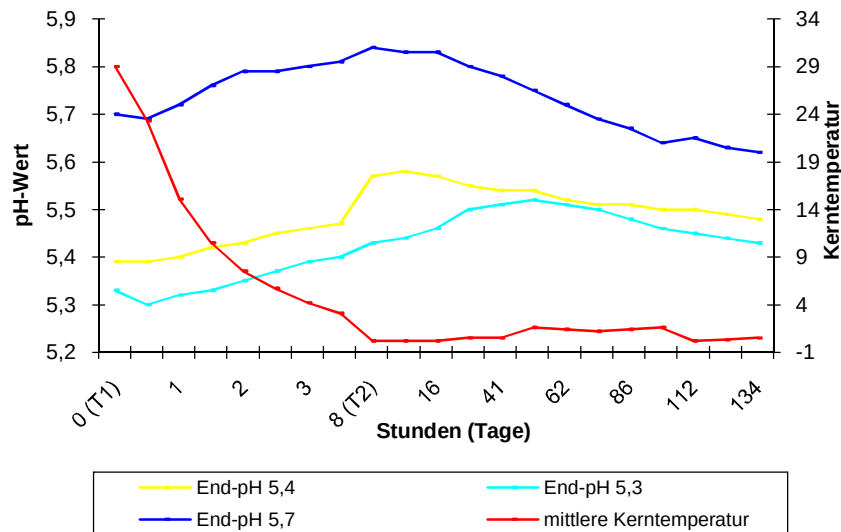


Diagramm 15: pH-Langzeitmessung

Zusammenfassung

Die pH-Kurven zeigen, dass es während und nach der Abkühlphase zu einem Anstieg des pH-Wertes kommt. Charge 1 (pH 5,7) und Charge 2 (pH 5,4) erreichen den Höchstwert an T2, Charge 3 (pH 5,3) hingegen erst an T4. Je niedriger der Endwert der Fermentation ist, umso länger dauert die Anpassungsphase der Mikroorganismen unter Kühlbedingungen: im Verhältnis zum Endwert steigt der pH-Wert höher und sinkt nach der Adaptationsphase nicht so tief. Bei Charge 2 und 3 liegt der pH-Wert nach sieben Tagen um 0,1 Einheiten höher. Bei Charge 1 liegt der pH-Wert hingegen 0,8 Einheiten tiefer.

3.4.4.3 Diskussion

Die Fermentation ist die am schwierigsten zu regulierende Verfahrensstufe des Herstellungsprozesses. Da dieser Schnellreifeprozess durch eine Vielzahl von in- und externen Faktoren beeinflusst wird, kann der Verlauf der Fermentation nicht eindeutig charakterisiert werden. Selbst unter Zugabe von fermentationsfördernden Zutaten ergibt sich eine Zeitspanne von 4 Stunden innerhalb welcher der End-pH-Wert erreicht wird. Der Verlauf der Fermentation kann in einem gewissen Maß durch Zutaten, Verbesserung der Diffusionsbedingungen (Mischen, Zerkleinerungsgrad), Temperaturregulierung und Auswahl des Rohmaterials gesteuert werden. Die Bebrütungstemperatur ist eine wesentliche Einflussgröße für die Entwicklung der Starterkultur. Mit zunehmender Temperatur im Bereich von 20 bis 40 °C kommt es zur Beschleunigung der pH-Senkung und zur Verkürzung der Fermentationszeit. Allerdings sind bei 40 °C fermentierten Produkten erste thermisch bedingte Denaturierungserscheinungen festzustellen. Obwohl das Temperaturoptimum der Lactobacillen bei ca. 25 °C liegt, verläuft die Fermentation bei 40 °C deutlich schneller. Dieses Phänomen kann damit erklärt werden, dass sich die Bakterienflora des Fisches zwischen 15 und 25 °C sehr schnell vermehrt. Bei Temperaturen > 37 °C stellt sie das Wachstum ein

oder wird sogar abgetötet (62). Die Starterkultur kann sich bei der nun eingegrenzten Konkurrenzflora besser entfalten und vermehrt Milchsäure produzieren.

Aufgrund der eintretenden Veränderungen der Produktstruktur der Fischerzeugnisse bei einer Temperatur um 40 °C, sollte die Fermentationstemperatur zwischen 30 und maximal 35 °C liegen.

Tab. 58: höchster Qualitätsindex Versuchsreihe 3.4.4

Produkt	Höchster Qualitätsindex
Fermentationstemperatur 30 °C	67 (78,8 %)

Die Diffusionsbedingungen können durch Veränderung des Zerkleinerungsgrades und der Zutatenkonzentrationen beeinflusst werden. Je feiner das Rohmaterial zerkleinert ist, umso kürzer sind die Diffusionswege und desto leichter fällt die homogene Verteilung der Zutaten beim Mischen. Die Fermentationszeit wird demnach kürzer. Bei der Verarbeitung von ganzen Filets empfiehlt es sich daher, die Oberfläche durch Einschneiden zu vergrößern und eine bessere Verteilung der Farce zu ermöglichen. Da der Zerkleinerungsgrad des Rohmaterials aufgrund der textuellen und optischen Veränderung begrenzt ist, beschränkt sich die maximale Zerkleinerung für rohfishähnliche Produkte auf 1 – 3 cm Streifen.

Je höher die Konzentration von fermentationsfördernden Zutaten ist, umso schneller erfolgt die pH-Senkung. Zu den fermentationsfördernden Zutaten gehören im Wesentlichen Glukose und Nitritpökelsalz. Die Genusssäurensalze Calciumlactat und Calciumacetat bewirken bei einer Konzentrationserhöhung eine Verlangsamung der pH-Senkung. Akzeptable Fermentationszeiten können unter Berücksichtigung der Auswirkungen auf die sensorischen Produkteigenschaften nur bei geringeren Konzentrationen und einer Kombination der Stoffe erreicht werden. Die kürzeste erfasste Fermentationszeit wird unter Zugabe von Calciumlactat und -acetat bei einem Verhältnis von 0,5 % zu 0,2 % erzielt. Trotz der Dissoziationsreaktion der beiden Salze im Medium und der Entstehung von Milch- und Essigsäure kommt es wegen der antimikrobiellen Eigenschaften zum einen und wegen stofflicher Reaktionen zum anderen zu einer Verzögerung der pH-Senkung. Da die Zugabe von Glukose wegen der vermehrten Säureproduktion der Lactobacillen aber begrenzt ist, kann die Fermentation effektiv nur durch die Beigabe von Nitritpökelsalz beeinflusst werden. Das Gros der Produkte mit höherem Zerkleinerungsgrad oder mit dem Zusatz von Nitritpökelsalz durchlaufen eine zügige pH-Senkung und haben einen niedrigeren Anfangs-pH-Wert der Fermentation, der bei + / - pH 6,00 liegt.

Bei einem Zerkleinerungsgrad von 1 – 3 cm Streifen in Verbindung mit 0,2 % Calciumacetat, 0,5 % Calciumlactat und 1,4 % NPS beläuft sich die Fermentationszeit bis zum End-Wert 5,4 auf in etwa 13,5 Stunden (+ / - 2 Stunden).

Der pH-Wert der Rohware hat im Vergleich zu den Zutaten und dem Zerkleinerungsgrad nur geringere Auswirkungen auf den Anfangs-pH-Wert und den Verlauf der Fermentation. Die Entwicklung des pH-Wertes in der Nachreifung kann durch den End-pH-Wert der Fermentation mit beeinflusst werden. Langzeitmessungen des pH-Wertes ergaben, dass ein tiefer End-pH-Wert von 5,3 einen länger andauernden und ausgeprägteren pH-Anstieg in der Abkühlphase mit sich zieht. Nach Erreichen des Maximalwertes fällt der pH-Wert weniger ab und sinkt auf ein höheres Niveau als das des Endwertes. Ein hoher End-pH-Wert von 5,7 hat im Vergleich dazu einen kürzer andauernden und weniger ausgeprägten pH-Anstieg in der Nachreifung zur Folge. Nach dem Durchlaufen des Höchstwertes, fällt

der pH stärker ab und erreicht Werte unterhalb des End-pH-Wertes. Die Gründe für den unterschiedlichen pH-Verlauf sind durch das Wachstumsstadium der Mikroorganismen, das vorhandene Nährstoffangebot sowie die Anhäufung von Stoffwechselendprodukten bedingt. Bei einem tiefen End-pH-Wert sind bereits mehr Nährstoffe verbraucht und ein größerer Anteil von Stoffwechselprodukten vorhanden. Infolgedessen kommt es zu einer langsameren und schwächeren Wiederaufnahme der Stoffwechselaktivität der Milchsäurebildner.

Aus den Vorversuchen wurde der Endwert von 5,4 übernommen, um eine ausreichende Denaturierung der Proteine (Schnittfestigkeit) zu gewährleisten. Proben, die bis zum Erreichen dieses pH-Wertes über einen Zeitraum von > 15 Stunden fermentiert werden, sind bei den sensorischen Nachuntersuchungen (s. Kap. 3.6) in der Regel zu fest, zu trocken und zu sauer. Es entsteht daher der Verdacht, dass nicht nur der End-pH-Wert sondern auch die Fermentationszeit entscheidend für die sensorische Qualität der Produkte ist. Im Sinne dessen sollte darauf Wert gelegt werden, dass die Fermentationszeit möglichst kurz gehalten wird und 15 Stunden nicht übersteigt.

Zeichnete sich während eines Experiments eine längere Fermentationszeit ab, wurde der Reifeprozess versuchsweise auch bei höheren Endwerten unterbrochen: die Produkte können bei Werten um 5,7 zwar erfolgreich rekonstituiert werden, sind jedoch weniger schnittfest, haltbar und gefriertauglich (s. Kap. 3.6). Weder eine an der Zeit noch eine am End-pH-Wert orientierte Fermentation ist Garant für eine gleichbleibend gute Produktqualität. Das zentrale Ziel bleibt deshalb, den End-pH-Wert durch Optimierung und Abstimmung der Zutaten und Verfahrensschritte innerhalb einer gesetzten Zeit zu erreichen.

Da die sensorische Qualität der Produkte bei End-Werten < pH 5,4 deutlich abnimmt und die verarbeitungstechnologische Beschaffenheit bei End-Werten > pH 5,7 nicht ausreicht, soll der bisherige End-Wert von pH 5,4 dauerhaft auf einen End-pH von 5,5 angehoben werden. Durch Anhebung des End-pH-Wertes um 0,1 Einheiten kommt es zu einer verkürzten Fermentationszeit (ca. 1 Stunde) und zu einer mäßigeren Säurebildung. Die sensorischen Merkmale können auf diese Weise effektiv verbessert werden, wobei sich die technologischen Eigenschaften kaum verschlechtern.

Anhand der punktuellen pH-Messung kann die Senkung des pH-Wertes erfasst werden. Auch wenn diese Messmethode nicht den Reifestatus der gesamten Probencharge wiedergeben kann, ist sie dennoch repräsentativ genug, um im Bereich des angestrebten End-pH-Wertes zu entscheiden, wann die Fermentation abgebrochen werden soll. Da die Fermentationszeiten auch bei optimaler Einstellung um bis zu vier Stunden schwanken, ist die Methode einer an der Zeit orientierten Fermentation nicht geeignet, um eine gleichbleibende Produktsicherheit und –qualität zu gewährleisten. Die Fermentation sollte daher stets durch eine pH-Gegenmessung kontrolliert werden.

3.5 Versuchsteil 3

Verarbeitung von Karpfen mit weiteren Fischarten

Zur Realisierung der Produktlinie FKP (fermentiertes Karpfenprodukt), die den Anforderungen des Auftraggebers entsprechend auf der Basis von Karpfen mit einem Fremdfischanteil hergestellt werden soll, werden unterschiedliche Fischarten verarbeitet. Die FK-Produkte sollen preisgünstiger als die Premiumprodukte und zum Garen wie auch zum Einfrieren geeignet sein.

Damit die Technologie für die gesamte Produktionslinie standardisiert werden kann, werden die optimierten Verfahrensstufen des Produktionsprozesses direkt auf die Herstellung der FK-Produkte übertragen. Die aufgeführten Ergebnisse sind Zusammenfassungen einer Vielzahl an durchgeführten Versuchen. Stellt sich bereits während der ersten Versuche heraus, dass die Fischart aus sensorischen oder verarbeitungstechnologischen Gründen nicht für ein FK-Produkt geeignet ist, wird die Fortsetzung der Versuche abgebrochen, so dass in diesem Fall weniger Ergebnisse vorliegen.

Tab. 59: optimiertes Herstellungsverfahren

Zerkleinerung	Mischen	Zutaten	Abfüllen	Fermentieren
1 – 3cm Streifen 10 – 15 % 2mm-Farce	Vormischen (2 Minuten) Einsalzen (min. 10 Minuten) Hauptmischen (2 Minuten)	0,6 % Glukose 4 ml / kg LC1 0,2 % CA 0,5 % CL 1,4 % NaCl (1,4 % NPS)	55mm-Därme	30 max. 35 °C End-pH 5,5 < 15 Stunden für Karpfen

3.5.1 Anteilmäßige Verarbeitung von Fremdfisch

Da die Bezeichnung FK-Produkt eindeutig auf den Rohstoff Karpfen verweist, wird der Fremdfisch niedriger als der Karpfenanteil eingestellt. Hinzu kommt, dass die verwendeten Fischarten verschiedene Muskelfleischstrukturen und eine unterschiedliche chemische Zusammensetzung aufweisen und aller Voraussicht nach nicht gleichermaßen rekonstitutionsgeeignet sind. Der Filetanteil des Karpfenfleisches wird daher 60 % und der Fremdfischanteil 40 % betragen. Der Farceanteil von 15 % wird aus Karpfenfilet hergestellt und ist in den 60 % Karpfenmasse inbegriffen. Zur Verbesserung der mikrobiologischen Stabilität, des Fermentationsverlaufes und des optischen Eindrucks wurde bei den FK-Produkten auch unter anderem mit Nitritpökelsalz gearbeitet.

3.5.1.1 Versuch 31: Verarbeitung von Alaska Seelachs (Alaska Pollack)

Aufgrund des geringen Eigengeschmacks kann der Alaska Seelachs vielseitig eingesetzt und auf unterschiedlichste Art verarbeitet werden. Durch den hohen Wasser- und niedrigen Fettgehalt ist das Fleisch kalorienarm und leicht bekömmlich. Da die Filetstruktur des Alaska Seelachses sehr empfindlich und im Gegensatz zum Karpfenfleisch nur wenig mechanisch belastbar ist, wird eine Bearbeitung des rohen Produktes im Hinblick auf die Schnittstabilität vermutlich schwierig sein. Darüberhinaus unterscheidet sich das beige- leicht rosafarbene Fleisch im Rohzustand bereits von der intensiveren fleischähnlichen Färbung des Karpfenfilets.

a. Fermentationsdiagramm

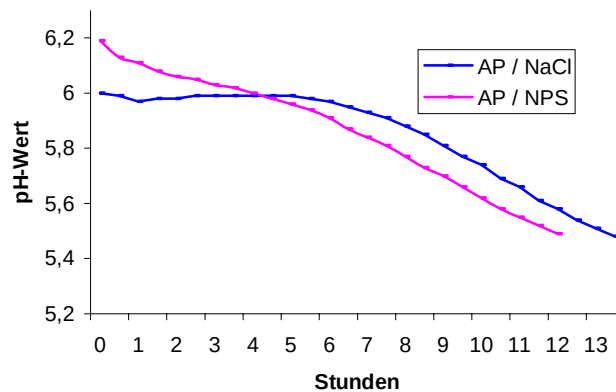


Diagramm 16: Fermentationsverlauf bei der Rekonstitution von K3 und AP mit NaCl und NPS

b. Sensorische Parameter

Tab. 60: sensorische Parameter V31

FK-Produkt Karpfen - Alaska Pollack	NaCl	NPS
Farbgebung	3	4
Geruch	2	4
Schnittbild	4	4
Schnittfestigkeit	2	2
Textur	2	2
Säurenote	2	3
(Bei)geschmack	2	4
Max. QI (85= 100 %)	36 (42,3 %)	53 (62,3 %)

Zusammenfassung:

Das FK-Produkt „Karpfen – Alaska Seelachs“ zeichnet sich durch eine angenehme Optik und relativ gute Rekonstitution aus. Im Laufe der Probenlagerung kommt es durch den hohen Wassergehalt des Alaska Seelachs allerdings zu einer sinkenden Schnittstabilität, die mitunter durch das Aufquellen



Abb. 64: K3 / AP mit NaCl

des Farceanteils verursacht wird. Die Muskelfaserstruktur des Alaska Seelachs ist gummiartig und hat eine glatte Oberfläche, wodurch das Lösen und Verfilzen der Fischeiweiße während des Mischens erschwert wird. Infolgedessen ist die Bindung zwischen den Fischteilchen labiler und das gesamte Produkt weniger schnitt- und garstabil als ein 100%iges Karpfenprodukt. Die Rekonstitution von reinem Alaska Seelachs dürfte nicht gelingen- da der Karpfen- wie am FK-Produkt ersichtlich, die entsprechende Stabilität und Bindungsfähigkeit in das System mit einbringt. Die

Fermentationszeit liegt im optimalen Bereich von 12 bis 14 Stunden. Die pH-Senkung erfolgt bei den mit Nitritpökelsalz versetzten Proben wie erwartet schneller, obwohl der Anfangs-pH-Wert diesmal höher als gewöhnlich ist.

3.5.1.2 Versuch 32: Verarbeitung von Rotbarsch

Ähnlich wie der Alaska Seelachs das Rotbarschfilet eine helle jedoch bräunlichere Farbgebung. Das Muskelfleisch ist weniger gummiartig und hat eine rauere Oberflächenstruktur. Fett- und Eiweißanteil sind beim Rotbarsch höher, der Wassergehalt jedoch geringer als beim Alaska Seelachs. Rotbarsch zeichnet sich durch zartes Fleisch mit einem milden Eigenaroma aus. Im Vergleich zum Alaska Seelachs bietet der Rotbarsch bessere Voraussetzungen für eine stabile Rekonstitution.

a. Fermentationsdiagramme

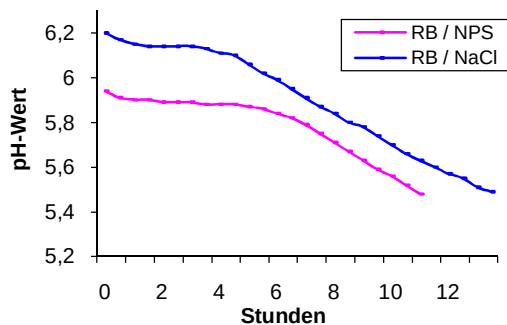


Diagramm 17: Fermentationsverlauf bei der Rekonstitution von: K3 und RB (1)

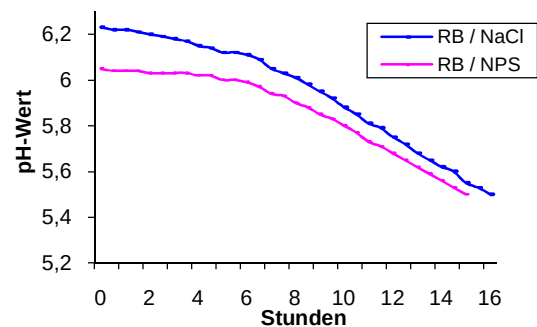


Diagramm 18: Fermentationsverlauf bei der Rekonstitution von: K3 und RB (2)

b. Sensorische Parameter

Tab. 61: sensorische Parameter V32

FK-Produkt (K3 / RB)	NaCl	NPS
Farbgebung	2	3
Schnittbild	2	3
Geruch	2	4
Schnittfestigkeit	5	5
Textur	4	4
Säurenote	4	4
(Bei)geschmack	4	4
Max. QI (85= 100 %)	59 (69,4 %)	66 (77,6 %)

Zusammenfassung:

Die Kombination von Karpfen und Rotbarsch eignet sich sehr gut für die Erzeugung von FK-Produkten. Das milde Eigenaroma des Rotbarsches schwächt den intensiven Karpfengeschmack ab. Die Fermentationskurven weisen einen vergleichbaren Verlauf wie die der reinen Karpfenprodukte auf,



Abb. 66: K3 / RB mit NPS

was daraufhin deutet, dass die Fischarten gut miteinander harmonisieren. Da der Rotbarsch im Rohzustand eine gute Textur aufweist, ist er

mechanisch belastbarer als der Alaska Pollack. Durch den geringeren Gehalt an locker gebundenem Wasser kommt es beim Mischen nicht zur Phasentrennung, sondern zu einer effizienten Eiweißaktivierung und

nachfolgend zu einem ausreichenden Viskositätsanstieg. Aufgrund der raueren Oberflächenstruktur gelingt die Verfilzung der Eiweißteilchen, so dass die Produkte schnittfest und formstabil werden. Durch die zarte Textur verleiht der Rotbarsch dem gegarten Produkt eine

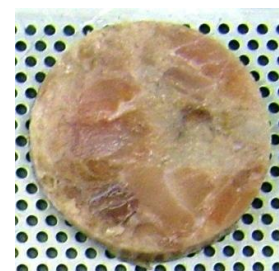


Abb. 65: K3 / RB mit NaCl

angenehme Bissfestigkeit und Saftigkeit. Wird das Produkt jedoch über einen zu langen Zeitraum fermentiert (> 15 Stunden), werden die Enderzeugnisse im Laufe der Lagerung (> 10 Tage) zu trocken. Da die Myomerenstruktur des Rotbarsches kaum zu erkennen ist, sticht der Karpfen nicht nur farblich, sondern auch durch seine myomerenreiche Struktur im Schnittbild hervor. Die ungepökelten Proben sind wegen der leichten Braunfärbung des Rotbarsches unansehnlicher als Alaska Seelachs-Produkte. Die gepökelten Proben sehen jedoch durchaus ansprechend aus.

3.5.1.3 Versuch 33: Verarbeitung von Butterfisch

Da das Fleisch der Buttermakrele im Rohzustand sehr fest und fast speckähnlich ist, können die Filets sehr gut zerteilt und portioniert werden. Trotz des relativ niedrigen Wassergehaltes, tritt beim Anschneiden viel Flüssigkeit aus. Da die Oberflächenstruktur geschlossen und sehr glatt ist, wird die Streifenmasse im Anschluss gesteakert. Das Fischfleisch wird durch die nach innen gekehrte Drehbewegung der Walzen eingezogen und an den Metallzähnen eingeschnitten. Hierdurch kommt es zu einer leichten Aufrauung und gleichzeitigen Vergrößerung der Oberfläche. Aufgrund des hohen Fettgehaltes und der glatten Oberflächenstruktur dürfte es erfahrungsgemäß zu Problemen bei der Rekonstitution kommen.

a. Fermentationsdiagramm

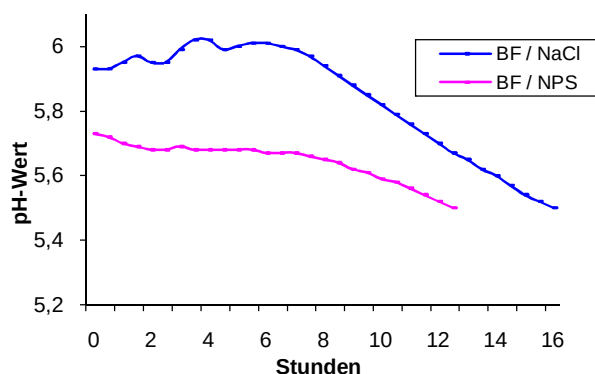


Diagramm 19: Fermentationsverlauf bei der Rekonstitution von K3 und BF

b. Sensorische Parameter

Tab. 62: sensorische Parameter V33

FK-Produkt (K3 / BF)	NaCl	NPS
Farbgebung	3	4
Schnittbild	3	4
Geruch	3	4
Schnittfestigkeit	5	5
Textur	3	3
Säurenote	3	4
(Bei)geschmack	3	2
Max. QI (85= 100 %)	57 (67 %)	64 (72,9 %)

Zusammenfassung:

Trotz des ausgebliebenen Viskositätsanstiegs beim Mischen und des hohen Fettgehaltes des Butterfisches können gut rekonstituierte, schnittfeste Produkte hergestellt werden. Der Butterfisch hebt sich optisch deutlich vom Karpfen ab. Aufgrund des farblichen Gegensatzes und der wenigen dunklen Stellen sehen vor

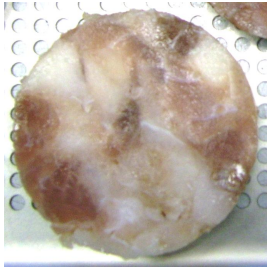


Abb. 67: K3 / BF mit NaCl

allem die gepökelten Produkte nicht unansehnlich aus. Obwohl die Fischmasse gut gemischt wurde, sind die einzelnen Fischkomponenten nicht homogen verteilt. Dadurch haben die Medaillons einen unterschiedlichen Karpfen- oder Butterfischanteil. Die

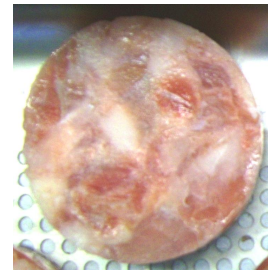


Abb. 68: K3 / BF mit NPS

Fermentationszeit liegt ähnlich wie bei den anderen FK-Produkten zwischen 13 und 16 Stunden. Der Verlauf der Fermentationskurven der Butterfisch-Produkte weicht von denen der Rotbarsch-Produkte ab und deutet auf eine weniger passende Kombination der Fischarten hin: die anfängliche Unregelmäßigkeit der NaCl-Kurve kann auf einen Messfehler der pH-Elektrode zurückzuführen sein. Die NPS-Probe hat einen gleichmäßigeren aber sehr flachen Kurvenverlauf mit einem tiefen Anfangs-pH-Wert und nicht eindeutig definierbarer lag- und log-Phase. Neben dem unsteten Kurvenverlauf ist festzustellen, dass der Butterfisch auch geschmacklich weniger mit dem Karpfen harmoniert.

3.5.1.4 Versuch 34: Verarbeitung von Afrikanischem Wels

Afrikanisches Welsfilet zeichnet sich durch eine kräftige Rosa- bis Rotfärbung aus, die die Farbintensität des Karpfens übersteigt. Da das Wels- wie auch das Karpfenfilet einen markanten roten Seitenmuskel hat, sollte dieser Teil der Muskulatur aus sensorischen und technologischen Gründen entfernt werden. Der Afrikanische Wels hat eine gut erkennbare Myomerenstruktur und einen arttypischen Geschmack. Die Nährstoffzusammensetzung ist ähnlich wie beim Karpfen und weist einen etwas höheren Eiweiß- und niedrigeren Fettgehalt auf. Im Vergleich zum Butterfisch und zum Alaska Seelachs, deren Nährstoffzusammensetzung wegen des hohen Fett- und Wassergehaltes deutlich abweicht, dürfte die Rekonstitution von Karpfen und Wels jedoch kein Problem darstellen. Wegen der intensiven Rotfärbung des Muskelfleisches wurde in diesem Versuch kein Nitritpökelsalz verwendet.

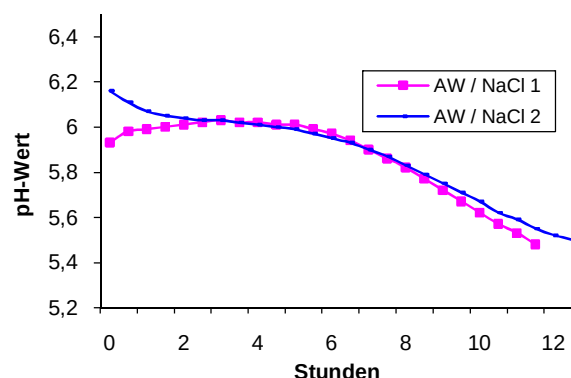
a. Fermentationsdiagramm

Diagramm 20: Fermentationsverlauf bei der Rekonstitution von K3 und AW

b. Sensorische Parameter

Tab. 63: sensorische Parameter V34

FK-Produkt (K3 / AW)	NaCl
Farbgebung	5
Schnittbild	5
Geruch	3
Schnittfestigkeit	5
Textur	4
Säurenote	3
(Bei)geschmack	3
Max. QI (85= 100 %)	70 (82,3 %)

Zusammenfassung:

Die Rekonstitutionseigenschaften des Afrikanischen Welsfilets sind aufgrund der Nährstoffzusammensetzung und der Muskelfleischstruktur ähnlich wie die des Karpfens, so dass schnittfeste und formstabile FK-Produkte entstehen. Die pH-Senkung erfolgt trotz des relativ hohen pH-Wertes des Welsfleisches in einem definierten und kurzen Zeitraum. Die kräftige Farbgebung und die ausgeprägte Myomerenstruktur des Fleisches optimiert das Schnittbild und harmonisiert sehr gut mit dem Karpfen. Die FK-Produkte mit Afrikanischem Wels haben den bislang rohfishähnlichsten Charakter und sehen besonders ansprechend aus. Das Eigenaroma ist intensiver als bei den Rotbarsch- oder Alaska Seelachs-Produkten, wodurch sich das Produkt ähnlich wie die Butterfischprodukte weniger geschmacklich entfremden lässt.



Abb. 69: K3 / AW mit NaCl

3.5.1.5 Versuch 35: Verarbeitung von Pangasius

Die Filets des Pangasius, der ebenso wie der Afrikanische Wels und der Karpfen aus einer Süßwasser-Aquakultur stammt, sind kleiner als die des K3 und können von gelblich-beige bis hellrosa gefärbt sein. Die Fleischfärbung spiegelt die Güteklasse des Pangasius wieder. Das Muskelfleisch ist weich und weniger elastisch als das des Karpfens bzw. des Welses und enthält wesentlich mehr freies Wasser. Der hohe Auftauverlust (> 20 %) rührt von der Schutzglasur her, mit der die Filets beschichtet und gegen Gefrierbrand geschützt sind. Nach dem Auftauen sind die Filets mit Vorsicht zu behandeln, da die sehr gut zu erkennende Myomerenstruktur beim Schneiden leicht zerdrückt werden kann. Da auch der Pangasius eine ähnliche Nährstoffzusammensetzung wie der Karpfen hat, wobei der Eiweiß- und Fettanteil etwas geringer und der Wassergehalt etwas höher ist, sollte die Rekonstitution auch bei dieser Zusammenstellung gelingen. Die Produkte werden aufgrund der geringeren Eigenstabilität des Pangasiusfleisches aber vermutlich etwas weicher als die Wels- und Rotbarsch-Produkte sein.

a. Fermentationsdiagramm

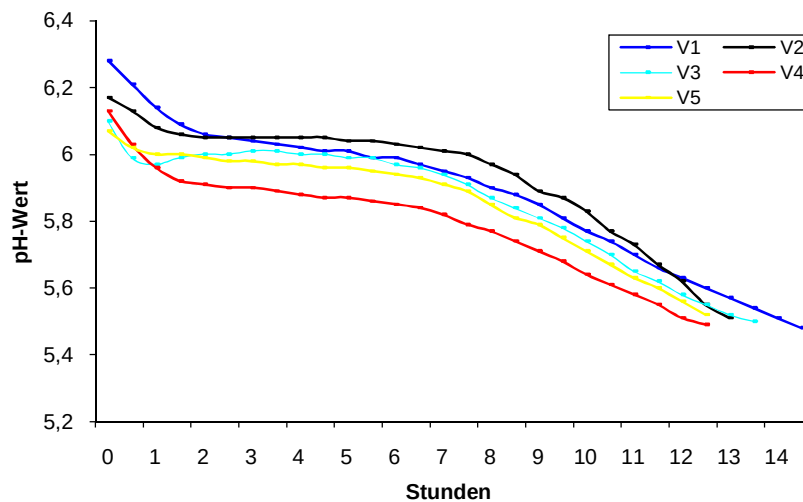


Diagramm 21: Fermentationsverlauf bei der Rekonstitution von K3 und Pangasius mit NaCl

b. Sensorische Parameter

Tab. 64: sensorische Parameter V35

FK-Produkt Karpfen – Pangasius	NaCl
Farbgebung	4
Schnittbild	5
Geruch	5
Schnittfestigkeit	5
Textur	4
Säurenote	4
(Bei)geschmack	5
Max. QI (85= 100 %)	77 (90,6 %)

Zusammenfassung:

Durch die ausgeprägte Myomerenstruktur, die ansprechende Farbgebung, das milde Aroma und die ausgewogene Nährstoffzusammensetzung kann der Pangasius besonders gut mit dem Karpfen zu FK-Produkten verarbeitet werden. Pangasius eignet sich aber nicht nur wegen der verarbeitungstechnologischen und sensorischen Vorzüge zur Herstellung von FK-Produkten, sondern auch aufgrund des niedrigen Rohwarenpreises und der ausbleibenden Abschnittverluste (kein roter Seitenmuskel, kein Unterhautfett, keine dunklen Stellen oder Verfärbungen). Durch den geringen Eigengeschmack hat das Endprodukt ein sehr mildes und kaum fischähnliches Aroma. Die Erzeugnisse können somit geschmacklich beliebig weiterentwickelt werden. Da die pH-Kurven der Fermentation einen beständigen Verlauf aufweisen, kann der Herstellungsprozess als stabil und standardisierbar betrachtet werden. Trotz der weichen und glasfaserartigen Muskelstruktur entstehen schnittfeste und mechanisch belastbare Produkte, bei denen der hohe Anteil an freiem Wasser optimal eingebunden ist. Aufgrund der guten Rekonstitutionseigenschaften soll im nächsten Versuch ein schinkenähnliches Produkt hergestellt werden, das zu 85 % aus Pangasius und zu 15 % aus 2mm-Karpfenfarce besteht.

3.5.2 Anteilmäßige Verarbeitung von Karpfen

3.5.2.1 Versuch 36: Verarbeitung von 85 % Pangasius mit 15 % Karpfenfarce

Zur Herstellung eines Erzeugnisses, das zu 85 % aus Pangasius besteht, wurde die Technologie zur Herstellung von Schinkenprodukten von KABITZSCH (98) genutzt und mit dem optimierten Herstellungsprozess kombiniert. Dieses Produkt wird wegen seiner Hochwertigkeit in schinkenähnlicher Form der Kategorie Premium zugeordnet.

1. aufgetaute Filets wässern
2. mehrfach trocken tupfen
3. mit einer ausgebauten Steakerwalze beidseitig einmal überrollen
4. Filets (85 % Mengenanteil) mit NPS (bezogen auf die Gesamtmasse Filets + Farce) einsalzen, Salz untermischen, bis keine Kristalle mehr spürbar sind mindestens 10 Minuten einwirken lassen, dabei kühl stellen!

Tab. 65: Zutaten Schinkenprodukte

Zutaten Schinkenprodukte	0,6 % Glukose 1,6 % NPS 4 ml / kg LC1 0,1 % Natriumacetat
---------------------------------	--

5. Farceanteil herstellen: 15 % 2mm-Farce aus Karpfenfilet
6. Zutaten unter die Farce mischen bis alles gleichmäßig verteilt ist
7. Filets und Farce manuell vermengen bis eine gewisse Klebrigkeit erreicht und die Farce möglichst gleichmäßig verteilt ist
8. 6 Filets schichten, dabei gleichmäßig von innen mit Farce bestreichen und Lücken mit Farce füllen. (s. Schichtsystem 1 – 3, Abb. 70)
9. in Siegelrandbeutel (PE-Beutel) füllen und vakuumieren
10. Masse mehrfach zusammenschieben und neue Schweißnähte setzen, damit die Blöcke kompakter werden
11. schichten der Schinken in Schinkenpressen und fermentieren bei 30 °Celsius bis zum End-pH 5,5

Schichtsystem für Rohfischschinken aus Pangasius

- 1: übereinanderlegen der Bauchlappen von 2 Filets
- 2: halbieren von 2 weiteren Filets, die Schnittkanten nach außen legend die ersten Filets bedecken, die Filetspitzen berühren sich knapp in der Mitte, die breiten Schnittkanten wirken außen dabei stabilisierend auf die Schinkenform
- 3: zwei Filets übereinander lappend wie in Schritt 1 legen

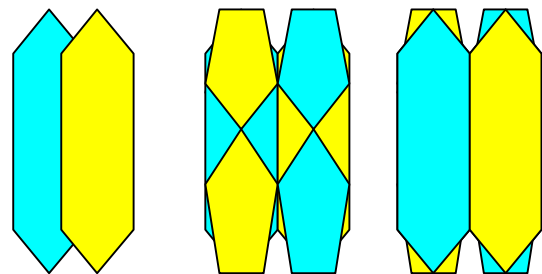


Abb. 70: Schichtsystem für Pangasius-Schinken

a. Fermentationsdiagramm

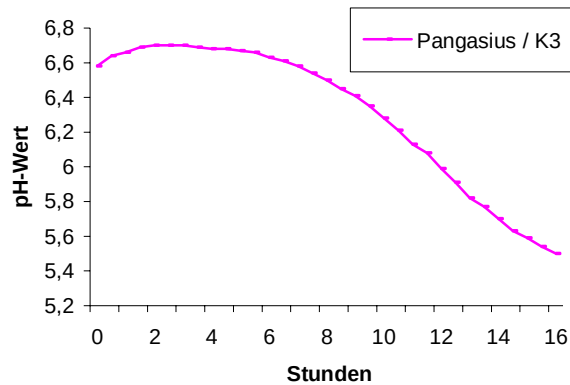


Diagramm 22: Fermentationsverlauf bei der Rekonstitution von Pangasiusschinken

b. Sensorische Parameter

Tab. 66: sensorische Parameter V36

Premiumprodukt Pangasius - Karpfen	NPS
Farbgebung	3
Schnittbild	3
Geruch	4
Schnittfestigkeit	4
Textur	4
Säurenote	5
(Bei)geschmack	4
Max. QI (85= 100 %)	66 (77,6 %)

Zusammenfassung:

Die Rekonstitution von Pangasiusfilets gelingt sicher und es entstehen schnittfeste und geruchlich relativ neutrale Produkte. Durch die milde Säurenote, den angenehmen Salzgeschmack und den geringen Fettgehalt sind die Erzeugnisse interessante Halbfertigprodukte, die weiter veredelt werden können. Im Gegensatz zum reinen Karpfenprodukt hat der Pangasiusschinken eine gummiartige Textur. Das Premiumprodukt auf der Basis von Karpfen ist fleisch- bzw. schinkenähnlicher. Hinzu kommt, dass die Karpfenfarce beim Mischen mit den Zutaten sehr fest wird und auf der glatten und feuchten Oberfläche der Pangasiusfilets schwer zu verteilen ist. Es bilden sich ausgeprägte Farcehöfe, die sich deutlich von den hellen Pangasiusfilets abheben.



Abb. 71: Pangasiusschinken mit NPS

Insofern sollten entweder der Farceanteil verringert, die Farce ebenfalls aus Pangasius hergestellt oder die Zutaten erst nach dem Vormischen und Einsalzen untergehoben werden. Der Anfangs-pH-Wert der Fermentation liegt höher als bei den Premium- und übrigen FK-Produkten, was auf den höheren pH-Wert des Hauptrohstoffes Pangasius zurückzuführen ist. Die Fermentation dauert verhältnismäßig länger.

3.5.2.2 Versuch 37: Verarbeitung von 85 % Karpfen mit 15 % Pangasiusfarce

Zur Erzeugung eines schinkenartigen Produktes aus Karpfen mit einem Farceanteil aus Pangasius wird dieselbe Herstellungstechnologie angewendet wie beim Pangasiusschinken. Als Hauptrohstoff dienen grätengeschnittene Karpfenfilets. Die Arbeitsschritte sind bis auf das ausbleibende Steakern und das Schichtsystem identisch mit denen des Vorversuches. Bei der Verarbeitung von Karpfenfilets zu Schinken ist unbedingt darauf zu achten, mit der einfachen Abschnittstechnik überschüssiges Fett und Teile des roten Seitenmuskels zu entfernen, damit es nicht zu Rekonstitutionsfehlern kommt. Wird Nitritpökelsalz verwendet, kann ein gewisser Teil des Seitenmuskels im Filet verbleiben.

Da die Karpfenfilets länger, breiter und dicker als die Pangasiusfilets sind, werden pro Schinken nicht zwei Filets nebeneinander sondern nur ein Filet über das andere geschichtet. Um die unterschiedliche Breite von Schwanz- und Kopfteil der Filets auszugleichen, werden die Filets wechselseitig geschichtet. Dabei ist darauf zu achten, dass eine grätengeschnittene Innenseite mit einer glatten Außenseite des nächsten Filets bedeckt wird. Auf diese Weise können je nach Größe und Dicke 3 bis 5 Filets übereinander geschichtet werden. Der Schinkenblock wird zum Verpacken in der Mitte halbiert.

a. Fermentation

Die Fermentation verläuft wie bei den Premiumprodukten aus Streifenfarce, wobei bei der pH-Messung darauf zu achten ist, dass die Elektrode möglichst im Farcebereich zwischen zwei Filets steckt. Dort ist die mikrobiologische Aktivität am größten und gibt Aufschluss über den Reifestatus des Produktes.

b. Sensorische Parameter

Tab. 67: sensorische Parameter V37

Premiumprodukt Karpfen – Pangasius	NPS
Farbgebung	5
Schnittbild	5
Geruch	4
Schnittfestigkeit	4
Textur	5
Säurenote	4
(Bei)geschmack	5
Max. QI (85= 100 %)	78 (91,8 %)

Zusammenfassung:

Der Karpfenschinken mit Pangasiusfarce ist ein sehr hochwertiges Produkt, das dem Räucherlachs im Hinblick auf den Rohfischcharakter mehr ähnelt als der Pangasiusschinken. Wegen der leicht gummiartigen Textur, der weniger ausgeprägten Geschmacksintensität und des geringeren Fettgehaltes ist das Pangasiuszeugnis ein weniger fischtypisches Produkt als der Karpfenschinken. Da die Farce aus Pangasius zum einen heller ist und sich zum anderen leichter und gleichmäßiger zwischen den Filets verteilen lässt, entstehen im Produkt kaum sichtbare Farcelinien. Um die starken Farceansammlungen im Pangasiusprodukt zu vermeiden, sollte die Karpfenfarce gegebenenfalls auch durch Pangasiusfarce ersetzt werden. Im Vergleich zum Pangasiusschinken ist die farbliche Veränderung unter Zusatz von NPS beim Karpfenprodukt wesentlich ausgeprägter. Aufgrund des

Pökelaromas, das den Produkten einen speziellen und aufgewerteten Geschmack verleiht, sowie der mikrobiologischen Stabilisierung sollte Pökelsalz bei sämtlichen Premiumprodukten hinzugegeben werden. Selbst dann, wenn die Fischarten nur einen geringen Myoglobingehalt haben. Die gräten-geschnittenen Filets des Karpfen-schinkens enthalten zahlreiche,



Abb. 72: K3-Schinken mit Pangasiusfarce

gekürzte Gräten, die beim Aufschneiden eines kurz gelagerten Blockes noch deutlich spürbar sind und stören. Sofern der Block vor dem Aufschneiden mit der Aufschnittmaschine auf $< 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ heruntergekühlt wird, so dass er nicht durch die Gräten beschädigt wird und die geschnittenen Scheiben sehr schmal sind, können auch nur kurz gelagerte Blöcke (3 – 5 Tage) zu praktisch grätenfreien Produkten weiterverarbeitet werden. Eine Nachreifezeit von mindestens 3 Tagen sollte aber eingehalten werden, um die Produkte gleichmäßig durchsäuern und schnittfest werden zu lassen.

Bei der Herstellung von Premiumschinken in PE-Beuteln ist es empfehlenswert, zusätzlich eine Schinkenpresse zu verwenden, in der die verpackten Schinkenblöcke geschichtet und gepresst werden. Die Druckeinwirkung muss allerdings dosiert erfolgen, um das Platzen der Siegelnähte zu verhindern. Zur gleichmäßigen Druckverteilung können die Blöcke durch eine Holzplatte voneinander getrennt werden.

3.5.3 Diskussion

Die Übertragung des optimierten Herstellungsverfahrens auf die Erzeugung von FK- und Premiumprodukten mit Fremdfischanteil konnte innerhalb dieser Versuchsreihe erfolgreich umgesetzt werden. Die Kombination von Karpfen mit anderen im Einkauf günstigeren Fischarten soll eine preisliche Flexibilität ermöglichen, da der Filetpreis des Karpfens mit ca. 7,00 € / kg relativ hoch ist. Die kombinierten FK-Produkte sollten zum Garen und zum Einfrieren geeignet sein und im Vergleich zu den Premiumprodukten ein preisgünstigeres Sortiment darstellen. Bei den eingesetzten Fischarten handelt es sich um Alaska Seelachs, Afrikanischen Wels, Buttermakrele, Pangasius und Rotbarsch. Hering wurde wegen des ausgeprägten Geruchs und Geschmacks nur zu sehr geringen Anteilen verarbeitet (s. Kap. 3.7).

Das Verhältnis zwischen Karpfen und Fremdfisch wurde auf 60:40 eingestellt. Da sich das Karpfenfleisch mit recht gutem Erfolg fermentativ rekonstituieren lässt, sollte der Karpfenanteil zur Stabilisierung des Rekonstitutionsergebnisses überwiegen. Die Versuche führen zu der Erkenntnis, dass das optimierte Herstellungsverfahren bei allen Produkten mit Fremdfischanteil angewendet werden kann. Die Produkte unterscheiden sich in Abhängigkeit von der Fischart durch die Farbgebung, die Schnittfestigkeit, den Geschmack und die Textur. Je nach Übereinstimmung der Nährstoffzusammensetzung und der Textur des Muskelfleisches zwischen Karpfen und Fremdfisch können die salzlöslichen Eiweiße beim Mischen unterschiedlich stark aktiviert werden: bei Fischarten

mit einem hohen Anteil an auspressbarem Wasser wie z. B. dem Alaska Seelachs ist der Viskositätsanstieg nur geringfügig zu spüren. Bei fettreichen Fischarten wie dem Butterfisch wird aufgrund des austretenden Fettes gar kein Viskositätsmaximum erreicht. Bei Produkten auf der Basis von Rotbarsch, Pangasius und Afrikanischem Wels mit ähnlicher Nährstoffzusammensetzung wie die des Karpfens kann ein ausreichender Eiweißfilm erzeugt werden. Im Frischzustand sind keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Schnittfestigkeit von Proben mit oder ohne Viskositätsmaximum feststellbar. Die Unterschiede belaufen sich auf farbliche und geschmackliche Differenzen sowie auf die mehr oder weniger ausgeprägte Myomerenstruktur, die im Schnittbild erkennbar ist. Die Produkte mit Afrikanischem Wels und Pangasius haben gegenüber den Rotbarsch-Erzeugnissen eine ansprechendere Farbgebung und eine ausgeprägtere Myomerenstruktur. Die Pangasiusprodukte können hinsichtlich ihrer frischen Farbgebung, der harmonischen Geschmacksgebung und der zarten Textur jedoch am meisten überzeugen.

Tab. 68: höchster Qualitätsindex Versuchsteil 3

Produkt	Höchster Qualitätsindex
Premiumprodukt aus K3 mit NPS	78 (91,8 %)
FK-Produkt mit Pangasius und NaCl	77 (90,6 %)

Der Versuch, ein Pangasiusprodukt auf Premiumebene mit einem geringen Karpfenanteil von 15 % zu erzeugen, führte trotz der recht weichen Textur des Muskelfleisches im Rohzustand, zu einem schnittfesten und formstabilen Schinkenprodukt. Im Vergleich zum Karpfenschinken ist die Textur des Pangasiuserzeugnisses jedoch etwas gummiartig. Zur Stabilisierung des Fermentationsverlaufes und der mikrobiologischen Parameter kann auch bei der Verarbeitung der hellfleischigen Pangasiusfilets Nitritpökelsalz verwendet werden: die blasse Farbgebung wird unter Zugabe von Nitritpökelsalz wie erwartet nicht intensiviert. Es entsteht aber ein angenehmes Pökelaroma, welches zur Aufwertung der Qualität beiträgt. Durch das Nitritpökelsalz kann der Anfangs-pH-Wert trotz des hohen Rohstoff-pH-Wertes von 7,00 gesenkt und die Fermentationszeit begrenzt werden.

Die Fermentationszeiten der kombinierten Produkte liegen zwischen 12 und 16 Stunden und entsprechen in etwa denen der reinen Karpfenprodukte. Durch die Zutatenzusammenstellung und die standardisierte Verfahrensweise sind die Fermentationszeiten trotz der unterschiedlichen pH-Werte der eingesetzten Rohwaren relativ konstant. Der Fermentationsverlauf scheint mitunter von der Fischart abhängig zu sein, da die pH-Kurven (s. Rotbarsch, Pangasius) innerhalb einer Rohstoffart eine vergleichbare Form aufweisen, sich aber von denen anderer Fischarten unterscheiden. Der pH-Wert 5,5 ist ein optimaler Endwert für die Fermentation, da die Fertigprodukte schnittfest sind und eine geringere Säureintensität haben.

Bei der Herstellung von schinkenartigen Produkten aus ganzen Filets sollte die pH-Elektrode im hauptaktiven Bereich der Starterkultur (in der Farce zwischen zwei Filets) platziert werden. Die Fermentationszeit sollte auch bei den schinkenartigen Produkten nicht wesentlich länger als 15 Stunden andauern.

3.6 Versuchsteil 4

Sensorische, physikalische und mikrobiologische Haltbarkeiten

Die in der Endzubereitung zu garenden FK-Erzeugnisse sollen eine gute Gefrier- und Taustabilität haben. Zum Nachweis und zur Optimierung der Gefrier- und Tauseigenschaften werden die FK-Produkte eingefroren und nach dem Auftauen untersucht.

Die Ermittlung der Mindesthaltbarkeit frischer und aufgetauter Produkte bei einer Lagerung $\leq 4\text{ °C}$ umfasst sensorische, physikalische und mikrobiologische Untersuchungen. Die mikrobiologischen Untersuchungen erfolgen sowohl an der Roh- als auch an der Fertigware. Die physikalischen Untersuchungen beinhalten die regelmäßige Messung der Garverluste und des pH-Wertes. Diese Untersuchungen werden stets in Zusammenhang mit der sensorischen Bewertung der Produkte durchgeführt.

In den Versuchsteilen 2 und 3 ist ein Grossteil der sensorischen Untersuchungsergebnisse der frischen Produkte aufgeführt. Die sensorische Bewertung dient dazu, die Auswirkungen der technologischen Veränderungen auf die Produkteigenschaften nachvollziehen und die Verfahrensschritte entsprechend verbessern zu können.

In dieser Versuchsreihe werden sämtliche physikalischen und sensorischen Untersuchungsergebnisse miteinander verglichen. Die Gegenüberstellung der Ergebnisse soll zu einer Optimierung der Qualitätsparameter führen, mit dem Ziel, eine gleichwertige Produktbeschaffenheit von frischer und tiefgekühlter Ware zu erhalten.

3.6.1 Physikalische und sensorische Untersuchung frischer und aufgetauter Produkte

Die Untersuchungsergebnisse sind nach Frische- und Tiefkühlprodukten unterteilt. Physikalische und sensorische Untersuchungen erfolgen an ein und derselben Probe, so dass die Ergebnisse direkt miteinander verglichen werden können. Die Untersuchungen werden wegen der begrenzten Rohstoffressourcen nicht täglich sondern in regelmäßigen Abständen von 2 bis 7 Tagen durchgeführt. Die Untersuchungszeiträume richten sich nach dem Untersuchungshintergrund und reichen von einigen Tagen bis zu 3 Wochen.

3.6.1.1 Frischeprodukte

Die Frischeprodukte werden erstmalig an Tag 5 (T5) nach der Produktion untersucht. Grund hierfür ist der festgelegte Produktionstag mit der damit verbundenen Lagerzeit zum Nachreifen. Die Folgeuntersuchungen werden an T7, T12, T14, T19 und in der Regel an T21 durchgeführt.

Die Beurteilung der sensorischen und physikalischen Qualität der Produkte soll in Abhängigkeit vom Zerkleinerungsgrad und den Zutaten (vornehmlich NPS) sowie unter Berücksichtigung des Fermentationsverlaufes erfolgen. Sofern keine weiteren Angaben vorliegen werden die Produkte mit dem optimierten Herstellungsverfahren hergestellt.

3.6.1.1.1 Versuch 38

FKP: Karpfen / Alaska Seelachs mit und ohne NPS

a. Physikalische Parameter

Tab. 69: physikalische Parameter V38

Rohware	Karpfen	Alaska Pollack
pH-Wert	6,57	6,98
Zusatzstoff	NaCl	NPS
Anfangs-pH	6,19	6,00
Fermentationszeit	13 Stunden	12 Stunden
End-pH	5,5	5,5

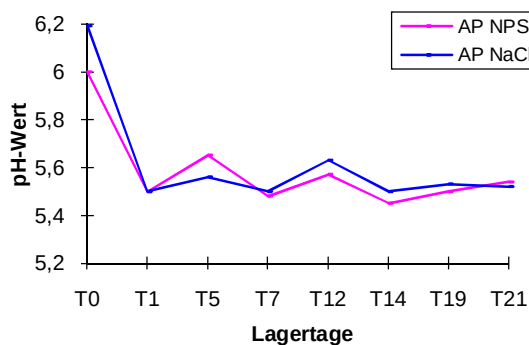


Diagramm 23: pH-Verlauf K3 / AP

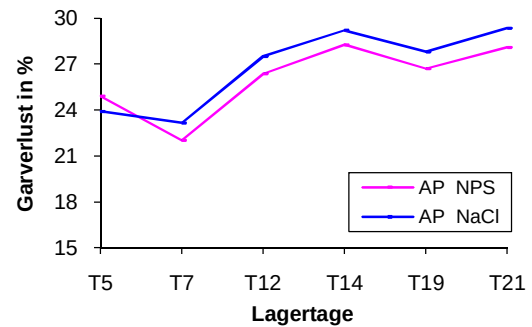


Diagramm 24: Garverluste K3 / AP

b. Sensorische Parameter

Tab. 70: sensorische Parameter V38

	NaCl	NPS
Säurenote	3	3
Textur	1	1
(Bei)geschmack	1	3
Eiweißaustritt	4	4
Gräten	1	1
Max. QI (65=100 %)	25 (38,5 %)	29 (44,6 %)

Zusammenfassung:

Aufgrund der textuellen und sensorischen Eigenschaften ist der Alaska Seelachs weniger für die Verarbeitung zu fermentativ rekonstituierten Produkten geeignet. Der Säuregeschmack intensiviert sich im Laufe der Lagerung und die Produkte trocknen zunehmend aus. Das Strohigwerden spiegelt sich im Anstieg der Garverluste wieder: je höher die Garverluste sind, umso ausgeprägter ist der Säuregeschmack und umso trockener und faseriger ist das Mundgefühl. Ab T12 sind bereits deutliche sensorische Veränderungen der Produkte feststellbar, wobei sich der pH-Wert im Verhältnis zu den Garverlusten nur wenig verändert. Der sensorisch empfundene Säuregeschmack entspricht folglich nicht den gemessenen Werten. Der Unterschied zwischen den Messwerten der Proben mit NaCl und NPS ist nur gering, drückt sich aber deutlich in Geschmack und Farbgebung aus. Bei einem schwankenden pH-Wert im Bereich von 5,4 bis 5,6 in der Nachreifezeit, sind die Gräten erst in der dritten Woche ausreichend erweicht.

3.6.1.1.2 Versuch 39

FKP: Karpfen / Butterfisch mit NaCl und NPS

a. Physikalische Parameter

Tab. 71: physikalische Parameter V39

Rohware	Karpfen	Butterfisch
pH-Wert	6,50	6,90
Zusatzstoff	NaCl	NPS
Anfangs-pH	5,93	5,73
Fermentationszeit	16,5 Stunden	13 Stunden
End-pH	5,5	5,5

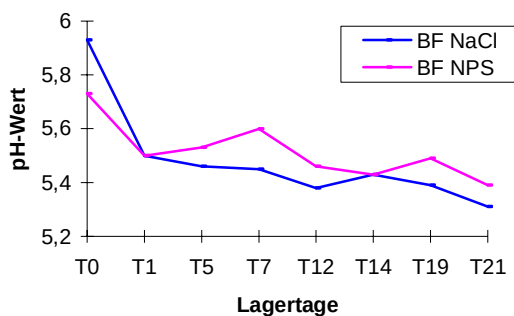


Diagramm 25: pH-Verlauf K3 / BF

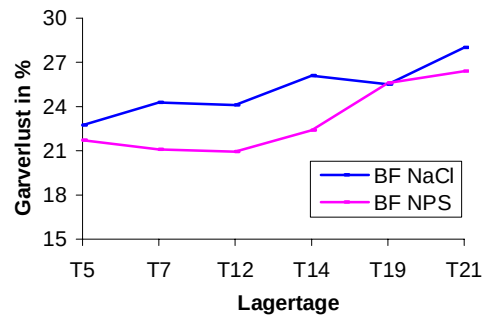


Diagramm 26: Garverluste K3 / BF

b. Sensorische Parameter

Tab. 72: sensorische Parameter V39

	NaCl	NPS
Säurenote	1	3
Textur	2	2
(Bei)geschmack	3	2
Eiweißaustritt	2	3
Gräten	1	1
Max. QI (65= 100 %)	22 (33,8 %)	28 (43,1 %)

Zusammenfassung:

Butterfisch hat ebenso wie Alaska Seelachs im Rohzustand einen höheren auspressbaren Wasseranteil als die übrigen Fischarten. Das Wasserhaltevermögen der Fischproteine beeinflusst die Textur und darüber hinaus die Qualität der Endprodukte. Die zu Untersuchungsbeginn gemessenen Garverluste liegen bei beiden FK-Produkten bereits > 20 %. Die Garverluste von nativen Karpfenfilets sind im Vergleich dazu nur halb so hoch. Infolgedessen schmecken die FK-Produkte bei den ersten Verkostungen bereits ziemlich trocken und verlieren ab T14 zunehmend an Saftigkeit.

Die gepökelten FK-Proben haben gegenüber den NaCl-Proben eine kürzere Fermentationszeit, höhere pH-Werte und niedrigere Garverluste. Das sensorische Empfinden stimmt diesem Versuch mit den erfassten Messdaten überein.

Der pH-Wert der NaCl-Proben liegt in der Nachreifezeit im Bereich von 5,3 bis 5,5. Die Werte befinden sich damit dauerhaft unter dem von PETRUSCHKE und GRIEBEL (47) ermittelten Schwellenwert zur

Grätenweichung von pH 5,5. Sofern die Proben in der Nachreifezeit einen pH-Wert haben, der beständig $\leq 5,5$ liegt, kommt es laut PETRUSCHKE und GRIEBEL zu einer effektiveren und schnelleren Grätenweichung. Bei den NaCl-Proben kann diese Aussage zum Teil bestätigt werden, da die Gräten nach 12 Tagen bereits weicher sind als bei den gepökelten Produkten (pH 5,4 – 5,6). Eine vollständige Grätenweichung kann allerdings erst nach mehr als zwei Wochen festgestellt werden.

3.6.1.1.3 Versuch 40

FKP: Karpfen / Rotbarsch mit unterschiedlichem Zerkleinerungsgrad

a. Physikalische Parameter

Tab. 73: physikalische Parameter V40

Rohware	Karpfen	Rotbarsch
pH-Wert	6,42	6,6
Zerkleinerungsgrad	Streifen	Wolf (Segmentscheibe)
Anfangs-pH	5,94	6,22
Fermentationszeit	11 Stunden	16,5 Stunden
End-pH	5,5	5,5

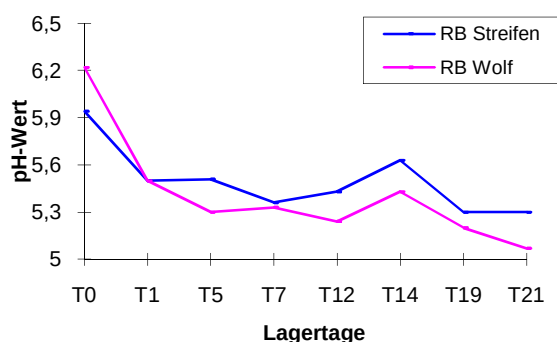


Diagramm 27: pH-Verlauf K3 / RB

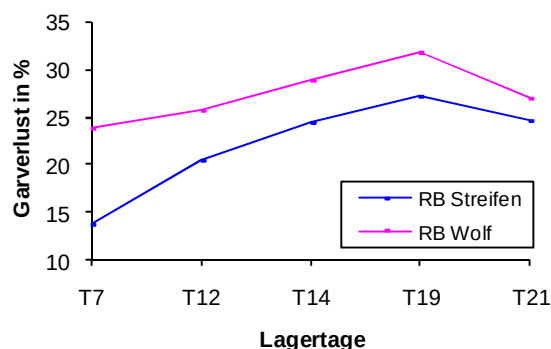


Diagramm 28: Garverluste K3 / RB

b. Sensorische Parameter

Tab. 74: sensorische Parameter V40

	Streifen	Wolf
Säurenote	3	1
Textur	3	2
(Bei)geschmack	3	3
Eiweißaustritt	3	2
Gräten	1	3
Max. QI (65= 100 %)	33 (50,7 %)	28 (43,1 %)

Zusammenfassung:

Wegen seiner textuellen und geschmacklichen Eigenschaften eignet sich Rotbarsch eher zur Rekonstitution als Butterfisch und Alaska Seelachs. Die Proben aus Streifenbrät haben eine kürzere Fermentationszeit, höhere pH-Werte und geringere Garverluste. Bereits im Vorversuch konnte ein Zusammenhang zwischen der Dauer der Fermentation und den physikalischen Messwerten festgestellt werden. Bei diesem Versuch sind die Unterschiede deutlich sensorisch feststellbar und

stimmen mit den Messergebnissen überein. Im Hinblick auf den Säuregeschmack und die Textur weisen die Proben zwischen T12 und T14 einen prägnanten Qualitätsverlust auf. Dieses Phänomen ist jedoch nicht vom pH-Wert abzuleiten.

Der durch den Garprozess verursachte Eiweißaustritt reicht von einem leichten flächendeckenden Film bis hin zu punktuellen Ausflockungen, die in der Regel mit fortschreitender Lagerung und steigenden Garverlusten zunehmen. Die Grätenverweichung setzt bei den gewolften Proben früher ein. Grund hierfür könnte der in der Nachreifezeit tiefer liegende pH-Wert (von 5,4 bis 5,1) sein.

3.6.1.1.4 Versuch 41

FKP: Karpfen / Afrikanischer Wels mit unterschiedlichem Zerkleinerungsgrad

a. Physikalische Parameter

Tab. 75: physikalische Parameter V41

Rohware	Karpfen	Afrikanischer Wels
pH-Wert	6,45	6,70
Zerkleinerungsgrad	Streifen	Wolf
Anfangs-pH	5,93	6,16
Fermentationszeit	13 Stunden	14,5 Stunden
End-pH	5,5	5,5

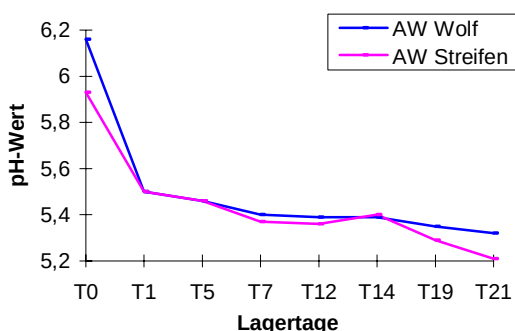


Diagramm 29: pH-Verlauf K3 / AW

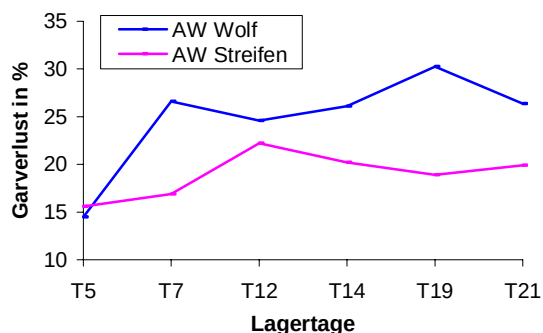


Diagramm 30: Garverluste K3 / AW

b. Sensorische Parameter

Tab. 76: sensorische Parameter V41

	Streifen	Wolf
Säurenote	3	3
Textur	4	2
(Bei)geschmack	3	3
Eiweißaustritt	5	5
Gräten	1	1
Max. QI (65= 100 %)	40 (61,5 %)	34 (52,3 %)

Zusammenfassung:

Afrikanischer Wels harmoniert optisch sehr gut mit dem Karpfen. Durch die Festigkeit und die leicht raue Oberfläche der Muskelstruktur können Produkte mit sehr hoher Schnittstabilität und einem ausgeprägten Schneidwiderstand erzeugt werden. Der kräftig-würzige Geruch bzw. Geschmack beider Fischarten verleiht den Enderzeugnissen ein intensives Eigenaroma, welches eine

geschmackliche Entfremdung erschwert. Zur Herstellung von geruchlich und geschmacklich neutralen Produkten ist der Afrikanische Wels in Kombination mit dem Karpfen ungeeignet.

Auch bei diesem Versuch steigen die Garverluste der länger fermentierten Proben über die Lagerdauer hinweg stärker an. Allerdings haben beide Probenansätze zu Beginn der Nachuntersuchungen gleich hohe Garverluste. Bei den Rotbarschprodukten hingegen hatte die gewolfte Probe bei einer längeren Fermentationszeit bereits zu Beginn der Nachuntersuchung einen deutlich höheren Garverlust.

Die gewolfen Proben sind durch eine festere Textur gekennzeichnet und werden im Vergleich zu den Proben auf Streifenbasis im Laufe der Lagerung schneller trocken. Dieser sensorisch feststellbare Unterschied ist jedoch nicht am pH-Wert zu erkennen: die pH-Werte beider Proben liegen sehr nah beieinander, wobei die saftigere und weniger sauer schmeckende pH-Probe sogar die tieferen pH-Werte aufweist. Der Eiweißaustritt ist marginal und flächendeckend und nimmt während der Lagerung nur geringfügig zu. Die Grätenweichung ist bei beiden Proben ab T12 spürbar vorangeschritten und zwischen T14 und T19 abgeschlossen.

3.6.1.1.5 Versuch 42

FKP – Karpfen / Pangasius mit unterschiedlichem Zerkleinerungsgrad

a. Physikalische Parameter

Tab. 77: physikalische Parameter V42

Rohware	Karpfen	Pangasius
pH-Wert	6,53	7,02
Zerkleinerungsgrad	Streifen	Wolf
Anfangs-pH	6,28	6,78
Fermentationszeit	16 Stunden	14,5 Stunden
End-pH	5,5	5,7

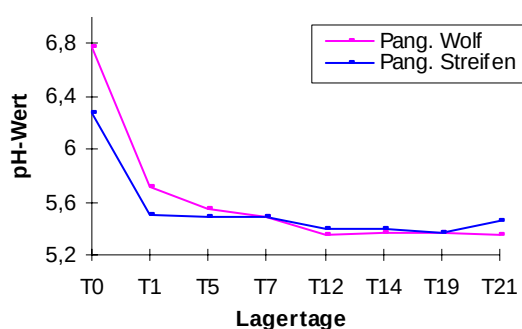


Diagramm 31: pH-Verlauf K3 / Pangasius

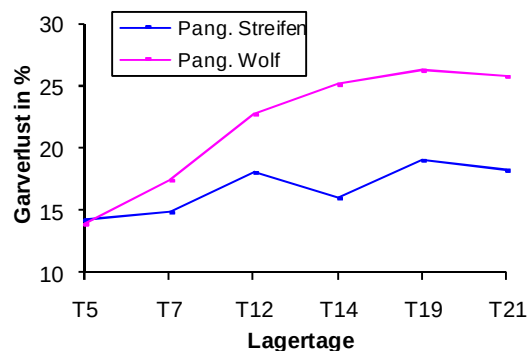


Diagramm 32: Garverluste K3 / Pangasius

b. Sensorische Parameter

Tab. 78: sensorische Parameter V42

	Streifen	Wolf
Säurenote	4	4
Textur	4	2
(Bei)geschmack	5	5
Eiweißaustritt	5	5
Gräten	1	1
Max. QI (65= 100 %)	47 (72,3 %)	41 (63 %)

Zusammenfassung:

Da die Pangasiusfilets eine ausgeprägte Myomerenstruktur und eine gleichmäßige, frische Farbgebung haben, entsteht ein sehr ansprechendes Schnittbild. Der helle Farbton des Pangasius-Produktes sieht noch ansprechender aus als das intensiv gefärbte FK-Produkt mit Afrikanischem Wels. Durch die geringere Eigenfestigkeit des Fischfleisches haben die Pangasius-Produkte weniger Schneidwiderstand. Die Schnittstabilität reicht jedoch vollkommen aus. Die Textur der gegarten Produkte ist im Gegensatz zum Rohzustand keinesfalls gummiartig, sondern sehr zart, fischtypisch und saftig. Durch den relativ neutralen Geruch und Geschmack des Pangasius entstehen sehr milde Produkte, die sich besonders gut zur Weiterentwicklung eignen.

Die länger fermentierte Probe hat wie bereits in den Vorversuchen beobachtet höhere Garverluste. Zu Untersuchungsbeginn werden bei beiden Proben ähnliche Werte gemessen, die sich im Laufe der Lagerung jedoch deutlich voneinander entfernen.

Die pH-Werte der Probenchargen wichen zu Beginn der Fermentation um 0,5 pH-Einheiten voneinander ab. Da sich die Fermentation bei der gewolften Probe (Charge 2) dementsprechend in die Länge zog, wurde die Bebrütungsphase bereits bei einem Endwert von 5,7 beendet, um das vorzeitige „Strohigwerden“ des fertigen Produktes zu verhindern. Die Probe aus Streifenbrät (Charge 1) wurde hingegen bis zum End-Wert pH 5,5 fermentiert. Der hohe Anfangs-pH-Wert ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die Fischstücke der gewolften Probe größer sind und die pH-Elektrode in einem Stück steckte.

Der Verlauf der pH-Kurven in der Nachreifezeit ist bei beiden Probenansätzen trotzdem ähnlich und lässt keinen Bezug zu den verschiedenen Endwerten und Fermentationszeiten erkennen. Die pH-Kurven nähern sich bereits einige Tage nach der Fermentation an und verlaufen dicht beieinander. Auch in diesem Versuch sind die Zunahme der Garverluste und die Veränderung der Textur nicht aus dem pH-Verlauf abzuleiten.

Die Eiweißausflockungen bilden einen durchscheinenden und leicht flächendeckenden Film. Die Gräten sind ab T19 nicht mehr zu spüren.

3.6.1.1.6 Versuch 43FKP: Karpfen mit und ohne Trocknung

Da die Vortrocknung zur Verbesserung der Gefrier-/ Taustabilität eingesetzt werden soll, wird sie für den späteren Vergleich zuerst an den Frischeprodukten getestet. Die Werte sollen Aufschluss geben,

inwieweit sich der Wasserentzug auf den Produktionsprozess und die sensorische bzw. physikalische Qualität der Endprodukte auswirkt.

a. Physikalische Parameter

Tab. 79: physikalische Parameter V43

Rohware	Karpfen 1		Karpfen 2	
pH-Wert	6,52		6,4	
Masseverlust	1 Stunde vortrocknen 8,5 % - Filets waren teilweise noch angefroren		1 Stunde vortrocknen 7,33 %	
Vortrocknung	mT	oT	mT	oT
Anfangs-pH	5,89	6,02	6,19	6,10
Fermentationszeit	14 Std.	13,5 Std.	13 Std.	14,5 Std.
End-pH	5,5		5,5	

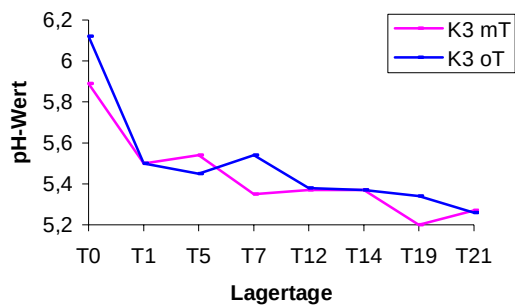


Diagramm 33: pH-Verlauf FKP 1, mT / oT

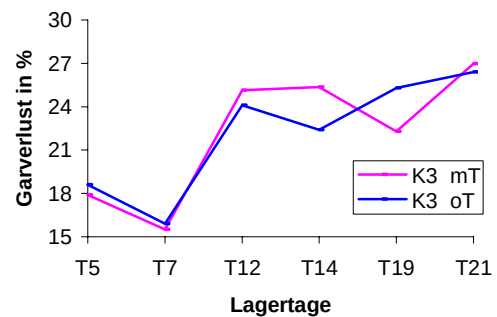


Diagramm 34: Garverlustrate FKP 1, mT / oT

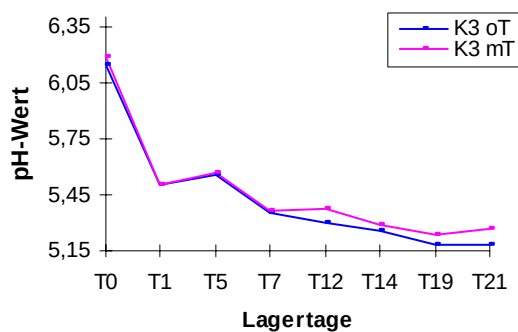


Diagramm 35: pH-Verlauf FKP 2, mT / oT

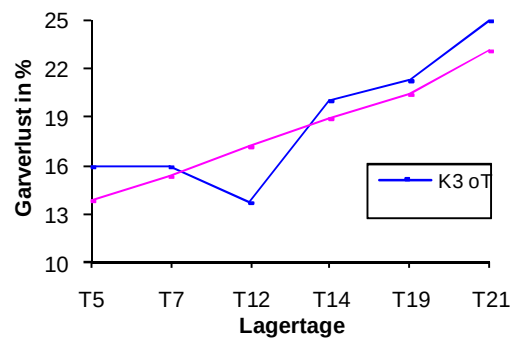


Diagramm 36: Garverlustrate FKP 2, mT / oT

b. Sensorische Parameter

Tab. 80: sensorische Parameter V43

	FKP 1		FKP 2	
Vortrocknung	mT	oT	mT	oT
Schnittfestigkeit	4	3	4	3
Farbgebung	4	3	4	3
Säurenote	4	4	3	2
Textur	3	4	2	3
(Bei)geschmack	5	5	5	5
Eiweißaustritt	5	5	5	5
Gräten	2	2	2	2
Max. QI (90= 100 %)	67 (77,4 %)	65 (72,2 %)	61 (67,8 %)	56 (62,2 %)

Zusammenfassung:

Die Vortrocknung führt zu einer Verfestigung der Produktstruktur, die sich beim Zerteilen der rohen und gegarten Produkte bemerkbar macht. Die getrockneten Proben sind zudem dunkler gefärbt und etwas bissfester als die unbehandelten Produkte. Direkte Auswirkungen des Trocknungsprozesses können anhand der physikalischen Messergebnisse aber nicht festgestellt werden: die Fermentationszeiten, pH-Werte und Garverluste liegen bei allen Probenansätzen trotz unterschiedlicher Anfangs-pH-Werte dicht beieinander. Auch der pH-Wert der Rohware scheint keinen Einfluss auf den Anfangs-pH und den Fermentationsverlauf zu haben: die Rohware mit dem niedrigeren pH-Wert hat zu Beginn der Fermentation höhere Anfangs-pH-Werte. Auch bei der Eiweißausflockung der gegarten Produkte sind keine Unterschiede zu bemerken. Die Garverluste liegen vergleichbar zu den Vorversuchen in ähnlichen Bereichen. Der Qualitätsverlust setzt bei allen Proben ab T7 ein und intensiviert sich ab T14. Die Vortrocknung hat bei den Frischeprodukten nur geringe Auswirkungen auf die Probenqualität, so dass der zusätzliche Ausbeuteverlust vor dem Hintergrund einer Kontaminations- und Keimvermehrungsgefahr keine Vorteile mit sich bringt. Inwieweit sich der Wasserentzug auf die Qualität der Tiefkühlprodukte auswirkt, wird im Folgenden diskutiert.

3.6.1.2 Tiefkühlprodukte

Erste Gefrierversuche mit FK-Produkten zeigen, dass der Einfrierprozess zu einer deutlichen Verschlechterung der Produktqualität führt. Die wesentlichen Nachteile, die sich sowohl bei den rohen als auch bei den gegarten TK-Produkten zeigen sind:

1. enorme Verstärkung des Eiweißaustritts
2. Verschlechterung der Schnittstabilität
3. Aufquellen der Fleischfasern inklusive der Farce im aufgetauten Zustand
4. stärkere Schrumpfung der Erzeugnisse beim Garen
5. Verfestigung der Textur im Garzustand (Zunahme der Bissfestigkeit)
6. ausgeprägtere Trockenheit der Produkte
7. Intensivierung der Säurenote

Hierbei ist zu bemerken, dass die Produkte in den ersten Versuchen frühestens am ersten Untersuchungstag und damit an T5 eingefroren wurden.

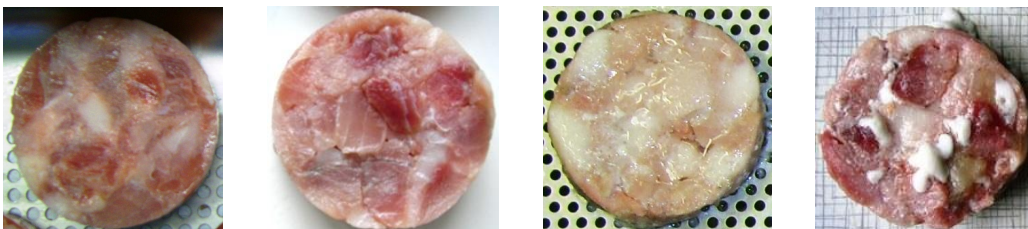


Abb. 73 / Abb. 74 / Abb. 75 / Abb. 76: FKP mit NPS und Butterfisch
(v. l. n. r.) Frischeprodukt roh / TK-Produkt roh / Frischeprodukt gegart / TK-Produkt gegart

Anhand der sensorischen und physikalischen Untersuchungen an den Frischeprodukten konnte dargelegt werden, dass es im Laufe der Lagerung zu einem voranschreitenden Qualitätsverlust kommt. Die Proben sollen zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach der Fermentation eingefroren

werden, um einen Zusammenhang zwischen Reifestatus und Produktqualität herstellen zu können. Die Einfriertage reichen von frühestens T0 (direkt nach der Fermentation eingefroren) bis T19 (19 Tage nach der Fermentation eingefroren).

3.6.1.2.1 Versuch 44

Einfrieren an verschiedenen Untersuchungstagen von reinen Karpfen- und kombinierten Produkten

a. Physikalische Parameter des kombinierten Produktes

Tab. 81: physikalische Parameter des kombinierten Produktes, V44

Rohware	Karpfen	Pangasius
pH-Wert	6,55	6,90
Anfangs-pH	5,97	
Fermentationszeit	12,5 Stunden	
End-pH	5,5	

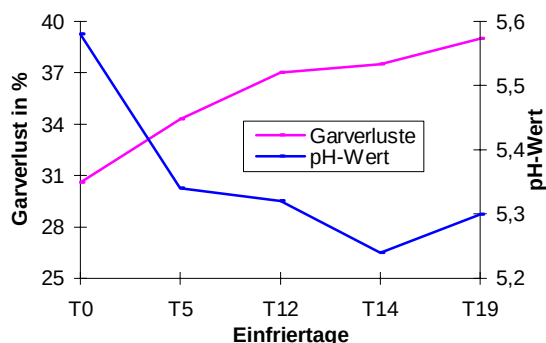


Diagramm 37: pH-Verlauf und Garverluste von FKP-Proben (mit FF) eines Probenansatzes, die an unterschiedlichen Tagen eingefroren wurden

a. Physikalische Parameter des reinen K3-Produktes

Tab. 82: physikalische Parameter des reinen K3-Produktes, V44

Rohware	Karpfen
pH-Wert	6,46 – 6,6
Qualität	Zwei unterschiedliche Rohstoffchargen: -sehr fester, fettarmer K3 -weicher, fetthaltiger K3
Anfangs-pH	6,03
Fermentationszeit	13,5 Stunden
End-pH	5,5

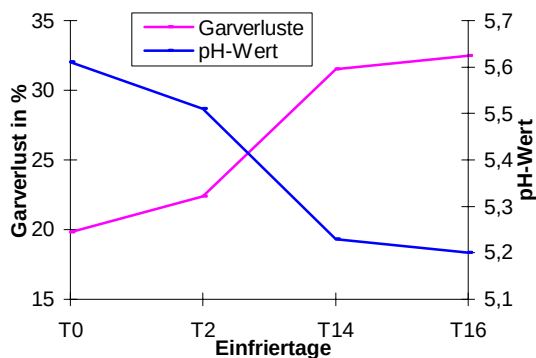


Diagramm 38: pH-Verlauf und Garverluste von FKP-Proben (K3) eines Probenansatzes, die an unterschiedlichen Tagen eingefroren wurden

b. Sensorische Parameter der Produkte

Tab. 83: sensorische Parameter V44

	FKP, kombiniert		FKP, Karpfen	
Schnittfestigkeit	T0= 2	T12= 4	T0= 2	T14= 4
Schnittbild	T0= 2	T12= 4	T0= 2	T14= 4
Säurenote	T0= 5	T12= 2	T0= 4	T14= 1
Textur	T0= 4	T12= 1	T0= 3	T14= 1
Bei(geschmack)	T0= 4	T12= 4	T0= 4	T14= 4
Eiweißaustritt	T0= 3	T12= 1	T0= 3	T12= 1
Gräten	T0= 1	T12= 5	T0= 1	T14= 5
Max. QI (95= 100 %)	T0= 56 (58,9 %) T12= 50 (52,6 %)		T0= 50 (52,6 %) T14= 55 (57,9 %)	

Zusammenfassung:

Wie auch bei den Frischeprodukten verändert sich die Qualität der TK-Produkte in Abhängigkeit von der Lagerdauer. Unmittelbar nach der Fermentation eingefrorene Proben erzielen die besten sensorischen Ergebnisse: die T0-Proben haben die fischähnlichste Struktur, den geringsten Eiweißaustritt und eine sehr milde Säurenote. Im Vergleich zu später eingefrorenen Proben sind die T0-Produkte im Rohzustand jedoch weniger schnittstabil und haben eine glasfaserartige, kaum durchgereifte Textur. Der langsame Einfrierprozess stellt eine zusätzliche Belastung für die modifizierte Proteinstruktur dar, so dass die TK-Erzeugnisse höhere Garverluste als die Frischeprodukte aufweisen. Hinzukommt, dass die an den äquivalenten Nachreifetagen gemessenen pH-Werte durchgehend unter denen der Frischeprodukte liegen. Der Gefrier-/ Tauprozess scheint zusätzlichen Einfluss auf die Grätenerweichung zu haben, da sich diese bereits nach 12 Tagen vollständig aufgelöst haben.

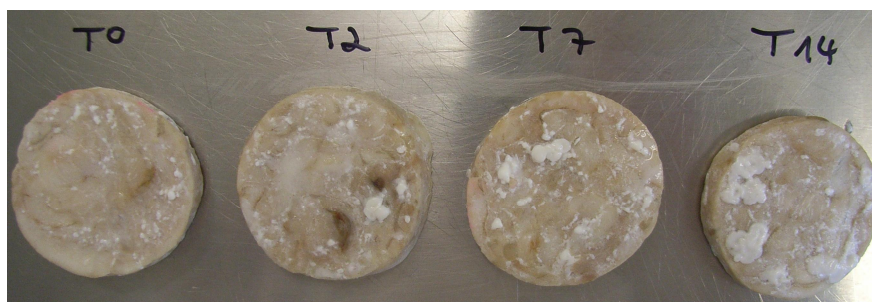


Abb. 77: Eiweißaustritt in Abhängigkeit vom Einfriertag

3.6.1.2.2 Versuch 45Physikalische Nachuntersuchung von aufgetauten T0-Proben

Der Einfrierzeitpunkt hat eine ausschlaggebende Bedeutung für die sensorische Qualität der Produkte. Der Vergleich der sensorischen und physikalischen Untersuchungsergebnisse der TK-Produkte zeigt, dass an T0 eingefrorene Proben den meisten Frischeprodukt-Charakter haben. Um die Lagerfähigkeit aufgetauter T0-Ware bestimmen zu können, sollen nun die qualitativen Veränderungen der Produkte ermittelt werden.

a. Physikalische Parameter der T0-Produkte

Tab. 84: physikalische Parameter V45

Rohware	Karpfen 1	Karpfen 2
pH-Wert	6,33	6,45 – 6,6
Qualität	Gemischte Charge mit unterschiedlichen Fischqualitäten (zum Teil sehr fetter Fisch aber auch rotfleischiger, magerer Karpfen)	
Anfangs-pH	6,23	5,96
Fermentationszeit	16 Stunden	13,5 Stunden
End-pH	5,7	5,5

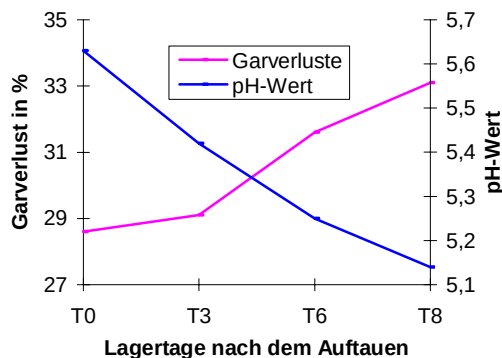


Diagramm 39: pH-Verlauf und Garverluste von aufgetauten T0-Probene, einige Tage kühl gelagert (1)

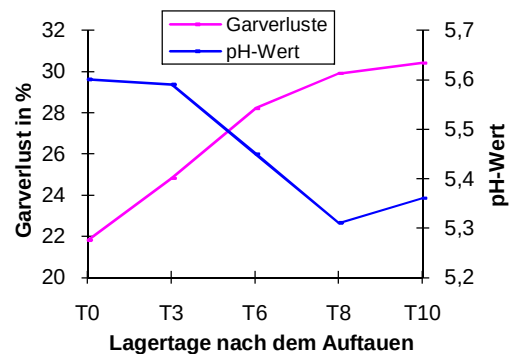


Diagramm 40: pH-Verlauf und Garverluste von aufgetauten T0-Probene, einige Tage kühl gelagert (2)

b. Sensorische Parameter

Tab. 85: sensorische Parameter V45

	FKP 1, Karpfen		FKP 2, Karpfen	
Schnittfestigkeit	T0= 1	T8= 1	T0= 3	T8= 3
Schnittbild	T0= 1	T8= 1	T0= 2	T8= 2
Säurenote	T0= 4	T8= 1	T0= 4	T8= 1
Textur	T0= 4	T8= 1	T0= 4	T8= 1
Bei(geschmack)	T0= 4	T8= 4	T0= 4	T8= 4
Eiweißaustritt	T0= 3	T8= 1	T0= 1	T8= 1
Gräten	T0= 1	T8= 1	T0= 2	T8= 2
Max. QI (95= 100 %)	T0= 47 (49,5 %) T8= 25 (26,3 %)		T0= 59 (62,1 %) T8= 37 (38,9 %)	

Zusammenfassung:

Dadurch, dass die Rohwarechargen bei beiden Versuchen durchmischt sind und unter anderem



Abb. 78: misslungene Rekonstitution

Filets mit sehr hohem Fettanteil enthalten, kommt es insbesondere beim Mischprozess der FKP1-Charge nicht zum Viskositätsanstieg. Die pH-Senkung verläuft bei FKP 1 verzögert, so dass die Fermentation nach 16 Stunden bei einem Endwert von pH 5,7 vorzeitig beendet wird. Trotz des höheren Endwertes sinkt der pH-Wert während der Lagerzeit tiefer als bei der

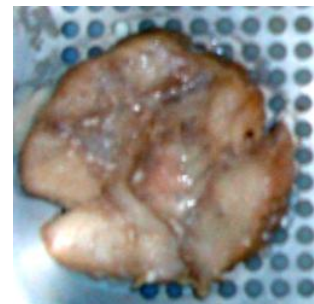


Abb. 79: schlecht rekonstituiertes Produkt im Garzustand

FKP2-Charge. Durch die schlechte Rohwarequalität und die kaum

durchgesäuerten FKP1-Proben entsteht ein nur mangelhaftes Rekonstitutionsergebnis: die Scheiben haben einen sehr schlechten Zusammenhalt. Die Farce ist aufgequollen und grobkörnig und hat ihre teilchenbindenden Eigenschaften verloren. Auch bei sinkendem pH-Wert und vermeintlicher Nachreifung wird die Schnittfestigkeit nicht besser, sondern nimmt eher ab. Die Garverluste liegen bei den länger gereiften FKP1-Proben zu Beginn der Nachuntersuchung höher als bei der FKP2-Charge. Gegen Ende der Untersuchung nähern sich die Werte beider Proben jedoch an. Dadurch, dass es bei T0-Proben keine Nachreifezeit gibt, in der die Verdichtung des Proteinnetzwerkes voranschreiten kann, reicht ein höherer End-pH-Wert nicht aus, um die Proben ausreichend zu rekonstituieren. Der Endwert der Fermentation sollte für T0-Produkte daher möglichst nicht über pH 5,5 liegen, damit die Proben genügend rekonstituieren. Da die sensorische Lagerfähigkeit der aufgetauten Produkte nur 2 – 3 Tage beträgt sollte der Grätenanteil in den T0-Produkten auf jeden Fall entfernt werden. Darüberhinaus muss die Rohware eine gleich bleibend hochwertige Qualität (nicht zu fetthaltig, nicht überlagert, keine oxidativen Veränderungen) aufweisen, um trotz der Belastungen, die durch den Denaturierungs- und Einfrierprozess verursacht werden, optimal verarbeitet werden zu können.

3.6.1.2.3 Versuch 46

Einfluss der Vortrocknung auf TK-Produkte

Die Trocknung der Fischfilets vor der Verarbeitung soll in erster Linie dazu beitragen, die Schnittfestigkeit der aufgetauten TK-Produkte zu verbessern.

a. Physikalische Parameter der T0-Produkte

Tab. 86: physikalische Parameter FKP 1 und 2, V46

FKP 1 und 2, Karpfen	FKP 1, Karpfen		FKP 2, Karpfen	
pH-Wert	6,25		6,45	
Qualität	gemischte Charge mit unterschiedlichen Fischqualitäten (zum Teil sehr fetter Fisch aber auch rotfleischiger, magerer Karpfen)		zum Teil farbliche Veränderungen, viel intramuskuläres Fett	
Vortrocknung	oT	mT	oT	mT
Trocknungsverlust	-	4,2 %	-	8 %
Anfangs-pH	5,89	6,10	6,16	6,06
Fermentationszeit	12 Stunden	12,5 Stunden	13 Stunden	12 Stunden
End-pH	5,5		5,7	

Tab. 87: physikalische Parameter FKP 3 und 4, V46

FKP 2 und 3, kombiniert	FKP 3		FKP 4	
	Karpfen	Pangasius	Karpfen	Pangasius
pH-Wert	6,4	7,1	6,55	6,9
Qualität	ähnlich FKP 1	gute Qualität	kräftig gefärbter, gummiartiger Fisch mit sehr geringem Fettanteil	gute Qualität
Vortrocknung	oT	mT	oT	mT
Trocknungsverlust		8,0 %		4,2 %
Anfangs-pH	6,33	6,27	5,97	6,13
Fermentationszeit	14,5 Stunden	14,5 Stunden	12,5 Stunden	14,5 Stunden
End-pH	5,5		5,7	

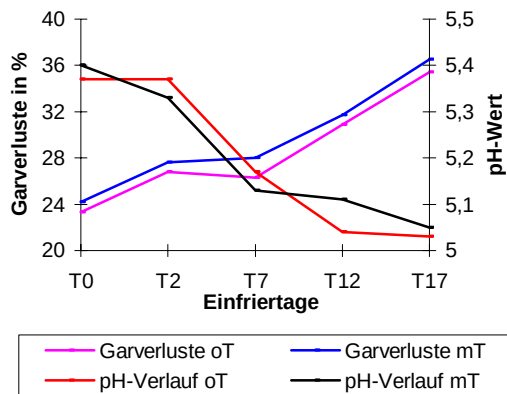


Diagramm 41: pH-Verlauf und Garverlust FKP 1, mT / oT

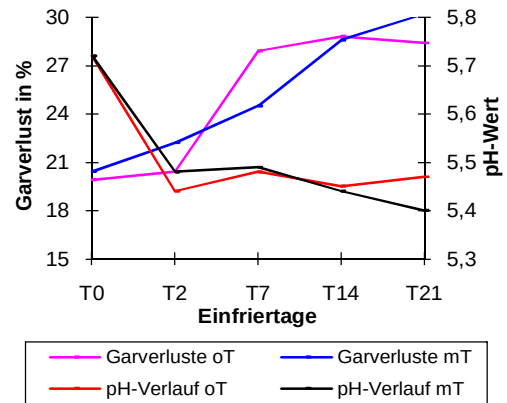


Diagramm 42: pH-Verlauf und Garverlust FKP 2, mT / oT

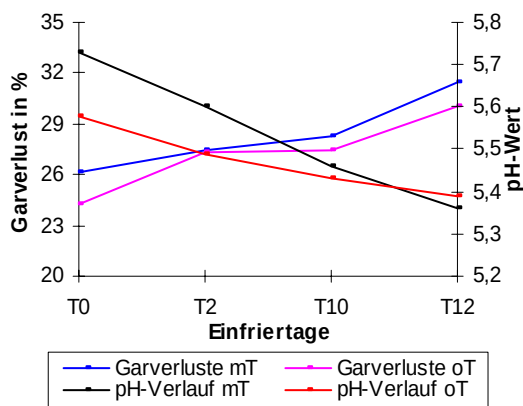


Diagramm 43: pH-Verlauf und Garverlust FKP 3, mT / oT

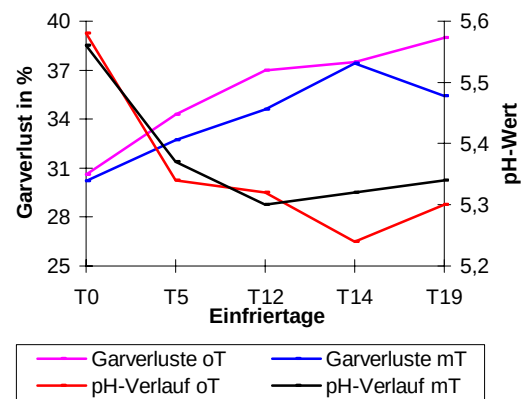


Diagramm 44: pH-Verlauf und Garverlust FKP 4, mT / oT

b. Sensorische Parameter

Tab. 88: sensorische Parameter FKP 1 und 2, V46

	FKP 1, Karpfen		FKP 2, Karpfen	
	oT	mT	oT	mT
Schnittfestigkeit	T0= 2	T0= 3	T0= 3	T0= 4
Schnittbild	T0= 2	T0= 2	T0= 2	T0= 2
Säurenote	T0= 3	T0= 3	T0= 2	T0= 2
Textur	T0= 3	T0= 3	T0= 3	T0= 2
(Bei)geschmack	T0= 4	T0= 4	T0= 4	T0= 4
Eiweißaustritt	T0= 3	T0= 4	T0= 4	T0= 4
Gräten	T0= 5	T0= 5	T0= 3	T0= 3
Max. QI (95= 100 %)	T0= 59 (62,1 %)	T0= 64 (67,4 %)	T0= 55 (57,9 %)	T0= 55 (57,9 %)

Tab. 89: sensorische Parameter FKP 3 und 4, V46

	FKP 3, kombiniert		FKP 4, kombiniert	
	oT	mT	oT	mT
Schnittfestigkeit	T0= 2	T0= 3	T0= 2	T0= 3
Schnittbild	T0= 2	T0= 3	T0= 2	T0= 3
Säurenote	T0= 3	T0= 3	T0= 3	T0= 3
Textur	T0= 3	T0= 4	T0= 3	T0= 3
(Bei)geschmack	T0= 4	T0= 4	T0= 4	T0= 4
Eiweißaustritt	T0= 3	T0= 4	T0= 3	T0= 4
Gräten	T0= 3	T0= 3	T0= 4	T0= 5
Max. QI (95= 100 %)	T0= 53 (55,8 %)	T0= 64 (67,4 %)	T0= 59 (62,1 %)	T0= 67 (70,5 %)

Zusammenfassung

In den Vorversuchen zur Gefrier-/ Taustabilität wurde festgestellt, dass die Produktqualität entscheidend vom Einfrierzeitpunkt abhängt. Dieses Phänomen kann auch nach Auswertung dieses Versuches bestätigt werden. Da die an T0 eingefrorenen Proben die beste Textur, die geringste Säurenote und den am wenigsten ausgeprägten Eiweißaustritt haben, gilt es, die verarbeitungstechnologischen und sensorischen Nachteile wie die blasse Farbgebung und die weiche, ungereifte Textur zu verringern. Durch den vorzeitigen Wasserentzug der Rohware kommt es zu einer geringen Verdunkelung der Produktfärbung und zur Verfestigung der Probenstruktur. Entgegen den Erwartungen sind die Garverluste auch bei den vorgetrockneten TK-Proben nicht höher als bei den naturbelassenen TK-Produkten. Bei mehreren Verkostungen schmeckten die mT-Proben sogar saftiger als die oT-Proben. Auswirkungen des Vortrocknungsprozesses auf den pH-Verlauf in der Nachreifzeit oder auf die Fermentation können nicht festgestellt werden.

Proben mit geringeren pH-Werten haben durchschnittlich höhere Garverluste, wobei der pH-Verlauf, wie bereits bei den Frischeprodukten festgestellt, nicht direkt auf die Garverluste übertragbar ist: sinkt der pH-Wert akut, steigen die Garverluste nicht simultan an. Erneut kann beobachtet werden, dass der pH-Wert der Rohware keinen erkennbaren Einfluss auf den Anfangs-pH-Wert der Fermentation hat. Der Anfangs-pH-Wert und die Fermentationsdauer stehen dagegen in einem engeren Verhältnis zueinander. Welche Rolle der End-pH-Wert der Fermentation bei der Entwicklung des pH-Wertes und der Garverluste spielt, geht aus diesem Versuch nicht eindeutig hervor und soll im Zuge eines weiteren Experiments ermittelt werden.

Die Grätenerweichung wird durch die Kombination niedrige pH-Werte und Gefrier-/ Tauprozess, deutlich forciert, so dass bei PP 1 die Gräten bei der TK-Probe von T12 (pH 5,12) bereits aufgelöst sind!

3.6.1.2.4 Versuch 47Bedeutung des End-pH-Wertes der Fermentation

Um die Auswirkungen des End-pH-Wertes der Fermentation auf den pH-Verlauf, die Garverluste und die Grätenerweichung erfassen zu können, werden die Proben eines Ansatzes bis zu den Endwerten pH 5,7, 5,5 und 5,3 fermentiert und an T0, T12 und T14 eingefroren. Die Einfriertage sind nach der vollständigen Auflösung der Gräten ausgerichtet, die bei den Vorversuchen in der Regel zwischen T12 und T14 festgestellt werden konnte.

a. Physikalische Parameter

Tab. 90: physikalische Parameter V47

Rohware	Karpfen		
pH-Wert	6,3		
Qualität	ältere Rohware, zum Teil mit leichtem Gefrierbrand und zahlreichen dunklen Stellen		
Anfangs-pH	6,06		
End-pH	5,3	5,5	5,7
Fermentationszeit	16,5 Stunden	13,5 Stunden	12,5 Stunden

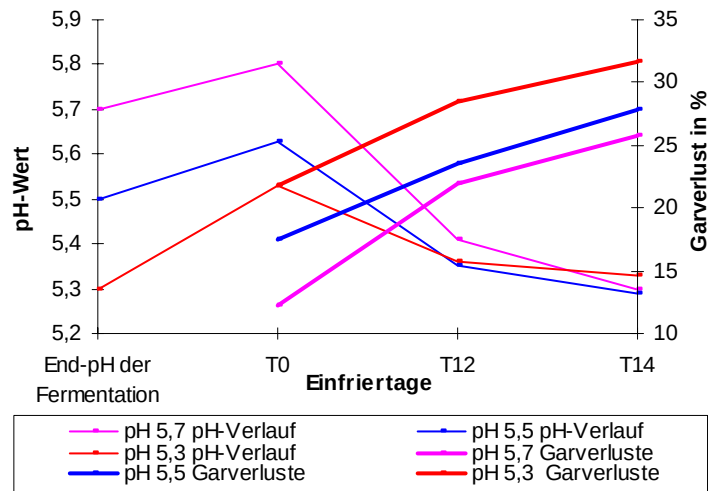


Diagramm 45: pH-Verlauf und Garverluste in Abhängigkeit vom Einfriertag und vom End-pH-Wert

b. Sensorische Parameter

Tab. 91: sensorische Parameter V47

	pH 5,3	pH 5,5	pH 5,7
Schnittfestigkeit	4	3	2
Schnittbild	4	3	2
Säurenote	1	3	4
Textur	2	3	3
(Bei)geschmack	2	3	4
Eiweißaustritt	1	3	4
Gräten	1	1	1
Max. QI (95= 100 %)	42 (44,2 %)	51 (53,7 %)	50 (52,6 %)

Zusammenfassung:

Mit diesem Versuch wird deutlich, dass der End-pH-Wert der Fermentation Einfluss auf die sensorischen und physikalischen Eigenschaften der Produkte hat: wie bereits aus der Langzeitmessung bei den Frischeprodukten ersichtlich, zeigt sich auch diesmal, dass ein höherer Endwert zu einem geringeren pH-Wert-Anstieg und nachfolgend zu einem stärkeren pH-Wert-Abfall führt. Trotz der unterschiedlichen Endwerte nähern sich die pH-Werte sukzessiv an und liegen nach 14 Tagen auf dem gleichen Niveau. Die Garverluste gleichen sich hingegen kaum an, sondern verlaufen in relativ gleichbleibendem Abstand zueinander. Das Säureempfinden entspricht nicht den gemessenen pH-Werten sondern hängt vielmehr von den Garverlusten ab: unterschiedliche Garverluste können bei einem gleich hohen pH-Wert ein anderes Säureempfinden hervorrufen.

Ein höherer Endwert führt zu:

1. schlechteren Rekonstitutionsergebnissen
2. einer dunkleren und weniger frischen Farbgebung
3. einer geringeren Säurenote
4. einem geringeren Eiweißaustritt
5. einer besseren Textur

Um alle sensorischen und physikalischen Aspekte aufeinander abzustimmen, sollte der Endwert der Fermentation weder zu hoch (pH 5,7) noch zu tief (pH 5,3) liegen.

An der ausbleibenden Grätenerweichung zwischen T12 und T14 wird nochmals deutlich, dass der Auflösungsprozess nur bei pH-Werten, die dauerhaft < pH 5,4 liegen, stattfindet. Da in diesem Versuch auch bei einem Endwert von pH 5,3 keine ausreichend tief liegenden Werte erreicht wurden, waren auch an T14 noch Gräten zu spüren.

3.6.1.2.5 Versuch 48

Auswirkungen des Viskositätsanstiegs auf die Gefrier-/ Taustabilität

Um die Bedeutung des Viskositätsanstiegs für das Rekonstitutionsergebnis zu ermitteln, soll die Viskositätsentwicklung in diesem Versuch gezielt verhindert und gefördert werden. Zur Gegenüberstellung zweier Probenansätze mit und ohne Viskositätszunahme soll mit 20 % F3- und F5-Farce und bei unterschiedlichen Mischtemperaturen gearbeitet werden. Der Vergleich erfolgt an Frische- sowie an TK-Produkten an unterschiedlichen Lager- bzw. Einfriertagen. Um die Produkte direkt miteinander vergleichen zu können, werden die Proben aus einer Rohstoffcharge hergestellt und anstelle von T0 erst an T2 untersucht bzw. eingefroren.

Charge 1: K3-Streifen mit 20 % 2mm-F5-Farce, Mischen bei einer Rohstofftemperatur von max. 0 - 2 °C

Charge 2: K3-Streifen mit 20 % 2mm-F3-Farce, Mischen von zimmerwarmer Rohware

a. Physikalische Parameter

Tab. 92: physikalische Parameter V48

FKP	Karpfen	
pH-Wert	6,3	
Qualität	alte zum Teil gefrierbrandgeschädigte Rohware, Teile wurden aussortiert	
Mischprozess	F3-Farce	F5-Farce
	13 °C Mischtemperatur - geringfügiger VA!!! - leichte Filmbildung - weiches, pastöses Brät - gegen Ende der Mischzeit leichte Phasentrennung	2 °C Mischtemperatur - sehr guter VA - festes, klebriges Brät
Anfangs-pH	6,11	
End-pH	5,5	
Fermentationszeit	13 Stunden	

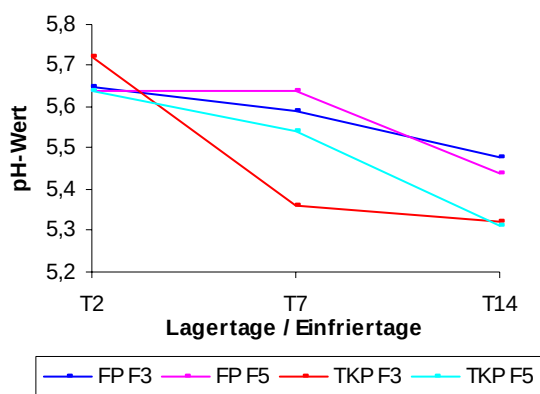


Diagramm 46: pH-Verlauf von Frische- und TK-Produkten mit und ohne Viskositätsanstieg

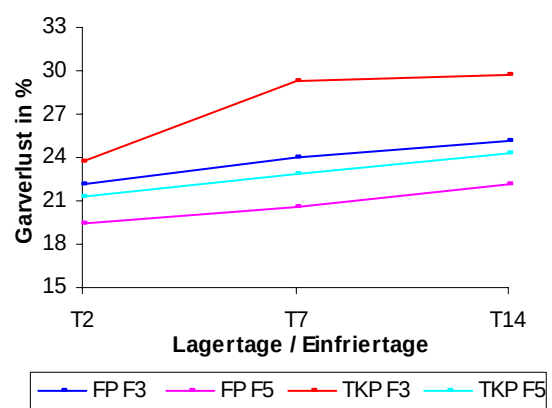


Diagramm 47: Garverluste von Frische- und TK-Produkten mit und ohne Viskositätsanstieg

b. Sensorische Parameter

Tab. 93: sensorische Parameter Frischeprodukte, V48

	Frischeprodukte	
	F3-Farce (ohne VA)	F5-Farce (mit VA)
Schnittfestigkeit	3	5
Schnittbild	2	4
Säurenote	2	4
Textur	3	3
(Bei)geschmack	4	4
Eiweißaustritt	3	4
Gräten	2	2
Max. QI (95= 100 %)	50 (52,6 %)	70 (73,7 %)

Tab. 94: sensorische Parameter TK-Produkte, V48

	TK-Produkte	
	F3-Farce (ohne VA)	F5-Farce (mit VA)
Schnittfestigkeit	1	3
Schnittbild	1	3
Säurenote	1	3
Textur	2	3
(Bei)geschmack	4	4
Eiweißaustritt	2	4
Gräten	3	3
Max. QI (95= 100 %)	36 (37,9 %)	61 (64,2 %)

Zusammenfassung:

Trotz der vermeintlich optimalen Voraussetzungen für eine Regulierung der Viskositätsentwicklung kommt es bei den F3-Proben zu einem leichten Viskositätsanstieg: die angestrebte Phasentrennung bedingt durch den höheren Fettgehalt der F3-Farce bleibt wider Erwarten aus!

Dennoch können deutliche Unterschiede in Bezug auf die Probenqualität der F3- und F5-Proben festgestellt werden: die F3-Proben haben ein geringeres Wasserhaltevermögen (vermehrter Wasseraustritt beim Anschneiden), eine geringere Schnittfestigkeit und durch den schlechteren Teilchenzusammenhalt auch eine unebenere Oberfläche als die F5-Proben. Die Qualität der F3-Proben ist selbst bei den Frischeprodukten deutlich schlechter als bei den Vorversuchen. Die Ursache hierfür ist die schlechte Qualität der eingesetzten Rohware: bei guter Rohwarenqualität sind Frischeprodukte mit F3-Farce in der Regel gut bis sehr gut rekonstituiert und haben eine ausreichende Wasserbindekapazität. Bei diesem Versuch haben sowohl TK- als auch Frischeprodukte eine mangelhafte Qualität.

Aus den Diagrammen geht hervor, dass der pH-Wert der TK-Produkte an T2 noch auf dem gleichen Niveau mit dem der Frischeprodukte liegt. Ab T7 beginnt der pH-Wert der TK-Produkte stärker zu fallen, so dass an T14 wesentlich tiefere pH-Werte erreicht werden.

Die Garverluste der F3-Proben sind im frischen wie auch im aufgetauten Zustand höher als die der F5-Proben. Die Abweichung der Garverluste zwischen F3-TK-Proben und F5-Frischeprodukten beträgt bis zu 8 %. Die Gräten sind bei allen Produkten bis T14 noch spürbar.

3.6.1.3 Diskussion

Tab. 95: höchster Qualitätsindex Versuchsteil 4

Produkt	Höchster Qualitätsindex
Frische-FK-Produkt mit Pangasius aus 1 – 3 cm Streifen	47 (72,3 %)
TK-FK-Produkt mit Pangasius, mT an T0 eingefroren	T0= 67 (70,5 %)

Aus der Versuchsreihe geht hervor, dass sich die Produktqualität im Laufe der Nachreifezeit chemisch-physikalisch und sensorisch verändert. Die im Reifeprozess wirkenden Faktoren stehen in engem Verhältnis zueinander und bilden ein komplexes System, das letztendlich die Produktqualität beeinflusst. Die wesentlichen Einfluss nehmenden Faktoren können wie folgt zusammengefasst werden:

Tab. 96: die Qualität von TK- und Frischeprodukten beeinflussende Faktoren

Frischeprodukte	TK-Produkte
mikrobiologische Qualität des Rohstoffes	
chemisch-physikalische Qualität des Rohstoffes	
Zutaten	
Zerkleinerungsgrad	
Anfangs-pH-Wert der Fermentation	
End-pH-Wert der Fermentation	
Dauer und Verlauf der Fermentation	
	Einfrierzeitpunkt
	Viskositätsanstieg

Die durch den Säuerungs-, Reife- und Lagerungsprozess bedingte degenerative Modifizierung der Proteinstrukturen bewirkt wesentliche textuelle Veränderungen. Die Veränderung der Textur ist mitunter an den gemessenen Garverlusten erkennbar. Sowohl bei den Frische- als auch bei den TK-Produkten kommt es im Laufe der Nachreifung zu einer Steigerung der Garverluste. Zu Beginn der Lagerzeit ist der Garverlust bei den Frischeprodukten um ca. 5 % höher als bei nativen Fischfilets. Die höheren Garverluste der Frischeprodukte im Vergleich zu nativen Filets werden durch die Säuredenaturierung der Fischproteine verursacht. Die Steigerung der Garverluste im Laufe der Nachreifung ist durch fortlaufende mikrobiologische und enzymatische Prozesse bedingt. Durch die Denaturierung der Proteine kommt es zu einer Veränderung der funktionellen Eigenschaften. Da mikrobielle und enzymatische Aktivitäten die Lagerung über andauern, schreitet der Denaturierungsprozess fort. Infolgedessen ändert sich das Wasserbindevermögen der Eiweiße und es entstehen sukzessiv höhere Garverluste: Wasser ist für den Großteil der Reaktionen in Organismen unentbehrlich und stellt den wichtigsten Inhaltsstoff im Lebensmittel dar. Bereits geringe Konzentrationsänderungen können bedeutende Auswirkungen auf das System haben. Aber nicht nur die Konzentration des Wassers sondern auch seine Bindungsform ist von großer Bedeutung für die funktionellen Eigenschaften des Lebensmittels. Die Form der Bindung des Wassers ist ausschlaggebend für die Ausbildung der Textur und die Strukturentwicklung im Nahrungsmittel während des Verarbeitungsprozesses. Wasser kann in unterschiedlicher Form im Lebensmittel gebunden sein. Man unterscheidet „gebundenes Wasser“, „immobilisiertes“ Wasser und „freies Wasser“. Der Anteil der Bindungsformen ist ganz entscheidend für das Lösungsvermögen, Verderbnisreaktionen, Bräunungsreaktionen, Enzymaktivität sowie für den Fettverderb (31).

Fischsorten mit einem höheren Anteil an auspressbarem Wasser wie Alaska Seelachs und Butterfisch haben zu Beginn der Garverlustmessung höhere Verluste ($\geq 20\%$). Im Vergleich dazu haben Fischsorten wie Rotbarsch, Afrikanischer Wels und Pangasius, bei denen der Wasseranteil fester eingebunden ist, geringere Garverluste (ca. 15%). Je besser das Wasserbindevermögen des Fischfleisches ist, umso geringer sind die Garverluste. Hochwertige Endprodukte aus nicht überlagerten oder qualitativ schlechten Rohstoffen zeichnen sich durch einen geringen Anstieg der Garverluste in der Nachreifezeit aus. Die sensorische Haltbarkeit der zum Garen vorgesehenen Frischeprodukte liegt bei ca. 10 – 12 Tagen. Nach einer Lagerzeit von einer Woche ist bei sämtlichen Produkten eine leichte und nach zwei Wochen bereits eine prägnante Minderung der Qualität zu verzeichnen.

Die bei den Frischeprodukten im Laufe der Lagerung fortschreitende Verschlechterung der textuellen Eigenschaften ist bei den TK-Produkten weitaus prägnanter. Die TK-Produkte haben zwischen 5 und 10% höhere Garverluste und einen ausgeprägten Eiweißaustritt auf, der sich in zahlreichen punktuellen Ansammlungen zeigt.

Die qualitativen Unterschiede zwischen Frische- und TK-Produkten entstehen durch die zusätzliche Beanspruchung der Proteinstrukturen beim Einfrier- und Auftauprozess. Während des Einfrierprozesses bilden sich die ersten Kristalle außerhalb der Zellen, da der intrazelluläre Zellsaft reicher an gelösten Substanzen ist. Aufgrund der Dampfdruckdifferenz der wässrigen und der kristallinen Phase bei gleicher Temperatur, wandert das in der Zelle enthaltene Wasser mit ausreichend hoher Diffusionsgeschwindigkeit durch die Zellmembran, um genügend Wasser zur Eisbildung nachzuliefern. Infolgedessen kommt es zur Zellschrumpfung, wobei die Eiskristallbildung in der Zelle gänzlich verhindert wird. Die großen Eiskristalle können im Zuge des Wachstums eine mechanische Zerstörung der Zellmembran verursachen. Durch die rasche Resorption steigt der osmotische Druck in den Zellen und es kann zum Platzen der Zellmembran kommen. Diese Schäden werden nach dem Auftauen durch einen hohen Dripverlust sichtbar (20). Der Anstieg der Salzkonzentration in der verbleibenden, beweglichen Wasserphase nach Auskristallisation des zunächst „reinen“ Wassers während der Temperatursenkung im Gewebe bewirkt eine Eiweißfällung, die an einem vermehrten Eiweißaustritt erkennbar ist (99).

Tab. 97: Einfriergeschwindigkeiten (20)

langsames Einfrieren	< 0,5 cm / h
schnelles Einfrieren	< 5,0 cm / h
sehr schnelles Einfrieren	< 10 cm / h
ultraschnelles Einfrieren	< 100 cm / h

Tab. 98: Wassergehalt m_w , ausgefrorener Wasseranteil a und Anteil b des gebundenen Wassers einiger Lebensmittel (modifiziert nach(20))

Produkt	m_w %	a in % bei t in °C					b kg / kg
		-5	-10	-15	-20	-30	
Kabeljau	80,5	77	84	87	89	91	0,39
Schellfisch	83,5	80	87	89	91	92	0,40
Mageres Fleisch	74	74	82	85	87	88	0,35

Im Laufe der Versuche wurde festgestellt, dass die textuellen Eigenschaften der TK-Produkte durch den Einfrierzeitpunkt zu beeinflussen sind. Direkt nach der Fermentation eingefrorene Produkte sind am saftigsten und haben die geringsten Garverluste. Die noch relativ weiche und wenig durchgereifte Produktstruktur unmittelbar nach der Fermentation wirkt bei einem direkten Einfrieren nach dem Auftauen glasig-blass und ist weniger schnittstabil. Proben, die erst nach zwei Wochen Reifezeit eingefroren werden, haben ein dichteres Teilchengefüge und sind farbintensiver. Die Textur dieser Produkte ist aber wesentlich trockener und strohig. Hinzu kommt, dass sich der Eiweißaustritt mit zunehmender Kühllagerdauer verstärkt: durch den Einfluss von Säure kann es zu einer Spaltung von Salz- und Wasserstoffbindungen kommen, wodurch eine unkontrollierte Neuknüpfung von Bindungen und darüber hinaus Aggregatbildungen und Koagulationen entstehen. Koagulationen oder auch Eiweißausflockungen entstehen dann, wenn sich veränderte Proteinstrukturen verdichten und größere Moleküle bilden, die unlöslich werden und ausfallen (3). Je länger die Frischeprodukte vor dem Einfrieren kühlgelagert werden, umso intensiver sind die Denaturierungserscheinungen und die möglichen Schäden durch eine Eiskristallbildung. Garverluste und Eiweißausflockungen steigen daher parallel zur Kühllagerdauer.

Die Veränderung des pH-Wertes während der Lagerzeit hängt von mehreren Faktoren ab. Insgesamt kann aber festgestellt werden, dass der pH-Wert nach der Fermentation über 1 bis 3 Tage ansteigt und im Anschluss daran wieder sinkt. Ein direktes Verhältnis zwischen der Entwicklung der Garverluste und dem Verlauf des pH-Wertes ist nicht feststellbar. Trotz steigender Garverluste kommt es nicht unweigerlich zu einem konstanten Abfall des pH-Wertes. Der pH-Wert sinkt anfangs zwar deutlicher, verläuft aber nach einer Woche mehr oder wenig unregelmäßig. Einen wesentlichen Faktor zur Erklärung des unregelmäßigen Verlaufes des pH-Wertes stellt das Puffervermögen des Muskelfleisches dar. Durch die mikrobielle Aktivität kann es zum vollständigen Abbau der Muskeleiweiße bis zu den Aminosäuren kommen. Hierbei kann es sich um polare Aminosäuren mit basischem oder saurem Charakter handeln. Bei der Neutralisationsreaktion können Ionen mit den funktionellen Gruppen der Aminosäuren reagieren, so dass sich der pH-Wert erst bei Erschöpfung der Pufferkapazität ändert und somit unterschiedliche Messwerte entstehen. Dissoziationsreaktionen von weiteren in der Rohmasse enthaltenen Säuren werden bei den Messungen miterfasst und können die Ergebnisse zusätzlich beeinflussen. Die gegenüber den steigenden Garverlusten stagnierende pH-Senkung ist dadurch begründet, dass enzymatische Prozesse im System Fleisch fortschreiten und sich die Aktivität der Lactobacillen durch das sinkende Nährstoffangebot zunehmend einstellt. Der eigentliche Säuregeschmack lässt sich durch die Garverluste eher erklären als durch den pH-Wert: da es mit steigenden Garverlusten zu einer Erhöhung des Säureanteils kommt, weicht der im Rohzustand gemessene pH-Wert vom Säuregeschmack des gegarten Produktes ab.

Der Verlauf des pH-Wertes unterscheidet sich bei den TK-Produkten deutlich von den Frischeprodukten. In der Regel liegt der pH-Wert von an T0 eingefrorenen Proben recht hoch und sinkt mit fortschreitendem Einfrierzeitpunkt verhältnismäßig tiefer als bei den Frischeprodukten: in der Fachliteratur wird beschrieben, dass es nach dem Auftauprozess zu einer rasanten Vermehrung der Mikroorganismen kommen kann (20). Dieses Phänomen würde die intensive pH-Senkung der aufgetauten Produkte nach einigen Tagen erklären und soll im Zuge der folgenden mikrobiologischen Untersuchungen überprüft werden. Der hohe pH-Wert von aufgetauten T0-Proben hängt damit

zusammen, dass der pH-Wert in der Abkühlphase nach Abbruch der Fermentation zunächst wieder ansteigt (s. Langzeitmessung Kap. 3.4.4). Je tiefer die Temperaturen im Produkt fallen, umso langsamer wird die mikrobielle Aktivität und umso weniger Milchsäure wird produziert. Werden die Proben zu einem späteren Zeitpunkt eingefroren, liegt der pH-Wert dem Reifegrad entsprechend tiefer. Der hohe pH-Wert aufgetauter T0-Proben beginnt bereits nach dem zweiten bzw. dritten Tag deutlich zu sinken während die Garverluste konstant steigen. Aufgetaute Ware sollte daher innerhalb von 2 Tagen verzehrt werden. Aufgrund der Tatsache, dass mikrobielle und enzymatische Prozesse während der Gefrierlagerung fortlaufen, sollten die TK-Produkte bei einer Lagertemperatur von -18 °C zwischen drei bis maximal sechs Monaten gelagert werden.

Ein Versuch mit TK-Produkten bestätigt die Ergebnisse der Langzeitmessung an Frischeprodukten: ein höherer End-pH-Wert der Fermentation sinkt im Laufe der Lagerung verhältnismäßig tiefer als ein niedrigerer End-pH-Wert. Die Garverluste entwickeln sich jedoch anders als die pH-Werte: sie sind in Abhängigkeit vom End-pH-Wert unterschiedlich hoch und nähern sich niemals an, sondern verlaufen in der Nachreifezeit parallel zu einander. Ein niedriger End-pH führt zu hohen Garverlusten und ein hoher zu niedrigen Garverlusten. Um die sensorischen Vorteile eines höheren Endwertes zu nutzen und die technologischen Nachteile zu umgehen, sollte auch für TK-Produkte ein mittlerer pH-Wert von 5,5 als Endwert der Fermentation gewählt werden.

Der pH-Verlauf sowie die Entwicklung der Garverluste in der Nachreifung hängen entscheidend mit dem Verlauf der Fermentation zusammen. Bei sämtlichen vergleichbaren Produkten hatten die länger fermentierten Proben höhere Garverluste, in der Regel niedrigere pH-Werte und schlechtere sensorische Ergebnisse. Beispielhaft hierfür sind Produkte mit höherem Zerkleinerungsgrad (Streifen gegenüber Stücken) oder mit Zusatz von Nitritpökelsalz (anstelle von NaCl), die in der Regel niedrigere Anfangs-pH-Werte aufweisen und stets eine kürzere Fermentationszeit durchlaufen. Die Qualität dieser Produkte ist durchgehend hochwertiger als die der Vergleichsproben. Die Ursache hierfür ist wahrscheinlich die im Zuge der längeren Bebrütung entstehende intensivere Denaturierung. Im Sinne der Produktqualität sollten daher möglichst kurze Fermentationszeiten angestrebt werden. Zur Überprüfung des Zusammenhanges zwischen den Garverlusten und der Fermentationszeit sowie dem Anfangs-pH-Wert und der Fermentationszeit werden Punktwolkendiagramme erstellt, aus denen die lineare Abhängigkeit der jeweiligen Merkmale hervorgeht. Aus den vorhandenen Daten wird der entsprechende Korrelationskoeffizient ermittelt, der die Stärke des Zusammenhanges widerspiegelt. Bei den verwendeten Werten handelt es sich um vergleichbare Daten aus sämtlichen durchgeführten Versuchen. Der mittlere Garverlust stellt den Mittelwert der an den Untersuchungstagen (T5, T7, T12, T14, T19 und T21) gemessenen Garverluste dar.

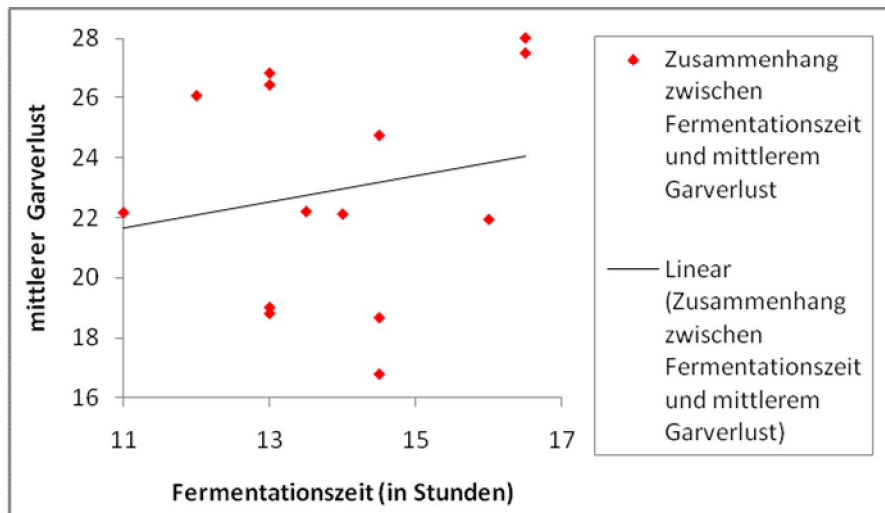


Diagramm 48: linearer Zusammenhang zwischen dem mittleren Garverlust und der Fermentationszeit

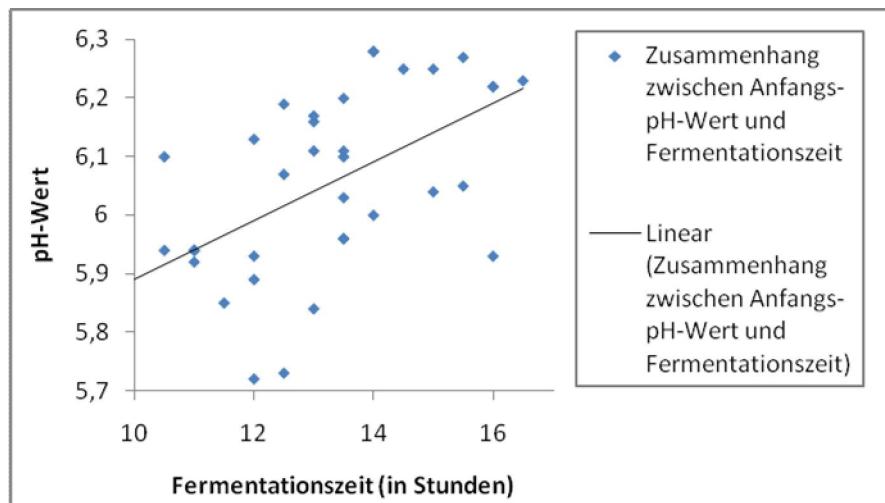


Diagramm 49: linearer Zusammenhang zwischen dem Anfangs-pH-Wert und der Fermentationszeit

Der Korrelationskoeffizient wird mit folgender Formel errechnet:

Formel 4: Korrelationskoeffizient

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (97)$$

Tab. 99: Korrelationskoeffizient

Zusammenhang	Korrelationskoeffizient
Garverlust / Fermentationszeit	0,19
Anfangs-pH-Wert / Fermentationszeit	0,57

An dem Korrelationskoeffizienten wird ersichtlich, dass zwischen der Fermentationszeit und den Garverlusten ein nur sehr geringer linearer Zusammenhang besteht. Die Vermutung, dass eine längere Fermentationszeit stets höhere Garverluste mit sich bringt kann für die Gesamtheit der Versuche nicht bestätigt werden. Vergleicht man die Werte jedoch versuchsweise, ist eine Abhängigkeit zwischen der Fermentationszeit und den Garverlusten erkennbar.

Die Gegenüberstellung von Anfangs-pH-Wert und Fermentationszeit ergibt einen höheren Korrelationskoeffizienten, der auf einem mittelmäßig ausgeprägten positiven Zusammenhang verweist. Es kann folglich davon ausgegangen werden, dass mit steigendem Anfangs-pH-Wert zumeist eine verhältnismäßig längere Fermentationszeit verbunden ist.

Die Vortrocknung der Filets über einen Zeitraum von 45 bis 60 Minuten führt zu einem Masseverlust von 5 bis 10 %. Durch den Vortrocknungsprozess kommt es sowohl bei den Frische- als auch bei den TK-Produkten zu einer Verbesserung der Schnittstabilität und zu einer dunkleren Farbgebung. Trotz des Flüssigkeitsverlustes weisen die mT-Proben keine höheren Garverluste oder gar sensorischen Nachteile auf. Die vorgetrockneten Proben schmecken zum Teil sogar saftiger als die unbehandelten Produkte und haben einen etwas geringeren Eiweißaustritt. Durch den verminderten Wassergehalt ist die Eiskristallbildung weniger intensiv. Infolgedessen wird die Zellschädigung vermindert, was zu verbesserten textuellen Eigenschaften und zu einem schwächeren Eiweißaustritt führt. Da die Rohware während des Vortrocknens aber einer hohen Temperatur ausgesetzt ist, besteht zum einen die Gefahr eines verstärkten mikrobiellen Wachstums und zum anderen das Risiko eines ausbleibenden Viskositätsanstieges. Dies sind, neben dem einhergehenden Gewichtsverlust, schwerwiegende Gründe, um im Sinne der Produktsicherheit von dem Vortrocknungsschritt Abstand zu nehmen.

Wie wichtig Rohwarenqualität und Viskositätsanstieg während der Verarbeitung sind, zeigt sich besonders bei der Herstellung von TK-Produkten: bei überlagerter, gefrierbrandgeschädigter, sehr fettreicher oder schlecht wasserbindender Rohware wird die Eiweißaktivierung während des Mischprozesses erschwert. Das Ausbleiben des Viskositätsanstieges hat bei Frischeprodukten nur einen geringfügigen Einfluss auf die Bindungsfestigkeit. Da die Gewebsflüssigkeiten zwischen den Proteinen ohne eine ausreichende Eiweißaktivierung aber nicht genügend gebunden sind, kann es beim Einfrieren durch die Eiskristallbildung zu einer Zerstörung und vollständigen Auflösung der Bindungen kommen. Bei der Herstellung von TK-Produkten ist es daher unumgänglich, auf eine sehr gute Rohwarenqualität und einen optimal verlaufenden Mischprozess zu achten.

Die Grätenerweichung ist bei sämtlichen Frischeprodukten erst nach 2,5 Wochen abgeschlossen. Bei Produkten, die ab T5 einen pH-Wert haben, der durchgehend $\leq 5,5$ liegt, sind die Gräten zwar früher weich, aber erst nach 14 – 19 Tagen vollständig aufgelöst. Nach dem Einfrier- und Auftauprozess kommt es zu einer intensiveren Absenkung des pH-Wertes. In diesem Zusammenhang verzeichneten Proben, die an T10 bzw. T12 eingefroren wurden, nach dem Auftauen pH-Werte $< 5,2$. Diese enthielten nach dem Auftauen keine Gräten mehr. Zur vollständigen Erweichung der Gräten innerhalb eines Zeitraums von ≤ 10 Tagen bedarf es folglich sehr tiefer pH-Werte, die im Gegenzug eine deutliche Verschlechterung der sensorischen Eigenschaften auszulösen.

3.6.2 Mikrobiologische Untersuchungen

Die mikrobiologische Untersuchung gibt Auskunft über die Keimbelastung und somit über die Genusstauglichkeit und Haltbarkeit eines Lebensmittels. Da jedes Lebensmittel eine spezifische Mikroflora besitzt, die sich in Abhängigkeit von den Milieubedingungen unterschiedlich stark entwickelt, müssen individuelle Richt- und Warnwerte ermittelt werden: „*Richtwerte* geben eine Orientierung, welches produktspezifische Mikroorganismenspektrum zu erwarten ist und welche

Mikroorganismengehalte in den jeweiligen Lebensmitteln bei Einhaltung einer guten Hygienepraxis akzeptabel sind. *Warnwerte* geben Mikroorganismengehalte an, deren Überschreitung einen Hinweis darauf gibt, dass die Prinzipien der guten Herstellungspraxis verletzt wurden und zudem eine Gesundheitsgefährdung des Verbrauchers nicht auszuschließen ist (100).“

Die Arbeitsgruppe Lebensmittelmikrobiologie und –hygiene der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM) hat für verschiedene Fischereierzeugnisse Richt- und Warnwerte veröffentlicht. In den folgenden drei Tabellen sind sämtliche mikrobiologischen Kennzahlen aufgeführt, die zur Orientierung bei der Untersuchung von frischer bzw. tiefgekühlter Rohware sowie von geräucherten und gebeizten Fischerzeugnissen dienen:

Tab. 100: Warn- und Richtwerte für Räucherlachs* (100) (sämtliche Räucherfischprodukte)

	Richtwert	Warnwert
Aerobe mesophile Keimzahl	10^6	-
Enterobacteriaceae	10^4	10^5
E. Coli	10^1	10^2
Koagulase-positive Staphylokokken	10^2	10^3
Salmonella spp.	-	Nicht nachweisbar in 25 g
Listeria monocytogenes	Nicht nachweisbar in 1 g	10^2

Tab. 101: Warn- und Richtwerte für Graved Lachs* (100) (gebeizte Produkte)

	Richtwert	Warnwert
Aerobe mesophile Keimzahl^{a)}	10^6	-
Enterobacteriaceae	10^4	10^5
E. Coli	10^3	-
Koagulase-positive Staphylokokken	10^2	10^3
Salmonella spp.	-	Nicht nachweisbar in 25 g
Listeria monocytogenes	Nicht nachweisbar in 1 g	10^2

* Die angegebenen Werte sind bis zum Mindesthaltbarkeitsdatum einzuhalten

a) Mit Ausnahme der Milchsäurebakterien

Tab. 102: Warn- und Richtwerte für Seefische^{b)} (100) (frische und tiefgekühlte Süß- bzw. Salzwasserfische)

	Richtwert	Warnwert
Aerobe mesophile Keimzahl (30 °C)	5×10^5	-
Pseudomonaden (bei 25 °C)	1×10^6	-
Enterobacteriaceae (bei 30 °C anaerob)	1×10^4	1×10^5
E. Coli	1×10^1	1×10^2
Salmonella spp.	-	1×10^2
Listeria monocytogenes	-	Nicht nachweisbar in 25 g

b) Eingeschlossen sind ganz frische und gefrorene Seefische sowie daraus hergestellte handelsübliche Filetware; ausgenommen ist stärker zerkleinerte Ware.

3.6.2.1 Interne mikrobiologische Untersuchungen

Die internen mikrobiologischen Untersuchungen werden an tiefgekühlter Filetware sowie an frischer und tiefgekühlter Fertigware durchgeführt. Aus labortechnischen und produktspezifischen Gründen werden die Keimzahlen folgender Mikroorganismen ermittelt:

- Enterobacteriaceae
- Pseudomonaden
- Lactobacillen
- Staphylokokken
- Hefen und Schimmelpilze
- Aerobe mesophile Gesamtkeimzahl

Aufgrund der begrenzten mikrobiologischen Untersuchungsmöglichkeiten können nicht sämtliche von der DGHM angegebenen Mikroorganismen untersucht werden. Es liegen daher keine Angaben zu den Keimzahlen von Salmonellen, Listerien und E. Coli vor. In der Fleischverarbeitung wird bei der mikrobiologischen Untersuchung von Rohwürsten wegen der zugesetzten Starterkultur keine aerobe, mesophile Koloniezahl ermittelt. Die Milchsäurebakterien werden in der Gesamtkeimzahl miterfasst und beeinflussen die Ergebnisse. Die Gesamtkeimzahl wird bei den fermentierten Fischerzeugnissen zwar ermittelt, kann deshalb aber nicht mit den vorgegebenen Richtwerten verglichen werden. Um den Reifegrad der Produkte und die Entwicklung der Starterkultur beurteilen zu können, wird stattdessen die Keimzahl der Lactobacillen erfasst. In ausreichend gereifter Mettwurst liegt die Anzahl an Laktobazillen zwischen $10^7 - 10^8$ KBE / g (69). Aufgrund der ähnlichen Herstellungspraxis können diese Angaben als Orientierungswerte für die fermentierten Fischprodukte dienen. Die Keimzahlen der Verderbnis erregenden Bakterien können mit den angegebenen Warn- und Richtwerten für Räucherfischprodukte (fermentierte Erzeugnisse) bzw. für Seefische (Rohware) verglichen werden und sollten diese nicht überschreiten. Die fehlenden Richtwerte für Hefen (1×10^3 KBE / g) wurden bei den Sachverständigen der Landesuntersuchungsanstalt Sachsen erfragt. „Während der quantitative Nachweis von Hefen keine Schwierigkeiten bietet, ist die Bestimmung der KBE bei Schimmelpilzen problematisch. Die Pilzsporen und Konidien, die aneinander haften und die Hyphen werden bei der Homogenisation in keimfähige Keime zerschlagen. Der Homogenisationsgrad beeinflusst somit die Koloniezahl (100)“. Schimmelpilze werden bei der internen Auswertung nur im Zusammenhang mit dem Aussehen der Kolonie und dem Ausmaß des flächendeckenden Wachstums beurteilt.

3.6.2.2 Rohwarenanalyse

Die internen mikrobiologischen Untersuchungen der Rohware werden an aufgetauten Karpfen-, Pangasius- und Afrikanischen Wels-Filets durchgeführt. Die mikrobiologischen Angaben zu Rotbarsch und Buttermakrele stammen aus Untersuchungsunterlagen des mikrobiologischen Institutes Dr. Appelt, die von der Sachsen Fischland GmbH in Auftrag gegeben wurden. Die Ergebnisse umfassen auftragsbedingt unterschiedliche Untersuchungsparameter. Für den Alaska Seelachs liegen keine Untersuchungsergebnisse vor.

Tab. 103: mikrobiologische Untersuchung an aufgetauten Fischfilets, Tabelle 1

	Richtwerte KBE / g	Karpfen	Pangasius	Afrikan. Wels	Rotbarsch	Butter- makrele
Gesamtkeimzahl	5×10^5	$4,4 \times 10^4$	$2,3 \times 10^4$	$6,0 \times 10^6$	$4,6 \times 10^4$	$1,6 \times 10^6$
Pseudomonaden	1×10^6	$1,1 \times 10^4$	$3,3 \times 10^2$	$2,2 \times 10^4$	$1,0 \times 10^1$	$1,0 \times 10^4$
Enterobacteriaceae	1×10^4	$1,0 \times 10^3$	$8,0 \times 10^2$	$1,1 \times 10^1$	$1,0 \times 10^2$	$2,2 \times 10^3$
Hefen und Schimmelpilze	1×10^3	$1,5 \times 10^3$	$6,0 \times 10^1$	$6,0 \times 10^5$	-	-

Tab. 104: mikrobiologische Untersuchung an aufgetauten Fischfilets, Tabelle 2

	Richtwerte KBE / g	Karpfen	Pangasius	Afrikan. Wels	Rotbarsch	Butter- makrele
Gesamtkeimzahl	5×10^5	$3,5 \times 10^5$	$3,6 \times 10^4$	$2,2 \times 10^4$	$5,8 \times 10^5$	$2,3 \times 10^4$
Pseudomonaden	1×10^6	$2,1 \times 10^3$	$4,5 \times 10^3$	$1,8 \times 10^4$	$4,0 \times 10^4$	$1,0 \times 10^2$
Enterobacteriaceae	1×10^4	$2,2 \times 10^4$	$2,4 \times 10^2$	$1,2 \times 10^3$	$2,5 \times 10^3$	$1,0 \times 10^2$
Hefen und Schimmelpilze	1×10^3	$1,0 \times 10^3$	$1,2 \times 10^1$	$1,0 \times 10^3$	-	-

3.6.2.3 Diskussion

Die mikrobiologische Untersuchung an aufgetauten Fischfilets zeigt, dass die Keimgehalte von Rohwarencarge zu Rohwarencarge differieren:

Aus den Ergebnissen geht hervor, dass die Pangasiusfilets die besten mikrobiologischen Ergebnisse haben. Die Keimgehalte liegen bei sämtlichen Untersuchungen unterhalb der Richtwerte. Alle übrigen Fischarten haben bei wenigstens einer mikrobiologischen Untersuchung Keimzahlresultate, die die Richtwerte überschreiten. Die häufigsten Abweichungen betreffen die Gesamtkeimzahl und die Keimzahl an Hefen und Schimmelpilzen. Die erhöhten Keimzahlen deuten auf eine mangelnde Hygiene in den Schlacht- und Zerlegebetrieben hin.

In Abhängigkeit von der Anfangskeimbelastung des Rohstoffes kann es zu einer verzögerten pH-Wert-Senkung kommen, da die Entwicklung der Starterkultur durch die Konkurrenzflora gehemmt wird. Bei einer zu starken Konkurrenzflora kann es zu Fermentationsfehlern bzw. zu einem Fehlschlagen der Fermentation kommen. Insofern ist es besonders wichtig, mikrobiell einwandfreie Rohware in einem hygienisch abgesicherten Produktionsprozess zu verarbeiten.

Die Anfangskeimbelastung und die Verderblichkeit der Rohstoffe hängen von verschiedenen Faktoren ab. Die Jahreszeit zu der die Fische gefangen werden spielt hierbei eine ausschlaggebende Rolle. In Abhängigkeit vom Reifezyklus, Futterangebot, Wassertemperatur, Fettgehalt sowie der Keimbelastung des Wassers, kann die Haltbarkeit stark variieren. So sind stark fressende Lachse anstelle von 14 Tagen nur 3 Tage haltbar (3). Die Qualität des Fischfleisches kann daher sehr unterschiedlich sein und negative Auswirkungen auf den Produktionsprozess und die Endproduktqualität haben.

3.6.2.4 Fertigwarenanalyse

Die mikrobiologische Untersuchung der Endprodukte erfolgt an gekühlter sowie an tiefgekühlter Ware. Zur Beurteilung der Entwicklung der Starterkultur wird die Ware an unterschiedlichen Tagen eingefroren und untersucht. Um einen Zusammenhang zwischen dem Fermentationsverlauf und dem Wachstum der Lactobacillen herstellen zu können, sind die Daten der Fermentation und der Nachreifezeit aufgeführt.

3.6.2.4.1 Versuch 49

Vergleich der Keimzahlentwicklung von kühlgelagerter und tiefgefrorener Ware, die an unterschiedlichen Tagen untersucht bzw. eingefroren wurde

a. Physikalische Parameter gekühlter Ware

Tab. 105: physikalische Parameter gekühlter Ware, V49

FKP	Karpfen		Pangasius
pH-Wert	6,25		6,69
Qualität	relativ fett, kräftige Farbgebung, gute Qualität		ziemlich blass und wässrig
Fermentation	Anfangs-pH	End-pH	Dauer
	6,1	5,4	15,5
Lagertag	T7	T14	T21
pH-Wert	5,49	5,39	5,24
Garverluste	22 %	27 %	28 %

b. Mikrobiologische Parameter gekühlter Ware

Tab. 106: mikrobiologische Parameter gekühlter Ware, V49

	Gesamt-keimzahl	Lacto-bacillen $10^7 - 10^8$	Entero-bacteriaceae $m = 10^4$ $M = 10^5$	K. p. Staphylokokken $m = 10^2$ $M = 10^3$	Pseudo-monaden 10^6	Hefen und Schimmelpilze $1,0 \times 10^3$
	im Diagramm aufgeführt		übrige Keimarten sind nicht im Diagramm aufgeführt			
Tag 7	$2,9 \times 10^6$	$1,2 \times 10^7$	$1,1 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$ K. n.	$1,1 \times 10^4$	$5,0 \times 10^1$
Tag 14	$3,2 \times 10^7$	$1,2 \times 10^7$	$4,1 \times 10^4$	$2,1 \times 10^4$ K. n.	$2,1 \times 10^4$	$1,0 \times 10^1$
Tag 21	$1,6 \times 10^7$	$2,5 \times 10^7$	$8,3 \times 10^4$	$4,2 \times 10^4$ K. n.	$4,2 \times 10^4$	$4,0 \times 10^2$

a. Physikalische Parameter tiefgekühlter Ware

Tab. 107: physikalische Parameter tiefgekühlter Ware, V49

FKP	Karpfen		Pangasius
pH-Wert	6,25		6,69
Qualität	relativ fett, kräftige Farbgebung, gute Qualität		ziemlich blass und wässrig
Fermentation	Anfangs-pH	End-pH	Dauer
	6,1	5,4	15,5
Einfriertag	T0	T7	T14
pH-Wert	5,57	5,4	5,25
Garverlust	25 %	26,3 %	32 %

b. Mikrobiologische Parameter tiefgekühlter Ware

Tab. 108: mikrobiologische Parameter tiefgekühlter Ware, V49

	Gesamt- keimzahl	Lacto- bacillen $10^7 - 10^8$	Entero- bacteriaceae $m= 10^4$ $M= 10^5$	K. p. Staphylo- kokken $m= 10^2$ $M= 10^3$	Pseudo- monaden 10^6	Hefen / Schimmel- pilze $1,0 \times 10^3$
	im Diagramm aufgeführt		übrige Keimarten sind nicht im Diagramm aufgeführt			
Tag 0	$1,6 \times 10^7$	$3,9 \times 10^7$	$1,1 \times 10^4$	$2,2 \times 10^4$ K. n.	$1,1 \times 10^4$	$2,0 \times 10^1$
Tag 7	$2,6 \times 10^7$	$3,8 \times 10^7$	$1,3 \times 10^4$	$3,6 \times 10^4$ K. n.	$1,2 \times 10^4$	$1,0 \times 10^1$
Tag 14	$1,6 \times 10^7$	$3,8 \times 10^7$	$3,6 \times 10^4$	$3,6 \times 10^4$ K. n.	$4,0 \times 10^4$	$1,0 \times 10^1$

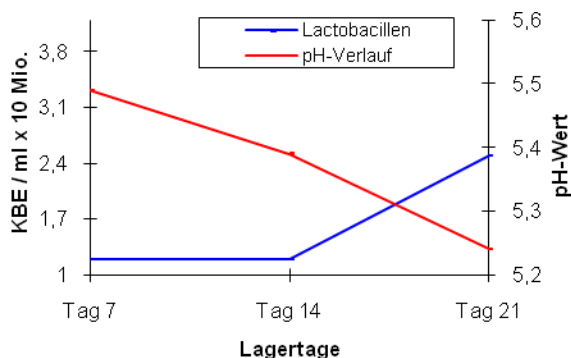
c. Relation zwischen KBE / ml (LKZ) und dem pH-Verlauf

Diagramm 50: Relation zwischen KBE / ml der LKZ und dem pH-Verlauf bei Frischeprodukten

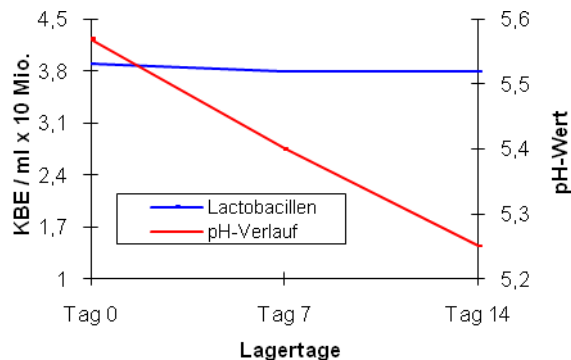


Diagramm 51: Relation zwischen KBE / ml der LKZ und dem pH-Verlauf bei TK-Produkten

Zusammenfassung

Die angegebenen Orientierungswerte für Staphylokokken beziehen sich explizit auf Koagulase positive Staphylokokken: „Von den über 30 zum Genus *Staphylococcus* zählenden Spezies besitzen die sogenannten „koagulasepositiven“ Staphylokokken die höchste krankmachende Potenz.(...) Die Bedeutung koagulasepositiver Staphylokokken liegt aus lebensmittelhygienischer Sicht in ihrer Fähigkeit, Enterotoxine zu bilden (101)“. Staphylokokken kommen auf der Haut und Schleimhaut von Menschen und Tieren vor. Die Kontamination von Lebensmitteln erfolgt daher überwiegend auf sekundärem Weg durch die Übertragung von Personen (101). Hauptvertreter der koagulasepositiven Staphylokokken ist *S. aureus*, der die meisten Lebensmittelvergiftungen durch Enterotoxine auslöst (50). Auf BP-Agar wächst *S. aureus* in Form glänzend-schwarzer Kolonien, die von einer klaren 2 - 5 mm messenden Zone umgeben sind. Andere auf dem Nährboden wachsende Staphylokokken weisen bei gleichem Aussehen der Kolonien, keinen Präzipitationshof auf. Die auf dem Nährboden gewachsenen Kolonien waren Koagulase negativ und hatten keine klare Randzone. Die ermittelten Ergebnisse sind folglich nicht mit den angegebenen Grenzwerten vergleichbar und können als unbedenklich eingestuft werden.

Aus den Messergebnissen geht hervor, dass die TK- im Vergleich zu den Frischeprodukten eine intensivere pH-Senkung erfahren und größere Garverluste haben. Trotz des recht hohen pH-Wertes

an T0, sinkt der Wert an T14 bereits auf das gleiche Niveau wie bei den Frischeprodukten an T21. In diesem Zusammenhang kann festgestellt werden, dass die Keimzahl der Lactobacillen bei den TK-Produkten deutlich höher ist. Trotz des schnell sinkenden pH-Wertes bleibt die Keimzahl über die Lagerdauer hinweg jedoch konstant. Bei den Frischeprodukten kann parallel zur pH-Senkung zumindest eine zeitverzögerte Steigerung der LKZ ab T14 beobachtet werden.

Die Gesamtkeimzahl liegt bei beiden Produkten wie erwartet über den Richtwerten. Die hohen Keimzahlen sind unter Einbezug der LKZ aber nicht als bedenklich einzustufen. Die Keimzahl der Enterobacteriaceae ist jedoch an allen Messtagen bei beiden Produktgruppen höher als in den Richtwerten angegeben. Dies deutet auf eine Kontamination über Personen, wie zum Beispiel beim Arbeiten ohne Einweghandschuhe, während des Herstellungsprozesses hin. Der Großteil der Keimzahlen der Konkurrenzflora liegt bei den TK-Produkten mit einer höheren LKZ unterhalb der Werte der Frischeprodukte. Diese Resultate bestätigen die in der Literatur beschriebene gegenseitige Beeinflussung der Bakterien untereinander.

3.6.2.4.2 Versuch 50

Vergleich der Keimzahlentwicklung von Proben mit und ohne Calciumsalze(n)

a. Physikalische Parameter

Tab. 109: physikalische Parameter V50

FKP	Karpfen		
pH-Wert	6,52		
Qualität	etwas ältere Rohware, kaum frische Farbgebung		
Fermentation	Anfangs-pH	End-pH	Dauer
mZ	6,02	5,4	13,5
oZ	6,12	5,4	14,5
Fermentation	T7	T14	T21
pH-Wert mZ	5,54	5,37	5,26
pH-Wert oZ	5,44	5,36	5,34
Garverlust mZ	15,9 %	22,4 %	26,4 %
Garverlust oZ	14,1 %	23 %	26,8 %

b. Mikrobiologische Parameter

Tab. 110: gekühlte Ware mit und ohne Calciumsalze(n) (0,2 % Calciumacetat, 0,5 % Calciumlactat) an T7

	Gesamt- keimzahl	Lacto- bacillen $10^7 - 10^8$	Entero- bacteriaceae $m= 10^4$ $M= 10^5$	K. p. Staphylo- kokken $m= 10^2$ $M= 10^3$	Pseudo- monaden 10^6	Hefen / Schimmel- pilze $1,0 \times 10^3$
mit	$6,4 \times 10^8$	$6,6 \times 10^6$	$3,0 \times 10^3$	$2,2 \times 10^4$ K. n.	$8,0 \times 10^3$	$2,5 \times 10^3$
ohne	$3,7 \times 10^8$	$1,6 \times 10^6$	$1,75 \times 10^6$	$2,9 \times 10^4$ K. n.	$2,5 \times 10^6$	$1,5 \times 10^4$

Zusammenfassung

Die Probencharge ohne Zusatzstoffe verzeichnet an Untersuchungstag 7 ein geringeres Lactobacillenwachstum und demgegenüber eine erhöhte Keimzahl an Enterobacteriaceae, an Pseudomonaden sowie an Hefen und Schimmelpilzen als die Proben mit Zusatzstoffen. Parallel dazu

sind aus den Aufzeichnungen ein höherer Anfangs-pH-Wert und eine längere Fermentationszeit erkennbar. Die pH-Senkung in der Nachreifezeit ist auch weniger ausgeprägt als bei den mZ-Proben. Durch die erhöhte Keimbelastung durch die Konkurrenzflora kommt es zu einer Wachstumsbeeinflussung der Starterkultur, was in vergleichbarer Form im Vorversuch beobachtet werden konnte. Die Proben mit Calciumsalzen haben eine weniger stark entwickelte Konkurrenzflora, wobei einzig die Keimzahl an Hefen und Schimmelpilzen über den vorgegebenen Werten liegt. Was die Hefen und Schimmelpilze anbelangt, handelt es sich entweder um bereits vorbelastete Rohware (s. Rohwarenanalyse), nicht ausreichend gereinigte Oberflächen der genutzten Utensilien oder eine Übertragung durch belastete Luft. Die ermittelten mikrobiologischen Kennzahlen deuten unter Einbeziehung der Ergebnisse des Vorversuches darauf hin, die Arbeitsabläufe im Interesse der Produktsicherheit durch geeignete Kühltemperaturen, eine gründlichere Reinigung und eine intensivere Personalhygiene zu verbessern. Die Zugabe von antimikrobiell wirksamen Zutaten wie die Calciumsalze erweist sich als zusätzliche Prozessabsicherung.

Trotz der geringeren LKZ ($LKZ = 10^6$) kommt es bei den mZ-Proben zur einer effektiven pH-Senkung in der Nachreifezeit, die nahezu identisch mit der des Vorversuches ($LKZ = 10^7$) ist. Das Verhältnis zwischen dem pH-Wert und der Entwicklung der Starterkultur scheint folglich nicht proportional zu sein.

3.6.2.4.3 Versuch 51

Keimzahlentwicklung bei einer aufgetauten TK-Probe im Laufe der Kühlagerung

a. Physikalische Parameter

Tab. 111: physikalische Parameter V51

FKP	Karpfen				
pH-Wert	pH 6,45 – 6,6,				
Qualität	2 unterschiedliche Filetsorten: - orange-rot gefärbte mit wenig Fett durchsetzte Filets - von einer weniger frischen Fleischfarbe geprägte und fettüberzogene Filets				
Fermentation	Anfangs-pH	End-pH		Dauer	
	6,01	5,5		13,5	
Untersuchungstag	T1	T3	T5	T7	T9
pH-Wert	5,60	5,59	5,45	5,31	5,36
Garverlust	21,8 %	24,8 %	28,2 %	29,9 %	30,4 %

b. Mikrobiologische Parameter

Tab. 112: Bestimmung der KBE / ml bei einer aufgetauten T0-Probe, über einen Zeitraum von 10 Tagen, V51

K3	Gesamtkeimzahl	Lactobacillen $10^7 - 10^8$
Tag 1	$9,3 \times 10^7$	$5,4 \times 10^8$
Tag 3	$1,2 \times 10^8$	$7,1 \times 10^8$
Tag 5	$1,3 \times 10^8$	$7,6 \times 10^8$
Tag 7	$3,1 \times 10^8$	$5,2 \times 10^8$
Tag 9	$8,9 \times 10^7$	$4,5 \times 10^8$

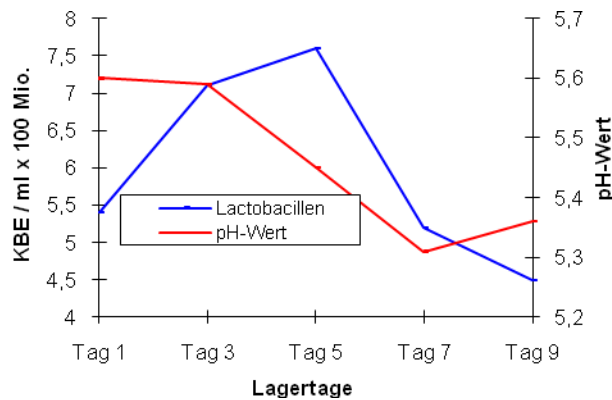


Diagramm 52: Relation KBE / ml (LKZ) / pH-Verlauf in der Nachreifezeit einer aufgetauten T0-Probe

Zusammenfassung

In diesem Versuch liegt die Keimzahl der Lactobacillen bei den aufgetauten TK-Produkten mit Werten im Bereich von 10^8 besonders hoch. Aus den Aufzeichnungen geht hervor, dass sich die Milchsäurebakterien nach dem Auftauen bis T5 vermehren, wonach es zu einer akuten Senkung der Keimzahl kommt. Die pH-Kurve spiegelt zwar das Verhältnis zwischen LKZ und Säureentwicklung wieder (höhere LKZ= intensivere pH-Senkung von T0 bis T7), weist jedoch eine zeitliche Verschiebung zu den Veränderungen des Lactobacillenwachstums auf.

3.6.2.5 Diskussion

Die Untersuchungen der Fertigware zeigen, dass die mikrobiologischen Kennzahlen in der Regel über einen Zeitraum von zwei bis drei Wochen relativ konstant bleiben. Bei Einhaltung einer guten Herstellungspraxis, einer Verbesserung der Arbeitsabläufe und der Verarbeitung mikrobiell unbelasteter Rohware sollte es möglich sein, beständig unterhalb der von der DGHM vorgegebenen Grenzwerte zu bleiben. Im Vergleich zu Frischfischerzeugnissen kann bei den fermentierten Erzeugnissen eine längere Haltbarkeit vergeben werden, so dass das sensorisch festgelegte Verbrauchsdatum von 10 – 12 Tagen auch mikrobiologisch bestätigt werden kann. Fortführende Untersuchungen haben ergeben, dass die Zugabe von Genussäurensalzen mit antimikrobieller Wirkung eine vorzeitige Überhöhung bestimmter Keimarten verhindert. Proben ohne Zusatzstoffe hatten bereits nach einer Woche erhöhte Keimzahlen an Pseudomonaden, Enterobacteriaceen sowie Hefen und Schimmelpilzen. Auf die Zugabe von antimikrobiell wirksamen Zusätzen wie Genussäurensalze oder Nitritpökelsalz sollte im Sinne der mikrobiologischen Stabilität der Produkte daher nicht verzichtet werden. Eine mikrobiologische Untersuchung gepökelter Produkte fehlt im Rahmen dieser Versuchsreihe und sollte unbedingt nachgeholt werden, um die sensorisch empfundene Haltbarkeit von ≥ 3 Wochen mikrobiologisch abzusichern.

Die Bewertung der Gesamtkeimzahl kann bei den mit Milchsäurebakterien angereicherten Produkten nur im Zusammenhang mit der Keimzahl der Lactobacillen erfolgen. Da ein Teil der fakultativ anaeroben Lactobacillen sich auch bei der aeroben Bebrütung vermehrt, liegt die Zahl der KBE / ml der Gesamtkeimzahl stets weit über den vorgegebenen Grenzwerten.

Die Keimzahl der Lactobacillen ist bei den TK-Produkten wie erwartet höher als bei den Frischeprodukten. Der Gefrier- und Auftauprozess führt zu einem verstärkten Wachstum der Milchsäurebakterien, was bereits unmittelbar nach dem Auftauen erfassbar und wie folgt zu erklären ist: beim Gefrierprozess werden 60 – 90 % der Frischfischflora vernichtet. Während der Lagerung bei Temperaturen $< 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ vermindert sich der Anteil der noch lebenden Mikroorganismen weiter, wobei der Großteil während der ersten Phase der Lagerzeit abgetötet wird (62). Im Temperaturbereich von -2 bis $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ liegt das Maximum der Reaktionsgeschwindigkeit qualitätsmindernder Prozesse während des Einfrierens. Das auskristallisierbare Wasser beginnt bei $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ zu gefrieren und ist bei $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ zu 80 % erstarrt. Erst bei $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ sind 100 % des auskristallisierbaren Wassers gefroren. Beim Auftauen kommt es im Zuge der Zell- und Membranzerstörung zu einem Ansteigen der enzymatischen Aktivität, die mit der Ausbreitung von Enzymen, Substraten und Aktivatoren verbunden ist. Die erhöhte Substratkonzentration in der sich langsam erweiternden flüssigen Phase wirkt wachstumsfördernd und führt zu einer Steigerung der mikrobiellen Stoffwechselaktivität (3).

Das Verhältnis zwischen pH-Wert und LKZ ist erkennbar aber nicht portional: die pH-Kurve weist zumeist zeitliche Verzögerungen in Bezug auf den Verlauf der LKZ und sinkt bzw. steigt unverhältnismäßig. Darüberhinaus konnte bei Produkten mit Lactobacillenkeimzahlen, die eine Zehnerpotenz auseinander lagen, ein nahezu identischer pH-Wert-Verlauf erfasst werden. Die unterschiedliche Entwicklung des pH-Wertes ist vermutlich auf die Pufferkapazität des Muskelfleisches und chemische Reaktionen im Medium zurückzuführen. Das Wachstumsstadium der Milchsäurebakterien kann daher nicht unmittelbar vom pH-Wert abgeleitet werden. Hinzukommt, dass die Produktion von Milchsäure zeitversetzt zur Keimvermehrung erfolgt: das Maximum an gebildeter Säure wird nicht etwa in der exponentiellen, sondern erst in der späten stationären Phase erreicht (69).

Bei aufgetauten und kühlgelagerten T0-Proben steigt die Keimzahl der Milchsäurebakterien über einen Zeitraum von 5 Tagen an und sinkt im Anschluss wieder ab. Solang sich die Lactobacillen im Medium vermehren, wird die Konkurrenzflora gehemmt und die Gefahr für den Verbraucher reduziert. Im Sinne der sensorisch vergebenen Haltbarkeit sollten aufgetaute Produkte allerdings innerhalb von 2 bis maximal 3 Tagen verzehrt werden.

3.7 Versuchsteil 5

Weiterentwicklung der Grundprodukte

In Zusammenarbeit mit den am Forschungsprojekt beteiligten Studenten wurden Weiterentwicklungs- und Zubereitungsmöglichkeiten der Grundprodukte erarbeitet.

3.7.1 Veredelung der Premiumprodukte

Der Bereich „Premiumprodukte“ umfasst Produkte mit Rohfischcharakter wie den Premiumschinken und den Premiumaufschnitt.

Zur Veredelung dieser Erzeugnisse wurden die traditionellen Herstellungsverfahren von Räucher- und Gravedlachs herangezogen und auf die Produkteigenschaften abgestimmt. Bei den rohfischartigen Lachsprodukten erfolgt der Reifeprozess durch eine Trocken-, Laken- oder Injektionssalzung („Salzgarung“) mit einem anschließenden Räucherprozess oder in Verbindung mit einer Mischung aus Dill, Gewürzen und Zucker. Da die Premiumprodukte bereits einen ausreichenden Salzanteil enthalten und säuregereift sind, erfolgt der Veredelungsschritt im Anschluss an die Fermentation. Die Entwicklung der Rezepturen und der Räucherverfahren wurden im Rahmen der Staatsexamensarbeiten von KABITZSCH (98) sowie von SCHWINGER und PHILIPPEIT (102) erarbeitet.

3.7.1.1 Kalträuchern der Premiumprodukte

Der Prozess des Kalträucherns erfolgt in vier Stufen. Zunächst wird der Premiumschinken-/ Aufschnitt in zwei Schritten vorgetrocknet. Hierbei verdunstet die Feuchtigkeit auf der Oberfläche des Produktes und die Rauchaufnahme wird verbessert. Im Anschluss daran wird das Erzeugnis in drei Stufen mit Rauch unterschiedlicher Dichte beaufschlagt. Durch die Kondensation des Rauches zwischen den einzelnen Schritten, kann der Räucherschrank während des Prozesses geöffnet und die Produkte begutachtet werden. Die Prozessdauer dieses Verfahrens beträgt 150 Minuten (98).

Tab. 113: Kaltrauchverfahren 1 (98)

Schritt	Teilprozess	Zeit in min.	Kammertemperatur in °C	Kerntemperatur in °C
1	Vortrocknen	30	20	
2	Vortrocknen	30	25	10,8
3	Räuchern, Rauchdichte 79	15	25	
4	Rauch kondensieren	05	30	19,3
5	Räuchern, Rauchdichte 89	30	30	
6	Rauch kondensieren	05	30	24,2
7	Räuchern, Rauchdichte 89	30	30	
8	Rauch kondensieren	05	30	26,6

Das von KABITZSCH verwendete 4-stufige Kaltrauchverfahren führt zwar zu einer schönen goldbraunen Farbgebung, verleiht den Produkten jedoch ein zu mildes Raucharoma. Infolgedessen wird der Kaltrauchprozess neu gestaltet.

Tab. 114: Kaltrauchverfahren 2

Schritt	Teilprozess	Zeit in min.	Kammertemperatur in °C
1	Vortrocknen	60	20
2	Vortrocknen	15	25
3	Räuchern, Rauchdichte 89	30	25
4	Rauch kondensieren	05	25
5	Trocknen	10	25
6	Räuchern, Rauchdichte 89	30	25
7	Rauch kondensieren	05	25
8	Trocknen	10	25
9	Räuchern, Rauchdichte 89	30	29
10	Rauch kondensieren	10	29
11	Trocknen	05	29

Bedingt durch die um 50 Minuten längere Prozessdauer mit zwischengeschalteten Trocknungsschritten und verlängerter Räucherphase kann die Rauchbeaufschlagung verbessert werden. Die mit dem Kaltrauchverfahren 2 geräucherten Produkte überzeugen mit einer intensiveren goldbraunen Farbgebung und einem kräftigeren Raucharoma. Der Masseverlust der kaltgeräucherten Produkte liegt zwischen 5 bis 7 % (98).



Abb. 80: kaltgeräucherter Premiumschinken aus K3 mit NPS



Abb. 81: kaltgeräucherter Premiumschinken aus Karpfen und Pangasius mit NPS



Abb. 82: kaltgeräucherter Premiumaufschnitt mit NPS (102)

3.7.1.2 Warmräuchern der Premiumprodukte

Als Alternative zum Kaltrauchverfahren werden die Produkte zunächst heißgeräuchert. Im Vergleich zum Kalträuchern bildet das Heißrauchverfahren einen komplexeren Rauch-Trocknungs-Prozess: durch die höheren Temperaturen werden die Proteine im Fischmuskel denaturiert und verlieren ihr originales Wasserbindevermögen. Um eine Erweichung der Textur zu verhindern, wird die freiwerdende Gewebsflüssigkeit durch zusätzliche Trocknungsschritte aus dem Produkt entfernt.

Durch die Verhärtung und Verharzung der Oberfläche gelingt es bei den Premiumprodukten nicht, den Flüssigkeitsanteil im Innern in ausreichendem Maß zu reduzieren. Die heißgeräucherten Produkte haben eine feste, ledrige Außenhaut und waren im Kern deutlich zu weich bzw. „zerkocht“. Die Farbgebung und das Raucharoma sind im Vergleich zum Kaltraucharoma jedoch intensiver und sehr appetitanregend. Um eine vergleichbare Farbgebung und Rauchnote zu erzielen und die textuellen Eigenschaften zu verbessern, sollen die Produkte im nächsten Schritt warmgeräuchert werden.

Aufgrund der Tatsache, dass Fischeiweiß bereits ab Temperaturen von 45 °C koagulierte, wird die maximale Kammertemperatur so eingestellt, dass Kerntemperaturen zwischen 40 und 45 °C erreicht wurden. Die Prozessdauer beträgt 195 Minuten (98).

Tab. 115: Warmrauchverfahren (98)

Schritt	Teilprozess	Zeit in min.	Kammertemperatur in °C	Kerntemperatur in °C
1	Vortrocknen	25	20	
2	Vortrocknen	25	25	
3	Vortrocknen	15	30	15,4
4	Räuchern, Rauchdichte 79	15	30	
5	Rauch kondensieren	05	38	20,5
6	Trocknen	10	38	
7	Räuchern, Rauchdichte 83	15	38	
8	Rauch kondensieren	05	45	
9	Trocknen	10	52	
10	Räuchern, Rauchdichte 89	15	52	
11	Rauch kondensieren	05	52	33,3
12	Trocknen	10	52	38,8
13	Räuchern, Rauchdichte 89	15	52	
14	Rauch kondensieren	05	52	38,8
15	Trocknen	20	52	41,2

Die Verfahrensführung des Warmräucherprozesses ermöglicht es, die textuellen Eigenschaften sowie die ansprechende Farbgebung und das kräftige Raucharoma eines optimal heißgeräucherten Produktes mit einem Masseverlust von 10 – 12 % zu erzielen.



Abb. 83: warmgeräucherter K3-Schinken im Block



Abb. 84: warmgeräucherter K3-Schinken aufgeschnitten

3.7.1.3 Beizen des Premiumschinkens

In Anlehnung an die Herstellung von Gravedlachs werden die fermentierten Filetblöcke gebeizt.

Tab. 116: Rezeptur der Beize (98)

Zutaten	Menge
Kristallzucker	1,0 kg
Kochsalz	0,5 kg
Lorbeerblätter, getrocknet	20 Stk
Senfsaat	50 g
Piment, gestoßen	10 g
Pfeffer weiß, gestoßen	50 g
Dillspitzen, getrocknet	5 g / Block

Nach der Herstellungstechnologie von Kabitzsch werden zunächst die Zutaten mit Ausnahme der Dillspitzen vermischt. Die ausgepackten und in Gastro-Norm Behälter gelegten Filetblöcke werden auf der Oberfläche gleichmäßig mit den getrockneten Dillspitzen bestreut und im Anschluss daran ca. 1 cm hoch mit Beize bedeckt. Der Schinken wird abgedeckt und für 48 Stunden im Kühlschrank gebeizt. Nach dem Beizprozess wird die Würzmischung unter fließendem Wasser soweit abgewaschen, dass noch ausreichend Dill auf dem Produkt verbleibt.

Der in der Beize enthaltene Zucker bietet den Lactobacillen eine zusätzliche Nährstoffquelle, was zu einer Erhöhung der Stoffwechselaktivität führt. Infolgedessen sinkt der pH-Wert des Produktes auf pH 5,2. Das würzig-süße Aroma überdeckt jedoch die Säurenote, so dass die Erzeugnisse wenig sauer sondern vielmehr aromatisch schmecken. Der Masseverlust beträgt bei den gebeizten Produkten 12 – 15 % und liegt somit über dem der heißgeräucherten Ware (98).



Abb. 85: gebeiztes Premiumprodukt mit NaCl (103)

3.7.2 Zubereitungsmöglichkeiten der FK-Produkte

3.7.2.1 Zubereitungsarten der FK-Produkte

Die Zubereitungsvarianten der FK-Produkte sind vielfältig: die FKP-Medaillons können sowohl gedünstet oder gebraten als auch paniert oder mehliert zubereitet werden. Panierte und gebratene Scheiben



Abb. 87: gedünstete Medaillons (102)

schmecken jedoch besser als gedünstete Medaillons, da es beim Braten und Ausbacken zu Maillard-Reaktionen kommt. Die entstandenen Maillard-Produkte lassen die gebratenen Medaillons

farblich ansprechender aussehen und aromatischer schmecken. Durch eine zusätzliche Panade und das Ausbacken bei höheren Temperaturen wird die Produktoberfläche vorzeitig verschlossen, so dass die Gewebsflüssigkeit im Medaillon verbleibt und die Textur saftiger ist.



Abb. 86: gebratene und mehlierte Medaillons (102)

3.7.2.2 Verarbeitung der F-Sorten F3, F4 und F5

Das Karpfenfilet wird bei der Fischwertsortierung in sechs F-Sorten zerlegt, mit dem Ziel, die einzelnen Filetabchnitte in Anhängigkeit von der Fleischbeschaffenheit verarbeiten zu können. Die hochwertigen F-Sorten F1 und F2 werden hierbei vollständig verwendet. Minderwertigere F-Sorten wie die grätenreichen Teile F4 und F5 oder der rote Seitenmuskel F3 können hingegen nur zu einem gewissen Prozentsatz als feinstzerkleinerter Farceanteil mit verarbeitet werden.

Für die übrig gebliebenen F3-, F4- und F5-Anteile werden deshalb alternative Verwendungsmöglichkeiten gesucht. Zur Zerstörung der Zwischenmuskelgräten und zur Erzeugung einer brätartigen Fischmasse werden die F-Sorten F3, F4 und F5 mit der S3 bzw. der S8-Scheibe vorzerkleinert. Im Anschluss daran wird das farceartige Brät mit den Zutaten für die Fermentation versetzt, in große PE-Beutel gefüllt und zu ca. 1 cm hohen Blöcken geformt. Die fertig fermentierten Fischblöcke können in unterschiedlich große Stücke geschnitten und anschließend zubereitet werden. Durch den hohen Zerkleinerungsgrad geht die myomerenartige Struktur zwar verloren, da die übrig gebliebenen Fischanteile aber effektiv verarbeitet werden müssen, um die FK- und Premiumprodukte nicht zu überteuern, ist der Strukturverlust in diesem Fall weniger ausschlaggebend als die Weiterverwendung. Die hackfleischähnlichen Erzeugnisse können als FK-Produkte zweiter Klasse preisgünstiger angeboten werden und helfen somit, die Preise für die hochwertigen Produkte marktgängig zu gestalten.



Abb. 88: Blockbrät mit Trockengemüse (links) und ohne Gemüseeinlage (rechts)



Abb. 89: panierte Karpfensticks mit Trockengemüse



Abb. 90: panierte und gebratene Karpfensticks mit und ohne Trockengemüse

3.7.3 Weiterentwicklung der FK-Produkte

Als Weiterentwicklung der FK-Produkte wurden von WITTIG (104) und HEINIG (105) zwei Erzeugniskategorien entworfen, von denen die eine zum rohen Verzehr und die andere zum Garen gedacht ist. Beide Produktarten sind gefüllt bzw. gerollt und enthalten neben dem Hauptbestandteil Karpfen als Hüllmasse eine variable zu gestaltende Füllung, die sowohl aus Gemüse als auch aus Fisch bestehen kann und mit Würzstoffen versetzt ist.

3.7.3.1 Herstellung von Karpfenröllchen und -rouladen

Der Herstellung von Karpfenröllchen und Karpfenrouladen sind zwei Fülltechnologien zu Grunde gelegt:

1. Manuelle Herstellung mit der „Sushi-Technologie“ (105)

Bei der manuellen Vorgehensweise wird die Hüllmasse in Anlehnung an die Sushi-Herstellung auf einer mit Frischhaltefolie bedeckten Bastmatte verteilt. Die Füllung wird je nach Produktspezifikation auf die Hüllmasse aufgetragen. Mit Hilfe der Folie können die Massen nun zusammengerollt und im Anschluss daran an beiden Seiten mit der Clipmaschine verschlossen werden.

Röllchen:

Die Füllung wird zu einer Rolle geformt und in den unteren Randbereich der ausgebreiteten Mantelmasse gelegt. Im aufgeschnittenen Produkt hebt sich der Füllkern deutlich von der Mantelmasse ab.

Rouladen:

Die Füllung wird auf der Mantelmasse ausgebreitet. Beide Lagen werden anschließend zusammengerollt. Im aufgeschnittenen Produkt ist der schneckenförmige Verlauf von Mantel und Füllung deutlich zu erkennen.

2. Maschinelle Herstellung von Röllchen mit der Füllrohrtechnologie (104), (105)

Die Füllrohrtechnologie stammt von einem Patent von Mladek aus dem Jahr 1966 (Vorrichtung zur Überführung von Zerkleinerten und breiigen Massen, insbesondere von Gehacktem, in einen kreisförmigen Raum. Amt für Patente und Erfindungen Prag 15.01.1966). Das Grundprinzip der Füllköpfe der Firma VEMAG ist ein kleineres Rohr (Füllrohr), welches zentriert in einem größeren Rohr (Mantelrohr) liegt. „Die Fleischmassen werden separat von den jeweiligen Füllmaschinen angeliefert und im Füllrohr weiter getrennt geleitet, bis sie in der ummantelten Form in den formstabilisierenden Kunstdarm austreten. In Anlehnung an dieses Wirkprinzip lassen sich Koextrusionsköpfe mit geringem finanziellen Aufwand selber fertigen, wie in früheren Forschungsprojekten im Fachbereich gezeigt wurde (105).“ Karpfenrouladen sind mit dieser maschinellen Technologie nicht herstellbar.

Herstellung der Mantelmasse

Tab. 117: Rezeptur zur Herstellung der Mantelmasse aus Karpfen (104), (105)

Mantel	Konzentration
Karpfenstreifen	90 %
Karpfenfarce	10 %
Gesamtmasse	100 %
Zutaten	Konzentration
Starterkultur	4 ml / kg
Glucose	0,8 %
Kochsalz	1,3 %
Natriumacetat	0,125 %



Abb. 91: Heringsröllchen mit Spinat (105)

Herstellung der Füllmasse**a. Hering-Trockengemüse-Röllchen**

Tab. 118: Rezeptur zur Herstellung der Füllmasse für Hering-Trockengemüse-Röllchen (104)

Füllung	Konzentration
Heringsfiletstreifen (0,5cm-Streifen)	80 %
Karpfenfiletfarce	10 %
Paniermehl	5,0 %
Trockengemüse	5,0 %
Gesamtmasse	100 %
Zutaten Füllung	Konzentration
Starterkultur LC 1	4 ml / kg
Glukose	0,8 %
Kochsalz	1,3 %
Natriumacetat	0,125 %

b. Mint-Paprika-Röllchen

Tab. 119: Rezeptur zur Herstellung der Füllmasse für Mint-Paprika-Röllchen (104)

Füllung	Konzentration
Mintstreifen (0,5cm-Streifen)	85 %
Mintfarce	10 %
Semmelmehl	5,0 %
Gesamtmasse	100 %
Zutaten Füllung	Konzentration
Starterkultur LC 1	4 ml / kg
Glukose	0,6 %
Kochsalz	1,3 %
Natriumacetat	0,1 %
Paprika, rot	1,2 %
Thymian	0,1 %
Paprikapulver süß	0,3 %
Pfeffer	0,2 %
Knoblauch	0,15 %

c. Hering-Spinat-Röllchen

Tab. 120: Rezeptur zur Herstellung der Füllmasse für Hering-Spinat-Röllchen (105)

Füllung	Anteil
Heringsstreifen (0,5cm-Streifen)	84 %
Karpfenfarce	10 %
Paniermehl	6,0 %
Gesamtmasse	100 %
Füllung	Anteil
Spinat	30 % Gemüseanteil (bei 70 % Fischanteil)
Zutaten	Konzentration
Starterkultur LC 1	4 ml / kg
Glukose	0,8 %
Kochsalz	1,3 %
Natriumacetat	0,125 %
Spinat	30 % auf die Fischmasse bezogen

3.7.3.2 Herstellung von Karpfen-Sushi

Die Herstellung von sogenanntem Karpfen-Sushi basiert auf der Röllchentechnologie. Aufgrund des ausgeprägten Säuregeschmacks der Endprodukte bei der Verarbeitung von Reis und Erbsen als Gemüsefüllung, wird die Füllung durch ein Noriblatt vom Karpfenmantel getrennt. Die Entwicklung der Säurenote kann dadurch effektiv reduziert werden. Zu diesem Zweck wird die Reis-Erbsen-Masse in ein Noriblatt eingeschlagen, auf die Karpfenmasse gelegt und mit der Sushi-Technologie zu Röllchen geformt. Dieses hochwertige Produkt lässt sich in leicht angefrorenem Zustand als Carpaccio aufschneiden und kann im Rohzustand als raffiniertes Premiumprodukt angeboten werden.

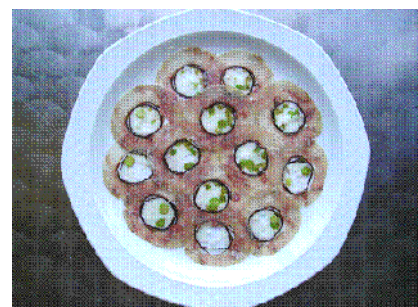


Abb. 92: Karpfen-Sushi als Carpaccio (105)

Tab. 121: Rezeptur zur Herstellung der Füllmasse
Karpfen-Sushi (105)

Füllung	Anteil
Sushi-Reis	61 %
Erbsen grün	30 %
Paniermehl	9,0 %
Kochsalz	1,5 % von der Gesamtmasse
Pfeffer	0,1 % von der Kernmasse

3.8 Berechnung des Rohwareneinsatzes für die Grundprodukte

Der Berechnung des Rohwareneinsatzes sind folgende Preise zugrunde gelegt:

Tab. 122: Preise für Filetware 2009 (in Abhängigkeit von der Abnahmemenge auch preisgünstiger)

2009	Afrik. Wels	Butterfisch	Karpfen	Pangasius	Rotbarsch
ca. Preis pro kg Filet	4,25 €	5,40 €	7,00 €	2,90 € (inkl. 20 % Glasur), d.h. 3,62 €	3,65 €

Sofern die Filets nicht zusätzlich beschnitten werden müssen, kann der angegebene Preis mit in die Berechnung einfließen.

Tab. 123: Anteilmäßige Verteilung des Rohwarenpreises

F-Sorte	Karpfen	preismäßiger Anteil bei vollständiger Verwertung (in €)	Afrikanischer Wels	preismäßiger Anteil bei vollständiger Verwertung (in €)
F1	23,0 %	1,61		
F2	12,0 %	0,84		
F3 (roter Seitenmuskel)	16,0 %	1,12	10,0 %	0,425 €
F4	27,0 %	1,89		
F5	9,0 %	0,63		
F6	13,0 %	0,91		
	100 %	7,00 €		

Bei Fischarten wie dem Afrikanischen Wels oder dem Karpfen, bei denen der rote Seitenmuskel bzw. die gräten- und fettreichen Teile entfernt werden sollten, ändert sich der Kilopreis jedoch. Zieht man die nicht weiterverwertbaren Anteile ab, steigt der Kilopreis der verarbeiteten F-Sorten dementsprechend an. Davon ausgehend, dass die Produkte aus sensorischen und logistischen Gründen nur möglichst kurzzeitig zwischengelagert werden können, ist die Erweichung der Gräten über die Lagerdauer hinweg ausgeschlossen. Dies ist besonders für die FK-Produkte von Bedeutung, da der Grätenanteil nur begrenzt durch eine mechanische Vorzerkleinerung zu Feinfarce reduzierbar ist. Hinzukommt, dass die Gräten nicht wie bei den Premiumprodukten durch das Aufschneiden in dünne Scheiben unkenntlich gemacht werden können. Daher sollte zur Herstellung von FK-Produkten in jedem Fall eine Fischwertsortierung vorgenommen werden.

Werden sämtliche F-Sorten bis auf F1 und F2 verworfen, teilt sich der Kilopreis auf die beiden Edelfischteile auf. Der Warenwert ändert sich wie folgt:

Tab. 124: Umlage des Rohwarenpreises auf F1 und F2

F-Sorte	Karpfen	Gesamtanteil	Verteilung auf 100 %
F1	23,0 %	35 %	65,7 %
F2	12,0 %		34,3 %
Hochrechnung auf 100 % bei einem Filetpreis von 7,00 €		20,00 € / kg	

Bei Afrikanischem Wels steigt der Rohwarenpreis verhältnismäßig weniger an:

Tab. 125: Anteilmäßige Verteilung des Rohwarenpreises bei Afrikanischem Welsfilet

Afrikanischer Wels 90 % verwertbarer Anteil ohne roten Seitenmuskel	
Hochrechnung auf 100 % bei einem Filetpreis von 4,25 €	4,72 € / kg

Wird ein Farceanteil von 10-, 15- und 20 % aus F3, F4 oder F5 mit verarbeitet, ändert sich der Kilopreis für das reine Karpfenprodukt erneut:

Tab. 126: Reduzierung des Preises durch Verarbeitung unterschiedlicher Farceanteile

F-Sorte	Kilopreis	Anteil		Kilopreis
F1 / F2	20,00 € / kg bei 100 %	F3 / F4 / F5	F1 / F2	
F3 / F4 / F5	0,00 € / kg bei 100 %	10 %	90 %	18,00 €
		15 %	85 %	17,00 €
		20 %	80 %	16,00 €

Durch das Ersetzen des Karpfenanteils inklusive 20 % Feinfarce mit 40 % Fremdfisch, können die Preise effektiv gesenkt werden:

Tab. 127: Reduzierung des Preises durch Verarbeitung eines Fremdfischanteils von 40 %

	Pangasius	Afrikanischer Wels
Preis / kg	3,62 €	4,72 €
40 %	1,45 €	1,89 €
40 % Karpfenanteil	8,00 €	8,00 €
20 % Farceanteil	0,00 €	0,00 €
Kilopreis	9,45 €	9,89 €

Für ein Premiumprodukt mit und ohne Fremdfischanteil sind Rohwarenpreise im Bereich von 9 bis 18 Euro deutlich zu hoch. Um die Preise weiter zu senken, sollten die grätenreichen Teile F4 / F5 vollständig mitverarbeitet werden. Die Feinfarce sollte in diesem Fall aus F3 hergestellt werden und anteilmäßig möglichst hoch sein. Bei rohfischartigen Aufschnittprodukten können die Gräten von F4 / F5 durch das Schneiden in sehr dünne Scheiben auf ein nicht spürbares Maß gekürzt werden. Hierzu müssen die Produkte vor dem Aufschneiden aber herunter gekühlt werden:

Tab. 128: Reduzierung des Preises durch Verarbeitung der grätenreichen Teile und unterschiedlicher Farceanteile

F-Sorte	Anteil von 100 %		Preis / kg
F1 / F2 / F4 / F5	71 %		9,85 €
F3	100 %		0,00 €
	F3	F1, F2, F4, F5	
Farceanteil aus F3	10 %	90 %	8,87 €
	15 %	85 %	8,37 €
	20 %	80 %	7,88 €

Ein Rohwarenpreis von ca. 8 Euro ist für ein reines Karpfenprodukt durchaus akzeptabel.

Wird ein Teil der Karpfenmasse durch einen Fremdfischanteil ersetzt, können die Preise noch weiter gesenkt werden:

Tab. 129: Preissenkung durch Verarbeitung der grätenreichen Teile, 20 % Feinfarce und 40 % Fremdfischanteil

	Pangasius	Afrikanischer Wels
Preis / kg	3,62 €	4,72 €
40 %	1,45 €	1,89 €
40 % Karpfenanteil aus F1, F2, F4, F5 (9,58 €)	3,83 €	3,83 €
20 % F3-Farce (0,00 € / kg)	0,00 €	0,00 €
Kilopreis	5,28 €	5,72 €

Für ein Premiumprodukt mit und ohne Fremdfischanteil ist ein Rohwareneinsatz im Bereich von 5 bis 8 Euro durchaus wirtschaftlich. Zur Herstellung von Premium-Schinkenprodukten aus Karpfen werden ganze Filets verwendet, bei denen das Unterhautfett und Teile des roten Seitenmuskels entfernt werden. Der Verschnitt des Seitenmuskels wird zu ca. 10 % Feinfarce verarbeitet. Der Rohwareneinsatz errechnet sich hierzu wie folgt:

Tab. 130: Rohwarenpreis für Premium-Karpfenschinken

F-Sorte	Anteil		
F6	0,00 %		
F3	6,00 % Rest (ca. 10 % entfernt)		
F1, F2, F4, F5	71,00 %		
Summe	77,00 %		9,09 €
F3-Farce	10 %		0,00 €
	F3	F1, 2, 4, 5	Summe
	10 %	90 %	100 %
	0,00 €	8,18 €	8,18 €

Für die FK-Produkte, die günstiger als die Premiumprodukte sein sollen, ist eine Preislage von > 7 Euro zu hoch. Insofern muss der Fremdfischanteil erhöht werden werden:

Tab. 131: Preissenkung durch Verarbeitung der grätenreichen Teile, 20 % Feinfarce und 60 % Fremdfischanteil

	Pangasius	Afrikanischer Wels
Preis / kg	3,62 €	4,72 €
60 %	2,17 €	2,83 €
	Karpfen	
20 % Karpfenanteil aus F1 / F2 (20,00 € / kg)	4,00 €	4,00 €
20 % F3/F4/F5-Farce (0,00 € / kg)	0,00 €	0,00 €
	Summe	
Preis / kg	6,17 €	6,83 €

Da der Rohwarenpreis für die FK-Produkte nach wie vor recht hoch ist, sollte zur weiteren Preissenkung aus den grätenreichen Abschnitten F4 und F5 sowie aus dem roten Seitenmuskel 'Karpfensticks' hergestellt werden. Bei diesen Produkten sind die Gräten durch entsprechende mechanische Vorzerkleinerung unkenntlich gemacht s. Kap. 3.7. Bei einer vollständigen Verwertung der F-Sorten kommt es zu folgenden Ergebnissen:

Tab. 132: Preisverteilung bei Verarbeitung der verwertbaren F-Sorten

	Anteil	Preis / kg
Filetpreis abzüglich 13 % F6-Abschnitte	87,00 %	8,04 €
53%-Anteil aus F3 / F4 / F5 von 87 % Gesamtmasse	59,77 %	8,04 €
35%-Anteil aus F1 / F2 von 87 % Gesamtmasse	40,23 %	8,04 €

Eine Mitverarbeitung von F3, F4 und F5 führt zu einer deutlichen Senkung des Rohwarenpreises. Da aber erstens nicht davon auszugehen ist, dass die FK-Produkte zu einem geringeren Anteil als die Karpfensticks hergestellt werden und zweitens der Rohwarenpreis für die Karpfensticks im Vergleich zu den FK-Produkten noch zu hoch ist, sollte die anteilmäßige Verteilung neu gestaltet werden. Zur Erzeugung von FK-Produkten mit 60 % Fremdfischanteil sowie F1 und F2 als Karpfenanteil und F3 und F5 als Farceanteil, bleibt F4 zur Herstellung von Karpfensticks. Die Anteile sind wie folgt aufgeteilt:

Tab. 133 bis 135: Preisberechnung und anteilmäßige Produktverteilung bei der Verarbeitung aller verwertbaren F-Sorten mit einem Fremdfischanteil von 60 %

	F1 + F2	F3 + F5	FF	F4
Anteil vom Filet	35 %	25 %		27 %
in Gramm auf 1 kg berechnet	350 g (23 % Karpfenanteil)	250 g (17 % Farce)		270 g
Anteil im FK-Produkt	600 g = 40 %		60 %	
Anteilmäßige Massen	600 g		900 g	270 g
Summe	1770 g = 100 %			
Prozentuale Verteilung	1500 g = 84,75 %			270 g = 15,25 %

Tab. 134

	Anteil	Preis / kg
Filetpreis abzüglich 13 % F6-Abschnitte	87,00 %	8,04 €
35%-Anteil aus F1 + F2 von 87 % Gesamtmasse	40,23 %	Entsprechend des Preises für die Karpfensticks steigt der Preis für die Medallions: 10,31 €
25%-Anteil aus F3 + F5 von 87 % Gesamtmasse	28,7 %	
27%-Anteil aus F4 von 87 % Gesamtmasse	31,03 %	Festlegung für Karpfensticks z. B. = 3,00 €

Tab. 135

	Karpfen	Pangasius	Afrik. Wels
Anteil	40 %	60 %	60 %
Preis / kg	10,31 €	3,62 €	4,72 €
Anteilmäßiger Preis	4,12 €	2,17 €	2,83 €
Rohwarenpreis FK-Produkt		6,30 €	6,95 €

Durch die Kombination der Fischarten, eine möglichst vollständige Verwertung der F-Sorten und die Zusammenstellung eines variierbaren Produktsortiments können die Rohwarenpreise gesteuert werden. Je nach Produktkategorie können so unterschiedliche Preise erreicht werden, wobei sich der hohe Rohwarenpreis des Karpfens erst bei dem Segment der Premiumprodukte rechnen wird: im Kühl- und Frischebereich können mit entsprechendem Veredelungsgrad höhere Verkaufspreise erzielt werden als im Bereich der TK-Produkte. Daher sollten FK-Produkte nach Möglichkeit nicht aus

Karpfen, sondern aus Fischen mit einem geringeren Rohwarenpreis hergestellt werden. Betrachtet man hingegen den Sektor der Rohwürste und -schinken, ist im Verhältnis dazu eine Verarbeitung von 100 % Karpfenfilet durchaus denkbar.

Tab. 136: Rohwarenpreise für Premiumprodukte

Premium- produkte	Karpfen- schinken (10 % Farce)	Karpfen- aufschnitt (20 % Farce)	Pangasius- schinken (10 % Farce)	Aufschnitt mit 40 % FF-Anteil (20 % Farce)	Aufschnitt mit 60 % FF-Anteil (20 % Farce)
Rohwaren- einsatz / kg	8,18 €	7,88 €	3,72 €	5,28 € – 5,72 €	4,22 € - 4,82 €

Tab. 137: Rohwarenpreise für FK-Produkte

FK- Produkte	FK-Produkt aus 100 % Karpfen (20 % Farce)	FK-Produkt 40 % FF-Anteil (20 % Farce)	FK-Produkt mit 60 % FF- Anteil (20 % Farce)	FK-Produkt mit 60 % FF-Anteil und Restverwertung zu Karpfensticks im Verhältnis von 84:16 Anteilen	FK-Produkt aus 100 % Pangasius (10 - 20 % Farce)
Rohwaren- einsatz / kg	16,00 €	9,45 – 9,89 €	6,17 - 6,83 €	6,30 – 6,95 €	3,62 €

Der Vergleich der Preise zeigt, dass gerade die preisgünstig zu gestaltenden FK-Produkte kostenintensiver werden als die Premiumprodukte. Das liegt in erster Linie daran, dass die Produkte praktisch grätenfrei sein sollen. Um die sensorisch tolerierbare Haltbarkeit von 7 – 10 Tagen bei zum Garen gedachten Erzeugnissen überhaupt ausnutzen zu können, müssen die Produkte so schnell wie möglich verzehrfähig sein. Da die Gräten innerhalb eines kurzen Zeitraumes aber nicht weich werden und ein zu hoher Zerkleinerungsgrad den Rohfischcharakter zerstört, muss eine Fischwertsortierung vorgenommen werden. Aufgrund der nicht vollständigen Verarbeitung der grätenreichen Teile, steigt der Rohwarenpreis der eingesetzten F-Sorten.

Bei den Premiumprodukten können, sofern die Produkte in dünne Scheiben geschnitten und verpackt weiterverkauft werden, auch die grätenreichen Teile mitverarbeitet werden, wodurch es zu entsprechend günstigeren Rohwarenpreisen kommt.

4 Auswertung

Die Vorgabe, zwei reproduzierbare Grundprodukte mit Rohfischcharakter auf der Basis von Karpfenfilet zu entwickeln, die als Convenience-Erzeugnisse in rohem und gegartem Zustand auf vielfältige Weise zuzubereiten sind, konnte in die Praxis umgesetzt werden. Das Herstellungsverfahren der fermentativen Rekonstitution, das im Fachgebiet Technologie proteinreicher Lebensmittel konzipiert und von bewährten fleischtechnologischen Prozessen abgeleitet wurde, ermöglicht es, in weiterentwickelter Form, die Produktlinien Premium und FKP aus verschiedenen Fischfilets herzustellen. Premium- und FK-Produkte unterscheiden sich im Hinblick auf die Endzubereitungsart und die Güteklasse. Premiumprodukte sind für den rohen Verzehr gedacht und haben aufgrund des begrenzten Zerkleinerungsgrades einen ausgeprägten Rohfischcharakter. Durch die Kombination verschiedener Fischarten, die Erhöhung des Anteils an feinstzerkleinertem Material und die Anreicherung mit Gemüse, können praktisch grätenfreie Produkte erzeugt werden, deren Preisniveau unter dem der Premiumprodukte liegt.

Umfassende Literaturrecherchen und die Ausarbeitung festgelegter Untersuchungsschwerpunkte haben es ermöglicht, im Laufe zahlreicher Versuchsreihen, einen Herstellungsprozess in labortechnischem Maßstab zu erstellen. Die Entwicklung eines standardisierten Herstellungsverfahrens zur Erzeugung von FK- und Premiumprodukten bildete die Basis für die Weiterentwicklung der Grundprodukte. Das entsprechende Verfahren ist im Anhang in schematischer Darstellung aufgeführt. Durch zusätzliche Verfahrensschritte und ergänzende Zutaten konnten sowohl im Premium- als auch im FKP-Bereich ein höherer Veredelungsgrad und eine größere Produktvielfalt erzeugt werden.

Trotz der standardisierten Arbeitsweise und der Anwendung des optimierten Herstellungsverfahrens ist die Endproduktqualität nicht gleichbleibend und beständig. Wider erwarten kommt es auch bei einer gut verlaufenen Fermentation zu schlechten sensorischen und technologischen Ergebnissen. Die Resultate führen zu dem Schluss, dass nicht nur die originäre Zusammensetzung und Textur des Muskelfleisches sondern besonders der Frischzustand und die Qualität des Rohstoffes bei der Rekonstitution und Texturbildung eine ausschlaggebende Rolle spielen. Da die mikrobiologische, chemische und physikalische Qualität des gelieferten Rohstoffes nicht aufzuwerten ist, gilt es präventiv zu agieren. Die wesentlichen beeinflussbaren Faktoren sind die Aufzucht-, Schlacht-, Zerlege- und Lagerbedingungen der Fische.

Während der Herstellung und Lagerung von TK-Fisch kann es trotz tiefer Temperaturen zu zahlreichen Reaktionen kommen, die die Qualität der Rohware negativ beeinflussen: der Verderb von gefrorenen Fischen wird durch physikalische, chemische sowie enzymatische Prozesse verursacht. Die Hauptrolle spielt hierbei die Vertranung, da Fette noch bei Temperaturen $< 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ gespalten werden. Dieser Vorgang nimmt mit sinkender Temperatur an Geschwindigkeit ab, wobei selbst bei $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$ noch ein geringer Fettabbau stattfinden kann. Die Zersetzung der Fette erfolgt durch muskeleigene Lipasen und durch bakterielle Enzyme (62). Durch die Spaltung von Phospholipiden und Triglyzeriden entstehen freie Fettsäuren, die das Denaturieren von Fischproteinen, insbesondere des Aktomyosins, fördern. Zum einen tragen die durch Lipoxidation gebildeten Aldehyde zu einem Unlöslichwerden der Proteine bei, zum anderen führt die Absenkung der Temperatur zu einer Erhöhung der Konzentration an gelösten Salzen, was eine Änderung der hydrophoben, ionischen und

Wasserstoff-Bindungen der Proteine zur Folge hat (106). Die Zersetzung der Muskulatur wird auch bei niedrigen Lagertemperaturen durch proteolytische Enzyme von Fischen und Bakterien verursacht und schreitet vor allem während des Auftauprozesses voran. Die Folge hiervon ist eine Verschlechterung der Fleischkonsistenz (62). Durch die Denaturierung der Aktomyosinfraktion des Globulins wird das Gewebe strohig und verliert an Saft. Diese Prozesse laufen in Abhängigkeit von der Lagertemperatur ab. Je tiefer die Temperatur ($< -20\text{ }^{\circ}\text{C}$), umso länger dauert das Strohigwerden des Muskelfleisches (106). Insofern sollte vor dem Gefrierprozess eine möglichst geringe Autolyse oder Keimvermehrung stattfinden, die eine Anhäufung von reaktiven Enzymen hervorruft (62). Neben der Lipolyse, der Oxidation der Fettsäuren und des Abbaus von Aktomyosin kommt es zum Abbau von Trimethylaminoxid zu Formaldehyd und Dimethylamin. Die Reaktion von Formaldehyd mit Fischmuskelpoteinen kann eine deutliche Verschlechterung der Fleischkonsistenz herbeiführen (107) - die Bindung durch enzymatisch freigesetztes Formaldehyd führt mitunter zur Ausprägung einer zähen Textur im hitzegaren Zustand (99).

Ein weiterer Grund für eine mangelhafte Qualität des Fischmuskelfleisches können postmortale Veränderungen sein: wie auch beim Warmblüterfleisch setzt bei Fischen zeitverzögert nach dem Tod die Totenstarre ein. Die Totenstarre läuft von Fischart zu Fischart unterschiedlich ab und kann mehrere Tage andauern bis die Proteinstrukturen des Fleisches soweit durch fischeigene Proteasen abgebaut sind, dass das Fischfleisch wieder weich ist. Die Elastizität ist post rigor allerdings geringer als beim Praerigor-Fisch. Auf Eis gelagerter Frischfisch sollte während des Fanges möglichst keinem erhöhten Stress ausgesetzt gewesen sein, um eine ausgeprägte Totenstarre durchlaufen zu können. Gefrierfisch sollte entweder direkt eingefroren werden oder ebenfalls die Totenstarre durchlaufen. Eine nicht vollständig abgelaufene Totenstarre setzt sich während des Auftauens fort und kann zu erheblichen Qualitätsmängeln führen (62). Der sogenannte Taurigor führt zu einer Kontraktion der Muskulatur (60 bis 70 %) und darüber hinaus zu einem mangelnden Wasserbindevermögen und hohen Tropfsaftverlusten. Diesen Prozessen kann durch einen langsamen Auftauprozess entgegengewirkt werden, da die Glykolyse bei Fleischtemperaturen knapp unterhalb des Gefrierpunktes rasch abläuft. Bleibt im halbgefrorenen Zustand noch genügend Zeit zum Ablauf der Totenstarre, unterbleibt eine stärkere Schrumpfung und die damit verbundenen hohen Saftverluste. Die Totenstarre läuft allerdings während der Tiefkühlagerung weiter, so dass es bei länger gelagerten Fischen (> 8 Wochen) auch bei einem schnellen Auftauen nicht zum Taurigor kommt. Ganze Fische sollten erst nach Durchlaufen der Totenstarre eingefroren werden. Die Gewinnung von Filets sollte ebenfalls erst stattfinden, wenn die Fische ausgenommen und beeist sind und die Totenstarre durchlaufen haben. Im Anschluss daran können sie eingefroren werden. Sollte das Einfrieren vor dem Einsetzen der Totenstarre vorgenommen werden, ist auf einen schnellen Einfrier- und einen langsamen Auftauprozess zu achten (106).

Da die Qualität der Rohware den Grundstein für das Gelingen der fermentativen Rekonstitution bildet, ist die Verarbeitung von frischer TK-Ware, die unter optimalen Bedingungen hergestellt und gelagert wurde, die grundlegende Voraussetzung für eine gleichbleibend hochwertige Qualität der Endprodukte.

Einen weiteren, nicht zu vernachlässigenden Faktor bilden die Aufzuchtbedingungen der Fische: um hohe Abschnittsverluste zu vermeiden und längere Haltbarkeiten zu erzielen, sollte der Karpfen wenig Fett und Unterhautgewebe enthalten. Praxisorientierte Teichversuche von FÜLLNER und PFEIFER (108)

ergaben, dass sowohl die Filetausbeute als auch organoleptische und sensorische Parameter von Speisekarpfen durch die Fütterung zu beeinflussen sind. Die Bewertung der Produktqualität im Rahmen einer Verkostung führte zu der Erkenntnis, dass Filets mit höherem Fettanteil von $> 6\%$, in der Regel schlechtere sensorische Ergebnisse im Hinblick auf Textur und Geschmack erzielen. Zur Produktion einer gleichbleibend hochwertigen Fleischqualität sollte laut FÜLLNER und PFEIFER eine ausgewogene und maßvolle Fütterung mit Leguminosen vorgenommen werden. Da die Fleischqualität einen entscheidenden Einfluss auf den Absatz von Speisekarpfen hat, stellt die Fütterung einen nicht zu unterschätzenden Faktor dar. In Zusammenhang mit der fermentativen Rekonstitution, bei der der Fettgehalt des Rohmaterials eine ausschlaggebende Rolle spielt, könnte eine gezielte Fütterung der Tiere mit Sicherheit dazu beitragen, qualitative Schwankungen zu vermindern und eine höhere Prozess- und Produktsicherheit zu erhalten.

Der Hauptrohstoff Karpfen ist ähnlich wie Schweinefleisch zur Rekonstitution geeignet. Im Gegensatz zu Hähnchenoberkeulenfleisch lässt sich das Eiweiß bei Karpfen wesentlich leichter aktivieren und es können schnittstabilere Erzeugnisse hergestellt werden. Da der Karpfen aber einen hohen Anteil an Zwischenmuskelgräten und roter Muskulatur enthält, führt das Zusammenfügen der Fischteilchen im Zuge der Rekonstitution zu Erzeugnissen mit starkem Grätenanteil und farblichen Abweichungen. Infolge des unterschiedlichen Schrumpfverhaltens der weißen und roten Muskulatur erhalten die Produkte beim Garen eine sehr unebene Oberflächenstruktur, die zum Teil Rissbildungen aufweist. Nach eingehender Analyse der Grätenlage im Karpfenfilet und auf Basis der Forschungsarbeit von PETRUSCHKE und GRIEBEL (47) sowie eigener Forschungsergebnisse, kann davon ausgegangen werden, dass die technologische Beeinflussung der Zwischenmuskelgräten durch die entstandene Milchsäure pH-Wert- und zeitabhängig ist. Die Erweichung der Zwischenmuskelgräten wird durch einen tiefliegenden pH-Wert beschleunigt und dauert bei höheren Werten entsprechend länger. Von PETRUSCHKE und GRIEBEL (47) sowie von HMAMI (44) durchgeführte Versuche mit Blei- und Karpfenfilets ergaben, dass der Grätenanteil entweder durch eine Vorbehandlung mit Milchsäure oder durch Erhöhung des Glukoseanteils sowie der Konzentration der Starterkultur bei entsprechend niedrigen pH-Werten $< \text{pH } 5,1$ innerhalb von 5 – 7 Tagen erweicht werden kann. Zum Ausgleich des intensiven Säuregeschmackes wurden die schinkenartigen Bleiprodukte von HMAMI (44) anschließend mit einem Gemisch aus Kristallzucker und Gewürzen gebeizt. Das Qualitätsbild dieser Produkte wich im Hinblick auf Textur, Schnittbild und Geschmack jedoch deutlich von dem der Premiumprodukte aus Karpfen ab und hatte den Großteil des nativen Charakters verloren. Von wirtschaftlichen und sensorischen Aspekten ausgehend, ist eine Reifezeit > 5 Tagen für zu garende Erzeugnisse nicht akzeptabel. Durch die Zwischenlagerzeit wird die eigentliche Mindesthaltbarkeit der Produkte für den Endverbraucher reduziert. Mit Einplanung der Reifezeit würde die normale Haltbarkeit von 10 – 12 Tagen auf 5 - 7 Tage verkürzt werden. Darüberhinaus sind vorbehandelte Produkte mit einem ausgeprägten Säuregrad nicht zum Garen geeignet, da sich der Säuregeschmack mit dem Verlust an Gewebsflüssigkeit intensiviert.

Infolge der vielschichtigen Problematik, die die Grätenerweichung, die unterschiedlichen Fleischqualitäten, die texturellen Veränderungen und die Säureentwicklung beinhaltet, wurde eine Zerlegung der Karpfenfilets vorgenommen. Die sogenannte Fischwertsortierung, basierend auf der Fleischwertsortierung, ermöglicht es, das Karpfenfilet in zwei grätenarme Teile, zwei grätenreiche Teile, den roten Seitenmuskel und Unterhaut- sowie Fettabschnitte zu unterteilen. Die Einzelteile

können je nach Bedarf und Eignung verarbeitet werden. Der wesentliche Vorteil einer höheren Flexibilität in Bezug auf die Warenauslieferung sowie die verbesserte sensorische Qualität der Endprodukte überwiegen den vermehrten Arbeitsaufwand. Die Zerlegung sollte zudem durch einen geübten Filetierer zu kompensieren sein. Die Verarbeitung von nicht zerlegten Filets führt zu Produkten mit farblichen Abweichungen, die aus Oxidationsreaktionen in den fettreichen Teilen resultieren. Diese Produkte stoßen bei Testpersonen grundsätzlich auf Ablehnung.

Premiumprodukte, die wie Salami und Rohschinken zum rohen Verzehr vorgesehen sind, sollten in aufgeschnittener und verpackter Form angeboten werden, um akzeptable Verkaufspreise für die Packungseinheiten zu erzielen. Durch das Aufschneiden in 1-2mm-Scheiben besteht die Möglichkeit, die grätenreichen Teile vollständig mitzuverarbeiten. Das Schneiden bietet die Option, die Gräten auf eine nicht mehr störende Stückgröße zu kürzen und dadurch unkenntlich zu machen. Bei den FK-Produkten auf Streifenbasis, die entweder in ganzen Stücken oder in Form von ca. 1 cm breiten Scheiben angeboten werden sollen, ist es hingegen nicht möglich, die grätenreichen Teile zu verwenden. Zum einen werden die Gräten beim Aufschneiden nicht ausreichend gekürzt und zum anderen führt der Erweichungsprozess der Gräten zu sensorischen Einbußen. Daher ist es besonders für die FK-Produkte von Bedeutung, die Karpfenfilets im Vorfeld mit Hilfe der Fischwertsortierung zu zerlegen.

Da die Verwertungsmöglichkeit der F-Sorten für die FK-Produkte begrenzt ist, kommt es zu einer deutlichen Verteuerung des Grundpreises. Durch Erhöhung des Farceanteils auf maximal 20 % kann der Grundpreis geringfügig gesenkt werden. Wird der Karpfenanteil partiell durch eine preisgünstigere Fischart ersetzt, ermöglicht dies eine weitere Senkung des Grundpreises. Um jedoch eine Markttauglichkeit der FK-Produkte im TK-Bereich zu erreichen, sollte der Ladenverkaufspreis 6,00 € / kg nicht überschreiten. Der durchschnittliche Verkaufspreis für tiefgekühlte Convenience-Artikel liegt bei 4,50 € / kg. Da dieses Preisniveau für FK-Produkte mit Karpfenanteil nur schwer zu realisieren ist, sollte entweder auf die Verarbeitung von Karpfen verzichtet oder ein Produktsortiment erstellt werden, das es ermöglicht, sämtliche F-Sorten zu verarbeiten und den Grundpreis dadurch effektiv zu senken. Die Herstellung von Produkten wie z. B. Karpfensticks gewährleistet eine vollständige Verarbeitung der verwertbaren F-Sorten und schafft so eine preisliche Flexibilität. Diese Option setzt allerdings voraus, dass sich sämtliche Produkte des Sortiments auf dem Markt etablieren lassen. Im Vergleich zu den reinen oder kombinierten Karpfenprodukten sind FK-Produkte aus Pangasiusfilet erstens wesentlich preisgünstiger und zweitens, aufgrund der nicht vorhandenen Gräten, verarbeitungstechnologisch sehr attraktiv. Angesichts des bestehenden breiten Produktangebotes an preisgünstigen Tiefkühlerzeugnissen entsteht die Überlegung, sich durch eine Weiterentwicklung vom Markt abzuheben und die FK-Produkte in Form von frischen Fertiggerichten mit verschiedenen Komponenten in interessanten Verpackungen anzubieten. Die Kriterien Frische, Optik und Convenience würden es ermöglichen, die Produkte in anderen Preiskategorien zu platzieren und dadurch die Verarbeitung von Karpfen wirtschaftlich zu rechtfertigen.

Mit der Herstellung von Premiumprodukten, die im Vergleich zu den FK-Produkten qualitativ hochwertiger sind, können höhere Verkaufspreise erzielt werden. Die Verarbeitung von Karpfen in Schinken- oder Aufschnittform ist von der Wirtschaftlichkeit und der Verarbeitungstechnologie her gesehen wesentlich rentabler und unproblematischer als die Herstellung von FK-Produkten. Zum einen können bei der Herstellung von rohen Produkten die grätenreichen Teile des Karpfens mit

verwendet werden, zum anderen ist die sensorische Haltbarkeit gepökelter Schinken- oder Aufschnittprodukte wesentlich länger. Beim rohen Verzehr werden Säuregeschmack und textuelle Veränderungen weniger wahrgenommen, wobei die Verfestigung der Produktstruktur sogar positive Auswirkungen auf die Qualität hat. Die Premiumprodukte aus Karpfenfilet sind wegen der fleischähnlichen Textur und der intensiveren Farbgebung sensorisch besonders ansprechend und bieten aufgrund des geringeren Fettgehaltes eine interessante Alternative zum Räucherlachs. Aufschnitt- und Schinkenprodukte aus Karpfen und anderen Fischarten wie Pangasius oder Afrikanischem Wels sind sowohl für die Gastronomie als auch für den Einzelhandel interessante Innovationsprodukte.

Da die Verwendung von Natriumnitrit E 250 bei Fischerzeugnissen offiziell nicht zugelassen ist, für den Verarbeitungsprozess aber zahlreiche Vorteile birgt, gilt es zunächst, die Bedenken im Hinblick auf die erhöhte Gefahr der Nitrosaminbildung zu mindern und den technologischen Nutzen in den Vordergrund zu stellen: die Kombination zwischen der antimikrobiellen Wirkung des Nitrits und der nitrittoleranten Starterkultur bewirkt eine effektive Beschleunigung der pH-Senkung und somit eine Verkürzung der Fermentationszeit auf ca. 12 Stunden bis zum Endwert 5,5 bei einem geringen Glukoseanteil von 0,6 %. Aufgrund der Dissoziation des Nitritpökelsalzes und der Bildung von salpetriger Säure kommt es zu einer Absenkung des Anfangs-pH-Wertes auf einen durchschnittlichen Wert $< \text{pH } 6,00$. Die Anfangs-pH-Werte weisen unter Zusatz von NPS eine geringere Streuung auf als unter Zusatz von NaCl. Hinzukommt, dass der Verlauf der pH-Kurven gepökelter Proben im Durchschnitt eine gleichmäßigere Form aufweist. Bei gepökelten, aufgeschnittenen und vakuumverpackten Premiumprodukten kann der Stand der sensorisch bewerteten Qualität über einen Zeitraum von vier Wochen gehalten werden. Die Produkte zeichnen sich durch eine hohe Farbstabilität und ein angenehmes Pökelaroma aus.

Trotz der verarbeitungstechnischen Vorteile ist der Einsatz von Nitritpökelsalz nicht unbedenklich: bei hohen Temperaturen $> 180\text{ }^{\circ}\text{C}$ (z. B. Braten) oder bei tiefen pH-Werten $\text{pH} \sim 3,0$ (z. B. im Magen) kann es zu Reaktionen zwischen ungebundenem Nitrit und Aminen kommen, die beim Abbau von Proteinen entstehen. Die gebildeten Nitrosamine haben eine mehr oder weniger kanzerogene Wirkung und können nachweislich zu einer Tumorbildung führen (32), (63).

Zum Nachweis der gesundheitlichen Unbedenklichkeit und Rechtfertigung der Verwendung von NPS bei Premiumprodukten aus Karpfen, Pangasius und ggf. Afrikanischem Wels, wurden weiterführende Literaturrecherchen vorgenommen, die folgende Ergebnisse erbrachten: Fischmuskel von Seefischen hat einen hohen Gehalt an Trimethylaminoxid (TMAO). Der TMAO-Anteil unterliegt saisonbedingten sowie artspezifischen Schwankungen und steigt im Verhältnis zum Salzgehalt des umgebenden Wassers (36). Seefische enthalten 40 – 120 mg / kg TMAO. Bei Süßwasserfischen hingegen liegt der TMAO-Gehalt mit 0 – 5 mg / kg wesentlich tiefer (107).

Dimethylamin (DMA) kommt in frischem Fisch nur in Spuren vor (104). DMA kann zum einen beim Erhitzen des Fischfleisches (3) und zum anderen vor allem bei Seefischen wie Kabeljau, Seelachs und Seehecht bereits zu Beginn der Kühllagerung, besonders intensiv aber bei Tiefkühllagerung, aus TMAO unter Bildung von Formaldehyd entstehen. Dieser Prozess wird durch das Enzym Trimethylamin-Demethylase (TMAOase) katalysiert. Da DMA ein leicht nitrosierbarer Stoff ist und mit Nitrit zu Dimethylnitrosamin reagiert, sollte eine Erhöhung dieser Enzymaktivität unbedingt vermieden

werden (1). Dimethylnitrosamin gehört zu den besonders kanzerogenen Verbindungen, so dass der Restnitritgehalt in dimethylaminreichen Lebensmitteln möglichst gering gehalten werden soll (94).

Da Süßwasserfische einen wesentlich geringeren TMAO-Gehalt als Seefische haben, ist die Gefahr einer DMA-Bildung geringer. Hieraus ergibt sich ein vermindertes Risiko der Dimethylnitrosaminbildung. Die Verwendung von Nitritpökelsalz zur Herstellung von Premiumprodukten, die ausschließlich zum rohen Verzehr gedacht sind und aus Süßwasserfischen wie Karpfen und Pangasius (sowie Afrikanischem Wels) hergestellt werden, stellt demnach eine nur sehr geringe Gefahr für den Verbraucher dar. Die Messung des Restnitritgehaltes in Schinkenerzeugnissen aus Pangasius und Karpfen ergab sehr geringe Werte, die mit 0,5 bis 1,0 ppm weit unter dem vorgegebenen Grenzwert von 100 ppm für Fleischerzeugnisse liegen. Durch Ersetzen des Natriumacetats durch Natriumascorbat müsste eine weitere Reduzierung des Restnitritgehaltes im Produkt erreicht werden können. Das Salz der Ascorbinsäure besitzt eine analoge Wirkung (109) und führt zur Reduktion des Nitrits zu NO und des Fe^{3+} zu Fe^{2+} . Diese Reduktion ermöglicht eine Bindung der NO- an Fe^{2+} -Moleküle und ruft dadurch eine Senkung des Restnitritgehaltes hervor (92). Die Auswirkungen des Natriumascorbats auf die Fermentation und die sensorischen Eigenschaften müssen allerdings noch getestet werden.

Im Sinne der Produktqualität sollte für eine offizielle Verwendung des Zusatzstoffes Natriumnitrit E 250 für fermentierte Süßwasserfischerzeugnisse in jedem Fall ein Zulassungsantrag bei der EU gestellt werden.

Da die Vorstellung der ausgereiften Produkte zu einer sehr positiven Resonanz führte, gilt es im nächsten Schritt, den standardisierten Herstellungsprozess zur Realisierung größerer Produktionsmengen in einen industriellen Maßstab zu überführen. Im Rahmen der bestehenden Fleisch- und Fischtechnologie bieten sich zahlreiche Möglichkeiten, die einzelnen Verfahrensschritte von den manuellen auf maschinelle Technologien umzustellen und dadurch effizienter zu arbeiten.

Die Weiterentwicklung der Grundprodukte Premium- und FKP auf der Basis von traditionellen Technologien eröffnet eine Bandbreite an Möglichkeiten, den Rohstoff Fisch in neuartiger Form auf dem Markt anzubieten und das bestehende Produktsortiment mit innovativen Erzeugnissen zu bereichern.

5 Zusammenfassung

Die Aufgabe dieser wissenschaftlichen Arbeit ist es, zwei neuartige Produktarten mit Vorfertigungsgrad auf der Basis von Karpfenfilet und anderen Süß- und Salzwasserfischen zu entwickeln. Das Sortiment soll FK- und Premiumprodukte umfassen, die sich im Hinblick auf die Endzubereitungsart und Wertigkeit unterscheiden. Die innovativen Erzeugnisse sollen dazu beitragen, den Konsum an Speisekarpfen zu steigern. Die Verarbeitung weiterer Fischarten dient zur Unterstützung der Produktvielfalt und der wirtschaftlichen Flexibilität. FK-Produkte sind für eine thermische Behandlung vorgesehen und können sowohl in frischer als auch in tiefgekühlter Form angeboten werden. Premiumprodukte sind als hochwertige Rohfischerzeugnisse nicht zum Einfrieren oder Garen bestimmt.

Die Produktentwicklung basiert auf einem Rekonstitutionsverfahren, bei dem Filets- und Filetteilchen im Rahmen eines Fermentationsprozesses unter Einsatz einer Starterkultur reifen und schnittfest werden. Durch die Säurebildung der Bakterien kommt es zu einer Denaturierung der Proteine und nachfolgend zu einer Verdichtung der Produktstruktur. Das Verfahren der fermentativen Rekonstitution ermöglicht es, formstabile und länger haltbare Produkte herzustellen ohne den Rohfischcharakter zu verlieren. Nach eingehender Marktanalyse stellt sich heraus, dass das aktuelle Convenience-Sortiment zum Großteil aus vorpanierten TK-Produkten besteht und der Anteil an Frischeprodukten aufgrund der geringen Haltbarkeit nur sehr gering ist. Um sich mit neuartigen Produkten von der bestehenden Auswahl abzuheben, ist die Erhaltung des Rohfischcharakters besonders wichtig. Der Entwurf der innovativen Produkte soll im labortechnischen Maßstab erfolgen. Durch Optimierung und Standardisierung der Verfahrensabläufe soll der Grundstein für eine Übertragung auf eine industrielle Produktion geschaffen werden.

Da die fermentative Rekonstitution ursprünglich von der Rohwurst- und Formfleischtechnologie abgeleitet wurde, beruht die Grundlage der Verfahrensplanung auf einer Analyse der Rohstoffe: Fischfleisch unterscheidet sich in mehreren Punkten vom Fleischeiweiß der Warmblüter und erweist sich von der Mikrobiologie, der Faserstruktur sowie der Zusammensetzung der Muskulatur her als besonders sensibler Rohstoff. Diese Gegebenheiten führen zu einer gesteigerten Empfindlichkeit gegenüber mechanischer und thermischer Beanspruchung und erhöhen die Komplexität der Rohstoffverarbeitung. Durch die systematische Erarbeitung verfahrensbestimmender Einflussgrößen wie den Zerkleinerungsgrad, die Zutatenzusammenstellung, den Mischprozess und die Fermentation kann im Rahmen von vier Versuchsreihen ein optimiertes Herstellungsverfahren für Karpfenprodukte erstellt werden. Die Übertragung des Verfahrens auf die Verarbeitung von Karpfen mit weiteren Fischarten kann im nächsten Schritt erfolgreich umgesetzt werden. Die Analyse der komplexen Vorgänge bei Fermentation und Nachreifung führt zu zahlreichen Erkenntnissen, die es ermöglichen, einen Zusammenhang zwischen den Einflussgrößen herzustellen. Im Zuge dessen kann die Produktqualität optimiert und der Produktionsprozess insofern standardisiert werden, als dass bei einer gleichbleibend guten Rohwarenqualität, sehr ansprechende Rekonstitutionsprodukte mit ausgeprägtem Rohfischcharakter herstellbar sind. Die Weiterentwicklung der fermentativ rekonstituierten Fischprodukte führt zu einem umfangreichen Produktsortiment, das aus veredelten Premiumprodukten und vielfältig zuzubereitenden FK-Produkten besteht. Die erfolgreiche Umsetzung

der Forschungsaufgabe hat die Voraussetzung dafür geschaffen, eine umfangreiche Auswahl an neuartigen Fischerzeugnissen herstellen zu können, die eine Bereicherung des handelsüblichen Produktsortiments darstellen.

6 Literaturverzeichnis

- (1) Keller, M., *Handbuch Fisch, Krebs- und Weichtiere*. Behr's Verlag, Hamburg 1994.
- (2) Riedel, D., *Fisch und Fischerei*. Eugen Ulmer, Stuttgart, 1974.
- (3) Tülsner, M., *Fischverarbeitung, Band 1, Rohstoffeigenschaften und Grundlagen der Verarbeitungsprozesse*. Behr's Verlag, Hamburg, 1994.
- (4) nik (2002), *Fisch ist für den Konsumenten faszinierend und abstoßend zugleich. Studie: Welches Verhältnis hat der Verbraucher zum Fisch?* FischMagazin (12): S. 65 – 67.
- (5) Wagner, H., *Technologie Hochseefischerei*. Transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin 1988.
- (6) Diemair, S., *Lebensmittelqualität – Ein Handbuch für die Praxis*. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart 1990.
- (7) Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, *Karpfenbericht 2005*. Referat – 521 – Fischwirtschaft, Palmallee 9, 22767 Hamburg.
- (8) Hildebrandt, G., Lautenschläger, R. (2007), *Klassiker bleiben – Neues belebt den Markt*. Fleischwirtschaft **79** (12): S. 51 - 54.
- (9) Berief, T. (2007), *Topf und Pfanne als Grundelemente*. Fleischwirtschaft **79** (12): S. 55 – 58.
- (10) Pech-Lopatta, D. (2008), *Produktvielfalt und –information. Entwicklungen und Trends im Lebensmittelangebot*. Bund für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde e. V. (BLL), Auftragsstudie der GfK Panel Services.
- (11) Nau, F. (2007), *Alle Zutaten beeinflussen das System*. Fleischwirtschaft **79** (8): S. 51 – 52.
- (12) Schneider, B. (2007), *Bei guter Qualität Zeit und Kosten sparen- Die Entwicklungen im Fertiggericht-Markt in Zahlen*. Fleischwirtschaft **79** (12): S. 61 – 62.
- (13) Günther, S., Kissi, M. (2006), *Kühlung nach genauen Regeln*. Fleischwirtschaft **78** (12): S. 48 – 50.
- (14) Kietzmann, U., Priebe, K., Rakow, D., Reichstein, K., *Seefisch als Lebensmittel*. Paul Parey Verlag, Berlin, Hamburg 1969.
- (15) Tabellen der FAO: *Weltfischereierträge*, (Website) (Stand: 02.03.2008, 12:15); Verfügbar auf: <http://www.fao.org/docrep/005/y7300e/y7300e04.htm#TopOfPage>.
- (16) Code of Conduct for Responsible Fisheries, (Website) (Stand: 02.03.2008 11:30); Verfügbar auf: <http://www.fao.org/DOCREP/005/v9878e/v9878e00.htm#1>.
- (17) Fisch-Informationszentrum (2000 – 2006), *Daten und Fakten*. Fisch-Informationszentrum, Große Elbstraße 133, 22767 Hamburg.
- (18) Institut für Binnenfischerei Potsdam, *Binnenfischereibericht 2007*. Institut für Binnenfischerei e. V. Potsdam-Sackrow, Im Königswald 2, 14469 Potsdam.
- (19) Ludorff, W., Meyer, V., *Fische und Fischerzeugnisse*. Paul Parey, Berlin, Hamburg 1973.
- (20) Tscheuschner, H.-D., *Grundzüge der Lebensmitteltechnik*. Behr's Verlag, Hamburg 1996.
- (21) Lücke, F., *Fischindustrielles Taschenbuch*. Serger & Hempel, Braunschweig 1954.
- (22) Pesle, Schwierzina, *Qualität von Fisch und Fischwaren*. VEB Fachbuchverlag Leipzig 1970.

- (23) Brandenburg, W., Krämer, H., *Industrielle Fischverarbeitung*. VEB Fachbuchverlag Leipzig 1967.
- (24) Grau, I., Müller, U., Heinig, G., Kindt, K., Petereit, J., *Fischverarbeitung*. VEB Fachbuchverlag Leipzig 1982.
- (25) Tülsner, M., *Fischverarbeitung Band 2 - Fischerzeugnisse und ihre Herstellung*. Behr's Verlag, Hamburg 1996.
- (26) Hildebrandt, G., Kleer, J., Rauscher, K., Schalch, B. (2005), *Sprunghaft mehr Fleisch gemeldet – DLG-Prüfung für Fertiggerichte, Feinkosterzeugnisse und SB-verpacktes Frischfleisch 2004*. Fleischwirtschaft **77** (6): S. 51 – 55.
- (27) Sielaff, H., Reinhold, M., Oelker, P. (1975): *Zur Problematik der Herstellung von Formfleisch*. Fleisch **29** (5): S. 83 – 85.
- (28) Duden, *Das Fremdwörterbuch*. Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, Mannheim 2007.
- (29) Madigan, M. T., Martinko, J. M., *Brock Mikrobiologie*. Pearson Studium, 2006, ein Imprint der Pearson Education GmbH Deutschland.
- (30) Hildebrandt, N., Thiemig, F., Senge, B. (2007), *Strukturbildung bei der Fermentation von Fleisch*. Fleischwirtschaft **79** (9): S. 104 – 107.
- (31) Ternes, W., *Naturwissenschaftliche Grundlagen der Lebensmittelzubereitung*. Behr's Verlag, Hamburg 1990.
- (32) Sielaff, H., *Fleischtechnologie*. Behr's Verlag, Hamburg 1996.
- (33) Institut für Chemie und Physik der Bundesanstalt für Fleischereiforschung, *Mikrobiologie und Qualität von Rohwurst und Rohschinken*. Kulmbacher Reihe, Band 5, 1985.
- (34) Hildebrandt, G., Heitmann, M. (2006), *Gemengen fehlt die letzte Klarheit – ist eine Überarbeitung der Definition Formfleisch notwendig?* Fleischwirtschaft **78** (6): S. 44 – 46.
- (35) Institut für Chemie und Physik der Bundesanstalt für Fleischereiforschung, *Beiträge zur Chemie und Physik des Fleisches*. Kulmbacher Reihe, Band 2, 1981.
- (36) Cheftel, J. C., Cuq, J. L., Lorient, D., *Lebensmittelpoteine*. Behr's Verlag, Hamburg 1992.
- (37) Acker, L., Bergner, K.-G., Diemair, W., Heimann, W., F. Kiermeier, F., Schormüller, J., Souci, S. W., *Handbuch der Lebensmittelchemie, Band 3, 2. Teil - Tierische Lebensmittel (Eier, Fleisch, Fisch, Buttermilch)*. Springer Verlag, 1968.
- (38) Smollich, A., Michel G., *Mikroskopische Anatomie der Haustiere*. Gustav Fischer Verlag, Jena 1985.
- (39) Liebig, H.-G., *Funktionelle Histologie*. Schattauer Verlagsgesellschaft, 1993.
- (40) Krstić, R. V., *Die Gewebe des Menschen und der Säugetiere*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg 1984.
- (41) Scheunert, A., Trautman, A., *Lehrbuch der Veterinär-Physiologie*. Paul Parey Verlag, Berlin, Hamburg 1987.
- (42) Weinling, H., Gutmacher, E., Appelt, K., Kratzsch, R., Heeling, J. *Fleischverarbeitung*. VEB Fachbuchverlag Leipzig 1971.
- (43) Weipert, D., Tscheuschner, H.—D., Windhab, E., *Rheologie der Lebensmittel*. Behr's Verlag, Hamburg 1993.

- (44) Hmami, I., *Herstellung von Convenience-Erzeugnissen aus Weißfischen*. Diplomarbeit, Fachgebiet Technologie proteinreicher Lebensmittel der TU-Berlin. Berlin 2008.
- (45) Institut für Chemie und Physik der Bundesanstalt für Fleischereiforschung, *Chemisch-physikalische Merkmale der Fleischqualität*. Kulmbacher Reihe, Band 6, 1986.
- (46) Weber, H., *Mikrobiologie der Lebensmittel, Fleisch – Fisch Feinkost*. Behr's Verlag, Hamburg 2003.
- (47) Petruschke, J., Griebel, V., *Technologische Beeinflussung von Süßwasserfischgräten*. Diplomarbeit, Fachgebiet Technologie proteinreicher Lebensmittel der TU-Berlin, Berlin 2007.
- (48) Leitsätze für Fische, Krebs- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus
Neufassung vom 27. November 2002 (Beilage Nr. 46 b zum BAnz. vom 7. März 2003, GMB1. Nr. 8-10 S. 157 vom 20. Februar 2003), geändert am 08.01.2008 (Beilage zum BAnz. Nr. 89 vom 18.06.2008, GMB1. Nr. 23-25 S. 451 ff vom 19.06.2008).
- (49) Krylowa, N. N., Ljaskowskaja, Ju. N., *Biochemie des Fleisches*. VEB Fachbuchverlag Leipzig 1972.
- (50) Baumgart, J. et al., *Mikrobiologische Untersuchung von Lebensmitteln*. Behr's Verlag, Hamburg 1990.
- (51) Meier, M., Grünkorn, J., *Entwicklung eines fermentierten Karpfenprodukts unter Substitution von Fremdfischen*. Wissenschaftliche Hausarbeit zur ersten Staatsprüfung, Fachgebiet Technologie proteinreicher Lebensmittel der TU-Berlin, Berlin 2007.
- (52) Ulambayar, T., *Rekonstitution von Fleisch unter Beibehaltung des Rohfleischcharakters*. Dissertation, Fachgebiet Technologie proteinreicher Lebensmittel der TU-Berlin, Berlin 2006.
- (53) Bakki, R., *Entwicklung eines Verfahrens zur Herstellung von Functional Fish Foods aus Fischressourcen der ökologischen Teichwirtschaften*. Dissertation, Fachgebiet Technologie proteinreicher Lebensmittel der TU-Berlin, Berlin 2009.
- (54) Strebl-Schneider, S., *Experimentelle Untersuchungen zur Rekonstitution von Hähnchenfleisch*. Diplomarbeit, Fachgebiet Technologie proteinreicher Lebensmittel der TU-Berlin, Berlin 2005.
- (55) Fidridanzana, N., *Experimentelle Untersuchungen im Rahmen des Forschungsprojekts 1*. Fachgebiet Technologie proteinreicher Lebensmittel der TU-Berlin, Berlin 2000.
- (56) Latz, N. et al., *Fleischerei heute - Grund- und Fachstufe*. Verlag Handwerk und Technik Dr. Felix Büchner, Hamburg 2002.
- (57) Katsaras, K., Büsch, W., Linke, H. (1990), *Morphologische Studien über die Veränderung der Streichfähigkeit von Rohwürsten*. Fleischwirtschaft **70** (9): S. 1078 – 1080.
- (58) Sielaff, H., *Technologie der Fleischverarbeitung – Prozessstufe Pökeln*. Lehrbrief, Humboldt-Universität Berlin, Agra Druckerei, Markkleeberg 1980.
- (59) Hamm, R. (1981), *Struktur und Funktion des Muskels*. Fleischwirtschaft **61** (12): S. 1822.
- (60) Schwägele, F. (1999), *Kühlung, Kühlagerung und Fleischreifung: Chemische und physikalische Grundlagen – 1. Aufbau der Muskulatur*. Fleischwirtschaft **79** (5): S 91 – 31.
- (61) Patentschrift 3 497 361 der Vereinigten Staaten, *Methode zur Vorbereitung eines wiederzusammengefügteten Fleischproduktes*. U.S. Antrag 99-107, 24.02.1970.
- (62) Weber, H., *Mikrobiologie der Lebensmittel: Fleisch und Fleischerzeugnisse*. Behr's Verlag, Hamburg 1996.

-
- (63) Prändl, O., Fischer, A., Schmidhofer, T., Sinell, H.-J., *Fleisch – Technologie und Hygiene der Gewinnung und Verarbeitung*. Verlag Eugen Ulmer, 1988.
- (64) Beck, A., Dylla, R. (2008), *Hürden-Kombination bringt Sicherheit – Sichere und angepasste Herstellung von Öko-Fleisch und -Wurstwaren ohne bzw. mit reduziertem Einsatz von Pökelfstoffen*. *Fleischwirtschaft* **80** (2): S. 31 – 34.
- (65) Liepe, H.-U., Pfeil, E., Porobić, R (1989), *Einfluss von Zuckerstoffen und Bakterien auf den Verlauf der Rohwurstsäuerung*. *Fleischwirtschaft* **69** (7): S. 1173 – 1176.
- (66) Kunz, B., *Grundriss der Lebensmittel-Mikrobiologie*. Behr's Verlag, Hamburg 1994.
- (67) Morgenstern, H. (2005), *Werkzeuge für sichere Produkte. Antilisterielle Schutzkulturen für Rohwurst und Rohschinken*. *Fleischwirtschaft* **77** (7): S. 51 – 53.
- (68) Hummerjohann, J., *Fleischfermentation*. (Website) (Stand: 03.03.2008, 14:20) Verfügbar auf: http://www.db-alp.admin.ch/de/publikationen/docs/pub_HummerjohannJ_2004_15624.pdf?PHPSESSID=ef0dd84001015694496d6ade4a50fb51.
- (69) Islam, R., Jöckel, J. (2005), *Beurteilung von frischer Mettwurst bzw. Zwiebelmettwurst*. *Fleischwirtschaft* **77** (6): S. 103 – 105.
- (70) Kröckel, L., *Biokonservierung von Fleischerzeugnissen – Bacteriocinogene Milchsäurebakterien können Pathogene hemmen*. Institut für Mikrobiologie und Toxikologie, E.-C.-Baumann-Str. 20, 95326 Kulmbach.
- (71) Weide, H., *Allgemeine Mikrobiologie*. Gustav Fischer Verlag, Jena 1979.
- (72) Müller, G., Weber, H., *Mikrobiologie der Lebensmittel – Grundlagen*. Behr's Verlag, Hamburg 1996.
- (73) (Website) (Stand: 04.06.2008, 08:15), *Calciumchlorid*. Verfügbar auf: www.zusatzstoffe-online.de.
- (74) Leuthardt, F., *Lehrbuch der physiologischen Chemie*. Walter de Gruyter & Co, Berlin 1963.
- (75) (Website) (Stand 05.06.2008, 13:20), *Zusatzstoffe-online.de*, Information zu Lebensmittelzusatzstoffen, *Calciumlactat E 327*. Verfügbar auf: http://www.zusatzstoffe-online.de/zusatzstoffe/112.e327_calciumlactat.html.
- (76) (Website) (Stand 05.06.2008, 14:15), *Zusatzstoffe-online.de*, Information zu Lebensmittelzusatzstoffen, *Calciumacetat E 263*. Verfügbar auf: http://www.zusatzstoffe-online.de/zusatzstoffe/83.e263_calciumacetat.html.
- (77) (Website) (Stand 06.06.2008, 14:00), *Lebensmittellexikon*, *Essigsäure E 260*. Verfügbar auf: <http://www.lebensmittellexikon.de/e0000290.php>.
- (78) (Website) (Stand: 05.06.2008, 15:10), *Lexikon*, *Natriumazetat E 262*. Verfügbar auf: <http://www.enius.de/lexikon/e262.html>.
- (79) Holčík, J., Mihálik, J., *Süßwasserfische*. Artia Prag, 1970.
- (80) (Website) (Stand: 13.01.2008, 08:15), *Biogaswärme für den Afrikanischen Wels*. Bauernzeitung 45. Woche, S. 37 – 38. Verfügbar auf: <http://www.pal-anlagenbau.de/content/fileadmin/pal/content/pdf/Proettlin2.pdf>.
- (81) (Website) (Stand: 14.01.2008, 09:30), *Fischinformationszentrum*, *Lexikon für Fische und Meeresfrüchte*. Verfügbar auf: <http://www.fischinfo.de/index.php?1=1&link=d&page=lexikon>.
- (82) Ruhl, T., *Die See*. Neuer Umschau Buchverlag GmbH.
-

- (83) (Website) (Stand: 14.01.2008, 10:10), [angeltreff.org](http://www.angeltreff.org/fischdb/buttermakrele.html), *Buttermakrele*. Verfügbar auf: <http://www.angeltreff.org/fischdb/buttermakrele.html>.
- (84) (Website) (Stand: 14.01.2008, 15:15), Bundesinstitut für Risikobewertung, *Vorsicht beim Verzehr von geräuchertem Butterfisch!* Verfügbar auf: <http://www.bfr.bund.de/cd/2137>.
- (85) (Website) (Stand: 15.01.2008, 07:30), Osibona, A. O., Kusemiju, K., Akande, G. R., *Proximate composition and fatty acids profile of the African Catfish Clarias gariepinus*. *actaSATECH 3* (1): In Press (2006) (Journal of Life and Physical sciences). Verfügbar auf: <http://www.actasatech.com/download.php?file=Journal-44.pdf>.
- (86) (Website) (Stand: 14.01.2008, 13:40), Die Räucherei-Spezialitäten, *Buttermakrele*. Verfügbar auf: <http://www.die-raucherei.de/files/dr-fisch-abc-02.pdf>.
- (87) Harder, W., *Anatomie der Fische*. E. Schweizerbarsche Verlagsbuchhandlung, 1964.
- (88) Steffens, W., *Der Karpfen*. Die neue Brehm-Bücherei, A. Ziemsen Verlag, 1975.
- (89) Zisweiler, V., *Spezielle Zoologie, Wirbeltiere - Band I: Anamnia*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1976.
- (90) (Website) (Stand: 15.05.2008, 9:30), Aquakultur Technologie, Fischzucht und Zubehör *Verarbeitungsgeräte*. Verfügbar auf: <http://members.magnet.at/aquaculture/verarbeitung.htm>.
- (91) Keim, H., Franke, R., *Fachwissen Fleischtechnologie - Modernes Fleischerhandwerk Band 2*. Deutscher Fachbuchverlag, Frankfurt am Main 2007.
- (92) Belitz, H.-D., Grosch, W., *Lehrbuch der Lebensmittelchemie*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1982.
- (93) Verordnung über die Zulassung von Zusatzstoffen für Lebensmittel zu technologischen Zwecken (Zusatzstoff-Zulassungsverordnung – ZzulV), 29.01.1998.
- (94) Askar, A., Treptow, H., *Biogene Amine in Lebensmitteln*. Verlag Eugen Ulmer, 1986.
- (95) (Website) (Stand: 09.08.2008, 14:50), *Ficksches Diffusionsgesetz*. Verfügbar auf: <http://www.chemieonline.de/forum/showthread.php?t=70149>.
- (96) Schlittgen, R., *Einführung in die Statistik - Analyse und Modellierung von Daten*. Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, München 2003.
- (97) Wolf, H. P., Naeve, P., Tiemann, V., *Statistik aktiv mit R*. UVK Verlagsgesellschaft mbH, Konstanz 2006.
- (98) Kabitzsch, P., *Experimentelle Entwicklung eines Premiumproduktes aus Karpfenfilet*. Wissenschaftliche Hausarbeit zur ersten Staatsprüfung, Fachgebiet Technologie proteinreicher Lebensmittel der TU-Berlin, Berlin 2007.
- (99) (Website) (Stand: 16.11.2008, 18:40), Priebe, K., *Fischhygiene*. Verfügbar auf: <http://www.tiho-hannover.de/einricht/Immikro/fisch.doc>.
- (100) Bundesverband Fisch, Fischindustrie, Großhandel, *Leitlinien für eine gute Hygienepaxis und für die Anwendung der Grundsätze des HACCP-Systems für das Herstellen, Behandeln und Inverkehrbringen von Fischereierzeugnissen*. Hamburg, Dezember 2005.
- (101) (Website) (Stand: 03.02.2009, 15:45), Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), *Nationales Referenzlabor für koagulasepositive Staphylokokken*. Verfügbar auf: <http://www.bfr.bund.de/cd/8813>.
- (102) Schwinger, B., Phielpeit, J., *Entwicklung eines Herstellungsverfahrens von fermentativ rekonstituierten Karpfen-Medaillons mit Pökelfstoffen*. Wissenschaftliche Hausarbeit zur ersten Staatsprüfung, Fachgebiet Technologie proteinreicher Lebensmittel der TU-Berlin, Berlin 2007.

- (103) Kabitzsch, P., Jacob, A., Müller, S., *Markteinführung des fermentierten Karpfenprodukts der Qualitätsstufe 2 und Entwicklung einer Qualitätsstufe 1*. Projektarbeit, Fachgebiet Technologie proteinreicher Lebensmittel der TU-Berlin, Berlin 2003.
- (104) Wittig, S., *Entwicklung fermentativ rekonstituierter Fischprodukte unter Beachtung der sensorischen und mikrobiologischen Stabilität*. Wissenschaftliche Hausarbeit zur ersten Staatsprüfung, Fachgebiet Technologie proteinreicher Lebensmittel der TU-Berlin, Berlin 2008.
- (105) Heinig, A., *Produkt- und Designentwicklung von fermentierten Karpfenerzeugnissen*. Wissenschaftliche Hausarbeit zur ersten Staatsprüfung, Fachgebiet Technologie proteinreicher Lebensmittel der TU-Berlin, Berlin 2008.
- (106) Heiss, R., Eichner, K., *Haltbarmachen von Lebensmittel - Chemische, physikalische und mikrobiologische - Grundlagen der Qualitätserhaltung*. Springer Verlag 2002.
- (107) (Website) (Stand: 07.07.2008, 12:15), *Fische und Fischerzeugnisse - Krebse und Weichtiere*. Verfügbar auf: http://www.uni-jena.de/data/unijena_/faculties/bio_pharm/ieu/ls_lmc/5.0.Fische%206.sem.doc.
- (108) Füllner, G., Pfeifer, M. (2003), *Einfluss der Fütterung unterschiedlicher pflanzlicher Futtermittel auf die Produktqualität von Speisekarpfen*. Infodienst 07 / 2005 - Tierische Erzeugung: S. 55 – 66.
- (109) (Website) (Stand: 06.06.2008, 17:00), Zusatzstoffe-online.de, Information zu Lebensmittelzusatzstoffen, *Natriumascorbat, E 301*. Verfügbar auf: http://www.zusatzstoffe-online.de/zusatzstoffe/95.e301_natrium_l_ascorbat.html.
- (110) Offenlegungsschrift DE 3408425 A1 (A 23 L 1 / 325), *Verfahren zur Herstellung, Zubereitung und Formung von Bratröllchen in variabler Größe aus Fischfleisch*. Schwarz, S. (Anmelder), Deutschland, 12.09.1985 (Offenlegungstag).
- (111) Offenlegungsschrift DE 103 38 971 A1 (A 23 L 1 / 317), *Poltermischung, diese enthaltendes Formfleischprodukt und Verfahren zu dessen Herstellung*. Fuchs GmbH & Co, Deutschland, 24.03.2005.
- (112) Offenlegungsschrift DE 10 2005 021 436 A1 (A 23 L 1 / 317), *Verfahren zur Herstellung eines zusammengefügten, geformten Fleischproduktes aus geschnittenem und gewolftem Fleisch*. OSI International Holding GmbH, Deutschland, 21.09.2006.
- (113) Offenlegungsschrift DE 35 37 713 A1 (A 23 L 1 / 314), *Verfahren zum Herstellen eines Lebensmittelproduktes aus Fleisch oder Fisch*. Southern Peaks Ltd., Neuseeland, 24.04.1985.
- (114) Patentschrift DE 37 90 125 C2 (A 23 L 1 / 317), *Verfahren zur Herstellung von restrukturiertem Fleisch mit einer Scheibenstruktur*. Fradin, M. (Patentinhaber), Frankreich, 24.08.1985 (Veröffentlichungstag im Patentblatt).
- (115) Patentschrift DE 696 13 601 T2 (A 23 L 1 / 325), *Rohe, tiefgefrorene Fischzusammensetzung und Verfahren zur Herstellung*. CAP BG, Marquise, Frankreich, 08.05.2002.
- (116) Offenlegungsschrift DE 44 29 837 (A 23 L 1 / 325), *Verfahren zur Gewinnung einer strukturgleichen, bratfähigen Fisch-Fleischmasse aus Rohhering oder dessen Filet*. Schwarz, S., Deutschland, 29.2.1996.
- (117) Patentschrift DE 37 81 806 T2 (A 23 L 1 / 317), *Rekonstituiertes Fleischerzeugnis*. Tendapak Technologies Pty. Ltd., Australien, 22.04 1993.
- (118) Patentschrift DE 38 79 203 T2 (A 23 L 1 / 325), *Verfahren zur Herstellung geformter Fischprodukte*. Frisco-Findus AG, Schweiz, 05.08.1993.

- (119) Patentschrift DE 602 19 775 T2 (A 23 L 1 / 00), *Als Bindemittel dienende Enzympräparate sowie Verfahren zur Herstellung von gebundenen, geformten Nahrungsmitteln*. Ajinomoto Co., Japan, 27.12.2007.
- (120) Patentschrift WP A 23 I / 190 945, *Verfahren zur Herstellung von Formfleisch (roh)*. Schiffner, E., Oppel, K., Deutschland, 05.12.1976.

Anhang

Zu Kapitel 2.3.2 Patentrechereche, gegenwärtige Rekonstitutionsverfahren

Die Rekonstitutionsverfahren können in drei Hauptkategorien unterteilt werden:

1. Rekonstitution mit Bindemittelzusatz
2. Rekonstitution ohne Bindemittelzusatz
3. Rekonstitution auf biochemischem Weg

Zu den Unterkategorien gehören:

1. Zerkleinerungsform (Scheiben, Stücke, Stränge)
2. Zerkleinerungsgrad (Grob- und Feinanteil)
3. Endzubereitungsform / Lagerung (thermisch behandelt, tiefgefroren, gekühlt)

Als Beispiel für die Rekonstitutionsverfahren *mit Bindemittelzusatz und Stückstruktur*, die in der Endzubereitung thermisch behandelt, tiefgefroren oder gekühlt werden, können folgende Herstellungsprozesse dienen:

- ❖ In der Offenlegungsschrift DE 3408425 A1 vom 12.09.1985 (Verfahren zur Herstellung, Zubereitung und Formung von Bratröllchen in variabler Größe aus Fischfleisch) geht es darum, einen tiefgefrorenen Block aus Heringsfilets in gleichmäßige Stücke variabler Form und Größe zu schneiden, die anschließend mit einem Bindemittel bestehend aus Salz, Gewürzen, Quell- und Kochstärke sowie Milcheiweiß kurz gemischt und in einer Formmaschine zu Röllchen geformt werden. Die Röllchen werden paniert, kurz angebraten und in Gewürzaufguss in Dosen pasteurisiert (110).
- ❖ In einer weiteren Offenlegungsschrift DE 103 38 971 A1 vom 24.03.2005 (Poltermischung, diese enthaltendes Formfleischprodukt und Verfahren zu dessen Herstellung) wird die Herstellung eines Formfleischprodukts beschrieben, das durch Zugabe einer Poltermischung (Stärke, Phosphat, Salz, Genusssäurensalze) zur Formstabilisierung nicht thermisch behandelt oder eingefroren werden muss. Die Anteile betragen 100 kg Rohstoff, 7,5 kg Wasser und 2,5 kg Poltermischung. Der Rohstoff kann unterschiedlich zerkleinert werden und Stückgrößen von 8 mm Durchmesser bis hin zu 200 x 150 mm Fläche aufweisen. Der Rohstoff sollte einen sichtbaren Fettanteil von maximal 10 bis 15 % haben. Bei der Verarbeitung von fetterem Fleisch empfiehlt sich zur besseren Bindung ein Anteil von 20 % Fleisch, der auf 10 – 13 mm zerkleinert wurde. Die Mischung wird im Falle von Rinder- oder Schweinefleisch 3 – 5 Stunden unter Vakuum getumbelt und in Kunststoffhüllen unter Evakuierung des Luftsauerstoffs gefüllt (111).
- ❖ Die Offenlegungsschrift DE 10 2005 021 436 A1 vom 21.09.2006 (Verfahren zur Herstellung eines zusammengefügt, geformten Fleischproduktes aus geschnittenem und gewolfem Fleisch) beschreibt die Verarbeitung von rohem, gereiftem Fleisch, das mittels eines Slicers zu 6 – 8 cm langen und 1 – 3 cm breiten Streifen geschnitten und im Fleischwolf auf 2 – 4 mm zerkleinert wird. Das Verhältnis von Grob- und Feinanteil beträgt 97:3 oder 90:10, wobei der Feinanteil zur Restrukturierung der Muskelstruktur beitragen soll. Um den für eine gute Fleischbindung erforderlichen Eiweißaufschluss zu erlangen, wird das zerkleinerte Fleisch unter Zugabe einer Gewürzlake (Wasser, Mais-, Reis-, Kartoffel- oder modifizierte Stärke, Gewürze) 1 – 3 Stunden bei

2 – 3 °C unter Vakuum getumbelt, wobei eine stärkere Eiweißlösung und ein daraus folgender verbesserter Scheibenzusammenhalt erfolgt. Die Ausformung der Fleischmasse erfolgt bei -2 °C in einer Formmaschine. Das gewonnene Fleischprodukt kann durch Marinieren, Panieren, Garen, Frittieren, Kühlen oder Gefrieren weiterverarbeitet werden (112).

Den Rekonstitutionsverfahren *mit Bindemittelzusatz und Scheiben- bzw. Flockenstruktur* des Fleisches können nachstehende Herstellungsprozesse zugeordnet werden:

- ❖ In der Offenlegungsschrift DE 35 37 713 A1 vom 24.04.1985 (Verfahren zum Herstellen eines Lebensmittelproduktes aus Fleisch oder Fisch) wird die Verarbeitung von Resten oder Schnittstücken geringerer Qualität von Fleisch oder Fisch beschrieben, das sich bezüglich Optik, Textur und Geschmack nicht von normalem Fleisch- oder Fischeschnittstück unterscheidet. Das Fleisch wird hierzu unter minimalem Zerdrücken zu Flocken (1 – 2 mm dick, 6 – 15 mm breit, 5 – 25 mm lang) mit einer Fleischscheibenschneidmaschine geschnitten und mit einem Bindemittel (isoliertes Sojaprotein, Natriumchlorid, Natriumpolyphosphate) und Wasser in einem Paddelrührgerät 3 – 10 Minuten sacht miteinander vermischt. Das Mischverhältnis beträgt 100 kg Rohstoff, 10 -15 kg Wasser und 2,5 kg Bindemittel. Das Gemisch wird anschließend geformt, auf -6 °C abgekühlt, gepresst und dann beliebig portioniert (113).
- ❖ Die Patentschrift DE 37 90 125 C2 vom 24.08.1985 (Verfahren zur Herstellung von restrukturiertem Fleisch mit einer Scheibenstruktur) umfasst die Zerlegung von Fleisch vor der Totenstarre in Streifen von 10 bis 30 cm Länge und 2 – 3 cm Breite, die auf – 15 °C abgekühlt und mit einer Presse zu 30 – 40 cm langen und 15 cm breiten Blöcken geformt werden. Nach einem Hochtemperieren auf -10 bis -5 °C im Kern, können die Blöcke maschinell in ultrafeine Scheiben (0,2 – 0,5 mm) von geringer Querschnittsfläche geschnitten werden. Bei der Verarbeitung von weißem Fleisch, das weniger fest als Rinderfleisch ist, reichen die feinen Scheiben als Bindemittel nicht aus, so dass während des Tranchierens ein zusätzliches Bindemittel (Eiweiß) in pulverisierter Form zugegeben werden muss. Beim Mischvorgang wird das Bindemittel verteilt, wobei hierfür nur einige Sekunden unter Vakuum bleiben, um die Scheibenstruktur nicht zu zerstören und die Luft zu entfernen, so dass die Scheiben aneinanderkleben (114).

In Rekonstitutionsverfahren ohne Bindemittelzusatz kann je nach Bedarf mit oder ohne Feinanteil gearbeitet werden. In jedem Fall wird die Formstabilität durch Wärmekoagulation oder Tiefgefrieren erhalten:

- ❖ In der französischen Patentschrift DE 696 13 601 T2 vom 08.05.2002 (Rohe, tiefgefrorene Fischzusammensetzung und Verfahren zur Herstellung) wird die Herstellung einer Fischzubereitung aus vorwiegend fettarmen Fischen ohne Paniermehl, Stärke Phosphat, Geliermittel oder stärkehaltigen Substanzen beschrieben. Der Zusammenhalt wird durch einen Anteil von 10 – 25 % Fischpaste erzielt, die den Grobanteil (2 bis 10 mm große Stücke) umgibt und ausreichend bindungsfähige Proteine enthält. Zur Erzeugung der Fischpaste wird ein Tiefkühlblock aus Fischhackfleisch angetaut und im Cutter zu Fischpaste verarbeitet. Der Grobanteil wird im selben Cutter aus einem Fischfiletblock gehackt und gleichzeitig untergemischt. Während des Zerkleinerungs- und Mischvorgangs kann eine gewisse Menge an Salz (0,4 bis 0,6 %) zugegeben werden, wodurch die natürlichen Proteine des Fischfleisches solubilisiert werden

und eine klebende Masse bilden. Ein Anteil von weniger als 10 % Fischpaste ermöglicht keinen guten Zusammenhalt. Ein Anteil von mehr als 25 % hingegen verleiht dem Produkt eine klebende Konsistenz. Während des gesamten Prozesses ist die Temperatur zwischen -10 und -2 °C zu halten. Diese Bedingungen ermöglichen es, das Konstitutionswasser in einem kristallinen Zustand zu halten und so den Verlust dieses Wassers durch Exsudation zu vermeiden. Das Gemisch wird anschließend geformt und tiefgefroren und eignet sich auch zum Frittieren (115).

- ❖ Die deutsche Offenlegungsschrift DE 44 29 837 vom 29.2.1996 (Verfahren zur Gewinnung einer strukturgleichen, bratfähigen Fisch-Fleischmasse aus Rohhering oder dessen Filet) beinhaltet die Herstellung einer strukturgleichen Fischmasse ohne spürbaren Grätenanteil, die aus guter Rohware hergestellt wird und paniert, vorgebraten, gekühlt oder tiefgefroren ohne Vertränungsgefahr gelagert werden kann. Hierfür wird, wie schon in der vorhergehenden Patentschrift beschrieben, ein Tiefkühlblock angetaut und diesmal in Würfel von beliebiger, jedoch dem Bratvorgang entsprechend angepasster Größe strukturgleich geschnitten. Die gewonnene Fischmasse wird in runde, frikadellenförmige Portionen geformt und im Anschluss daran nass und trocken paniert und angebraten. Die Bratlinge werden in Behälter oder Folien vakuumdicht zur Verhinderung des oxidativen Fettverderbs verpackt und bei Temperaturen von -25 °C gelagert (116).
- ❖ In der europäischen Patentschrift DE 37 81 806 T2 vom 22.04.1993 (Rekonstituiertes Fleischerzeugnis) wird die Herstellung eines Fleischproduktes beschrieben, das aus Fleischstückchen langgestreckter Form mit oder ohne Feinanteil hergestellt wird. Durch den Abfüllvorgang werden die Fleischteile schraubenförmig angeordnet, wodurch das Produkt im Querschnitt ein natürlich texturiertes Aussehen erhält. Durch die schraubenförmige Anordnung und die Aufräuhung der Oberfläche wird der Zusammenhalt des Produkts wesentlich verbessert. Die Fleischstückchen haben eine Länge von 10 bis 100 mm Länge und eine Querabmessung von 2 bis 70 mm. Die langgestreckten Stücke können allein zur Bildung des Fleischprodukts verwendet werden oder mit fein zerteiltem Fleischmaterial vermischt sein, das nicht langgestreckt ist. Das im Fleischwolf zerkleinerte Fleisch (12mm-Scheibe für den Grobanteil und 8-mm-Scheibe für den Feinanteil) wird zusammengeballt und einer Apparatur zugeführt, die in der PCT-Patentbeschreibung PCT/AU86/00163 dargestellt ist. Durch die rotierenden Messer und die Drehbewegung wird eine Oberflächenaufräuhung und eine schraubenförmige Anordnung erreicht. Das Produkt wird direkt in einen Zylinder von 100 mm Durchmesser überführt und Gefroren. Sowohl im aufgetauten als auch im zubereiteten Zustand kann das Erzeugnis einen guten Zusammenhalt der Fleischstückchen aufweisen (117).
- ❖ Die Schweizer Patentschrift DE 38 79 203 T2 vom 05.08.1993 (Verfahren zur Herstellung geformter Fischprodukte) umfasst die Herstellung eines Fischproduktes im Schlauch, das zu Scheiben geschnitten werden kann und außen mit Haut und innen mit grätenfreiem Filetfleisch gefüllt ist. Die großen Filets (250 – 350 g) sind an der Schlauchwand mit Hautseite nach aussen angeordnet. Im Kern liegen kleine Filets- und Filetstücke (50 – 150 g). Die Filets werden in eine zu öffnende Kammer gefüllt und von dort aus in einen Schlauch von 90 mm Durchmesser gepresst, der anschließend eingefroren wird. Zum Abziehen des Schlauches wird das Produkt 30 Sekunden lang in 50 °C warmes Wasser getaucht und kann dann in 100g-Scheiben (1,5 cm breit)

geschnitten werden. Die Scheiben können separat mit einer Sauce zusammen in Säckchen vakuumverpackt und zum Verzehr im Garbad gekocht werden (118).

Unter den biochemischen Rekonstitutionsverfahren können folgende Herstellungsprozesse aufgeführt werden:

- ❖ Die japanische Patentschrift DE 602 19 775 T2 vom 27.12.2007 (Als Bindemittel dienende Enzympräparate sowie Verfahren zur Herstellung von gebundenen, geformten Nahrungsmitteln) beschreibt die Bindungsbildung des Enzyms Transglutaminase unter Zugabe von Protein. Bislang eingesetzte Proteine sind u. a. Sojaproteinisolat, Milchmolkenprotein, Gelatine und Casein. Das beste Bindegefüge, das durch eine praktische Anhaftung von 80 g / cm^2 gekennzeichnet ist, entsteht unter der Kombination Natriumcaseinat-Transglutaminase. Um den bindungsbildenden Effekt noch zu verbessern hat die Firma Ajinomoto erstmalig Kollagen als Kombinationspartner mit Transglutaminase getestet. Das entwickelte Verfahren soll eine deutliche Wirkung vor allem beim Binden von Fischfleisch haben, welches ein brüchiges, festes Nahrungsmittel ist. Die Wirkungsweise beruht auf einer Vernetzungsreaktion zwischen dem Collagen und (den Oberflächen) der festen Ausgangsmaterialien, wobei die Ausgangsmaterialien schließlich über das Collagen miteinander verbunden werden. Die Vernetzungsreaktion, die an den Aminosäuren Glutamin und Lysin stattfindet, wird durch die Zugabe von Transglutaminase bei einer Optimal-Temperatur von $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ausgelöst. Verwendet werden soll Collagen mittlerer Teilchengröße von weniger als $600 \text{ }\mu\text{m}$, da hierdurch eine höhere Bindungsfestigkeit erzielt wird. Bevorzugt werden Collagene, die 50 % oder mehr der Fraktion enthalten, deren Molekulargewicht nicht weniger als etwa 65.000 beträgt. Die Bindungswirkung nimmt ab, wenn das Molekulargewicht zu gering ist. Festgestellt wurde, dass die Bindungsfestigkeit zunimmt, wenn Collagen mit einem Iminosäuregehalt von weniger als 20 % eingesetzt wird. Die praktische Anhaftung beim Binden beträgt dann 110 g / cm^2 und übersteigt so die Bindungsfestigkeit, die unter Verwendung von Casein entsteht (119).
- ❖ Die Patentschrift WP A 23 I / 190 945 vom 05.12.1976 (Verfahren zur Herstellung von rohem Formfleisch) beschreibt ein Verfahren, das es ermöglicht, ein Zwischenerzeugnis mit Rohfleischcharakter aus Fleischabschnitten herzustellen. Erreicht wird dies durch das Zusammenwirken nachfolgender Parameter:
 1. Mechanische Bearbeitung
Zunächst wird das zerkleinerte Fleisch mit Salz vermengt, wobei wasserlösliches Eiweiß aus den zerstörten Muskelzellen ausgeschwemmt wird. Bei diesen Proteinfractionen handelt es sich überwiegend um Myogen und Myonibumin. Das gelöste Eiweiß bildet alsbald einen klebrig-trüben Film, der die Fleischstücke miteinander verbindet.
 2. Bakterielle Steuerung
Im Anschluss daran erfolgt die Zugabe einer Bakterienreinkultur von *Pediococcus cerevisiae*. Die Mikroorganismen verstoffwechseln Zuckerstoffe (Glukose) zu Milchsäure, wodurch der pH-Wert sinkt. Das Herausschwemmen der wasserlöslichen Eiweiße wird durch die pH-Absenkung unterstützt: am isoelektrischen Punkt (pH 5,2 – 5,3) ist die Ladung der Proteine am geringsten, so dass das elektrostatisch gebundene Wasser leichter freigesetzt werden kann und die Proteine

sich verdichten können. Außerdem kommt es am und unterhalb des isoelektrischen Punktes zu einer Säuredenaturierung der Proteinmoleküle, die zu einer zusätzlich festeren Bindung führt.

3. Formgebung

Die Masse wird unter Druck in beliebige Formen gefüllt.

4. Thermostabilisierung

Danach werden die Formlinge einer Wärmebehandlung zwischen 45 und 50 °C unterzogen, wobei eine Kerntemperatur von 48 °C erreicht wird. Die Proteinfractionen Myogen und Myonibumin denaturieren bereits bei 45 °C, so dass es zu einer Entfaltung und Verknäulung dieser Eiweißmoleküle kommt, was wiederum zu einer stabilen Bindung zwischen den Fleischteilen führt. Die native Struktur des kollagenen und elastischen Bindegewebes, die für den Bisswiderstand und den Rohfleischcharakter verantwortlich ist, denaturiert hingegen erst bei Temperaturen oberhalb 50 °C. Der Erhalt des Rohfleischcharakters ist somit gewährleistet (120).

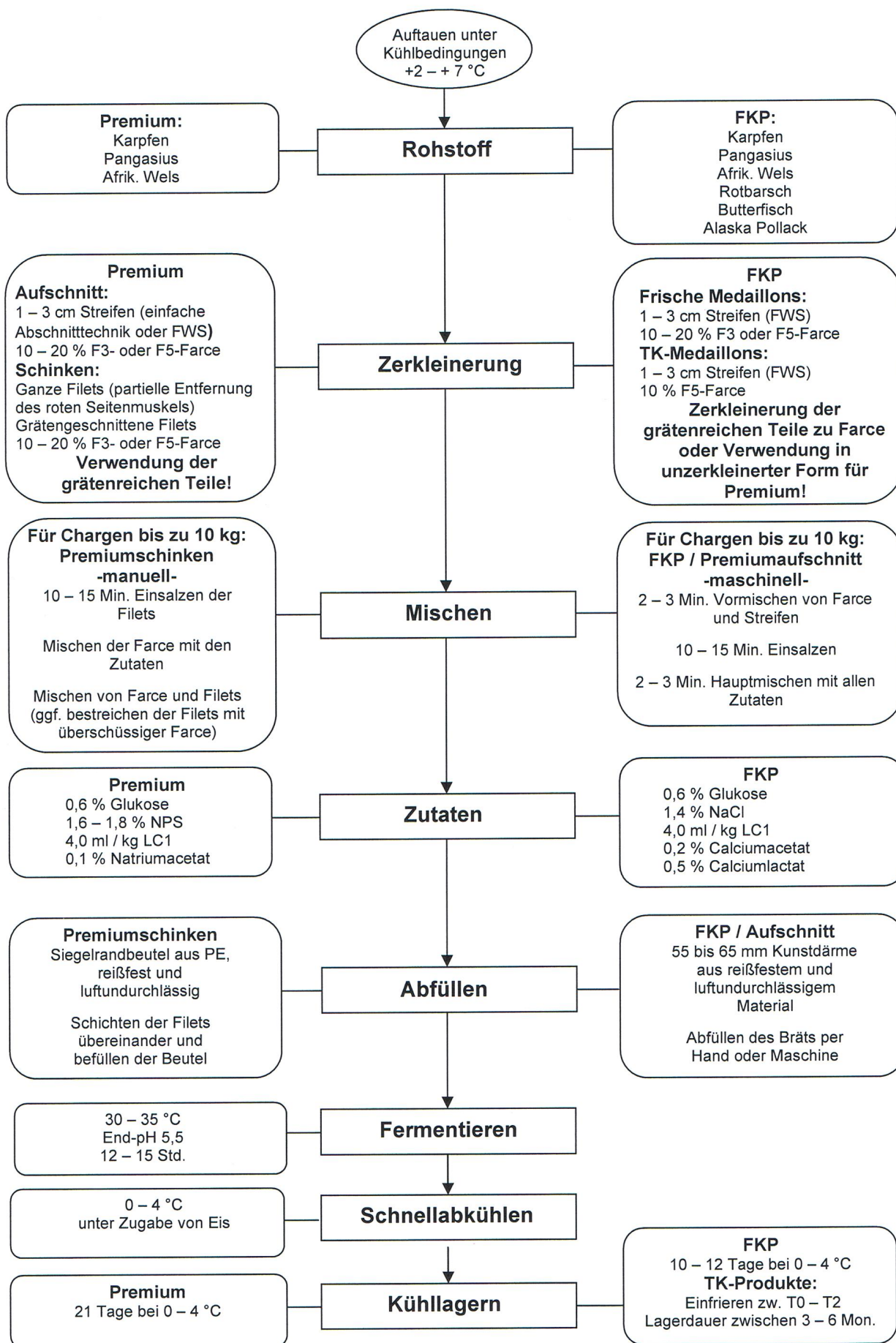


Abb. 93: schematische Darstellung des optimierten Herstellungsprozesses für FK- und Premiumprodukte

Formelverzeichnis

<i>Formel 1: Ficksches Diffusionsgesetz</i>	<i>129</i>
<i>Formel 2: Standardabweichung</i>	<i>138</i>
<i>Formel 3: Variationskoeffizient</i>	<i>138</i>
<i>Formel 4: Korrelationskoeffizient</i>	<i>181</i>

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Food-Wachstumsmärkte (10).....	15
Abb. 2: Weltfischereierträge (14).....	16
Abb. 3: World fish utilization and supply, excluding China (15)	17
Abb. 4: World capture fisheries production (15)	18
Abb. 5: World capture fisheries and aquaculture production (15).....	18
Abb. 6: Umsätze der Fischindustrie (17).....	19
Abb. 8: Fish as food: per capita supply (16).....	20
Abb. 10: Beliebteste Salzwasserrische (17).....	21
Abb. 11: Deutsche Binnenfischerei (18)	22
Abb. 12: Im- und Exportmengen (18)	22
Abb. 14: Beliebteste Fischprodukte auf nationalem Gebiet (17).....	32
Abb. 16: Muskelfaser und Myofibrille (41).....	43
Abb. 17: Struktur des Fischmuskelfleisches (44).....	47
Abb. 18: Untersuchung von Fisch und Fischerzeugnissen (modifiziert nach (50))	62
Abb. 19: Herstellungsprinzip der fermentativen Rekonstitution	63
Abb. 20: Einsalzeffekt (56).....	66
Abb. 21: Ladungszustand der Proteine (35).....	67
Abb. 22: Hydrathülle von Ionen (links) und Anzahl der Wassermoleküle pro Molekül (rechts) (31)	67
Abb. 23: homofermentativer Glukoseabbauweg zu Lactat (modifiziert nach (66)).....	68
Abb. 24: Gel-Struktur (31).....	69
Abb. 25: Wachstumskurve einer statischen Kultur (modifiziert nach (72))	71
Abb. 26: Egg-Box-Struktur / Calciumverbrückung (31)	73
Abb. 27.: Wasserbindung in Abhängigkeit vom pH-Wert (56)	75
Abb. 28: Protein-Nettoladung (35).....	75
Abb. 29: Schematische Darstellung der Verteilung der Zwischenmuskelgräten im	80
Abb. 30: Querschnitte durch den Rumpf (v. l. n. r.)	81
Abb. 31: Röntgenaufnahme von der Außenseite eines rechten K3-Filets:.....	83
Abb. 32: 46 Zwischenmuskelgräten eines K3-Filets	84
Abb. 33: gegartes K3-Filet:	84
Abb. 34: unterschiedliche Einschnittwinkel im Grätenschneider.....	85
Abb. 35: Ergebnis der unterschiedlichen Einschnittmethoden im Grätenschneider.....	85
Abb. 36: schematische Darstellung der Fischwertsortierung	89
Abb. 37: Fischwertsortierung an einem K3-Filet.....	90
Abb. 38: prozentualer Anteil der F-Sorten.....	90
Abb. 39: Gegenüberstellung der rohen und gegarten F-Sorten	92
Abb. 40: Ansicht eines quer angeschnittenen Filets mit gut erkennbarem roten Seitenmuskel.....	93
Abb. 42: fertiges Fischbrät.....	96
Abb. 43: Abfüllen des Fischbräts.....	96
Abb. 44: 8mm-Farce.....	96
Abb. 45: Schnittbild Charge 2	96
Abb. 46: Schnittbild Charge 3	96
Abb. 50: F3-Farce aus der 2mm-Scheibe	100
Abb. 51: F5-Farce aus der 2mm-Scheibe	100
Abb. 52: 5 % F5-Farce	104
Abb. 53: 10 % F5-Farce.....	104
Abb. 54: 15 % F5-Farce.....	104
Abb. 55: 20 % F5-Farce.....	104
Abb. 56: gewolfte Probe mit Calciumlactat, dunkler	111
Abb. 57: gewolfte Probe mit Calciumacetat, heller	111
Abb. 58: K3 mit NPS	114
Abb. 59: K3 mit NaCl.....	114
Abb. 69: K3 / AW mit NaCl.....	152
Abb. 73 / Abb. 74 / Abb. 75 / Abb. 76: FKP mit NPS und Butterfisch.....	167
Abb. 77: Eiweißaustritt in Abhängigkeit vom Einfriertag.....	169
Abb. 80: kaltgeräucherter Premiumschinken	193
Abb. 81: kaltgeräucherter Premiumschinken	193
Abb. 82: kaltgeräucherter Premiumaufschnitt mit NPS (102)	193
Abb. 83: warmgeräucherter K3-Schinken im Block	195
Abb. 84: warmgeräucherter K3-Schinken aufgeschnitten	195
Abb. 85: gebeiztes Premiumprodukt mit NaCl (103).....	195
Abb. 88: Blockbrät mit Trockengemüse (links) und ohne Gemüseeinlage (rechts)	197
Abb. 89: panierte Karpfensticks mit Trockengemüse	197
Abb. 90: panierte und gebratene Karpfensticks	197
Abb. 91: Heringsröllchen mit Spinat (105)	198
Abb. 93: schematische Darstellung des optimierten Herstellungsprozesses für FK- und Premiumprodukte	VI

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Entwicklung der Weltbevölkerung, des Weltfangs und des Durchschnittsfangs pro Kopf (5)	16
Tab. 2: Übersicht der Konservierungsverfahren der Fischverarbeitung und ihre Wirkungsweisen (3)	24
Tab. 3: Veränderungen von Eigenschaften des Muskelgewebes durch Proteindenaturierung bei Erwärmung (3)	28
Tab. 4: Konservierungsstoffe für Fischerzeugnisse nach Zusatzstoff-Zulassungsverordnung (22.12.1981), §3, Anlage 3,	30
Tab. 5: Convenience-Produkte im Bereich Tiefkühlfisch	34
Tab. 6: gekühlte Fisch-Convenience der Deutschen See (Broschüren 2008 / 2009)	36
Tab. 7: Reifungsverfahren für schnittfeste Rohwurst (33)	39
Tab. 8: Muskelfaserlänge und -dicke (3), (45)	47
Tab. 9: Vereinfachte Übersicht der Muskelproteine (3)	48
Tab. 10: Orientierungswerte für die Haltbarkeit (Tage) verschiedener Fischarten bei Lagerung in Eis (0-2°C) (3)	52
Tab. 11: Lagereignung verschiedener Fischarten bei – 18 °C (3)	53
Tab. 12: Qualitätsparameter der sensorischen Bewertung mit entsprechendem Multiplikationsfaktor für den Roh- oder Garzustand	60
Tab. 13: Beurteilungs- und Punktesystem zur Validierung der Produktqualität	61
Tab. 14: produktspezifische Rezepturen	66
Tab. 15: Nährwerte der verarbeiteten Fischarten *(81), **(85), *** (86)	79
Tab. 16: experimentell ermittelte pH-Werte der verschiedenen Fischfilets	79
Tab. 17: Ergebnisse der chemischen Analyse von Karpfengräten vergleichend zu Knochen und Zähnen (47)	82
Tab. 18: Ergebnisse der Wasser- und Fettbestimmung der F-Sorten	91
Tab. 19: Garverluste der F-Sorten	92
Tab. 20: sensorische Parameter V1	96
Tab. 21: sensorische Parameter V2	98
Tab. 22: sensorische Parameter V3	98
Tab. 23: sensorische Parameter V4	100
Tab. 24: sensorische Parameter V6	101
Tab. 25: sensorische Parameter V7	102
Tab. 26: sensorische Parameter V8	103
Tab. 27: sensorische Parameter V9	104
Tab. 28: höchster Qualitätsindex Versuchsreihe 3.4.1	105
Tab. 29: Grundrezeptur	107
Tab. 30: sensorische Parameter V11	107
Tab. 31: veränderte Grundrezeptur	108
Tab. 32: sensorische Parameter V12	108
Tab. 33: sensorische Parameter V13	109
Tab. 34: sensorische Parameter V14	110
Tab. 35: sensorische Parameter V15	111
Tab. 36: sensorische Parameter V16	112
Tab. 37: sensorische Parameter V17	113
Tab. 38: höchster Qualitätsindex Versuchsreihe 3.4.2	116
Tab. 39: biogene Amine, die durch Decarboxylierung und (...) entstehen und in frischen, tiefgefrorenen und konservierten Fischen und Fischerzeugnissen nachweisbar sind (94)	118
Tab. 40: stickstoffhaltige Basen in Seefischen (3), (94)	119
Tab. 41: nitrosierbare Amine und die daraus gebildeten Nitrosamine (94)	119
Tab. 42: Restnitritgehalt in Karpfen- und Pangasius-Schinken	119
Tab. 43: Zutatenzusammenstellung für die Grundprodukte	119
Tab. 44: sensorische und verarbeitungstechnologische Parameter V18	121
Tab. 45: sensorische und verarbeitungstechnologische Parameter V19	122
Tab. 46: sensorische und verarbeitungstechnologische Parameter V20	123
Tab. 47: sensorische und verarbeitungstechnologische Parameter V21	124
Tab. 48: sensorische und verarbeitungstechnologische Parameter V22	124
Tab. 49: sensorische und verarbeitungstechnologische Parameter V23	125
Tab. 50: sensorische und verarbeitungstechnologische Parameter V24	126
Tab. 51: Rezeptur und Verfahrensweise Versuchsreihe 3.4.4	129
Tab. 52: Versuchsaufstellung Versuchsreihe 3.4.4	130
Tab. 53: Beschreibung der Fermentationskurven	133
Tab. 54: Auswertung der Fermentationsdiagramme V26	138
Tab. 55: Berechnung der Standardabweichung und des Variationskoeffizienten	138
Tab. 56: sensorische Parameter V28	141
Tab. 57: Auswertung der Fermentationsdiagramme V29	143
Tab. 58: höchster Qualitätsindex Versuchsreihe 3.4.4	145
Tab. 59: optimiertes Herstellungsverfahren	147
Tab. 60: sensorische Parameter V31	148
Tab. 61: sensorische Parameter V32	149
Tab. 62: sensorische Parameter V33	150
Tab. 63: sensorische Parameter V34	152

Tab. 64: sensorische Parameter V35	153
Tab. 65: Zutaten Schinkenprodukte	154
Tab. 66: sensorische Parameter V36	155
Tab. 67: sensorische Parameter V37	156
Tab. 68: höchster Qualitätsindex Versuchsteil 3	158
Tab. 69: physikalische Parameter V38	160
Tab. 70: sensorische Parameter V38	160
Tab. 71: physikalische Parameter V39	161
Tab. 72: sensorische Parameter V39	161
Tab. 73: physikalische Parameter V40	162
Tab. 74: sensorische Parameter V40	162
Tab. 75: physikalische Parameter V41	163
Tab. 76: sensorische Parameter V41	163
Tab. 77: physikalische Parameter V42	164
Tab. 78: sensorische Parameter V42	165
Tab. 79: physikalische Parameter V43	166
Tab. 80: sensorische Parameter V43	166
Tab. 81: physikalische Parameter des kombinierten Produktes, V44	168
Tab. 82: physikalische Parameter des reinen K3-Produktes, V44	168
Tab. 83: sensorische Parameter V44	169
Tab. 84: physikalische Parameter V45	170
Tab. 85: sensorische Parameter V45	170
Tab. 86: physikalische Parameter FKP 1 und 2, V46	171
Tab. 87: physikalische Parameter FKP 3 und 4, V46	171
Tab. 88: sensorische Parameter FKP 1 und 2, V46	172
Tab. 89: sensorische Parameter FKP 3 und 4, V46	172
Tab. 90: physikalische Parameter V47	173
Tab. 91: sensorische Parameter V47	174
Tab. 92: physikalische Parameter V48	175
Tab. 93: sensorische Parameter Frischeprodukte, V48	176
Tab. 94: sensorische Parameter TK-Produkte, V48	176
Tab. 95: höchster Qualitätsindex Versuchsteil 4	177
Tab. 96: die Qualität von TK- und Frischeprodukten beeinflussende Faktoren	177
Tab. 97: Einfriergeschwindigkeiten (20)	178
Tab. 98: Wassergehalt m_w , ausgefrorener Wasseranteil α und Anteil b des gebundenen Wassers einiger Lebensmittel (modifiziert nach(20))	178
Tab. 99: Korrelationskoeffizient	181
Tab. 100: Warn- und Richtwerte für Räucherlachs* (100) (sämtliche Räucherfischprodukte)	183
Tab. 101: Warn- und Richtwerte für Graved Lachs* (100) (gebeizte Produkte)	183
Tab. 102: Warn- und Richtwerte für Seefische ^{b)} (100) (frische und tiefgekühlte Süß- bzw. Salzwasserfische) ..	183
Tab. 103: mikrobiologische Untersuchung an aufgetauten Fischfilets, Tabelle 1	184
Tab. 104: mikrobiologische Untersuchung an aufgetauten Fischfilets, Tabelle 2	185
Tab. 105: physikalische Parameter gekühlter Ware, V49	186
Tab. 106: mikrobiologische Parameter gekühlter Ware, V49	186
Tab. 107: physikalische Parameter tiefgekühlter Ware, V49	186
Tab. 108: mikrobiologische Parameter tiefgekühlter Ware, V49	187
Tab. 109: physikalische Parameter V50	188
Tab. 110: gekühlte Ware mit und ohne Calciumsalze(n) (0,2 % Calciumacetat, 0,5 % Calciumlactat) an T7	188
Tab. 111: physikalische Parameter V51	189
Tab. 112: Bestimmung der KBE / ml bei einer aufgetauten T0-Probe,	189
Tab. 113: Kaltrauchverfahren 1 (98)	192
Tab. 114: Kaltrauchverfahren 2	193
Tab. 115: Warmrauchverfahren (98)	194
Tab. 116: Rezeptur der Beize (98)	195
Tab. 117: Rezeptur zur Herstellung der Mantelmasse	198
Tab. 118: Rezeptur zur Herstellung der Füllmasse für Hering-Trockengemüse	198
Tab. 119: Rezeptur zur Herstellung der Füllmasse für Mint-Paprika-Röllchen (104)	199
Tab. 120: Rezeptur zur Herstellung der Füllmasse für Hering-Spinat-Röllchen (105)	199
Tab. 121: Rezeptur zur Herstellung der Füllmasse	200
Tab. 122: Preise für Filetware 2009 (in Abhängigkeit von der Abnahmemenge auch preisgünstiger)	201
Tab. 123: Anteilmäßige Verteilung des Rohwarenpreises	201
Tab. 124: Umlage des Rohwarenpreises auf F1 und F2	201
Tab. 125: Anteilmäßige Verteilung des Rohwarenpreises bei Afrikanischem Welsfilet	202
Tab. 126: Reduzierung des Preises durch Verarbeitung unterschiedlicher Farceanteile	202
Tab. 127: Reduzierung des Preises durch Verarbeitung eines Fremdfischanteils von 40 %	202
Tab. 128: Reduzierung des Preises durch Verarbeitung der grätenreichen Teile und unterschiedlicher Farceanteile	202
Tab. 129: Preissenkung durch Verarbeitung der grätenreichen Teile, 20 % Feinfarce und 40 %	203
Tab. 130: Rohwarenpreis für Premium-Karpfenschinken	203

<i>Tab. 131: Preissenkung durch Verarbeitung der grätenreichen Teile, 20 % Feinfarce und</i>	203
<i>Tab. 132: Preisverteilung bei Verarbeitung der verwertbaren F-Sorten</i>	204
<i>Tab. 133 bis 135: Preisberechnung und anteilmäßige Produktverteilung bei der Verarbeitung aller verwertbaren F-Sorten mit einem Fremdfischanteil von 60 %</i>	204
<i>Tab. 134</i>	204
<i>Tab. 135</i>	204
<i>Tab. 136: Rohwarenpreise für Premiumprodukte</i>	205
<i>Tab. 137: Rohwarenpreise für FK-Produkte</i>	205

Diagrammverzeichnis

Diagramm 1: Charge 1	130
Diagramm 2: Charge 2	131
Diagramm 3: Charge 3	131
Diagramm 4: Charge 4	131
Diagramm 5: Charge 5	131
Diagramm 6: Charge 6	131
Diagramm 7: Charge 7	131
Diagramm 8: 5 Versuche mit NaCl	137
Diagramm 9: 5 Versuche mit NPS	137
Diagramm 10: Fermentation bei unterschiedlichem Zerkleinerungsgrad	139
Diagramm 11: pH-Verlauf bei unterschiedlichen Bebrütungstemperaturen	140
Diagramm 12: erreichte Kerntemperaturen	141
Diagramm 13: Charge 1	142
Diagramm 14: Charge 2	142
Diagramm 15: pH-Langzeitmessung	144
Diagramm 16: Fermentationsverlauf bei der Rekonstitution von K3 und AP mit NaCl und NPS	148
Diagramm 17: Fermentationsverlauf bei der	149
Diagramm 18: Fermentationsverlauf bei der	149
Diagramm 19: Fermentationsverlauf bei der Rekonstitution von K3 und BF	150
Diagramm 20: Fermentationsverlauf bei der Rekonstitution von K3 und AW	151
Diagramm 21: Fermentationsverlauf bei der Rekonstitution von K3 und Pangasius mit NaCl	153
Diagramm 22: Fermentationsverlauf bei der Rekonstitution von Pangasiusschinken	155
Diagramm 23: pH-Verlauf K3 / AP	160
Diagramm 24: Garverluste K3 / AP	160
Diagramm 25: pH-Verlauf K3 / BF	161
Diagramm 26: Garverluste K3 / BF	161
Diagramm 27: pH-Verlauf K3 / RB	162
Diagramm 28: Garverluste K3 / RB	162
Diagramm 29: pH-Verlauf K3 / AW	163
Diagramm 30: Garverluste K3 / AW	163
Diagramm 31: pH-Verlauf K3 / Pangasius	164
Diagramm 32: Garverluste K3 / Pangasius	164
Diagramm 33: pH-Verlauf FKP 1, mT / oT	166
Diagramm 34: Garverluste FKP 1, mT / oT	166
Diagramm 35: pH-Verlauf FKP 2, mT / oT	166
Diagramm 36: Garverluste FKP 2, mT / oT	166
Diagramm 37: pH-Verlauf und Garverluste von FKP-Proben (mit FF)	168
Diagramm 38: pH-Verlauf und Garverluste von FKP-Proben (K3)	168
Diagramm 39: pH-Verlauf und Garverluste von	170
Diagramm 40: pH-Verlauf und Garverluste von	170
Diagramm 41: pH-Verlauf und Garverlust FKP 1, mT / oT	172
Diagramm 42: pH-Verlauf und Garverlust FKP 2, mT / oT	172
Diagramm 43: pH-Verlauf und Garverlust FKP 3, mT / oT	172
Diagramm 44: pH-Verlauf und Garverlust FKP 4, mT / oT	172
Diagramm 45: pH-Verlauf und Garverluste in Abhängigkeit vom Einfriertag und vom End-pH-Wert	174
Diagramm 46: pH-Verlauf von Frische- und	175
Diagramm 47: Garverluste von Frische- und	175
Diagramm 48: linearer Zusammenhang zwischen dem mittleren Garverlust und der Fermentationszeit	181
Diagramm 49: linearer Zusammenhang zwischen dem Anfangs-pH-Wert und der Fermentationszeit	181
Diagramm 50: Relation zwischen KBE / ml der LKZ	187
Diagramm 51: Relation zwischen KBE / ml der LKZ	187
Diagramm 52: Relation KBE / ml (LKZ) / pH-Verlauf	190

Erklärung zur Urheberschaft

Hiermit versichere ich an Eides statt, dass die vorliegende Dissertation in allen Teilen selbständig von mir angefertigt wurde und die benutzten Hilfsmittel vollständig angegeben worden sind.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Berlin, den 26.02.2010

Scarlett Strebl-Schneider