

Einfluß des Doppelgefrierens auf Qualitätsmerkmale des Filets von Seelachs (*Pollachius virens*) während der TK-Lagerung in Abhängigkeit vom Rigor-Stadium

Reinhard Schubring

Institut für Biochemie und Technologie der Bundesforschungsanstalt für Fischerei Hamburg, Palmallee 9, D-22767 Hamburg

Zusammenfassung

Einfach- und doppelgefrorene Seelachsfilets unterscheiden sich in einer Vielzahl der untersuchten Parameter. So weisen die SF-Filets in der Regel geringere Formaldehyd- und Dimethylamingehalte auf. Ein möglicher Einfluß des Zeitpunktes der Herstellung der Filets *post mortem*, der sich bei den Formaldehydgehalten andeutet, und auch technologisch bedeutungsvoll sein kann⁵⁴⁾, wäre durch weitere Untersuchungen zu verifizieren. Neben diesen chemischen werden auch physikalische Merkmale beeinflusst. Für die Farbe läßt sich, bezogen auf Veränderungen der CIE-Lab-Farbwerte, feststellen, daß die Helligkeit L^* , bestimmt an homogenisierter aufgetauter Muskulatur, durch das Doppelgefrieren deutlich erhöht wird, wobei die Absolutwerte von *prae rigor* zu *post rigor* zunehmen. Während auch beim Gelbwert b^* eine durch das Doppelgefrieren bedingte Farbvertiefung zu verzeichnen ist, bleibt der Rotwert a^* weitgehend unbeeinflusst. Die instrumentell bestimmten Texturveränderungen zeigen z. T. sehr eindeutige Differenzen in der Penetrationshärte der aus SF- und DF-Filet hergestellten Homogenate auf, wobei die Richtung der Veränderungen offenbar durch das Rigor-Stadium bestimmt wird. Die fritierten SF- und DF-Proben unterscheiden sich in ihrer Härte und Kaubarkeit, die bei letzteren deutlich erhöht sind. Gleiches gilt auch für die sensorisch bestimmten Texturparameter Härte und Gummiartigkeit. Neben diesen werden auch Kohäsion und Saftigkeit (jeweils verringert), sowie Faserigkeit und Fasergröße (jeweils erhöht) durch wiederholtes Gefrieren signifikant beeinflusst. Im Geruch und Geschmack weisen die DF-Filets geringere Frische, und demzufolge Abweichungen in Richtung „alt“ und „fischig“ auf. Diese auch aus Gefrierlagerungsuntersuchungen bekannten Veränderungen sind jedoch nur für *prae* und *in rigor* Proben signifikant. Daraus läßt sich ableiten, daß unter kommerziellen Bedingungen TK-Filetblockware, bei deren Herstellung überwiegend *post rigor* vorausgesetzt werden kann, nicht generell zu verminderter Qualität der Enderzeugnisse führen muß, wenn in ihr Herstellungsprozeß ein Doppelgefrieren beinhaltet. Einige der hier verwendeten Untersuchungsmethoden gestatten eine Differenzierung von SF- und DF-Filets. Eine mögliche Ableitung von Grenzwerten erscheint eher unwahrscheinlich, da zunehmende Dauer und ungünstige Temperatur der Lagerung die Unterschiede zwischen SF- und DF-Filets in den Endprodukten verwischen können.

Summary

Single and double frozen fillets are differentiated from each other by some of the parameters investigated. As a rule, the formaldehyde content is lower in SF fillets than in DF fillets. Beside the chemical parameters physical measures are influenced, too. The lightness (L^*) increases due to refreezing. While twice-freezing causes an increase in yellowness (b^*) as well, the redness (a^*) seems to be unaffected. Texture changes measured instrumentally revealed differences between SF and DF fillets expressed by penetration force or hardness derived from TPA. The same is valid for the firmness and rubberiness evaluated by sensory which both increase by refreezing. Beside these, also the cohesiveness and juiciness (both are lowered) and the fibrousness and fibre size (both

are higher) are markedly changed by double freezing. Concerning flavour, the double frozen fillets show reduced freshness and are more stale and fishy. This deterioration is known from frozen storage trials and significant only when using pre- and in-rigor fillets. Under commercial conditions the fillets are mostly processed post-rigor. Therefore, it seems to be obvious that the final battered and breaded products processed using refrozen blocks of fillets are not of lower quality compared with those derived from single frozen ones. The investigation methods used allow to differentiate between SF and DF fillets, but it is not possible to fix limits for the time being.

Einleitung

Die deutsche fischverarbeitende Industrie, die im TK-Bereich bei der Herstellung von panierten, tiefgefrorenen Filetportionen zu den weltweit bedeutenden Herstellern zählt, ist zunehmend auf den Import von Rohstoffen angewiesen. 1996 wurden etwa 170000 t Magerfischfilet, gefroren, importiert. Der Hauptanteil kam dabei aus Drittländern. In der Bundesrepublik Deutschland wurden im gleichen Jahr 120257 t tiefgefrorene, panierte Fischerzeugnisse hergestellt. Gegenüber 1995 beinhaltet diese Zahl eine Zunahme von 20,6 %. Die Bedeutung dieser Produktgruppe wird weiterhin dadurch unterstrichen, daß sie 27,5 % der Gesamtproduktion an Fischerzeugnissen ausmacht¹⁾.

International ist es zunehmend Praxis und durch den entsprechenden Code of Practice²⁾ auch abgedeckt, daß die Fertigung maßhaltiger, tiefgefrorener Fischfiletblöcke nicht nur in einem durchgängigen technologischen Prozeß an Bord von Fischverarbeitungsschiffen erfolgt, sondern auch ein zwischenzeitliches Gefrieren eines z. T. aufbereiteten Rohstoffs beinhalten kann. Dabei wird der überwiegend in küstennahen Gewässern gefangene Fisch an Bord geköpft und ausgezogen, anschließend tiefgefroren und später dann nach kurzzeitiger Gefrierlagerung in Landbetrieben aufgetaut, filetiert, enthäutet und zu maßhaltigen, für die spätere Herstellung von panierten Filetportionen geeigneten, Blöcken gefroren. Das Auftauen kann entweder in unbewegter (a) oder zirkulierender (b) Luft erfolgen, wobei im Falle von (a) die Produkttemperatur 5 °C nicht überschreiten darf und bei (b) eine erhöhte Feuchte der Luft, deren Temperatur 21 °C nicht überschreiten soll, gefordert ist. Wenn das Auftauen in Wasser erfolgt, kann zirkulierendes, sauberes See- oder Leitungswasser mit einer Temperatur < 21 °C verwendet werden. Ein ebenfalls mögliches Auftauen im Dielektrikum oder unter Ausnutzung des elektrischen Widerstands dürfte aus Kostengründen hierbei ausgeschlossen sein. Somit stehen für

die Herstellung dieser Erzeugnisse (panierte, tiefgefrorene Filetportionen) zwei Rohstoffe zur Verfügung

- TK-Filetblöcke, hergestellt aus Frischfisch in einem ununterbrochenen Fertigungsprozeß (SF). Die Herstellung beinhaltet einmaliges Tiefgefrieren.
- TK-Filetblöcke, hergestellt aus Gefrierfisch in einem ununterbrochenen Fertigungsprozeß (DF). Die Herstellung beinhaltet doppeltes Tiefgefrieren.

Als Voraussetzung einer gleichbleibenden und hohen Erzeugnisqualität, die den wachsenden Verbrauchererwartungen gerecht wird, ist es von Bedeutung zu untersuchen, ob wiederholtes Gefrieren qualitätsmindernd wirkt, und ob sich diese Manipulation mit möglichst einfachen Methoden nachweisen läßt.

2 „State of the Art“

In der Literatur finden sich nur relativ wenige Veröffentlichungen zum Doppelgefrieren und dessen Auswirkung auf die Qualität. Diese liegen zeitlich auch überwiegend mehrere Jahre zurück. Ein sensorischer Vergleich zwischen einfach und doppelgefrorenen Erzeugnissen ergab, daß nach einmonatiger TK-Lagerung des Filetblocks die Qualität zwar noch akzeptabel, wenn auch deutlich verringert war^{3,4}. Diese Aussage traf sowohl für Rund- als auch für Plattfische zu. Auch bei Garnelen wurde unter dem Einfluß des Doppelgefrierens eine Verschlechterung aller untersuchten Qualitätsmerkmale beobachtet⁵. Bei Untersuchungen zum Einfluß des Doppelgefrierens an ausgenommenen, geköpften Fischen 13 verschiedener Arten wurden neben der Sensorik weitere Untersuchungsmethoden verwendet, um Veränderungen der Qualität zu charakterisieren⁶. Dabei wurden generell Qualitätseinbußen, hervorgerufen durch wiederholtes Gefrieren, festgestellt. Diese äußerten sich in erhöhten Dripverlusten, fortschreitender Proteindenaturierung und bei mittelfettem bis fettem Fisch durch verhältnismäßig schnell einsetzende Vertranung. Ungünstige (zu hohe) Lagerungstemperaturen beschleunigten die Qualitätsabnahme. Es wird geschlußfolgert, daß es prinzipiell möglich ist, die untersuchten Fischarten zweimal zu gefrieren und eine Technologie vorgeschlagen, die eine durchschnittliche Qualität der doppelgefrorenen Ware sichern soll. Doppelgefrorene Filets und Farcen aus Seehecht wiesen während der TK-Lagerung, verglichen mit einmal gefrorenen Produkten aus dem gleichen Hol, eine schnellere Verringerung der Qualität (Zunahme der Dimethylamin (DMA)-Gehalte und Abnahme der Proteinlöslichkeit) auf⁷. Ihre Lagerfähigkeit wurde von 10 Monaten für einfachgefrorene Filets auf 4,5 Monate (bei Filetherstellung nach 3 Monaten TK-Lagerung des Ganzfisches) bzw. 1 Monat (bei Filetherstellung nach 6 Monaten) reduziert. Beobachtungen der Strukturveränderungen an Shrimps mittels Raster-Elektronenmikroskop zeigten, daß die durch ein Doppelgefrieren hervorgerufenen Gewebeschädigungen nicht signifikant stärker waren als die während der sich an die thermische Behandlung anschließenden Gefrierlagerung. Gefriertemperatur und Lagertemperatur schädigten bei un-

günstiger Wahl die Gewebe in weitaus stärkerem Maße⁸. Auch bei doppelgefrorener Lodde war die Qualität im Vergleich zur einmal gefrorenen Ware merklich beeinträchtigt, wurde jedoch auch nach zweijähriger Gefrierlagerung als noch akzeptabel bezeichnet⁹. Die Zeitdauer der Gefrierlagerung vor dem Auftauen und zweiten Gefrieren scheint dabei bedeutungsvoll. Über 2 Monate vorgelagerte Ware erwies sich gegenüber Qualitätsveränderungen während der nachfolgenden Gefrierlagerung als deutlich stabiler im Vergleich zu einer über 6 Monate vorgelagerten Probe. Die Qualitätsabweichungen äußerten sich bei diesen Untersuchungen stärker im Geschmack als in der Textur. Die Bildung von freien Fettsäuren korrelierte mit den Geschmacks- und Texturveränderungen sowie mit dem Gehalt an extrahierbarem Proteinstickstoff. Letzterer wird neben DMA und Trimethylamin (TMA) sowie Hypoxanthin als guter Indikator für die Lagerzeit und sensorische Qualität angesehen. Wiederholtes Auftauen und Gefrieren wie auch Temperaturfluktuationen erhöhten Dripverlust, Zähigkeit und Fettoxidation, wobei letztere neben der Texturverschlechterung die Hauptursache für die Qualitätsabnahme des Fisches während der Gefrierlagerung darstellte¹⁰. Die Zunahme der Aktivität proteolytischer Enzyme als Ergebnis wiederholten Gefrierens wird jedoch als nicht stark genug angesehen, um die Texturverschlechterung zu erklären. Als einfache Methode zur Feststellung der Anzahl vorgenommener Gefrier/Tau-Zyklen wird die Ermittlung der Torry-Meter-Werte vorgeschlagen¹¹. Wiederholtes Gefrieren und Auftauen von Karpfenfilet bewirkte eine starke Verringerung derselben, während sich bei ausschließlicher Eislagerung des Filets nur eine unbedeutende Verringerung der elektrischen Leitfähigkeit messen ließ.

In neuerer Zeit wurden die Auswirkungen des Doppelgefrierens auf die Qualität von Regenbogenforellen untersucht^{12,13}. Der Einfluß unterschiedlicher Gefriervarianten wurde dabei mittels enzymatischer Untersuchungen und sensorischer Beurteilung verfolgt. Die Enzymaktivitäten von α -Glucosidase und β -N-Acetylglucosamidase (NAG), in der zentrifugierten Gewebeflüssigkeit gemessen, wiesen bereits nach dem ersten Auftauen eine deutliche Erhöhung auf und wurden nach dem Doppelgefrieren noch einmal signifikant erhöht. Dieses wird als Hinweis bewertet, daß das Doppelgefrieren vor allem die Membranstrukturen beeinflusst, wobei NAG das empfindlichere Enzym sein dürfte. Im Ergebnis der sensorische Texturprofilanalyse erwiesen sich die Texturmerkmale „flakiness“ und „firmness“ als geeignet, einfach- von doppelgefrorenen Proben zu unterscheiden. Der Einfluß des Auftauens und erneuten Gefrierens von Kabeljaufiletblöcken auf deren Qualität nach 9monatiger TK-Lagerung bei -22°C war Gegenstand weiterer Untersuchungen¹⁴. Dabei wurden keine signifikanten Unterschiede in der sensorisch bewerteten Qualität gekochter Proben im Vergleich zum nur einfachgefrorenen Filet festgestellt. Die doppelgefrorenen Filets wiesen eine schnellere Abnahme der Löslichkeit der Myofibrillarproteine auf. Diese ist jedoch

aufgrund der Ergebnisse von DSC-Messungen nicht durch eine vollständige Denaturierung der Proteine bedingt. Weiterhin besaßen sie ein verringertes Wasserbindungsvermögen, wobei jedoch NMR-Untersuchungen keine Hinweise auf eine Veränderungen der räumlichen Anordnung der Wassermoleküle erbrachten. Langsames Auftauen in Luft (5 °C) über einen Zeitraum von 30 h führte zu einer Zunahme grauer Farbtöne und Geschmacksveränderungen in Richtung „alt“. Kabeljaufilets, die doppelgefroren an Bord eines Gefriertrawlers hergestellt wurden, waren nach 6- und 8-monatiger TK-Lagerung von schlechterer Qualität verglichen mit glasierten Portionsfilets (mit oder ohne Vakuumverpackung) und „interleaved“ verpackten Kabeljaufilets¹⁵⁾. Dieses äußerte sich in typischen Geruchs- und Geschmacksabweichungen sowie in trockener und faseriger Textur. Weiterhin wiesen die doppelgefrorenen Filets erhöhte Kochverluste und ein schlechteres Wasserbindungsvermögen auf.

Die NIR-Spektroskopie von Dripflüssigkeiten, vorwiegend nach deren Trocknung, scheint eine Möglichkeit darzustellen, frische von aufgetauten Materialien sowie doppelgefrorene Produkte von einfach gefrorenen sicher zu unterscheiden^{16,17)}. Ob dieses aber auch auf eine in jüngster Zeit vorgeschlagene Methode zur Unterscheidung von see- und landgefrosteten unzubereiteten Gefrierfischerzeugnissen zutrifft, bei der die Beurteilung eines „gaping“ im Anschluß an eine Lyophilisierung die Klassifizierung in 4 Qualitätsklassen ermöglichen soll¹⁸⁾, erscheint zumindest fraglich.

Diese kurze Literaturübersicht verdeutlicht, daß durch wiederholtes Gefrieren in Verbindung mit ungünstiger bzw. längerer anschließender Gefrierlagerung z. T. nicht unerhebliche Qualitätsveränderungen des Fischfleisches zu erwarten sind. Aussagen bezüglich der eingangs skizzierte Ausgangssituation – dem möglichen Einfluß von doppelt gefrorenen Filetblöcken (DF) im Vergleich zum einmalig gefrorenen Filetblock (SF) auf die Qualität von panierten, tiefgefrorenen Filetportionen – lassen sich jedoch nicht ableiten.

Somit war es von Interesse, unter möglichst praxisnahen Bedingungen den Einfluß, den die unterschiedliche Technologie der Herstellung von tiefgefrorenen Fischfiletblöcken auf die Qualität von panierten Filetportionen ausübt, zu verfolgen. Da bisher offenbar dem Zeitpunkt der Filetherstellung *post mortem* in diesem Zusammenhang nahezu keine Bedeutung beigemessen wurde, erschien es zweckmäßig, die unterschiedlichen Rigorstadien (*prae*, *in*, *post*) bei der Herstellung der Filetblöcke zu berücksichtigen. Zur Bewertung der Qualität der Filetportionen wurden neben der Sensorik physikalische und chemische Methoden verwendet.

3 Material und Methoden

Die Herstellung der tiefgefrorenen Filetblöcke erfolgte an Bord des FFS „Walther Herwig III“ während der 171. Reise aus Seelachs, der im Zeitraum vom 6.–7. 4. 1996 im Fanggebiet „Eigersundsbanken“ (57°54.57'N, 005°32.92'E) mit einem Grundschnepnetz in einer Tiefe von ca. 140 m gefan-

gen wurde. Die Wassertemperatur betrug 5,5 °C. Der Fisch wurde unmittelbar nach dem Hieven gekehlt und zur Herstellung der Filets *prae rigor* nach dem Ausbluten innerhalb von 2–3 h filetiert, enthäutet und tiefgefroren (SF). Eine ausreichende Menge aoK-Ware (ausgenommen ohne Kopf) für die spätere Verarbeitung zu DF-Filet wurde ebenfalls hergestellt und tiefgefroren. Zum Eintritt der Totenstarre (*in rigor*) wurde der durch Kehlschnitt ausgeblutete Fisch in Eis über einen Zeitraum von 14 h aufbewahrt, anschließend wie oben filetiert, enthäutet (SF) bzw. zu aoK-Ware für die spätere Herstellung des entsprechenden DF-Filets geschnitten, tiefgefroren. Die Zeitdauer zum Durchlaufen der Totenstarre (*post rigor*) betrug für die gekehlte, beeiste Ware unter den gegebenen Bedingungen 72 h. Nach dieser Zeit wurden die Fische filetiert, enthäutet und tiefgefroren (SF). Gleichzeitig wurde auch aoK-Ware zur Herstellung der entsprechenden DF-Filets hergestellt und eingefroren. Nach 10-tägiger Gefrierlagerung wurde die aoK-Ware 16–18 h lang unter fließendem Wasser aufgetaut und zu enthäutetem Filet, abhängig vom Zeitpunkt von Herstellung und Tiefgefrieren der aoK-Ware (*prae rigor*, *in rigor*, *post rigor*) verarbeitet.

Das Tiefgefrieren der Filets zu kantenreinen, geometrisch exakt geformten Filetblöcken erfolgte unter Verwendung praxisüblicher Al-Gefrierrahmen mit losen Boden- und Deckblechen sowie Volleinschlag (wachsbeschichtete Kartonage) in einem horizontalen Plattenfroster HK-III der Fa. *Sabroe*. Die aoK-Ware wurde, in PE-Beuteln verpackt, in einem Tunnelfroster der Fa. *Sabroe* tiefgefroren. Nach Entnahme der Frostware betrug deren Kerntemperatur -30 °C. Die Lagerung der TK-Ware erfolgte in Tiefkühlräumen bei Temperaturen von -30 °C an Bord bzw. -24 °C an Land. Die Filetblöcke wurden nach 7wöchiger TK-Lagerung bei einem deutschen Hersteller von Fischstäbchen und panierten Filetportionen zu Portionstücken zersägt, paniert und vorgebraten. Die in handelsübliche Kartonagen verpackten Filetportionen (8,5 x 4,5 x 1,0 cm) wurden bis zur Untersuchung bei -24 °C gelagert.

Die Rohstoffqualität wurde an Bord durch Bestimmung des Gehalts an flüchtigen basischen Stickstoffverbindungen (TVB-N) charakterisiert¹⁹⁾. Zur Untersuchung der gefrier- und gefrierlagerbedingten Veränderungen wurden Formaldehyd (FA)- und Dimethylamin (DMA)-Gehalt bestimmt^{20,21)}. Weiterhin wurden die Proteinmuster mittels isoelektrischer Fokussierung untersucht²²⁾. Die Proteinkonzentration der wässrigen Extrakte wurde anhand der Coomassie-Färbung (*Biorad*-Proteinbestimmung) ermittelt. An physikalischen Methoden wurde die elektrometrische Bestimmung des pH-Wertes²³⁾, die instrumentelle Bestimmung der Farbe²⁴⁾ an halbierten, panierten Filetportionen entweder in gefrorenem oder aufgetautem Zustand sowie nach deren Homogenisieren nach vorheriger Entfernung der Panade und die Bestimmung der Textur durch instrumentelle Textur-Profil-Analyse (TPA) an mikrowellengegarten (3 min, 600 W) Filetportionen, von denen zuvor die Panade entfernt worden war²⁵⁾, und Messung der Penetrationshärte²⁴⁾ durchgeführt.

Die Messungen von FA, DMA und pH-Wert wurden als Doppelbestimmung ausgeführt. Die Bestimmungen von Farbe und Textur erfolgten mit mindestens zehn Wiederholungen. Die sensorische Qualitätsbeurteilung erfolgte durch QDA (Beschreibende Quantitative Qualitätsanalyse) fritierter, paniertes Filetportionen. Dabei wurde die Intensität (0 - sehr gering ausgeprägt oder fehlend bzw. 100 - sehr stark ausgeprägt) der das Aroma (Geruch und Geschmack) charakterisierenden Merkmale (frisch, alt, fischig, tranig, bitter/sauer), wie auch die der die Textur charakterisierenden Merkmale (Festigkeit, Separierbarkeit der Strukturelemente, Elastizität, Faserigkeit, Fasergröße, Kohäsion, Saftigkeit, Wasserlässigkeit und Gummiartigkeit) durch ein aus geschulten Gutachtern bestehendes Panel bewertet. Die Aufbereitung und Auswertung der Daten erfolgte mit STATISTICA, StatSoft, Tulsa, USA.

4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 Chemische Untersuchungen

An Bord wurden unmittelbar vor dem Gefrieren der Filetblöcke in Abhängigkeit vom Rigor-Stadium der pH-Wert, der Gehalt an flüchtigem basischem Stickstoff (TVB-N) und der Gehalt an freiem (FA) sowie an freiem und gebundenem Formaldehyd (FGFA) erfaßt. Der TVB-N-Gehalt (Tab. 1) wird offensichtlich weder durch das Stadium der Totenstarre noch durch den Gefrier/Tau-Zyklus beeinflusst. Der pH-Wert verdeutlicht dagegen einen Einfluß des Rigor-Stadiums, da mit zunehmender Lagerung eine deutliche Abnahme infolge postmortalen Glykolyse zu verzeichnen ist.

Vergleichbare Abnahmen der pH-Werte wurden auch bei der Eislagerung von Kliesche und Scholle beobachtet²⁵⁾. Die Verringerung des pH-Wertes ist dabei speziesabhängig. In Kabeljau wird eine Reduzierung von pH 6,8 auf 6,1- 6,5 beschrieben, während in pelagischen Fischarten (Makrele und Thun) auch pH-Werte < 6,0 erreicht werden²⁶⁾. Postmortal bedingte niedrige pH-Werte werden verantwortlich gemacht für deutliche Strukturveränderungen in Lachsen und für erhöhte Dripverluste infolge Denaturierung und Schrumpfung der Myofibrillen von Kabeljau²⁷⁾. Vor allem werden sie jedoch als ein Hauptgrund des unerwünschten „gaping“ angesehen, eines „Auseinanderklaffens“ der Myomeren des Filets, wodurch das Aussehen und damit die Verkaufsfähigkeit wie auch seine funktionellen Eigenschaften stark beeinträchtigt werden²⁸⁾. Weitere Ursachen dieses unerwünschten Phänomens werden an gleicher Stelle diskutiert. Durch Ge-

Tab. 2 pH-Werte von Seelachsfilet nach 10wöchiger TK-Lagerung

	<i>prae rigor</i>	<i>in rigor</i>	<i>post rigor</i>
SF	6,59	6,53	6,59
DF	6,64	6,68	6,59

frieren und Auftauen wird dieser pH-Unterschied jedoch nicht konserviert, sondern nach 10-tägiger TK-Lagerung gleichen sich die pH-Werte offenbar wieder an (Tab. 1). Dieser Trend setzt sich offensichtlich mit längerer Gefrierlagerzeit fort (Tab. 2). Die pH-Werte in frischer und gefrorener Muskulatur von Amerikanischem Wels unterschieden sich nach unterschiedlichen Gefrierlagerzeiten ebenfalls nicht signifikant²⁹⁾.

Der Formaldehydgehalt, sowohl als freier (FFA) oder auch als freier und gebundener (FGFA) bestimmt, läßt eine deutliche Abhängigkeit vom Gefrier/Tau-Zyklus erkennen (Tab. 3). Bereits durch kurzzeitige Gefrierlagerung von 10 Tagen bis zur Herstellung der doppelgefrorenen Filets ist in beiden Fällen eine deutliche Erhöhung zu verzeichnen. Ein Einfluß der Totenstarre ist dagegen nur bei längerer Eislagerung signifikant (*prae-post*). Während der Eislagerung von Lizardfisch wurde ebenfalls eine deutliche Zunahme des FA-Gehalts von 7,12 mg/kg auf 81,29 mg/kg gefunden³⁰⁾. Dieses wird als Hinweis auf einen enzymatischen Abbau des TMAO anstelle der bakteriell bedingten Reduktion zu TMA gewertet.

Längere TK-Lagerung führte zur weiteren Erhöhung der FA- und FGFA-Gehalte. Erhöhte Gehalte an gebundenem Formaldehyd wurden auch während der Gefrierlagerung von Seehecht nachgewiesen, wobei eine Abhängigkeit von der Lagertemperatur beobachtet wurde. Im Gegensatz zu den hier vorgestellten Ergebnissen wurden Erhöhungen der DMA- und FA-Gehalte nur bei ungünstig hohen Lagertemperaturen (-5 °C) ermittelt³¹⁾. Bei -20 °C wurde nur eine Verringerung der TMAO-Gehalte ohne signifikante Zunahmen der DMA- und TMA-Werte festgestellt³²⁾. Dagegen wurde während der TK-Lagerung von Schildmakrele und Seehecht generell eine lagerzeitabhängige Zunahme der DMA- wie auch der FA-Gehalte gefunden³³⁾. Aufgrund einer deutlichen Erhöhung des DMA-Gehaltes während der TK-Lagerung von Seehecht, insbesondere bei praxisüblichen Lagertemperaturen, wird dieser als geeignetes Qualitätskriterium bewertet³⁴⁾. Graduelle Zunahmen der DMA-Gehalte wurden auch während der TK-Lagerung von Kabeljaufarcen nach-

Tab. 1 pH-Werte und TVB-N-Gehalte von Seelachsfilet abhängig von Rigor-Stadium und Gefrier/Tau-Zyklus

Probe	pH-Wert	TVB-N (mg/100 g)
SF- <i>prae</i>	6,65	14
SF- <i>in</i>	6,59	11
SF- <i>post</i>	6,37	14
DF- <i>prae</i>	6,55	14
DF- <i>in</i>	6,64	14
DF- <i>post</i>	6,52	15

Tab. 3 Freier (FFA) sowie freier und gebundener (FGFA) Formaldehydgehalt (mg/kg) in Seelachsfilet abhängig von Rigor-Stadium und Gefrier/Tau-Zyklus

Probe	FFA	FGFA
SF- <i>prae</i>	0,43	0
SF- <i>in</i>	0,02	0
SF- <i>post</i>	1,04	1,2
DF- <i>prae</i>	5,17	11,9
DF- <i>in</i>	3,11	12,1
DF- <i>post</i>	3,65	11,9

Tab. 4 Freier (FFA) sowie freier und gebundener (FGFA) Formaldehydgehalt (mg/kg) von einfach- (SF) und doppelgefrorenen (DF) Seelachsfilets in Abhängigkeit von Rigor-Stadium und TK-Lagerzeit

	<i>prae</i> (FFA)	<i>in</i> (FFA)	<i>post</i> (FFA)	<i>prae</i> (FGFA)	<i>in</i> (FGFA)	<i>post</i> (FGFA)
SF (10w)	3,26±0,49	2,48±0,53	2,79±0,15	11,49±1,47	12,76±0,23	10,81±1,58
DF (10w)	6,40±0,12	3,87±0,44	3,32±0,31	25,70±1,48	24,72±1,84	31,68±1,23
SF (10m)	4,46±0,31	4,43±0,51	4,30±0,32	18,45±0,04	19,28±0,26	16,24±0,58
DF (10m)	7,46±0,62	8,02±0,74	4,30±0,46	38,61±0,27	29,12±0,26	24,28±0,09

gewiesen³⁵). In einem Überblick über die Rolle des Formaldehyds bei der Denaturierung der Fischmuskelproteine während der Gefrierlagerung wird festgestellt, daß die wahrscheinlich vorliegenden kovalenten Bindungen zwischen FA und Proteinen deren Veränderungen während der Gefrierlagerung nicht vollständig erklären³⁶. Es ist weiterhin auch die Bildung freier Radikale in Betracht zu ziehen³⁷. In allen Fällen unterscheiden sich die Werte (Tab. 4) zwischen SF- und DF-Filets signifikant ($p < 0,05$). Es war jedoch unerwartet, daß nicht generell eine längere Gefrierlagerung, d. h. in diesem Fall eine Verlängerung von 10 Wochen auf 10 Monate, eine Erhöhung der Formaldehydwerte (Ausnahme: FGFA-DF (*post rigor*)) bedingte. Als weitere Besonderheit ist auffällig, daß bis auf eine Ausnahme die Formaldehydhalte der *post rigor* eingefrorenen Filets geringfügig niedriger als die der Vergleichsstadien sind. Dieses könnte möglicherweise auf eine Verringerung der Trimethylaminoxid-Demethylase-Aktivität der Fischmuskulatur während des *rigor mortis* hindeuten. Eine Abhängigkeit der Demethylase-Aktivität von der Lagerzeit *post mortem* und damit vom pH-Wert sowie von verschiedenen Kofaktoren (Flavine, NADH, Ascorbate) wurde nachgewiesen³⁸. Weiterhin denkbar wäre auch die mikrobielle Reduktion von TMAO zu TMA, wodurch sich die äquimolare Bildung von DMA und FA verringert³⁹. Allgemein wird eine starke Beeinflussung der TMAO-ase-Aktivität durch oxidierende/reduzierende Bedingungen angenommen⁴⁰. Bezüglich der eigenen Ergebnisse besitzen derartige Abhängigkeiten gegenwärtig jedoch lediglich hypothetischen Charakter und sollten durch zielgerichtete weitere Untersuchungen bestätigt werden. Die Höhe der Formaldehydhalte liegt im unteren Abschnitt eines Bereiches, der als typisch für tiefgekühlte Fischerzeugnisse ermittelt wurde⁴¹. Auch die Gehalte an Dimethylamin-N (DMA) waren generell niedrig. Als Tendenz ließ sich in Übereinstimmung mit 7) eine durch das Doppelgefrieren bedingte leichte Zunahme der DMA-Gehalte erkennen. Es wurde festgestellt, daß eine 4tägige Eislagerung vor dem Gefrieren in Filets eine stärkere DMA-Bildung bewirkte als in vmK- (voll mit Kopf) oder aoK-Ware⁴².

Das elektrophoretische Verhalten der Muskelproteine läßt auf keine deutlichen Unterschiede in Abhängigkeit vom Rigor-Stadium und vom Gefrier/Tau-Zyklus schließen (Abb. 1). Erstaunlicherweise sind die Gehalte an löslichem Protein in den DF-Filets mehrheitlich sogar geringfügig größer als in den SF-Proben (Tab. 5). Dieses könnte ein Hinweis darauf sein, daß die Extrahierbarkeit der Sarkoplasmaproteine

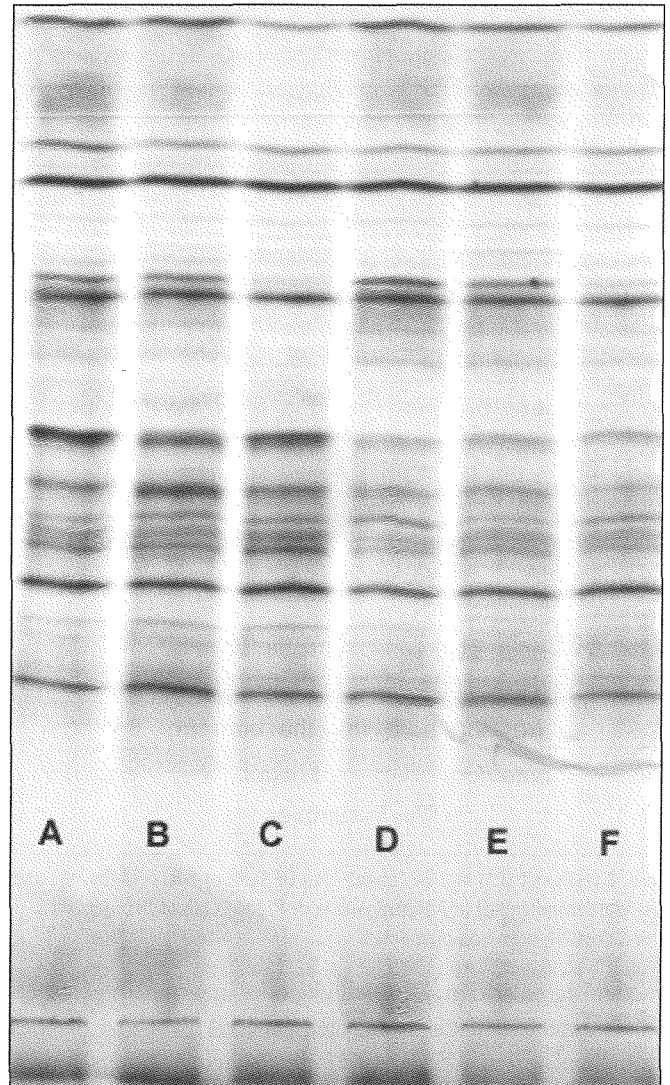


Abb. 1 IEF-Bandenmuster der wäßrigen Extrakte von einfach (SF) und doppelgefrorenen (DF) Seelachsfiletportionen (*pr-prae rigor*, *in-in rigor*, *po-post rigor*) nach 22monatiger TK-Lagerung (A-SFpr, B-SFin, C-SFpo, D-DFpr, E-DFin, F-DFpo)

durch Gefrieren und Auftauen nicht entscheidend verringert wird⁴³ und gleichzeitig auch längere Gefrierlagerung offensichtlich ganz im Gegensatz zu den Myofibrillarproteinen

Tab. 5 Gehalte an löslichem Protein (mg/ml) in panierten einfach (SF) und doppelgefrorenen (DF) Filetportionen nach 22 Monaten TK-Lagerung in Abhängigkeit vom Rigor-Stadium

	<i>prae rigor</i>	<i>in rigor</i>	<i>post rigor</i>
SF	6,23	10,64	6,56
DF	9,92	7,96	10,95

nicht zu einer gravierenden Denaturierung der wasserlöslichen Proteinfractionen führt. Die Unterschiede zwischen den Rigor-Stadien lassen keine Gesetzmäßigkeiten erkennen.

4.2 Physikalische Untersuchungen

Die Abbildungen 2-4 verdeutlichen die Ergebnisse der Farbmessungen nach einer 10wöchigen Gefrierlagerung. Die Helligkeit (L^*) des SF- und DF-Filets (Abb. 2) wird signifikant dadurch beeinflusst, ob die Farbmessung an der gefrorenen Portion (deutlich heller) oder nach dem Auftauen und Ho-

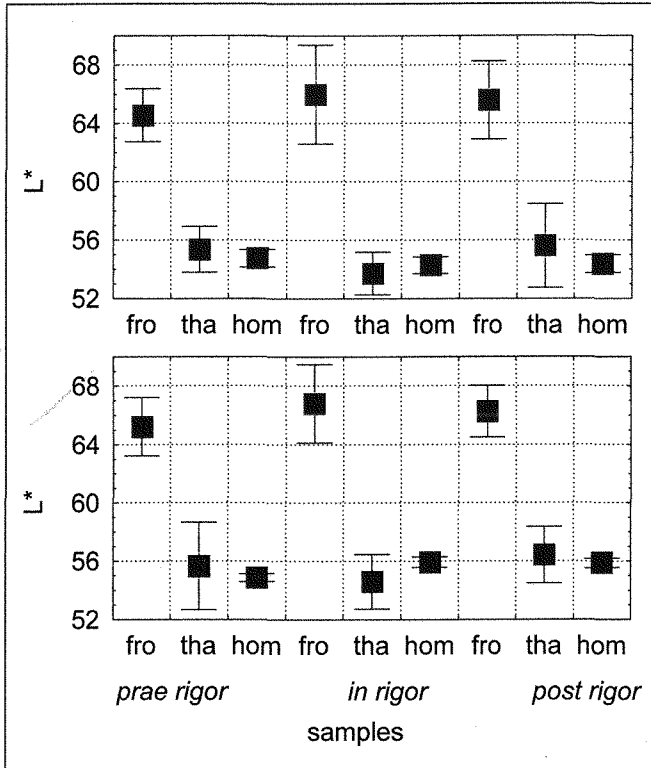


Abb. 2 Helligkeit (L^*) von SF (oben)- und DF (unten)-Filets (Mittelwert und Standardabweichung) in Abhängigkeit vom Rigor-Stadium (fro-gefroren, tha-aufgetaut, hom-homogenisiert)

mogenisieren erfolgt. Die Helligkeit des intakten aufgetauten Filets unterscheidet sich dagegen generell nicht von der des homogenisierten. Die Rigor-Stadien scheinen offensichtlich keinen Einfluß auf die Helligkeit auszuüben.

Die an den aufgetauten SF-Filets gemessenen Rotwerte (Abb. 3) sind generell größer als die im gefrorenen Zustand gemessenen, weisen aber in beiden Fällen keine Unterschiede zwischen den Rigor-Stadien auf. Dagegen nehmen die Rotwerte der Homogenate mit zunehmender Eislagerung ab. Umgekehrte Verhältnisse ergaben sich bei DF-Filets. Hier nehmen die Rotwerte der Homogenate vom *prae* zum *post rigor* zu, während sich die im gefrorenen und aufgetauten Zustand gemessenen Werte nicht signifikant unterscheiden und keine Abhängigkeit von der Totenstarre erkennen lassen.

Die Gelbwerte des aufgetauten SF-Filets (Abb. 4) nehmen offenbar tendentiell vom *prae* zum *post rigor* zu, die der Homogenate dagegen ab, während die im gefrorenen Zustand

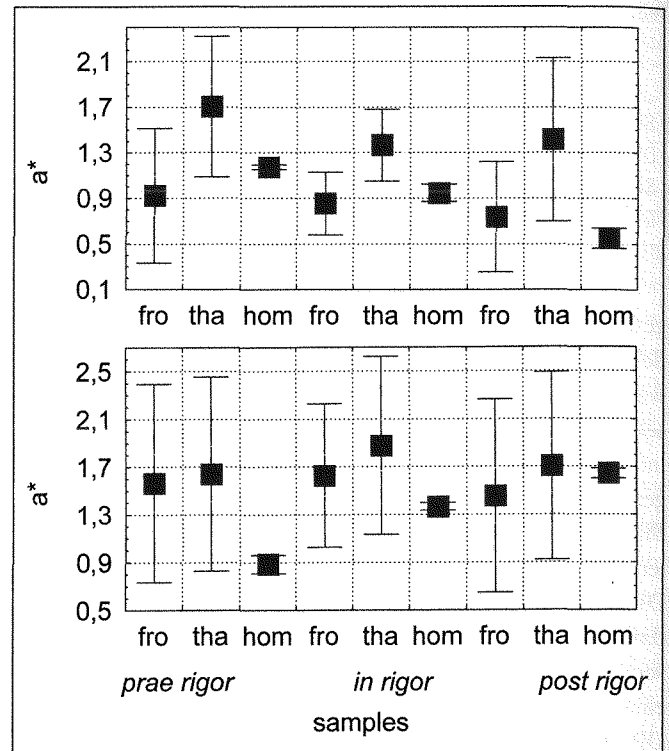


Abb. 3 Rotwert (a^*) von SF (oben)- und DF (unten)-Filets (Mittelwert und Standardabweichung) in Abhängigkeit vom Rigor-Stadium (fro-gefroren, tha-aufgetaut, hom-homogenisiert)

gemessenen weitgehend unbeeinflusst bleiben. Die Gelbwerte des DF-Filets zeigen eine deutliche Zunahme der am Homogenat gemessenen Werte vom *prae* zum *post rigor*, die an den unzerkleinerten Filets gemessenen Werte unterscheiden

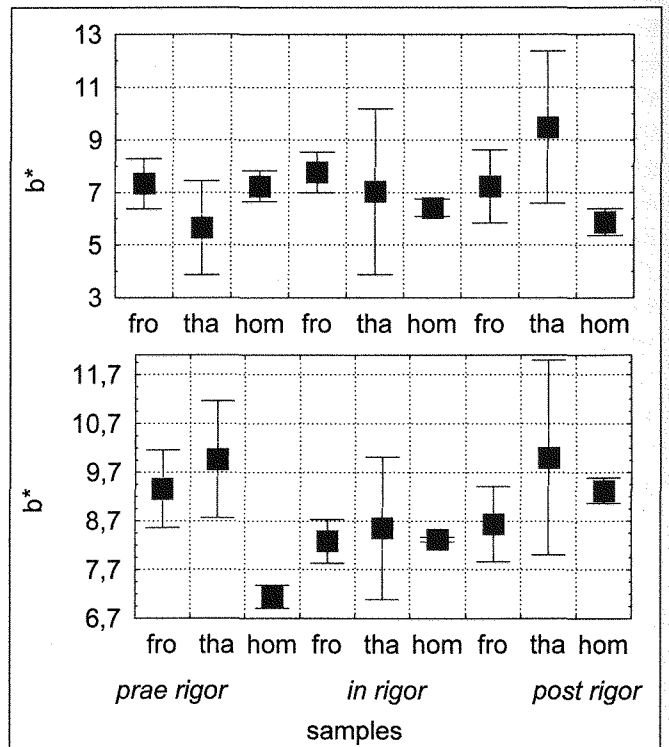


Abb. 4 Gelbwert (b^*) von SF (oben)- und DF (unten)-Filets (Mittelwert und Standardabweichung) in Abhängigkeit vom Rigor-Stadium (fro-gefroren, tha-aufgetaut, hom-homogenisiert)

sich dagegen nicht signifikant und weisen auch keine Abhängigkeit vom Rigor-Stadium auf.

Die durch das wiederholte Gefrieren bedingten Farbunterschiede verdeutlicht Tabelle 6 anhand der Farbabstände ΔE^*_{ab} sowie der Differenzen zwischen den einzelnen Farbwerten L^* , a^* , b^* bei Verwendung des SF-Filets als Vergleichsbasis. Es wird deutlich, daß zwischen SF und DF-Filets mit Ausnahme des Homogenats *prae rigor* Farbunterschiede zu verzeichnen sind, die auch mit bloßem Auge erkennbar sein dürften. Als solche sind Farbabstände mit einem $\Delta E^*_{ab} \geq 1$ anzusehen⁴⁴⁾. Dabei war in der überwiegenden Anzahl der Fälle zu verzeichnen, daß durch das Doppelgefrieren neben der Helligkeit und dem Rotwert vor allem der Gelbwert zunimmt.

Nach 10monatiger TK-Lagerung zeigt sich am Homogenat besonders eindeutig die durch das Doppelgefrieren bewirkte

Tab. 6 Farbdifferenzen ΔE^*_{ab} sowie Abstände der L^* -, a^* -, b^* -Werte zwischen SF- und DF-Seelachsfilets in Abhängigkeit von den Rigor-Stadien nach 10wöchiger TK-Lagerung

Rigor-Stadium	Probe	ΔE^*_{ab}	ΔL^*	Δa^*	Δb^*
<i>prae rigor</i>	Filet, gefroren	2,85	0,64	0,64	1,87
<i>prae rigor</i>	Filet, aufgetaut	5,25	0,32	-0,06	4,30
<i>prae rigor</i>	Homogenat	0,44	0,12	-0,29	-0,10
<i>in rigor</i>	Filet, gefroren	2,75	0,82	0,78	0,50
<i>in rigor</i>	Filet, aufgetaut	2,81	0,87	0,52	1,52
<i>in rigor</i>	Homogenat	2,55	1,64	0,42	1,90
<i>post rigor</i>	Filet, gefroren	2,39	0,68	0,67	1,41
<i>post rigor</i>	Filet, aufgetaut	2,56	0,84	0,30	0,52
<i>post rigor</i>	Homogenat	3,92	1,49	1,09	3,45

Farbveränderung. Die aus DF-Filets hergestellten Homogenate weisen signifikant höhere Helligkeitswerte (Abb. 5) auf, wobei die Tendenz, daß mit zunehmender Lagerzeit (von *prae* zu *post rigor*) die höheren L^* -Werte auftreten, beibehalten wird. Dieses Ergebnis stimmt mit früheren Feststellungen überein, die mittels Lumineszenz-Analyse und Bestimmung des Remissionsgrades eine signifikante Aufhellung nach dem Doppelgefrieren konstatierten⁶⁾. Vergleichbare Unterschiede zwischen SF- und DF-Filethomogenaten bestehen auch in den Gelbwerten (Abb. 5). Ein Einfluß der Rigor-Stadien wird allerdings nicht deutlich. Die Rotwerte unterliegen dagegen einer offenbar geringeren Beeinflussung durch wiederholtes Gefrieren. In Abhängigkeit vom Rigor-Stadium scheint dagegen eine Abnahme des Rotwertes zu erfolgen. Auf eine detaillierte Darstellung und Diskussion der an den intakten Filets im gefrorenen und aufgetauten Zustand ermittelten Ergebnisse soll an dieser Stelle verzichtet werden. Obwohl die Farbdifferenzen ΔE^*_{ab} (Tab. 7) auch hier merkbare Unterschiede zwischen SF- und DF-Material ausweisen, ergeben sich signifikante Unterschiede in Abhängigkeit vom wiederholten Gefrieren, wie auf der Basis der an Homogenaten ermittelten Werte nicht bzw. werden, wie auch die Trends bezüglich des Einflusses der Rigor-Stadien, durch z. T. erhebliche Standardabweichungen beeinträchtigt.

Für die Bewertung der Farbbeeinflussung durch Doppelgefrieren und/oder Rigor-Stadium wird daher die Verwendung von homogenisiertem Filet als Untersuchungsmaterial empfohlen.

Die hier nachgewiesenen Farbbeeinflussungen durch das Doppelgefrieren sind nicht mit Ergebnissen, die rein qualitativ eine zunehmende Vergrauung des doppelgefrorenen Filets insbesondere nach sehr langsamem Auftauen vor dem Wiedereinfrieren beschreiben, zu vergleichen¹⁴⁾. Diese Bewertung erfolgte an erhitztem Material. Bei Thunfisch wurde ermittelt, daß das Verhältnis Hunter a/b geeignet ist, gefrierbedingte Farbabweichungen zu charakterisieren, während die L^* - und a^* -Werte allein sich als wenig aussagekräftig erwiesen⁴⁵⁾. Wurden aus Alaska Seelachs- und Seehecht-Surimi hergestellte Gele mehrfachen Gefrier/Tau-Zyklen unterworfen, ergaben sich signifikante Beeinflussungen insbesondere der L^* -Werte (Abnahme)⁴⁶⁾. Während auch die b^* -Werte beeinflusst wurden, zeigte sich nur ein unbedeutender Effekt bezüglich der a^* -Werte. Abweichungen zu den eigenen Ergebnissen können auch hier durch das Erhitzen vor den eigentlichen Gefrier/Tau-Zyklen bedingt sein. So bedingte das Kochen von Keta-Lachs eine Zunahme der Helligkeit (L^*) bei gleichzeitiger Verringerung von a^* und b^* ⁴⁷⁾. Während der Gefrierlagerung wurde eine generelle Zunahme von Hunter- L an panierten Filetportionen beobachtet, jedoch kein Einfluß von Gefrier/Tau-Zyklen⁴⁸⁾. Auch die Farbe (L^* , a^* , b^*) des Preßsaftes von gefrorenem und ungefrorenem, gekochtem Rindfleisch war vergleichbar⁴⁹⁾. Zunehmende L^* -Werte waren auch während der Gefrierlagerung

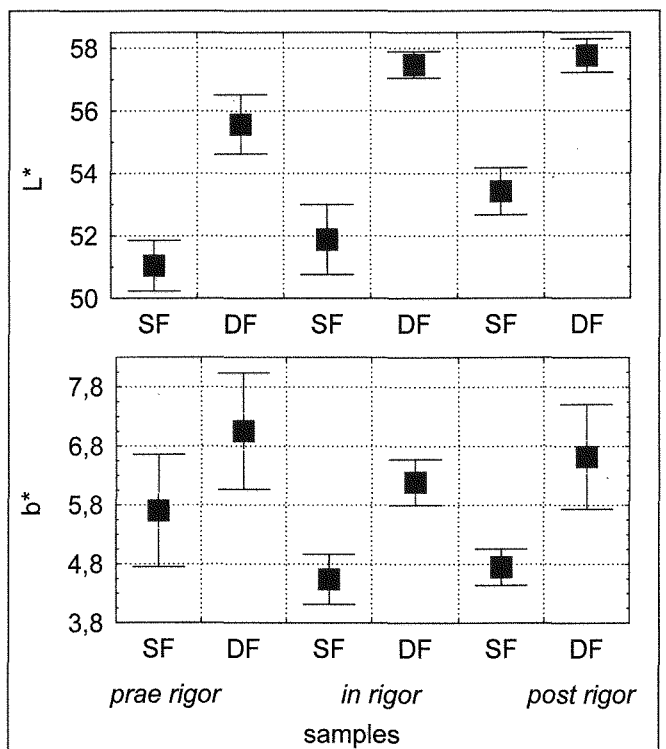


Abb. 5 Vergleich der Helligkeit (L^*) und des Gelbwertes (b^*) homogenisierter SF- und DF-Seelachsfilets (Mittelwert und Standardabweichung) in Abhängigkeit vom Rigor-Stadium

Tab. 7 Farbdifferenzen ΔE^*_{ab} sowie Abstände der L^* -, a^* -, b^* -Werte zwischen SF- und DF- Seelachsfilets in Abhängigkeit von den Rigor-Stadien nach 10monatiger TK-Lagerung

Rigor-Stadium	Probe	ΔE^*_{ab}	ΔL^*	Δa^*	Δb^*
<i>prae rigor</i>	Filet, gefroren	2,12	-0,63	0,28	2,00
<i>prae rigor</i>	Filet, aufgetaut	3,78	2,65	-0,78	2,58
<i>prae rigor</i>	Homogenat	4,73	4,53	-0,12	1,34
<i>in rigor</i>	Filet, gefroren	2,46	-0,01	0,63	2,38
<i>in rigor</i>	Filet, aufgetaut	3,78	3,47	-0,21	1,48
<i>in rigor</i>	Homogenat	5,84	5,59	0,34	1,65
<i>post rigor</i>	Filet, gefroren	4,55	4,50	0,27	0,61
<i>post rigor</i>	Filet, aufgetaut	1,32	0,59	-0,24	-1,16
<i>post rigor</i>	Homogenat	4,54	4,13	0,20	1,87

von Blaukrabbenfleisch zu verzeichnen⁵⁰). An Degenfisch konnten dagegen keine signifikante Änderungen der L^* -, a^* -, b^* -Werte während 8wöchiger TK-Lagerung nachgewiesen werden⁵¹). Generell kann demnach geschlußfolgert werden, daß keine einheitlichen Befunde über die Veränderungen der Farbe des Fischfleisches in Abhängigkeit von einfachem und/oder wiederholtem Gefrieren vorliegen.

Die instrumentelle Texturbestimmung erfolgte durch Messung der Penetrationshärte und als instrumentelle Textur-Profil-Analyse (TPA). Die Penetrationshärte, d. h. der Widerstand des aufgetauten, homogenisierten Filets gegen das Eindringen der zylindrischen Meßstäbe wird beim SF-Filet offensichtlich in starkem Maße durch die Rigor-Stadien beeinflusst (Abb. 6) und nimmt mit zunehmender Lagerzeit vor Filetieren und Frosten ab. Ein hochsignifikanter Unterschied besteht bei den *prae rigor* Filets zwischen SF- und DF-Proben. Die Penetrationshärte der letzteren ist annähernd um die Hälfte geringer. Dagegen ist das Doppelgefrieren *in rigor* und *post rigor* mit leichten, jedoch signifikanten ($p < 0,05$), Erhöhungen der Penetrationshärte verbunden. Diese, wenn auch offenbar nur geringe, Zunahme der Penetrationshärte als Ergebnis eines wiederholten Gefrierens entspricht den Erwartungen. Überraschend ist dagegen die deutliche Abnahme der Penetrationshärte im *prae rigor* Filet, die darauf hindeutet, daß das Filet während des Auftauens möglicherweise einen Taurigor durchlaufen hat und dadurch geringere Penetrationshärten aufweist⁵²). Nur der Unterschied zwischen DF (*prae rigor*)- und SF (*in rigor*)-Filet ist nicht signifikant ($p < 0,05$).

Die instrumentelle TPA ermöglicht differenzierte Aussagen zu einzelnen Texturmerkmalen, die den gesamten Texturedruck charakterisieren. Im Gegensatz zur Bestimmung der Penetrationshärte wurden für die instrumentelle TPA aus der thermisch gegarten Filetportion mittels Korkbohrer Prüflinge hergestellt und einer zweifachen Kompression unterworfen. Diese Kompression betrug bei Bestimmung der Härte, Kaubarkeit und Adhäsion 80%. Zur Bestimmung der Kohäsion und Elastizität wurden die Prüflinge dagegen auf 40% komprimiert. Die TPA versucht Bedingungen zu imitieren, die denen des Kauvorgangs vergleichbar sind. Abbildung 7 verdeutlicht, daß die zur Kompression aufzuwen-

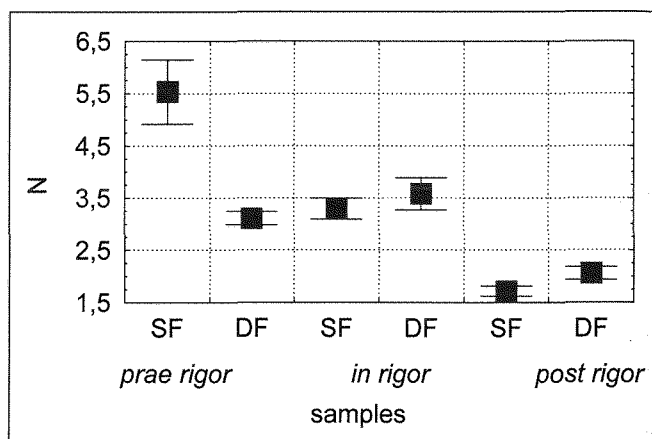


Abb. 6 Penetrationshärte von homogenisiertem SF- und DF- Seelachsfilet (Mittelwert und Standardabweichung) in Abhängigkeit vom Rigor-Stadium

dende Kraft und damit die Härte der DF-Filets signifikant größer ($p < 0,05$) ist als die der SF-Proben. Der Einfluß der Rigorstadien auf die Härte ist dagegen nicht signifikant. Vergleichbare Tendenzen sind auch bei der Kaubarkeit zu beobachten. Dieses ist nicht unerwartet, da diese das Produkt aus Härte, Elastizität und Kohäsion darstellt. Die Unterschiede zwischen SF und DF sind signifikant ($p < 0,05$). Die Rigorstadien selbst üben offenbar keinen eindeutigen Einfluß auf dieses Texturmerkmal aus. Die Adhäsion ist nur *prae rigor*, wo sie offenbar ausgeprägt ist, zwischen SF und DF verschieden ($p < 0,05$). Bei Elastizität und Kohäsion zeigen sich dagegen keine signifikanten Unterschiede, die eine Beeinflussung dieser Texturmerkmale durch Doppelgefrieren und/oder Rigor-Stadium verdeutlichen.

Von den mit der instrumentellen Textur-Profil-Analyse untersuchten Texturmerkmalen unterliegen offenbar nur Härte und, eingeschränkt, Kaubarkeit einer signifikanten Beeinflussung durch das Doppelgefrieren. Sowohl die Härte als auch die Kaubarkeit, als Ausdruck der zur Überführung des Lebensmittels in einen zum Abschlucken geeigneten Zustand erforderlichen Energie, werden durch wiederholtes Gefrieren nicht unerwartet erhöht. Nach vorliegendem Kenntnisstand wurde bisher nicht über instrumentelle Texturvergleiche zwischen SF- und DF-Filets berichtet.

4.3 Sensorische Untersuchungen

Die Gutachter bewerteten die Intensität der verschiedenen sensorischen Merkmale an verschlüsselt vorgelegten und unter standardisierten Bedingungen fritierten, panierten Filetportionen. Die sensorische Bewertung erfolgte 8 Monate nach deren Herstellung. Die entsprechenden Ergebnisse sind in den Abbildungen 8–15 dargestellt. Bei den *prae rigor* gefrorenen Filets wird der Einfluß des Doppelgefrierens bezüglich der das Aroma charakterisierenden Merkmale aus Abbildung 8 ersichtlich. Danach wird nur die Frische signifikant ($p < 0,05$) durch das Doppelgefrieren verschlechtert. Weiterhin bewirkt das Doppelgefrieren offenbar auch Veränderungen in Richtung „alt“ und „fischig“. Die Merkmale „tranig“ und „fremdartig“ erscheinen dagegen unbeeinflusst.

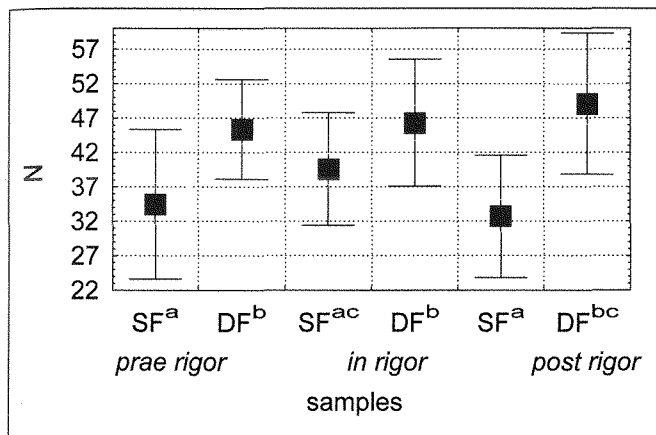


Abb. 7 TPA-Härte von in der Mikrowelle erhitzten SF- und DF-Seelachsfilets (Mittelwert und Standardabweichung) in Abhängigkeit vom Rigor-Stadium (Werte mit gleichen exponierten Buchstaben sind nicht signifikant ($p < 0,05$) unterschiedlich)

Etwas ausgeprägter sind offensichtlich die durch wiederholtes Gefrieren bewirkten Texturveränderungen. Während Härte und Gummiartigkeit der DF-Filets deutlich erhöht und die Kohäsion merklich verringert wurden, blieb die Elastizität unbeeinflusst (Abb. 9). Zwischen instrumentell bewerteter Härte (Abb. 7) und Kaubarkeit und den sensorisch bewerteten Texturmerkmale (Abb. 9) besteht somit ein Zusammenhang. Bei den weiteren bewerteten Texturparametern bewirkte das Doppelgefrieren eine Zunahme der Faserigkeit und Fasergröße bei gleichzeitiger Verringerung der Saftigkeit (Abb. 10). Hinsichtlich der Wasserlässigkeit und des Zerfallens der Filetportion in Myomere konnten die Proben dagegen nicht unterschieden werden.

Auch *in rigor* (Abb. 11) verringerte das Doppelgefrieren die Frische und bewirkte gleichzeitig eine Zunahme der Abweichungen in Richtung „alt“ und „fischig“. Da keine Unterschiede zwischen SF und DF bezüglich „tranig“ und „fremdartig“ festgestellt wurden, waren hinsichtlich Geruch und Geschmack keine wesentlichen Differenzen zu den *prae rigor*

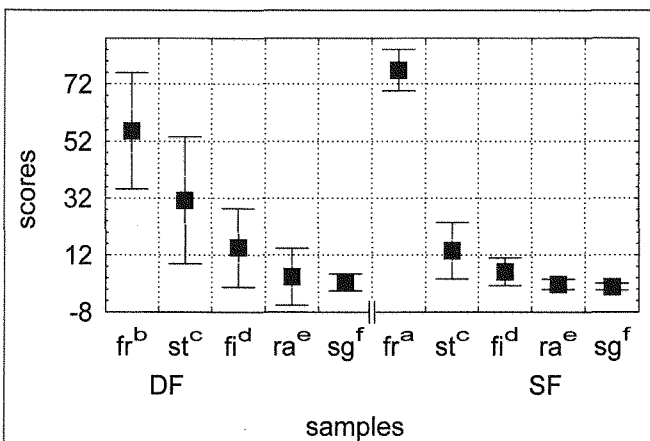


Abb. 8 Vergleich von Geruchs- und Geschmacksmerkmalen (Mittelwert und Standardabweichung) von *prae rigor* tiefgefrorenen SF- und DF-Seelachsfilets (fr-frisch, st-alt, fi-fischig, ra-tranig, sg-fremdartig). (Werte mit gleichen exponierten Buchstaben sind nicht signifikant ($p < 0,05$) unterschiedlich).

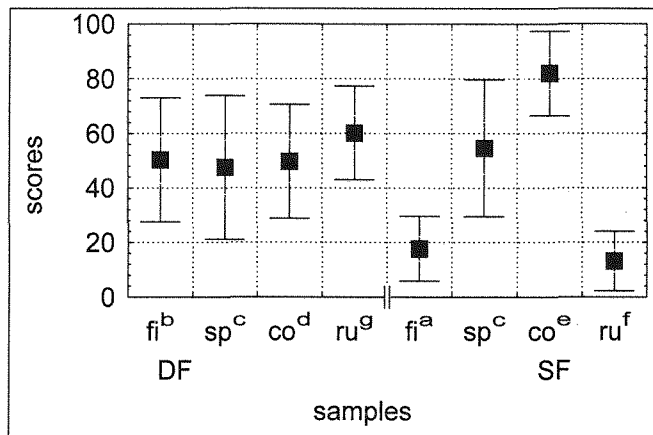


Abb. 9 Vergleich von Texturmerkmalen (1) (Mittelwert und Standardabweichung) von *prae rigor* tiefgefrorenen SF- und DF-Seelachsfilets (fi-Härte, sp-Elastizität, co-Kohäsion, ru-Gummiartigkeit) (Werte mit gleichen exponierten Buchstaben sind nicht signifikant ($p < 0,05$) unterschiedlich)

Proben zu verzeichnen. Bei den Texturparametern bewirkte das Doppelgefrieren eine Erhöhung der Gummiartigkeit. Die Zunahme der Härte war dagegen nicht mehr signifikant und in der Kohäsion und Elastizität unterschieden sich SF und DF nicht. Dagegen blieben die bereits bei den *prae rigor* Proben beschriebenen Unterschiede in der Faserigkeit, Fasergröße und Saftigkeit bestehen (Abb. 12). Im Gegensatz zum Aroma waren somit die Texturunterschiede zwischen *in rigor* hergestellten SF und DF-Filets weniger prominent.

Die DF-Filets, *post rigor* hergestellt, erwiesen sich im Vergleich mit den SF-Proben zwar als weniger „frisch“ sowie ausgeprägter „alt“ und „fischig“, jedoch waren alle Unterschiede, wie auch die in den Merkmalen „tranig“ und „fremdartig“, nicht signifikant (Abb. 13). Die Textur der DF-Filets war härter und gummiartiger, jedoch geringer kohäsiv als die der SF-Proben (Abb. 14). Sie erweisen sich gleichzeitig als geringer saftig, dabei jedoch faseriger und von ausgeprägterer Fasergröße (Abb. 15). Alle diese vorgenannten Tendenzen, die SF- von DF-Proben unterscheiden,

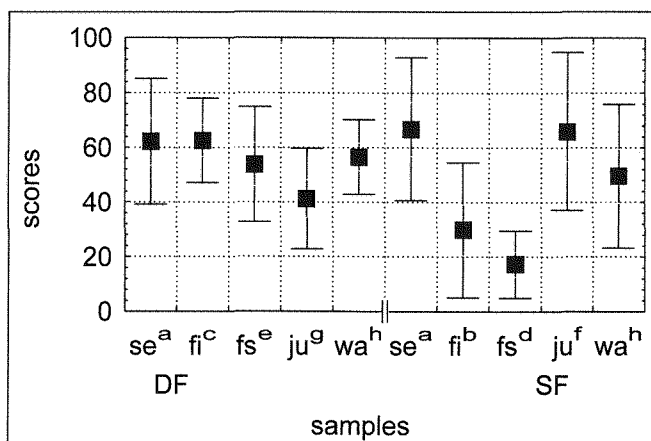


Abb. 10 Vergleich von Texturmerkmalen (2) (Mittelwert und Standardabweichung) von *prae rigor* tiefgefrorenen SF- und DF-Seelachsfilets (se-Separierbarkeit, fi-Faserigkeit, fs-Fasergröße, ju-Saftigkeit, wa-Wasserlässigkeit). (Werte mit gleichen exponierten Buchstaben sind nicht signifikant ($p < 0,05$) unterschiedlich).

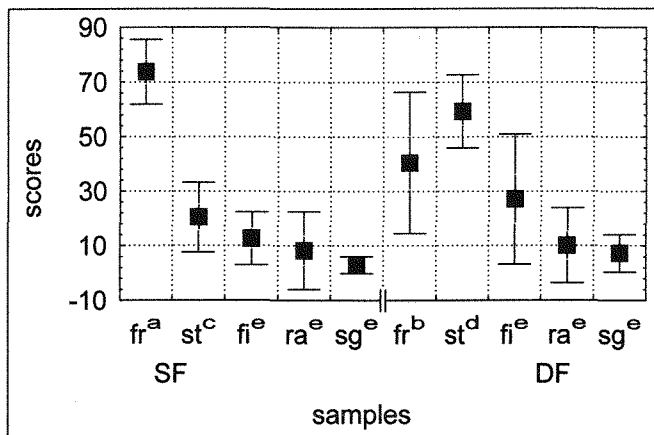


Abb. 11 Vergleich von Geruchs- und Geschmacksmerkmalen (Mittelwert und Standardabweichung) von *in rigor* tiefgefrorenen SF- und DF-Seelachsfilets(fr-frisch, st-alt, fi-fischig, ra-tranig, sg-fremdartig) (Werte mit gleichen exponierten Buchstaben sind nicht signifikant ($p < 0,05$) unterschiedlich)

ließen sich zwar noch erkennen, waren aber im Gegensatz zu den Befunden an den *prae rigor* und *in rigor* hergestellten Proben nicht mehr signifikant ($p < 0,05$).

Diese für *post rigor* hergestelltes Untersuchungsmaterial gültigen Aussagen stimmen mit anderen Ergebnissen überein, die feststellten, daß „schnelles“ Auftauen und Tiefgefrieren von Kabeljaufilet keine großen Qualitätsveränderungen verglichen mit der einfachgefrorenen Kontrollprobe selbst nach 9monatiger Gefrierlagerzeit bewirkten¹³⁾. Für *prae rigor* und *in rigor* hergestellte Filets ergeben sich dagegen signifikante Qualitätsunterschiede zwischen SF- und DF-Proben. Diese manifestieren sich in Geruchs-, Geschmacks- und Texturabweichungen, die auch bei übermäßig langer oder technologisch fehlerhafter TK-Lagerung auftreten und daher aus Lagerungsuntersuchungen bekannt sind. In diesen Fällen, aber auch nur dort, erscheint die nachfolgende Warnung „never try to mix fillets of inferior quality with higher quality fillets or twice-frozen fillets with single-frozen, and think that con-

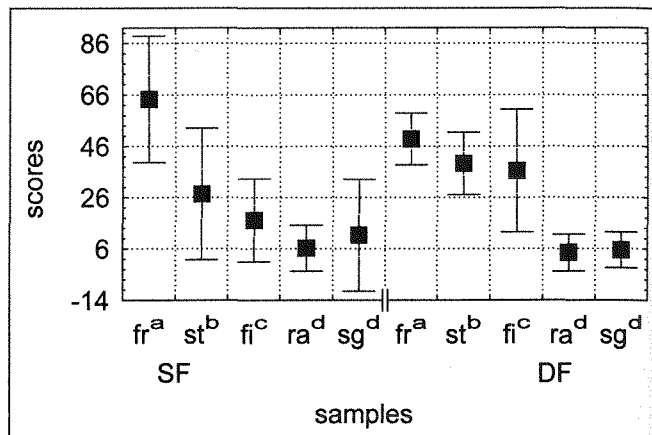


Abb. 13 Vergleich von Geruchs- und Geschmacksmerkmalen (Mittelwert und Standardabweichung) von *post rigor* tiefgefrorenen SF- und DF-Seelachsfilets(fr-frisch, st-alt, fi-fischig, ra-tranig, sg-fremdartig) (Werte mit gleichen exponierten Buchstaben sind nicht signifikant ($p < 0,05$) unterschiedlich)

sumers will not find out, they will“ ihre unbedingte Berechtigung zu besitzen⁵³⁾.

Literatur

- 1) Keller, M. in: Jahresbericht über die deutsche Fischwirtschaft 1997, Köllen Druck + Verlag GmbH, Bonn, 83–93 (1997).
- 2) Codex Alimentarius Commission: Recommended International Code of Practice for Fish and Fishery Products (1998).
- 3) Oosterhuis, J. J.: Voedingsmiddelentechnologie, **14**, 11–15 (1981).
- 4) Nelson, R. W.: Mar. Fish. Rev. **45**, 65 (1983).
- 5) George, C.: Fish. Technol. **10**, 170–172 (1973).
- 6) Münkner, W. und R. Brennecke: Fisch.-Forsch. **6**, 33–41 (1968).
- 7) Hiltz, D. F., D. H. North, B. S. Lall and A. R. Keith: J. Fish. Res. Board Can. **34**, 2369–2373 (1977).
- 8) Giddings, G. G. and L. H. Hill: J. Food Process. Preserv. **2**, 249–264 (1978).
- 9) Botta, J. R. and D. H. Shaw: J. Fish. Res. Bd. Can. **35**, 452–456 (1978).

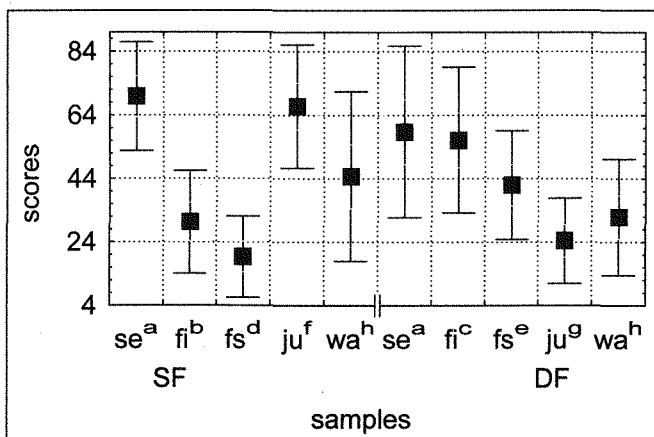


Abb. 12 Vergleich von Texturmerkmalen (2) (Mittelwert und Standardabweichung) von *in rigor* tiefgefrorenen SF- und DF-Seelachsfilets (se-Separierbarkeit, fi-Faserigkeit, fs-Fasergröße, ju-Saftigkeit, wa-Wasserlässigkeit). (Werte mit gleichen exponierten Buchstaben sind nicht signifikant ($p < 0,05$) unterschiedlich).

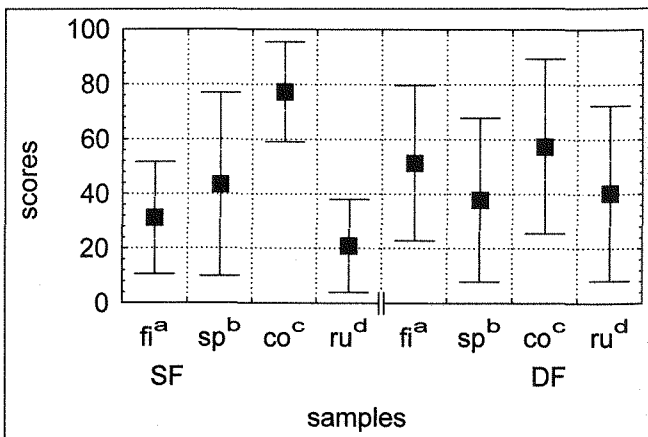


Abb. 14 Vergleich von Texturmerkmalen (1) Mittelwert und Standardabweichung) von *post rigor* tiefgefrorenen SF- und DF-Seelachsfilets (fi-Härte, sp-Elastizität, co-Kohäsion, ru-Gummiartigkeit) (Werte mit gleichen exponierten Buchstaben sind nicht signifikant ($p < 0,05$) unterschiedlich).

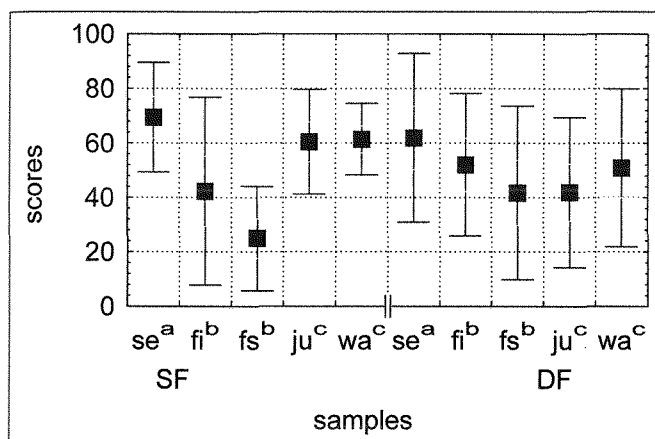


Abb. 15 Vergleich von Texturmerkmalen (2) (Mittelwert und Standardabweichung) von *post rigor* tiefgefrorenen SF- und DF- Seelachsfilets (se-Separierbarkeit, fi-Faserigkeit, fs-Fasergröße, ju-Saftigkeit, wa-Wasserlässigkeit). (Werte mit gleichen exponierten Buchstaben sind nicht signifikant ($p < 0,05$) unterschiedlich)

10) Lee, C. M.: *Quick Frozen Foods* **45**, 30–32 (1982).
 11) Sakaguchi, M., M. Murata and J.-B. Kim: *Nippon Suisan Gakkaishi* **55**, 1665 (1989).
 12) Nilsson, K.: SIK-Rapport Nr. 610, Göteborg (1994).
 13) Nilsson, K. and B. Ekstrand: *J. Food Qual.* **18**, 177–191 (1995).
 14) Hurling, R. and H. McArthur: *J. Food Sci.* **61**, 1289–1296 (1996).
 15) Bøknæs, N., H. S. Jensen, C. Østerberg and J. Nielsen: Paper presented at the 27th Annual WEFTA-Meeting, Madrid, (1997).
 16) Thyholt, K. and T. Isaksson: *J. Sci. Food Agric.* **73**, 525–532 (1997).
 17) Downey, G. und D. Beauchene: *Lebensm.-Wiss. u. -Technol.* **30**, 721–726 (1997).
 18) Thiemig, F. und P. Oelker: *Fleischwirtschaft* **78**, 221–224 (1998).
 19) Rehbein, H., E. Martinsdottir, F. Blomsterberg, G. Valdimarsson and J. Oehlenschläger: *Int. J. Food Sci. Technol.* **29**, 42–49 (1994).
 20) Rehbein, H.: *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* **185**, 292–298 (1987).
 21) Manthey, M.: *Inf. Fischwirtsch.* **35**, 131–135 (1988).
 22) Rehbein, H.: *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* **191**, 1–10 (1990).
 23) Amtliche Sammlung von Untersuchungsmethoden (ASU) nach § 35 LMBG, L 06.00/2 (1980).
 24) Schubring, R.: *Inf. Fischwirtsch.* **44**, 118–127 (1997).
 25) Schubring, R. und W. Münkner: *Inf. Fischwirtsch.* **45**, 26–35 (1998).
 26) Huss, H. H. (ed.): *Quality and quality changes in fresh fish*. FAO Fisheries Technical Paper No. 348. Rome (1995).
 27) Ofstad, R., B. Egelandsdal, S. Kidman, R. Myklebust, R. Olson and A.-M. Hermansson: *J. Sci. Food Agric.* **71**, 301–312 (1996).
 28) Love, R. M. in: *Fish processing technology*. 2nd edition, Chapman & Hall, London, 21–22 (1997).
 29) Eun, J.-B., J. A. Boyle and J. O. Hearnberger: *J. Food Sci.* **59**, 251–255 (1994).
 30) Teo, P. H., A. G. Ng, S. Sarifudin and P. Y. Lim: *Singapore J. Pri. Ind.* **25**, 99–106 (1997).
 31) Sotelo, C. G., S. P. Aubourg, R. I. Perez-Martin and J. M. Gallardo: *Food Chem.* **50**, 267–275 (1994).
 32) Sotelo, C. G., S. P. Aubourg, R. I. Perez-Martin and J. M. Gallardo: *Food Chem.* **53**, 61–65 (1995).

33) Simeonidou, S., A. Govaris und K. Vareltzis: *Z. Lebensm. Unters. Forsch. A* **204**, 405–410 (1997).
 34) De Koning, A. J. and T. Mol: *J. Sci. Fod Agric.* **59**, 135–137 (1992).
 35) Chang, C. C. and J. M. Regenstein: *J. Food Sci.* **62**, 299–304 (1997).
 36) Sotelo, C. G., C. Pineiro and R. I. Perez-Martin: *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* **200**, 14–23 (1995).
 37) Hultin, H. O. in: *Advances in seafood biochemistry. composition and quality*. Technomic Publ. Co. Lancaster, Basel. 25–42 (1992).
 38) Philippi, B. Q. and H. O. Hultin: *J. Food Biochem.* **17**, 251–266 (1993).
 39) Regenstein, J. M., M. A. Schlosser, A. Samson and M. Fey in: *Chemistry and biochemistry of marine food products*. AVI Publ. Comp. Westport, Connecticut 137–147 (1982).
 40) Joly, A., A. Huidobro and M. Tejada: *Z. Lebensm. Unters. Forsch. A* **205**, 14–18 (1997).
 41) Rehbein, H., D. Eichenauer, P. Feser, R. Friedrich, B. Glück, A. Harz, W. Warning, K. Werkmeister und F. Winkler: *Arch. Lebensmittelhyg.* **46**, 122–124 (1995).
 42) Parkin, K. L. and H. O. Hultin: *J. Food Process Preserv.* **6**, 73–97 (1982).
 43) Mackie, I. M.: *Food Rev. Internat.* **9**, 575–610 (1993).
 44) Klettner, P.-G.: *Fleischwirtschaft* **75**, 263–266 (1995).
 45) Ochiai, Y., C.-Y. Chow, S. Watabe and K. Hashimoto: *Nippon Suisan Gakkaishi* **54**, 649–653 (1988).
 46) Park, J.W.: *J. Food Sci.* **60**, 15–18 (1995).
 47) Bhattacharya, S., G. S. Choudhury and S. Studebaker: *J. Aquat. Food Prod. Technol.* **3**, 39–48 (1994).
 48) Corey, M. L., D. L. Gerdes and R. M. Grodner: *J. Food Sci.* **52**, 297–299 (1987).
 49) Senter, S. D., L. L. Young and G. K. Searcy: *J. Sci. Food Agric.* **75**, 179–182 (1997).
 50) Henry, L. K., L. C. Boyd and D. P. Green: *J. Sci. Food Agric.* **69**, 15–20 (1995).
 51) Dias, J., M. Nunes and R. Mendes: *J. Sci. Food Agric.* **66**, 327–335 (1994).
 52) Licciardello, J. J. in: *The seafood industry*. Van Nostrand Reinhold. New York 205–218 (1990).
 53) Petursson, P. in: *Fish inspection, quality control and HACCP: a global focus*. Technomic Publishing Co., Inc. Lancaster, Basel 23–29 (1997).
 54) Martinez, I., R. L. Olson, H. Nilsen and N. K. Sørensen: *Outlook on Agriculture* **26**, 107–114 (1997).