

FISCH ALS LEBENSMITTEL

Beurteilung der Frische von Fischen

Ergebnisse und Empfehlungen einer Konzentrierten Aktion im Rahmen von FAIR

Jörg Oehlenschläger, Institut für Biochemie und Technologie

Von Anfang 1995 bis Anfang 1998 wurde eine Konzentrierte Aktion (CA) mit dem Titel „Evaluation of Fish Freshness“ (Bewertung der Frische von Fisch) mit Mitteln der Kommission der Europäischen Union im Rahmen des 4. Europäischen Forschungsrahmenprogramms (FAIR) unter Beteiligung von 18 zumeist staatlichen oder universitären Fischereiforschungsinstituten aus 14 europäischen Ländern durchgeführt:

Denmark	Danish Institute for Fisheries Research, Lyngby	<ul style="list-style-type: none"> • Die Diskussion über brauchbare Kriterien zur Bestimmung der Frische von Fisch zu stimulieren • Wissenschaftler zwischen den Instituten auszutauschen und die interdisziplinäre Arbeit zwischen den beteiligten Laboratorien zu verstärken • Neue Forschungsprojekte über Frische von Fisch für das 5. Forschungsrahmenprogramm der EU zu initiieren und zu planen • Neue Forschungsfelder zu öffnen, um neuartige Methoden und Techniken in die Frischeforschung einzubringen
Faeroe Islands	Food and Environmental Institute, Torshavn	
Finland	VTT Biotechnology and Food Research, Espoo	
France	IFREMER, Nantes	
Germany	Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Institut für Biochemie und Technologie, Hamburg,	
Greece	Agricultural University of Athens, Department of Food Science and Technology, Laboratory of Food Microbiology and Biotechnology, Athens	
Iceland	Icelandic Fisheries Laboratories, Reykjavik	
Ireland	Dublin Institute of Technology, Dublin	
Ireland	University of Dublin Trinity College, Department of Physiology, Dublin	
Netherlands	RIVO-DLO, Ijmuiden	
Norway	Fiskeriforskning, Tromsø	
Portugal	IPIMAR, Lisboa	
Portugal	Escola Superior de Biotecnologia, Universidade Catolica Portuguesa, Porto	
Spain	Instituto del Frio, Madrid	
Sweden	SIK, Göteborg	
Scotland	Department of Medical Microbiology, Aberdeen University, Aberdeen	
Scotland	Rowett Research Institute, Aberdeen	
Scotland	Robert Gordons University, Food Science & Technology Research Centre, Aberdeen	

Während der Dauer der CA wurden jährlich zwei Plenartagungen mit Beteiligung von eingeladenen spezialisierten Experten (L. van Gemert, NL, Sensorik, Quantitative descriptive analysis; M. Martens, DK, Multivariate Analyse; D. Gibson, UK, Mikrobiologie; H. Grosch, D, Olfaktometrie und flüchtige Verbindungen; J.F.C. Vincent, UK, Textur;) durchgeführt. Der Etat ermöglichte außerdem zahlreiche Forschungsaufenthalte von Wissenschaftlern in Gastlaboratorien. Im November 1997 fand die Abschlußveranstaltung der CA im IREMER, Nantes, Frankreich, statt. Unter dem Titel „The need for methods to evaluate fish freshness in industry and trade“ wurde ein workshop für die Fischindustrie veranstaltet, auf dem eingeladene Vortragende aus verschiedenen Sektoren der Fischindustrie und des Handels ihre Meinungen und Vorschläge über die Notwendigkeit von Methoden zur Frischebestimmung von Fischen präsentierten. Die Teilnehmer der CA haben die Ergebnisse der fünf Plenartagungen in fünf umfangreichen Tagungsberichten, in einem mini-review in einer renommierten Zeitschrift (Olafsdottir et al. 1997), in einer Broschüre für die Fischindustrie mit dem Titel „Aiming at fast and objective analytical methods – Methods to determine the freshness of fish in research and industry“, die in englischer und französischer Sprache erhältlich ist, sowie in einem vom Internationalen Tiefkühlinstitut (IIR) verlegten Buch (Olafsdottir et al. 1998) beschrieben. Das Buch enthält 6 Kapitel, die inhaltlich den 6 Unterarbeitsgruppen der CA

Die Koordinierung der CA lag in den Händen von Gudrun Olafsdottir und Emilia Martinsdottir vom isländischen Institut.

Folgende Ziele der CA wurden definiert:

- Die verschiedenen für die Messung der Frische von Fischen verwendeten Methoden zu vergleichen und zu bewerten

entsprechen. Insgesamt 45 Beiträge beschäftigen sich mit den unterschiedlichen Aspekten der Frische von Fisch, davon 3 mit „Frische von Fisch – Frischemethoden“, 7 mit „Flüchtige Bestandteile und Verbindungen“, 7 mit „Mikrobiologie und Vorhersagemodelle“, 12 mit „Veränderungen in Proteinen, Lipiden und ATP-Metaboliten als Indikatoren für Fischfrische“, 9 mit „Sensorische Analyse“ und 7 mit „Physikalische Methoden“. Weiterhin wurde laufend bis heute über den Fortschritt der CA in einer eigenen homepage im internet berichtet: <http://www.rfisk.is/verkefni/1139>.

Die CA hat einige Schlußfolgerungen und Empfehlungen veröffentlicht, die Methoden zur Bewertung der Frische von Fisch betreffen. Im folgenden sind diese auszugswise geordnet nach Unterarbeitsgruppen als Resümee der dreijährigen intensiven Beschäftigung mit dieser Problemstellung wiedergegeben.

Frischedefinitionen, Qualität

Mit dem gemeinhin und zumeist unreflektiert gebrauchtem Wort Frische wird bei Fisch zweierlei, eine Zeitspanne und eine Qualitätseigenschaft beschrieben.

- Frische bedeutet bei Fisch, daß er in allen Eigenschaften nicht weit von denen entfernt ist, die er in eben dem Augenblick besaß, als er gefischt oder getötet wurde oder, daß erst eine kurze Zeitspanne vergangen ist, seit er gefangen oder geerntet wurde.
- Frischer Naßfisch ist *per definitionem* neu, nicht gebraucht und unbehandelt.
- Frische ist ein nützliches Konzept, es ist aber keine Größe oder Eigenschaft, die direkt gemessen werden kann. Die Verwendung dieses Konzeptes und die Verwendung des Wortes selbst benötigen eine sorgfältige Definition für den Kontext, in dem sie jeweils Verwendung finden sollen.
- Frische trägt maßgeblich zur Qualität von Frischfisch und Fischereierzeugnissen bei, Frische allein bedeutet jedoch nicht notwendigerweise und quasi automatisch Qualität. Während z.B. Frische für eine gute Qualität essentiell ist, ist sie allein *a priori* noch keine Garantie für gute Lebensmittelqualität. Auch perfekt frischer Fisch kann z.B. mit Schadstoffen, Parasiten, Toxinen usw. belastet sein, was ihn von vornherein als Lebensmittel guter Qualität ausschließt.

Flüchtige Verbindungen

Flüchtige Verbindungen, die zum charakteristischen Geruch von Fisch beitragen, können zur Bewertung der Frische von Fisch gemessen und herangezogen werden. Der Verlust von Frische und der Verderb von Fisch sind komplizierte Prozesse, und verschiedene Faktoren wie

Fischart oder unterschiedliche Lagerbedingungen beeinflussen das Verderbsmuster. Es wird deshalb vorgeschlagen, nicht nur einen einzigen Verderbs- oder Frischeindikator zu benutzen, sondern eher eine Kombination aus ausgewählten Indikatoren, die für die verschiedenen Veränderungen, die während des Verderbs ablaufen, charakteristisch sind. Der angestiegene Bedarf an schnellen, brauchbaren Methoden zur Verwendung in der Fischindustrie hat die Aufmerksamkeit auf die Entwicklung der *elektronischen Nase* gelenkt. Eine intensive Forschung während des letzten Jahrzehnts über verschiedene Typen von Sensoren führten zu kommerziell erhältlichen Geräten mit Gassensoren, die für die Bestimmung von flüchtigen Abbauprodukten bei verschiedenen Lebensmitteln verwendet werden können. Für eine weitergehende Entwicklung dieser *elektronischen Nasen* zur Verwendung bei Fisch sind Informationen über die Identität und die strukturellen Charakteristika der Geruchsstoffe erforderlich, die zum Verderbsmuster der jeweiligen Fischart beitragen. Diese Informationen werden die Entwicklung von neuen Sensortypen für die schnelle Detektion von Frische- und Verderbsstadien von Fisch in die richtige Richtung leiten.

- Niedermolekulare äußerst flüchtige Verderbsstoffe, die verantwortlich für Verderbsgerüche sind, sind während des Verderbs in hohen Konzentrationen (mg/kg) vorhanden und können unter Verwendung von statischen Techniken zur Kopfraumanalyse und zur schnellen Bestimmung mit der *elektronischen Nase* genutzt werden.
- Die Bestandteile, die den Geruchseindruck „frisch“ ausmachen, sind nur in sehr niedrigen Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{kg}$) im Kopfraum vorhanden und können nicht mit der *elektronischen Nase* bestimmt werden. Neue Aufkonzentrierungstechniken zur Probenahme können die Empfindlichkeit der elektronischen Nase indirekt verbessern.
- Eine weitergehende Charakterisierung von Geruchsstoffen verschiedener Fischarten, die für den Eindruck „frisch“ verantwortlich sind, ist erforderlich, um die Entwicklung der spezifischen Detektoren für frische Geruchskomponenten zu unterstützen. Qualitative und quantitative Analytik von flüchtigen Inhaltsstoffen von Fisch durch Gaschromatographie (GC) ist hierzu verstärkt einzusetzen. Im besonderen sollte Wert gelegt werden auf das gesamte Spektrum der flüchtigen Verbindungen und auf die Korrelation von einzelnen Verbindungen mit sensorischen Wahrnehmungen (GC-Olfaktometrie), sowie auf die Rolle von Einzelverbindungen bei der Gesamtwahrnehmung der komplexen Matrix.
- Mehr Wissen über die weniger flüchtigen Bestandteile bei gegartem Fisch (Aroma- und Geschmacksstoffe) ist nötig.

- Besseres, gesichertes Wissen über Dimethylamin (DMA) als Frischeindikator bei Fischarten, die Trimethylaminoxid-Demethylase (TMAOase) enthalten, ist erforderlich.
- Die Empfindlichkeit und Selektivität von Gassensoren sollte verbessert werden, um sie als Detektoren für Frischfischgeruch aber auch für die Erfassung abweichender Gerüche (off-flavours) in gegarten und verarbeiteten Fischen verwenden zu können.
- Probenahmeverfahren sollten verbessert werden und für verschiedene Anwendungen standardisiert werden.
- Verbesserung von Sensoreigenschaften und -charakteristika wie Lagerzeitstabilität, Kalibriersysteme, Anwendungsfreundlichkeit usw.

Die kurzfristige, schnelle Erfassung von **flüchtigen Verbindungen** in Fisch mittels Gassensoren, sogenannten elektronischen Nasen, zur Ermittlung des Frischegrades ist von wachsendem Interesse. Eine weitergehende Charakterisierung des fischtypischen Geruchs ist notwendig, um schnelle und verlässliche Methoden auf der Basis der Sensortechnologie zu entwickeln. Die Selektivität, Empfindlichkeit und Langzeitstabilität von Gassensoren sollte verbessert werden, damit solche Detektoren zur Frischebestimmung Eingang in die Fischindustrie finden. Auch die Probenahmetechniken und die anderen Methoden, die bei der Analyse von flüchtigen Verbindungen mit elektronischen Nasen angewendet werden, benötigen Verbesserungen und Überprüfungen.

Mikrobiologische Methoden und Vorhersagemodelle

Die anfangs gestellte Frage, ob mikrobiologische Methoden verwendet werden können, um die verbleibende Lagerfähigkeit von Fisch vorherzusagen und so auch die Frische von Fisch zu bestimmen, kann nach Ablauf der CA mit „ja“ beantwortet werden. Während der CA wurde Frischfisch aus verschiedenen Ländern untersucht und bei verschiedenen Temperaturen (0–10 °C) und Atmosphären gelagert. Gesamtkeimzahlen wurden ermittelt, Gruppen von Mikroorganismen und spezifische Verderbsorganismen (SSO) wurden definiert. Die Korrelation zwischen der Gesamtkeimzahl (log) und der restlichen Lager-

fähigkeit war für die Frischbewertung bei einigen Erzeugnissen nützlich. Der dekadische Logarithmus der Zahl der spezifischen Verderbsorganismen korrelierte jedoch viel besser mit der verbleibenden Lagerfähigkeit, was durch Vergleich mit von geschulten Sensorikpanels ermittelten Noten gezeigt werden konnte (Tabelle 1). Die enge Relation zwischen den log Zahlen der spezifischen Verderbsorganismen und der Restlagerfähigkeit erlaubt es, einfache mathematische Gleichungen zu entwickeln und damit die Restlaufzeit (d.h. die Frische) vorherzusagen. Allerdings sind die spezifischen Verderbsorganismen nicht bei allen Fischarten bekannt und verbesserte Methoden zur Identifizierung dieser Mikroorganismen sind erforderlich.

Sogenannte schnelle mikrobiologische Methoden sind i.d.R. nicht wirklich schnell, denn diejenigen, die in der Fischmikrobiologie von Nutzen sind, führen erst nach ca. 24 Stunden zu Ergebnissen. Messungen der elektrischen Impedanz wurden ausführlich in der CA angewendet. Die Ergebnisse korrelieren gut mit den spezifischen Bakterienzahlen und deshalb mit der Restlagerfähigkeit. Signifikant bessere Methoden sind aber erforderlich, um eine on-line-Messung der Frische von Fisch zu ermöglichen und um Bakterien vom Fisch zu isolieren und aufzukonzentrieren. Neue Systeme unter Verwendung molekularer Techniken sind noch weit davon entfernt, für die Bewertung von Frische Verwendung zu finden, da sie bei Verwendung in Lebensmitteln noch eine zu geringe Empfindlichkeit zeigen.

Auch die heute angewendeten Methoden zur Probenahme und Mikrobiologie sind nur begrenzt brauchbar. Es ist beabsichtigt, eine verbesserte und standardisierte Probenahme sowie statistische und analytische Verfahren für Gesamtkeimzahl und spezifische Verderbsorganismen in der Zukunft einzuführen.

Mikrobiologische Meßgrößen können zur Bestimmung des Frischegrades z.B. in näher spezifizierten Kontrakten zwischen Käufer und Verkäufer verwendet werden. Wenn solche Meßgrößen erforderlich sind, wird empfohlen, wenn bekannt, die Zahl der spezifischen Verderbsorganismen zu verwenden, um die klassische Gesamtkeimzahl zu unterstützen oder zu ersetzen.

Tab. 1: Korrelationskoeffizienten zwischen dem dekadischen Logarithmus der Zahl der spezifischen Verderbsorganismen und der sensorisch bestimmten Restlagerfähigkeit

Spezifischer Verderbsorganismus	Korrelationskoeffizient
<i>Brochothrix thermospactum</i>	– 0,95 bis – 0,97
Milchsäurebakterien	– 0,92 bis – 0,96
<i>Photobacterium phosphoreum</i>	– 0,90 bis – 0,95
<i>Shewanella putrefaciens</i>	– 0,93 bis – 0,99

Proteine, Lipide und Adenosintriphosphat

In Proteinen, Lipiden und Nukleotiden geschehen verschiedene Veränderungen, die alle in hohem Maße von der Rohware abhängig sind: Fischart, Größe, biologische Kondition, Handhabungsbedingungen (Fang, Todesart, Lagerbedingungen und Temperatur).

Proteine

Es gibt *post-mortem*-Veränderungen, die auf Proteindenaturierung und -abbau beruhen und die zu einer Texturerweichung führen. Obwohl die Messungen dieser Veränderungen bei einigen Fischarten und für einige Bedingungen untersucht werden, um sie für Frischbestimmungen zu nutzen, gibt es bislang keine einfach anzuwendenden Methoden für die Bestimmung dieser Veränderungen.

- Die Verwendung von aussagefähigen Techniken wie 2D-Elektrophorese in Verbindung mit Bildverarbeitung der gewonnenen Daten kann es ermöglichen, für die jeweils interessierende Fischart eine Proteinkarte zu erstellen und die jeweiligen *post-mortem*-Veränderungen zu verfolgen. Dies kann zu einer Identifizierung von „Flecken“ führen, die sich im Laufe der Lagerzeit verändern und die als Proteinmarkierungen für die Frischebewertung dienen können.
- Mehr Forschung über die *post-mortem*-Veränderungen in den intermediären Filamenten und den kostameren Proteinen sollte angeregt werden, da einige dieser Proteine schnell denaturieren und so einen frühen Abbau anzeigen können.

Derzeit existieren keine schnellen Methoden zur Ermittlung von Veränderungen in Muskelproteinen während der Lagerung post mortem. Mehr Forschung über die post-mortem-Veränderungen in den intermediären Filamenten und den kostameren Proteinen sollte angeregt werden.

Lipide

Frische ist charakterisiert durch ein stabiles Gleichgewicht der Potentiale von Antioxidantien und Prooxidantien, die in einem ausgewogenen Verhältnis vorhanden sind. Folgerichtig befindet sich der Muskel in einem Zustand, in dem die Entwicklung von Produkten der Lipidoxidation unterdrückt wird. Mehr Wissen ist erforderlich, um die anti- und prooxidativen Verbindungen herauszufinden, die die größte Bedeutung für die frühe Oxidation von Lipiden haben. Es gibt aber schon Hinweise darauf, daß wasserlösliche Verbindungen hier von herausgehobener Bedeutung sind. Zur Zeit sind keine Methoden verfügbar, die das Verhältnis von Pro- zu Antioxidantien schnell messen können.

- Zukünftige Forschung ist notwendig, um diejenigen Anti- und Prooxidantien zu identifizieren, die am kritischsten für frühe oxidative Veränderungen sind. Es werden aber auch schnelle und einfache Methoden gesucht, mit denen Veränderungen in diesen Verbindungen verfolgt werden können. Da angenommen wird, daß die Initiierung der Lipidoxidation an der Grenzfläche Wasser-Lipid stattfindet, sollte jegliche Forschung, die sich mit Membranen befaßt hohe Priorität haben.

Die meisten Techniken, die für eine Verfolgung der Lipidoxidation beschrieben sind, werden nur in der Forschung verwendet, nur sehr wenige werden routinemäßig in der Fischindustrie benutzt. Will man den Fortschritt der Lipidoxidation verfolgen, müssen mehr als eine Methode eingesetzt werden, insbesondere, wenn verschiedenartige Fischereierzeugnisse miteinander verglichen werden. Zukünftige Forschung ist notwendig, um diejenigen Anti- und Prooxidantien zu identifizieren, die am kritischsten für frühe oxidative Veränderungen sind.

ATP-Metaboliten

Der K-Wert ist im Prinzip ein guter Frischeindikator. Abgesichertes Wissen, das eine Anzahl von Variablen berücksichtigt, die den K-Wert von wichtigen europäischen Fischarten beeinflussen können und das auf systematischer Forschung beruht, fehlt aber. Ebenso fehlen auf dem K-Wert basierende Frischekriterien für die Frischeklassifizierung. Verlässliche HPLC-Methoden sind verfügbar, doch fehlen schnelle und anerkannte Methoden zur Anwendung in der Produktion.

- Es ist erforderlich, die auf dem K-Wert beruhenden Frischekriterien für die meisten der kommerziell wichtigen Fischarten auf dem europäischen Markt unter Berücksichtigung der derzeit verwendeten Fang- und Behandlungsbedingungen zu identifizieren und zu klassifizieren. Dafür ist eine Harmonisierung der HPLC-Methoden eine Grundvoraussetzung. Die Kriterien für verschiedene Frischegrade sollten auf Korrelationen mit sensorischer Begutachtung beruhen, dem Maß aller Dinge bei der Bewertung von Frische.
- Die Entwicklung von Biosensoren zur Messung des K-Wertes und die Begutachtung dieser Methoden im Vergleich zu einer harmonisierten HPLC-Methode ist ein weiteres Ziel zukünftiger Forschung.

Die Verwendung von ATP-Metaboliten als Frischeindikatoren ist eine Untersuchungsmethode, die in der Industrie nicht weit verbreitet ist. Der Trend für die Zukunft ist die Entwicklung von schnellen Techniken für die Erfassung von ATP-Metaboliten und die Zurverfügungstellung von abgesicherten Methoden für die

Fischindustrie. Der K-Wert ist prinzipiell ein guter Frischeindikator. Erkenntnisse, die auf systematischer Forschung beruhen, fehlen aber und die speziellen Belange der in Europa gefangenen und vermarkteten Fischarten wurden nicht genügend berücksichtigt. K-Werte, die zur Frischeklassifizierung verwendet werden können, fehlen. Verlässliche HPLC-Methoden sind vorhanden, schnelle, einfach handhabbare Methoden zum Gebrauch in der Industrie fehlen.

Sensorische Analyse

Sensorische Begutachtung ist definiert als die wissenschaftliche Disziplin, die eingesetzt wird, um Reaktionen auf Charakteristika von Lebensmitteln, die durch Sehen, Riechen, Schmecken, Tasten und Hören empfunden werden können, hervorzurufen, zu messen, zu analysieren und zu interpretieren. Sensorische Methoden müssen wissenschaftlich durchgeführt werden unter sorgfältig überwachten Bedingungen, damit die Effekte von Testumgebung, persönlicher Neigung usw. reduziert werden können.

Während der Lagerung von Fisch geschehen sensorische Veränderungen in Aussehen, Farbe, Geruch, Geschmack und Textur. In Europa ist die meistverwendete Methode für die Qualitätsbestimmung von Frischfisch bei der Fischinspektion und in der Fischindustrie das EU-Qualitätsschema („E“, „A“, „B“).

Andere Klassifizierungsmethoden wie die Qualitätsindexmethode (QIM) werden vorgeschlagen, bei denen die Beschreibungen für die einzelnen Qualitätsstufen präzise, objektiv, unabhängig und wesentlich sind und nicht ein Bündel von Begriffen bilden. QIM beruht auf den signifikanten Parametern für Frischfisch. Die bei allen Charakteristika erzielten Punkte werden addiert, um eine Gesamtnote zu ergeben, den sogenannten Qualitätsindex, der auch zur Vorhersage der Lagerzeit verwendet werden kann. Es besteht die Notwendigkeit für eine europäische Initiative, die die Standardisierung und Harmonisierung der sensorischen Bewertung von Fisch betrifft. Die QIM-Methode wird für diesen Zweck ausdrücklich empfohlen. Zukünftig wird in der sensorischen Forschung mehr Beachtung zu legen sein auf beschreibende Profilmethoden.

Der Haupteinsatz von sensorischen Methoden in der Industrie ist die Qualitätskontrolle und die Qualitätssicherung. Zukunftsziel ist der Einsatz von ausgebildeten Sensorikteams zur Bewertung von Rohmaterialien und Erzeugnissen als Bestandteil des Qualitätssicherungsprogramms der fischverarbeitenden Industrie. Der Hauptzweck der Sensorik in Fischereiforschungslaboratorien ist die Forschung darüber, wie verschiedene Be- und Verarbeitungsverfahren sowie Lagerung die sensorische Qualität und die Lagerfähigkeit von Fisch beeinflussen.

Hier ist es üblich ausgebildete Sensorikteams mit nachgewiesener Qualifikation, vollständige Prüfräume für sensorische Prüfungen und eine Datenerfassung und -auswertung per Computer zur Verfügung zu haben.

Einige Lebensmitteluntersuchungslaboratorien, die die Qualität von Fisch untersuchen, haben bereits eine Akkreditierung (EN 45001 und ISO/IEC Guide 25) für ihre sensorischen Bewertungsmethoden erhalten (z.B. VTT, Finnland). In den ISO-Standards sind Beschreibungen für die Auswahl und die Ausbildung von Prüfern enthalten.

Jedes sensorische Laboratorium sollte nach anerkannten Richtlinien und Verfahren arbeiten, damit verlässliche Abläufe für die Analysen und abgesicherte Methoden zur Versuchsdokumentation garantiert sind. Mit akkreditierten sensorischen Methoden kann die sensorische Analyse es eher schaffen, allgemein als objektive Methode anerkannt zu werden.

Die sensorische Bewertung ist heute die wichtigste Methode für die Frischebestimmung im gesamten Fischsektor. Der Trend geht dahin, die sensorische Bewertung zu standardisieren durch Verbesserung der Methoden und durch bessere Ausbildung der Prüfergruppen, um letztlich die sensorische Bewertung zu einer objektiven Meßmethode zu machen. Die Qualitätsindexmethode wird in vielen Fischereiforschungslaboratorien eingesetzt und wird jetzt in der Fischindustrie eingeführt. Verglichen mit dem EU-Schema liegen die Hauptvorteile der QIM darin, daß sie für jede Fischart spezifisch ist und die Schwankung zwischen den Prüfern minimiert wird.

Physikalische Meßmethoden

Um den Frischegrad von Erzeugnissen quasi auf der Verpackung anzuzeigen, werden Zeit-Temperatur-Indikatoren (TTI) verwendet. TTIs haben das Problem, das sie auf verschiedenen Prinzipien beruhen und deshalb unterschiedliche Ergebnisse geben können: ein TTI kann z.B. Verderb signalisieren, während ein anderer Gegenteiliges anzeigt. TTIs, die bei Frischfisch als Frischeindikator verwendet werden sollen, müssen dem Fisch vom Fang an beigelegt sein.

Mechanische Eigenschaften (Textur) können mit einer Vielfalt von Geräten gemessen werden. Man weiß noch nicht genau, was auf molekularer Ebene eigentlich gemessen wird, kann aber sinnvolle Interpretationen erhalten, wenn man diese Texturergebnisse mit denen von sensorischen Prüfungen korreliert. Die Korrelationen für einige Fischarten sind ausgezeichnet, während sie für andere schlechter und teilweise unzureichend sind. Eines der Hauptprobleme bei der Texturmessung ist wegen der uneinheitlichen Struktur oder unterschiedlichen

Orientierungen von Strukturen die Probevorbereitung. Untersuchungen bezüglich der Mikrostruktur haben gezeigt, daß sich diese beim Gefrieren/Auftauen und bei verarbeitetem Fisch ändert, Untersuchungen über die Änderung der Mikrostruktur in Bezug auf die Frische fehlen noch.

Die einzigen Instrumente, die es gestatten, die Frische *post mortem* zu bestimmen, sind solche, die auf elektrischen Eigenschaften des Fischkörpers (Leitfähigkeit, Impedanz) beruhen. Der Vorteil der elektrischen Tester ist ihre sofortige Reaktion, ihre Verwendbarkeit im Feld und ihre Verwendung ohne Vorkenntnisse. Ein Nachteil dieser Meßmethode ist jedoch, daß irreführende Ergebnisse durch mechanische Schädigung des Fisches (unsachgerechte Behandlung) und Gefrieren des Gewebes hervorgerufen werden können. Der Methode wird deshalb nicht von allen Anwendern getraut, und sie wird deshalb erst nach signifikanten Verbesserungen weite Verbreitung finden.

Neuere Untersuchungen haben gezeigt, daß **Farbmessungen** als Frischeindikatoren verwendet werden können. Dies wurde aber nur für wenige Arten festgestellt und mehr Forschungsaufwand ist erforderlich. Verschiedene Einflüsse sind für die Farbe eines Fisches verantwortlich und Frische ist nur einer von diesen.

Spektroskopie im nahen Infrarot (NIR) ist eine sehr vielversprechende Frischebestimmungsmethode für die Zukunft. Es besteht ein starker Zusammenhang zwischen den erhaltenen Spektren und den Eislagertagen unabhängig z.B. von der Fischgröße. Diese Methode wurde an Kabeljau erprobt, es muß aber noch mehr Forschung betrieben werden hinsichtlich des Einflusses von Größe, Saison, Lagerbedingung und mechanischer Schädigung.

Bildverarbeitungsanalyse kann eingesetzt werden, um Daten zu analysieren, die aus der Messung der Mikrostruktur, der Farbe oder auch der Bildspektroskopie herrühren.

Einige der erwähnten Techniken produzieren sehr große Datenmengen; deshalb besteht die Notwendigkeit, multivariate Analysentechniken einzusetzen, um zu Schlußfolgerungen zu kommen. Diese Analysentechniken sind ebenfalls erforderlich, um die mit verschiedenen Untersuchungsmethoden erhaltenen Datensätze zusammenzubringen und auszuwerten.

Es müssen noch große Anstrengungen unternommen werden, um verlässliche Instrumente zur Frischebestimmung zu entwickeln. Die Nachfrage nach solchen Instrumenten ist da, aber alle erwähnten Methoden müssen gründlicher erforscht werden. Deshalb kann – abhängig von der Intensität zukünftiger Aktivitäten – in vernünftigen Zeiträumen erwartet werden, daß Frische mit einer physikalischen Meßmethode oder einer Kombination aus mehr als einer Technik gemessen werden kann.

*Folgende physikalische Methoden liefern Informationen über Parameter, die mit der Frische von Fisch zusammenhängen. Keine der Methoden gibt jedoch allein eine eindeutige und unzweifelhafte Antwort darauf, ob der Fisch frisch ist oder nicht. Es ist zu vermuten, daß **Zeit-Temperatur-Indikatoren** schrittweise in den Groß- und Einzelhandel eingeführt werden, wobei sicherlich bei temperatursensitiven Lebensmitteln wie Frischfisch begonnen wird. **Texturmessungen** an Fisch wurden mit sensorischen Befunden verglichen und einige Ergebnisse führten zu guten Korrelationen. Das Hauptproblem bei Texturmessungen liegt in der Probevorbereitung wegen der ungleichförmigen Struktur oder verschiedenen Orientierungen der Struktur. Veränderungen in der **Mikrostruktur** des Fischmuskels konnten mit dem *post mortem* erfolgenden Weichwerden und dem Wasserbindungsvermögens des Fischmuskels in Verbindung gebracht werden. Änderungen der Fischfrische können durch die **elektrischen Eigenschaften** des Fischmuskels gemessen werden. **Farbmessungen** können mit Änderungen im Frischfisch korreliert werden. **Spektroskopische Methoden** haben jüngst an Bedeutung gewonnen bei der Bewertung von Parametern zur Lebensmittelqualität. Die **Spektroskopie im nahen Infrarot** ist eine vielversprechende Technik zur Messung der Frische in der Zukunft.*

Zitierte Literatur und URL

Olafsdottir G., Martinsdottir E., Oehlenschläger J., Dalgaard P., Jensen B., Undeland I., Mackie I.M., Henehan G., Nielsen J. and Nilsen H.: Methods to evaluate fish freshness in research and industry. Trends Food Sci. Technol 8:258-265, 1997.

Olafsdottir G., Luten J., Dalgaard P., Careche M., Verrez-Bagnis V., Martinsdottir E. and Heia C. (eds.): Methods to determine freshness of fish in research and industry. Proceedings of the Final Meeting of the Concerted Action „Evaluation of Fish Freshness“. International Institute of Refrigeration, Paris, 1998, 396 S. <http://www.rfisk.is/verkefni/1139>