

Sensorische Bewertung, Mikrobiologie und chemische Kenngrößen von eisgelagertem Wittling (*Merlangius merlangus*)

Carsten Meyer und Jörg Oehlschläger, Institut für Biochemie und Technologie

Auf der 160. Forschungsreise des FFS „Walther Herwig III“ in die Nordsee wurde im Mai 1995 ein Eislagerversuch mit Wittling durchgeführt. Ausgenommener Wittling mit und ohne Niere wurde in schmelzendem Eis gelagert. Während regelmäßiger Probenahmen wurden sensorische, chemische, physikalische und mikrobiologische Kenngrößen bestimmt. Es stellte sich heraus, daß neben der traditionellen hedonischen Sensorik von gegarten Proben und der EU-Qualitätsklassifizierung durch äußere Begutachtung die Bestimmung mikrobiologischer Keimzahlen besonders gut geeignet ist, um den Frische- bzw. Verderbsgrad zu beurteilen. So korreliert die Zahl der Verderbskeime auf der Haut signifikant mit der Lagerzeit in Eis. Für die sensorisch ermittelte Note für den Geruch der gegarten Probe wurde ebenfalls eine sehr gute Korrelation mit der Zahl der Verderbskeime auf der Haut gefunden.

Auch die Messung der Leitfähigkeit des Gewebes durch den Fischtester VI sowie die Bestimmung des Kreatingehaltes eignen sich als Frische- bzw. Verderbsindikatoren. Der in verschiedenen Körperteilen gemessene pH-Wert und auch der Ammoniakstickstoff des Filets eignen sich nur sehr begrenzt bzw. gar nicht für die Frischbestimmung. Das Entfernen der Niere hatte keinen Einfluß auf die Lagerfähigkeit.

Einleitung

Eislagerversuche, d.h. die experimentelle Lagerung von Seefischen mit einer ab Fang genau bekannten Geschichte in schmelzendem Wassereis bei Lager- und Raumtemperaturen von +1-4 °C, und daraus resultierenden Temperaturen im Fischfleisch von -0,5-1,0 °C, werden durchgeführt, um an definiertem Material Kenntnisse über Basiswerte von sensorischen, chemischen, mikrobiologischen und anderen Kenngrößen vom Zeitpunkt idealer Frische (fangfrisches Material) bis zum Stadium einsetzenden und fortgeschrittenen Verderbs zu erlangen. Bei Vorliegen ausreichenden Datenmaterials lassen sich dann unter Verwendung der unterschiedlichen Frische- oder Verderbsindikatoren bei unbekanntem Material das Alter (Tage in Eis) und der Frische- oder Verderbsgrad in recht engen Grenzen retrospektiv bestimmen. Aus der Definition des Eislagerversuchs ergibt sich, daß erfolversprechende Versuche mit Seefischen nur an Bord von seegängigen Forschungsschiffen, die über fischereitechnische Einrichtungen und Räumlichkeiten für die Fischlagerung und zur Durchführung von Analysen verfügen, sachgerecht durchgeführt werden können. Das Institut für Biochemie und Technologie der Bundesforschungsanstalt für Fischerei führt seit 1987 im Rahmen eines langfristigen Forschungsprojekts zur Fischqualität regelmäßig solche Eislagerversuche mit kommerziell genutzten Seefischarten von Fanggründen, aus denen Fische auf den deutschen Markt gelangen, durch (Oehlschläger 1995b). Im folgenden wird über die

Sensory assessment, microbiology and chemical indices of ice-stored whiting

During the 160th research cruise of the FRV „Walther Herwig III“ in the North Sea in May 1995 an ice-storage experiment with whiting was performed. Gutted whiting with and without spleen was stored in melting water-ice. Freshness and/or spoilage were monitored by measuring sensory, chemical, physical and microbiological indicators. It was found that besides the classical sensory assessment on the cooked sample and the EU-quality grading scheme, the microbiological counts were of major importance for the determination of the degree of freshness or spoilage. The cfu (colony forming units) of spoilage bacteria on the skin correlated significantly with time in ice. A very good correlation was also found for the cfu of spoilage bacteria with the sensory assessed odour of the cooked fillet sample.

The measurement of the fish tissue with the Intellectron Fischtester VI and the determination of the creatine content in fillet are both suitable freshness and spoilage indicators. The pH-value measured in different body compartments and in muscle homogenate and the ammonia content are only of limited value for freshness determination. Removal of kidney did not influence the shelf life.

bei einem Eislagerversuch mit Wittling (*Merlangius merlangus*) aus der Nordsee erhaltenen Ergebnisse berichtet.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden auf der 160. Reise des Fischereiforschungsschiffes „Walther Herwig III“ in der zentralen Nordsee durchgeführt. Die für die Eislagerversuche benötigten Wittlinge wurden zwischen dem 15. und dem 19. Mai 1995 gefangen. Die fangfrischen Fische wurden durch einen Kehlschnitt getötet, zum Ausbluten für kurze Zeit in Seewasser gelegt und anschließend ausgenommen. Ein Teil der Fische wurde konventionell ausgenommen, d.h. die Eingeweide bis auf die Niere wurden entfernt. Aus dem anderen Teil der Fische wurde zusätzlich vorsichtig, ohne das umliegende Gewebe zu beschädigen, die unter der Mittelgräte liegende Niere entfernt. Alle Fische wurden abschließend in reichlich Seewasser gewaschen, zum Abtropfen auf Siebe gelegt und dann in 20 kg Fisch fassende Eislagerboxen gepackt. Unter Verwendung von Scherbeneis wurden die Fische im Verhältnis 1:1 in Eis gelegt und anschließend in einem auf + 1 °C temperierten Eislagerraum gelagert. Das abschmelzende Eis wurde bei Bedarf erneuert.

Die für die Versuche verwendeten Wittlinge mit Niere wogen 280 ± 68 g bei einer Gesamtlänge von 34 ± 3 cm, die entsprechenden Werte für die Wittlinge ohne Niere betragen: 343 ± 87 g und 37 ± 3 cm.

In regelmäßigen Abständen wurden Proben (jeweils 5 Fische mit Niere täglich und 3 Fische ohne Niere jeden dritten Tag) gezogen, die mit sensorischen, chemischen, physikalischen und mikrobiologischen Methoden näher charakterisiert wurden.

Nach Entnahme aus dem Eis wurden die Ganzfische unter Verwendung des EU-Qualitätsklassifizierungsschemas für eisgelagerte Fische (Anon. 1989) in der Modifizierung von Howgate, Johnston und Whittle (1992) in Qualitätsklassen eingestuft. Bei diesem Schema werden für die äußere Bewertung der Fische der Zustand der Augen, der Haut, der Konsistenz des Muskels, der Kiemen und der Geruch der Leibeshöhle herangezogen. An den noch intakten Fischen wurde dann der Fischtesterwert mit dem Intellektron Fischtester VI, und die pH-Werte in Kiemen, Bauchhöhle und Muskel mit einer Einstichelektrode gemessen. Nach dem Filetieren wurde ein Filet im Mikrowellenofen in einer mit Deckel bedeckten Petrischale ungewürzt und ungesalzen gegart (ca. 1-2 min) und von 4 Verkostern nach Geruch, Geschmack und Konsistenz bewertet. Dabei wurde das von Gutschmidt und Partmann (1977) entwickelte 9-Punkte-Schema benutzt. Aus dem zweiten Filet wurde ein Perchlorsäureextrakt (Rehbein und Oehlenschläger 1982) hergestellt, der ebenfalls an Bord auf seinen Gehalt an Ammoniak und Kreatin analysiert wurde (Oehlenschläger und Rehbein 1990).

Für die mikrobiologischen Untersuchungen wurden separate Fische verwendet. Es wurden jeweils Misch-

proben aus drei Fischen untersucht. Zur Entnahme von Hautstücken definierter Größe wurde die Haut mit sterilem Besteck exakt um aufgelegte sterile Schablonen bekannter Fläche eingeschnitten und anschließend entweder vom Gewebe abgezogen oder bei sehr flacher Schnitfführung vom Gewebe getrennt. Jeweils drei 24 cm^2 große Hautproben wurden mit einer definierten Menge steriler Verdünnungslösung (Hefeextrakt Pepton) 2 min in einem Stomacher homogenisiert, anschließend dezimal verdünnt und auf feste Nährmedien geimpft. Gewebeproben wurden nach großflächiger steriler Entfernung der Haut mit sterilem Besteck zu jeweils 10 g/Fisch entnommen, wobei darauf geachtet wurde, daß die Entnahme mindestens 0,5 cm von den Hauteinschnitten erfolgte und während der Präparation das Peritoneum nicht verletzt bzw. durchstoßen wurde. Von subkutan bis zur Mittelgräte wurde ein Muskelblock herauspräpariert. Die vereinigten Gewebeproben wurden weiter wie die Hautproben behandelt.

Für die Keimzahlbestimmungen wurden von jeder Verdünnungsstufe 5 Tropfen (50, 100 oder 200 µl) auf vorgetrocknete Standard I und Eisenagar-Platten getropft. Die Platten wurden bei Raumtemperatur (+ 22-24 °C) bebrütet und nach 2-3 Tagen ausgewertet: es wurde ausgezählt, in wievielen Tropfen pro Verdünnungsstufe sich Kolonien (Standard I Agar) bzw. schwarze Kolonien auf Eisenagar, die Verderbniskeime kennzeichnen (Gram et al. 1987; Jörgensen und Huss 1989), ausgebildet hatten. Daraus wurde mit einer „five tube MPN-Tabelle“ die Keimzahl pro Gramm bzw. Quadratzentimeter berechnet.

Ergebnisse

Während dieses Eislagerversuchs wurden keine Untersuchungen über die fischtypischen Amingehalte (Trimethylaminoxid, Trimethylamin, Dimethylamin, TVB-N) durchgeführt. Die Entwicklung dieser Substanzen im Verlauf der Lagerung wurde in einem früher durchgeführten Versuch ausführlich beschrieben (Oehlenschläger 1995a).

Sensorik

Um die Ergebnisse der EU-Qualitätsklassifizierung (E,A,B oder „C“) für Berechnungen verwenden zu können, wurden die Klassen in Ziffern umgewandelt (E=9, A=7,5, B=6, C=4). Da die Einzelfische einer Probeziehung u.U. unterschiedlichen Qualitätsklassen zugeordnet werden konnten, ergeben sich bei den Berechnungen beliebige Werte. Der Verlauf der EU-Qualitätsklassen während der Eislagerung sind in Abbildung 1 für Wittling mit und ohne Niere dargestellt.

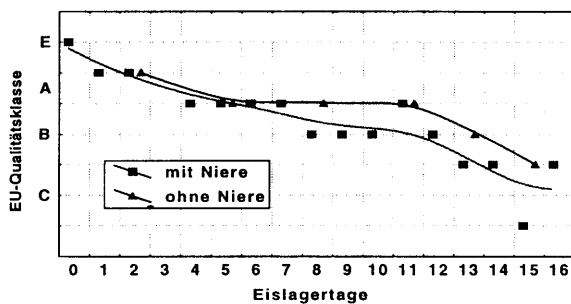


Abb. 1: Einstufung von eisgelagertem Wittling mit und ohne Niere in EU-Qualitätsklassen durch äußere Begutachtung während der Lagerung in schmelzendem Eis; E=Extra Qualität, A=Sehr gute Qualität, B=akzeptable Qualität, „C“=Substandard
Grading of ice-stored whiting with and without kidney according to EU-quality grading scheme during ice-storage of whiting, E=extra quality, A=very good quality, B=acceptable quality, „C“=substandard

Die Extraqualität (E) bleibt nur 1-2 Tage erhalten, danach verbleibt der Fisch bis etwa zum 11. Lagertag bei zuerst A, später bei B-Qualität, um dann erst am 14. oder 15. Lagertag Substandard (C) zu erreichen. Fische, denen die Niere vor der Lagerung entfernt wurde, verbleiben nach Erreichen mittlerer Qualität ab dem 7. Lagertag länger auf einem höheren Qualitätsniveau als Fische, die mit Niere gelagert werden. Da gegen Ende der Lagerzeit der Geruch der Leibeshöhle meist das ausschlaggebende Kriterium für die Einstufung darstellt, kann abgeleitet werden, daß die Entfernung der Niere die Geruchsbildung in der Bauchhöhle verringert.

Die an den gegarten Filetproben durchgeführte Sensorik ergab bei den drei geprüften Merkmalen Geruch, Geschmack und Konsistenz keine signifikanten Unterschiede zwischen Wittlingen mit oder ohne Niere, wie in den Abbildungen 2-4 dargestellt. Bei den drei Merkmalen weichen die Wittlinge ohne Niere nicht von denen mit Niere ab.

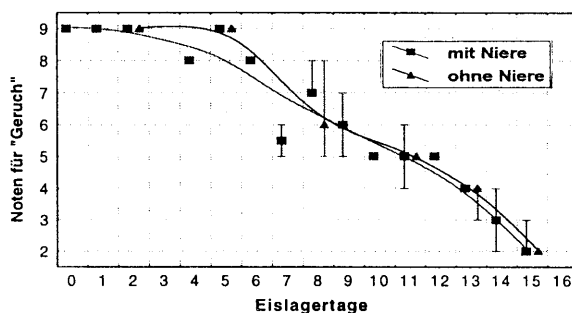


Abb. 2: Sensoriknoten für „Geruch“ in gegarten Filets von Wittling mit und ohne Niere während der Eislagerung, Median- und Schwankungsbreite
Sensory scores for „odour“ in cooked fillet samples of ice-stored whiting with and without kidney, median and range

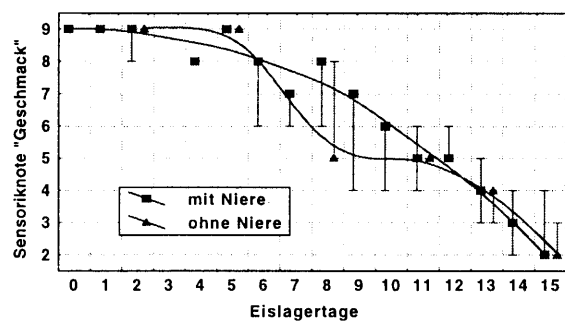


Abb. 3: Sensoriknoten für „Geschmack“ bei gegarten Filets von eisgelagertem Wittling mit und ohne Niere, Median- und Schwankungsbreite
Sensory scores for „taste“ in cooked fillet samples of ice-stored whiting with and without kidney, median and range

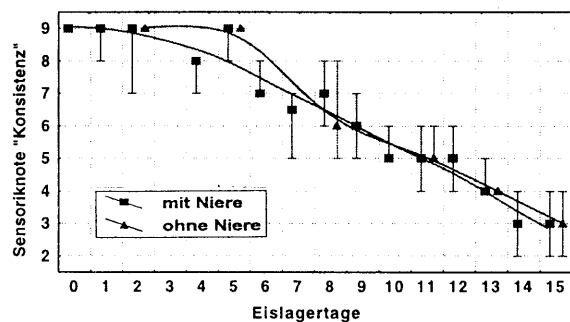


Abb. 4: Sensoriknoten für „Konsistenz“ während der Eislagerung von Wittling mit oder ohne Niere, Median und Schwankungsbreite
Sensory scores for „texture“ during ice-storage of whiting with and without kidney, median and range

Da die Sensoriknote 4 die Grenze der Verkehrsfähigkeit (Handelsfähigkeit), bei der keine ausreichende zeitliche Reserve für ein Verbringen des Fisches an den Endverbraucher mehr besteht, kennzeichnet und die Note 3 die Grenze der Verzehrbarkeit bildet, kann aus den vorliegenden Ergebnissen der Sensorik abgeleitet werden, daß Wittling etwa am 12.-13. Lagertag die Grenze der Verkehrsfähigkeit und am 14.-15. Lagertag die der Verzehrbarkeit erreicht. Dies stimmt recht gut mit einem früheren Versuch überein (Oehlschlager 1995a), in dem als Grenze der 12. bzw. 13. Eislagertag ermittelt wurde.

Physikalische Kenngrößen

Der Verlauf des Fischtester-Wertes während der Eislagerung ist in Abb. 5 wiedergegeben. Der Fischtesterwert liegt bei fangfrischem Fisch bei 80. Er nimmt bis zum 4. Tag kontinuierlich ab, um dann ein Plateau zu erreichen, auf dem er bis zum 8. Tag bleibt. Danach, in der letzten Phase der Lagerzeit nimmt er wieder kontinuierlich ab und zeigt beim

Erreichen der Grenze der Verkehrs- bzw. Verzehrsmöglichkeit etwa den Wert 20.

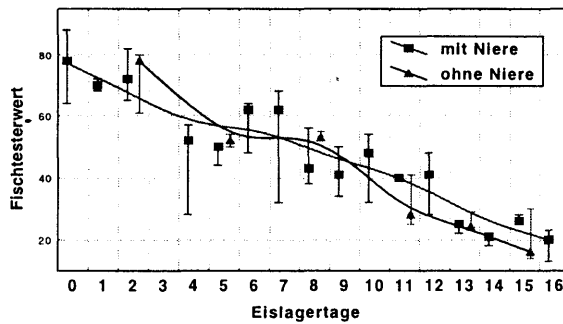


Abb. 5: Verlauf des Intellectron Fischtester VI-Wertes bei der Eislagerung von Wittling mit und ohne Niere, Median und Schwankungsbreite

Intellectron Fischtester readings during ice-storage of whiting with and without kidney, median and range

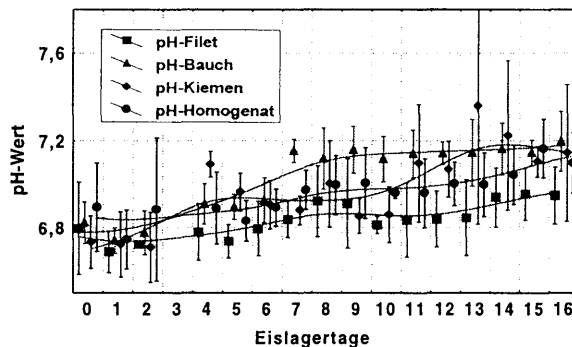


Abb. 6: pH-Werte in verschiedenen Körperteilen von Wittling während der Eislagerung, arithmetische Mittelwerte und Standardabweichung

pH-values in different body parts of whiting during ice-storage, arithmetic mean and standard deviation

Die in verschiedenen Körperteilen gemessenen pH-Werte lassen, wie Abbildung 6 zeigt, keine gute Korrelation mit der Eislagerzeit erkennen; sie liegen zwar bei Beginn der Lagerzeit generell niedriger (um pH 6,8) als in späteren Phasen, in denen pH 7 etwa am 10.-12. Lagertag überschritten wird, und letztlich pH-Werte bei 7,2 erreicht werden, können aber wegen der großen Schwankungsbreite der Einzelwerte nur mit starken Einschränkungen als Frische- oder Verderbsindikatoren empfohlen werden. Als zusätzliches Kriterium zusammen mit anderen Frische- oder Verderbsindikatoren haben sie jedoch ihre Berechtigung. Als Beispiel für eine Korrelation zwischen pH-Werten und der Eislagerzeit ist in Abbildung 7 der in der Leibeshöhle gemessene pH-Wert wiedergegeben. Mit einem Korrelationskoeffizienten von $r=0,8$ kann

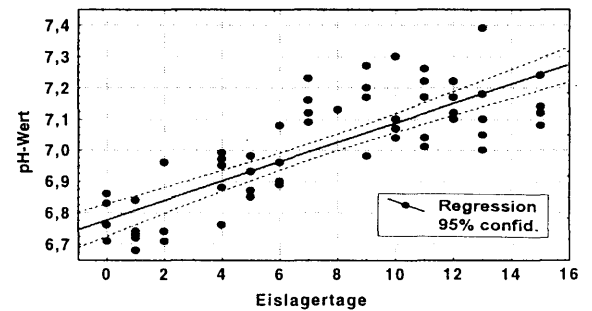


Abb. 7: Korrelation zwischen dem in der Leibeshöhle gemessenen pH-Wert und den Eislagertagen, $r=0,8092$, $p<0,05$

Correlation between pH-value measured in body cavity and days in ice in ice-stored whiting, $r=0.8092$, $p<0.05$

man eigentlich von einer für biologisches Material zufriedenstellender Korrelation sprechen, wegen der erwähnten Schwankungsbreite kann aber nur der aus einer größeren Zahl von an Einzelfischen ermittelte Mittelwert sinnvoll verwendet werden.

Chemische Kenngrößen

Von den beiden gemessenen chemischen Kenngrößen, Ammoniak-Stickstoff und Kreatin, kann nur der Kreatingehalt für Aussagen über die in Eis verstrichene Lagerzeit verwendet werden. Die Ammoniak-Stickstoffgehalte sind im Mittel während des gesamten Lagerzeitraumes bei 10 mg/kg konstant, schwanken aber beträchtlich in den Einzelwerten. Ammoniak wird zwar im Verlauf des Verderbs gebildet, wegen seiner Flüchtigkeit wird es aus den hier verwendeten kleinmaßigen Wittlingen mit ungünstigem Oberfläche:Volumen-Verhältnis aber laufend an die Umgebung abgegeben und durch das abschmelzende Eis entfernt. Der Kreatingehalt kann, wie Abbildung 8 demonstriert, gegen Ende der Lagerzeit gut als ein Maß für die Zeit in Eis dienen, vorausgesetzt, der Anfangsgehalt im fangfrischen Fisch ist bekannt.

Bis zum Erreichen der Grenze der B-Qualität liegt der Kreatingehalt deutlich über 4 g/kg Frischgewicht, danach, wenn der Verderb verstärkt eintritt und der Fisch sich der Grenze der Verkehrsfähigkeit nähert, nimmt er stetig ab, um schließlich bei Fischen mit Niere Konzentrationen von unter 3 g/kg zu erreichen, während er bei den Wittlingen ohne Niere knapp unter 4 g/kg bleibt. Fische, denen die Niere entfernt wurden, bauen anscheinend das Kreatin zumindestens in der letzten Phase des Lagerzeitraumes langsamer ab.

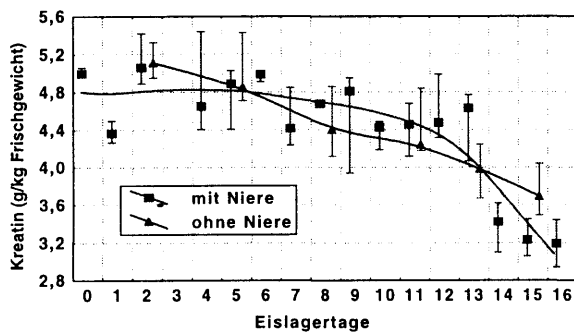


Abb. 8: Abbau des Kreatingehaltes während der Eislagerung von Wittling mit und ohne Niere, Median und Schwankungsbreite

Degradation of creatine during ice-storage of whiting with and without kidney, median and range

Mikrobiologie

Die Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen sind in Abbildung 9 und 10 zusammengefaßt dargestellt. Abbildung 9 enthält die Ergebnisse der Keimzahlbestimmungen der Haut. Die Gesamtkeimzahlen und die KBE (koloniebildenden Einheiten) der Verderbskeime unterscheiden sich in Wittling mit und ohne Niere prinzipiell nicht. So liegen die Gesamtkeimzahlen bei beiden Versuchsgruppen in fangfrischem Fisch bei $10^3/cm^2$ und wachsen dann langsam bis zum Zeitpunkt des Erreichens der Grenze der Verkehrsfähigkeit auf $10^{7-8}/cm^2$ an. Verderbskeime werden auf der Haut fangfrischen Fisches nicht gefunden, sie sind erst ab dem 3. - 4. Lagertag nachweisbar. Ab dem 4. Lagertag nehmen sie dann allerdings kontinuierlich auf der Haut zu, um gegen Ende der Lagerzeit am 15. und 16. Tag noch nach dem Überschreiten der Grenze der Verzehrfähigkeit auf einem konstanten Wert von etwa $10^7/cm^2$ zu verbleiben.

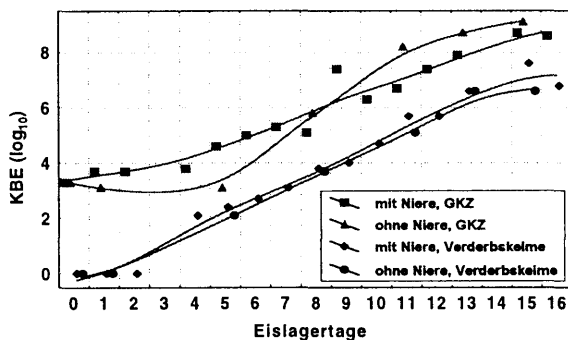


Abb. 9: Verlauf der koloniebildenden Einheiten (KBE) von Gesamtkeimzahl und Verderbskeimen pro cm^2 auf der Haut während der Eislagerung von Wittling mit und ohne Niere

cfu (colony forming units) of total counts and spoilage bacteria on skin of ice-stored whiting with and without kidney

Der Verlauf der Keimzahlen im Gewebe (Abb. 10) unterscheidet sich von dem auf der Haut darin, daß das Gewebe der Fische bis zum 4. oder 5. Lagertag steril ist. Die Gesamtkeimzahl steigt dann etwa ab dem 5. Lagertag in beiden Versuchsreihen langsam an und erreicht bei Versuchsende etwa $10^6/g$. Verderbskeime treten erst ab dem 8. Lagertag auf und nehmen im Verlauf der weiteren Lagerung bis auf maximal $10^{4-5}/g$ zu. Auch hierin unterscheiden sich Wittlinge mit bzw. ohne Niere nicht.

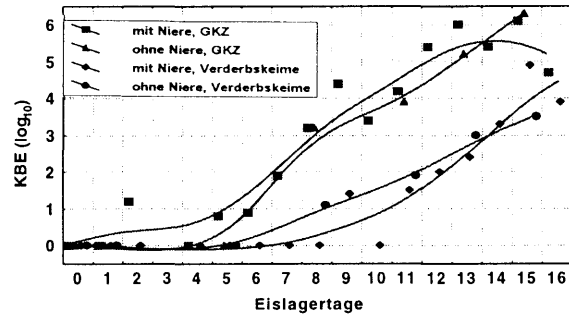


Abb.10: Verlauf der koloniebildenden Einheiten (KBE) der Gesamtkeimzahl und der Verderbskeime/Gramm Gewebe bei der Eislagerung von Wittling mit und ohne Niere

cfu (colony forming units) of total counts and spoilage bacteria during ice-storage of whiting with and without kidney

Diskussion

Die Ergebnisse des Eislagerversuchs zeigen, daß Wittling bis zum 12. Lagertag in Eis von noch verkehrsfähiger Qualität ist. Die Gesamtkeimzahlen von Haut und Gewebe erreichen zu diesem Zeitpunkt Werte von $10^{7-8}/cm^2$ Haut bzw. $10^5/g$ Gewebe. Die Verderbskeime liegen in beiden Fällen um den Faktor 10^{3-4} niedriger. Die Zahl der Verderbskeime auf der Haut korreliert, wie Abbildung 11 zeigt, signifikant mit der Lagerzeit in Eis. Sie kann deshalb - sachgerechte Eislagerung vorausgesetzt - als Frische- bzw. Verderbsparameter über die gesamte Lagerzeit benutzt werden.

Eine signifikante Korrelation konnte auch zwischen dem sensorisch beurteilten Geruch der gegarten Filets des eisgelagerten Wittling und der Zahl der Verderbskeime auf der Haut gefunden werden (Abb. 12). Dies ist eine der wenigen überhaupt berichteten Korrelationen zwischen sensorischen Befunden und mikrobiologischen Kenngrößen.

Die auch bei anderen Fischarten bewährten Methoden zur Bestimmung des Frische- bzw. Verderbsgrades wie Sensorik, EU-Qualitätsklassen, Fischtestermessung und Kreatingehalt (z.B.: Oehlenschläger 1992; Rehbein et al. 1994) können auch bei Wittling Verwendung finden.

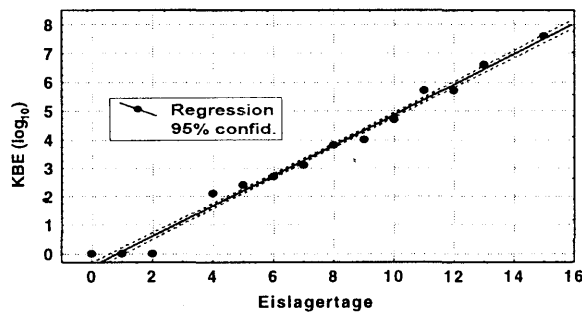


Abb. 11: Korrelation zwischen koloniebildenden Einheiten (KBE) der Verderbskeime auf der Haut (pro cm²) von eisgelagertem Wittling und der Lagerzeit in Eis, $r=0,99277$, $p<0,05$

Correlation between cfu of spoilage bacteria on skin and days in ice during ice-storage of whiting, $r=0.99277$, $p<0.05$

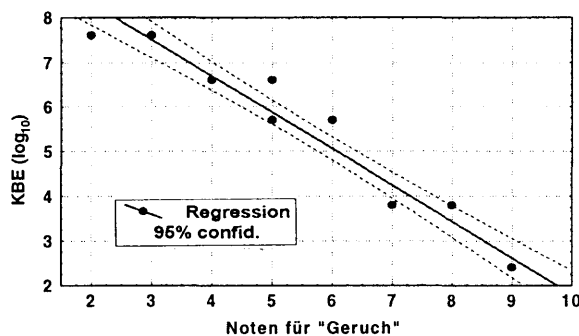


Abb. 12: Korrelation zwischen koloniebildenden Einheiten (KBE) der Verderbskeime auf der Haut (pro cm²) und dem sensorisch ermittelten Noten für den Geruchseindruck des gegarten Filets von eisgelagertem Wittling, $r=-0,9753$, $p<0,05$

Correlation between cfu of spoilage bacteria and sensory scores for „odour“ of cooked fillet samples of ice-stored whiting, $r=-0.9753$, $p<0.05$

Das Entfernen der Niere brachte bis auf die Unterschiede in der EU-Qualitätsklassifizierung keine ersichtlichen Vorteile und führte nicht zu einer Verlängerung der Eislagerzeit.

Die bei Anwendung der EU-Qualitätsklassifizierung allein ermittelten Lagerzeiten von 15-16 Tagen bis zum Erreichen der Grenze der Verzehrfähigkeit (Substandard „C“) stimmen nicht mit den durch ex-

perimentelle verkostende Sensorik ermittelten Zeiten von 13-14 Tagen überein. Zur sicheren Ermittlung der Verzehrfähigkeitsgrenze sollte deshalb gegen Ende der Lagerzeit (schlechte B-Qualität) immer eine Verkostung der gegarten Filetprobe durchgeführt werden.

Literatur

- Gutschmidt, J.; Partmann, W.: Sensorische und chemische Veränderungen von Seelachs während der Gefrierlagerung. *Archiv LebensmHyg.* 28: 50-56, 1977.
- Rehbein, H.; Oehlenschläger, J.: Zur Zusammensetzung der TVB-N-Fraktion (flüchtige Basen) in sauren Extrakten und alkalischen Destillaten von Seefischfilet. *Archiv LebensmHyg.* 33: 44-48, 1982.
- Gram, L.; Trolle, G.; Huss, H. H.: Detection of specific spoilage bacteria from fish stored at low (0 °C) and high (20 °C) temperatures. *Int.J. Food Microbiol.* 4: 65-72, 1987.
- Anon. (1989): Verordnung (EWG) Nr. 33/89 des Rates vom 3. Januar 1989 zur Änderung der Verordnung (EWG) Nr. 103/76 über gemeinsame Vermarktungsnormen für bestimmte frische oder gekühlte Fische. *Amtsblatt der EG Nr. L 5/18-22 vom 7.1.1989.*
- Jörgensen, B.R.; Huss, H.H.: Growth and activity of *Shewanella putrefaciens* isolated from spoiling fish. *Int. J. Food Microbiol.* 9: 51-62, 1989.
- Oehlenschläger, J.; Rehbein, H.: Bestimmung des Kreatin(in)gehaltes in Fischen und Fischprodukten. *Inf. Fischwirtsch.* 37(3): 119-125, 1990.
- Oehlenschläger, J.: Evaluation of some well established and some underrated indices for the determination of freshness and/or spoilage of ice-stored wet fish. in: H.H.Huss; Jakobsen, M.; Liston, J. (eds.): *Quality Assurance in the Fish Industry.* Elsevier, Amsterdam, 339-350, 1991.
- Howgate, P., Johnston, A. and Whittle, K.J. (eds.): *Multilingual guide to EC freshness grades for fishery products.* Torry Research Station, Food Safety Directorate, Aberdeen, Scotland, 32 p., 1992.
- Rehbein, H., Martinsdottir, E., Blomsterberg, F., Valdimarsson, G. and Oehlenschläger, J. (1994): Shelf life of ice-stored redfish, *Sebastes marinus* and *S. mentella*. *Int. J. Food Sci. Technol.* 29:303-313.
- Oehlenschläger, J.: Haltbarkeit von Nordsee-Wittling (*Merlangius merlangus*) bei Lagerung in schmelzendem Eis. *Inf. Fischwirtsch.* 42(1): 42-49, 1995a.
- Oehlenschläger, J.: Haltbarkeit und Bewertung von Frischfisch. *Forschungsreport Ernährung Landwirtschaft Forsten* 12:22-23, 1995b.