

Zur Beurteilung der Qualität von Speiseeis

Von R. Adam

Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Engesserstraße 20, 7500 Karlsruhe 1

Speiseeis ist, wie viele andere Lebensmittel auch, verhältnismäßig komplex zusammengesetzt. Als Grundbestandteile sind – soweit es sich nicht um die einfachsten Speiseeissorten handelt – MilCHFett und fettfreie Milchtrockenmasse, Zucker, Farb- und geschmacksgebende Zutaten wie z. B. Fruchterzeugnisse, Nüsse usw. zu nennen, daneben noch in geringen Mengen verwendete Zusatzstoffe, die stabilisierend und emulgierend wirken. Im Gegensatz zu unverarbeiteten Nahrungsmitteln muß Speiseeis aus verschiedenen Grundstoffen oder deren Verarbeitungsprodukten erst zubereitet werden. Daher kann auch die ganze Palette der Inhaltsstoffe in einem sehr weiten Bereich variieren.

Was ist nun eigentlich unter Speiseeisqualität zu verstehen? Kann man die Qualität überhaupt einer bestimmten Eigenschaft eines Produktes zuordnen, insbesondere, wenn so viele Inhaltsstoffe in solch unterschiedlichen Mengenverhältnissen zusammentreten können? Weit verbreitet ist die Ansicht, Qualität sei ausschließlich sensorisch erfaßbar oder, einfacher ausgedrückt, Qualität sei, „was die Leute mögen“. Damit ist aber nur ein Teil dessen angesprochen, was die Qualität eines Lebensmittels ausmacht. Wie die meisten unserer Lebensmittel weist Speiseeis eine ganze Reihe von Beschaffenheitsmerkmalen auf, die teils wünschenswert, teils unerwünscht sein können. Einige dieser Eigenschaften treten offen, d. h. für den Verbraucher mit Hilfe der Sinne erkennbar zu Tage, andere können mitunter nur durch objektive Untersuchungsmethoden erfaßt werden. Im Falle von Speiseeis, das aus mehreren Grundkomponenten zubereitet wird, müssen zu den speziellen Eigenschaften der Ausgangsstoffe, die deren Qualität bestimmen, neue Qualitätseigenschaften hinzukommen, die erst aus dem Zusammenwirken der Einzelstoffe entstanden sind. Der Ausdruck Qualität muß daher immer im Sinne von Gesamtqualität als Gesamtheit aller Einzelqualitäten oder Qualitätsmerkmale verstanden werden.

Zum besseren Verständnis der Problematik sollen Kennzeichen der Güte oder Hochwertigkeit, wie man den Qualitätsbegriff auch bezeichnen könnte, nach zwei Oberbegriffen geordnet aufgeführt werden, nämlich den äußeren und ohne technische Hilfsmittel erkennbaren und den inneren, gewissermaßen versteckten Qualitäten.

Zur erstgenannten Merkmalsgruppe gehören die Farbe bzw. die Farbeindrücke, die Formerhaltung (Körper), wobei hier nicht die Formgebung seitens des Herstellers gemeint ist, ferner die Oberflächenbeschaffenheit, die Formbeständigkeit während des Verzehrs, Geruch, Geschmack und die Konsistenz.

Produktbedingt verteilen sich die Qualitätsattribute zum einen auf die Einzelbestandteile, zum anderen auf das Speiseeis als Ganzes. Dementsprechend lassen sich hier Kriterien einreihen, die ausschließlich der Ausgangsware zugeordnet werden, oder aber nur für das Endprodukt spezifisch sind. Auf die Qualitätscharakteristika der Vielzahl an möglichen Rezepturbestandteilen einzugehen, würde den Rahmen dieses Artikels bei weitem sprengen. Die Betrachtungen sollen daher im wesentlichen der eigentlichen Speiseeismatrix gelten.

In einer tabellarischen Übersicht ist zunächst eine Reihe äußerer Qualitätsmerkmale mit Beispielen typischer wünschenswerter oder weniger wünschenswerter bzw. unerwünschter Eigenschaftsbeschreibungen zusammengefaßt (Tabelle 1).

Die *Farbe* oder Farbkombination des Produkts soll kräftig und für die farbgebenden Komponenten typisch sein. Von der Herstellung herrührende, unnatürlich blasse oder extrem intensive Farbgebung ist genauso wenig erwünscht, wie nachträglich erfolgte Veränderung des Farbbildes, z. B. aufgrund von Austrocknungserscheinungen, Veränderungen der Porenstruktur, chemischen oder enzymatischen Vorgängen.

Die fehlerfreie *Oberflächenbeschaffenheit* eines bestimmten Speiseeisproduktes soll unmittelbar aus der Formgebung bei einer sorgfältigen Herstellung resultieren. Schwammartige Oberflächen, Bildung von Eiskristallen oder Austrocknungsartefakte sind als Qualitätsmängel anzusehen.

Mit *Gesamtform* oder Gesamtstruktur könnte man den Gesamteindruck aus dem äußeren und dem inneren Formerhalt bezeichnen. Sie soll ebenfalls weitestgehend dem frisch hergestellten Erzeugnis entsprechen.

Das *Abschmelzverhalten* gehört sowohl zur Gruppe der äußeren Merkmale als auch zu der verborgener Qualitäten, weil diese Eigenschaft nicht nur subjektiv in Erscheinung tritt, sondern auch mit objektiven Mitteln, d. h. meßbar erfaßt werden kann. Beim Verzehr soll das Erzeugnis einerseits, während es der Umgebungstemperatur ausgesetzt ist, weder zu schnell zergehen, noch zu lange schaumartig stehen bleiben, andererseits soll es im Munde gleichmäßig glatt abschmelzen.

Geruch und *Geschmack* werden beim Verzehr zumeist gleichzeitig wahrgenommen und gehören für den Verbraucher mit zu den wichtigsten Qualitätskennzeichen.

Tabelle 1.

Äußeres Qualitätsmerkmal	wünschenswerte Eigenschaften	unerwünschte Eigenschaften
Farbeindruck	natürlich, ansprechend, kräftig	abgebläßt, uneinheitlich, fleckig
Oberflächenbeschaffenheit	einheitlich, glatt, ohne Risse	grobkristallin, ausgetrocknet, grobporig
Gesamtform	unbeschädigt, gleichmäßig, glattkantig	eingefallen, geschrumpft, ungleichförmig
Abschmelzverhalten	einheitlich, langsam, ausgewogen	klumpig, zu schnell, puddingartig
Geruch	harmonisch, rein, natürlich	abgeflacht, fremdartig, einseitig
Geschmack	ausgeprägt, frisch, artspezifisch	untypisch, unausgewogen, abgestanden
Konsistenz	zart, sahnig, geschmeidig	schwammig, körnig, zäh, rau
Verpackung	widerstandsfähig, aromaneutral, dicht anliegend	dünn, lose, aromaverändernd, beschädigt, verfärbt

Sie hängen beide von der Hochwertigkeit der Rohstoffe und einem ausgewogenen Mischungsverhältnis ab.

Die *Konsistenz* stellt den Sammelbegriff für alle während des Verzehrs mit dem Tastsinn des Mundraumes erfaßten Eindrücke dar und kann damit als Aussage über den Zustand der Feinstruktur dienen. Subjektiv empfunden werden hierbei zum einen das Zusammenwirken von Größe, Form, Verteilung der Teilchen des Feingefüges wie z. B. Eiskriställchen und Lufteinschlüsse, zum anderen aber auch gewisse Eigenschaften, für die der zwischen den Bausteinen verteilte kontinuierliche Anteil der Speiseeismatrix verantwortlich gemacht wird, wie Festigkeit, Zähigkeit usw.

Bei der *Verpackung* als Qualitätskriterium ist keine Beurteilung über besonders verkaufsfördernde Wirkung der Aufmachung gemeint, sondern hier sind Art und Zustand des Materials vorrangig. Ein hermetisch abgeschlossenes, dicht anliegendes Behältnis ist z. B. hinsichtlich Austrocknung, Aromaverlust, Aufnahme von Fremdgerüchen wesentlich besser geeignet, als eine Verpackung, die Stoffaustausch mit der Umgebung ermöglicht.

Die folgende Zusammenstellung beinhaltet eine Übersicht über einige innere Qualitätsmerkmale gemeinsam mit möglichen höherwertigen und weniger erwünschten Qualitätsattributen (Tabelle 2).

Das hier mit *Abschmelzvorgang* bezeichnete Qualitätsmerkmal wurde bereits in der ersten tabellarischen Übersicht eingereiht. In Tabelle 2 ist damit die objektive Bestimmung der Formbeständigkeit in der Wärme

Tabelle 2.

Inneres Qualitätsmerkmal	höherwertiges Charakteristikum	geringerwertiges Charakteristikum
Abschmelzvorgang (Abschmelzverhalten)	langsam einsetzend, kontinuierlich	zu früh oder zu spät beginnend, zu schnell oder zu langsam verlaufend
Viskosität	15–80 cP (sortenbedingt)	< 15 cP, > 80 cP (sortenbedingt)
Fettverteilung	relativ gleichmäßige, leichte Agglomeration	zu schwach oder zu stark agglomeriert, sehr inhomogen
Lufteinschlag	optimal hoch	nur mäßig
Wassergehalt	relativ niedrig	relativ hoch
Fettgehalt	sortenbedingt, möglichst hoch	Minimalmenge nach Speiseeis-VO
Keimgehalte	<10 ⁴ /ml 0,1 ml colifrei	>10 ⁴ /ml <0,1 ml colifrei
Porenverteilung	feinporig, gleichmäßig	grobporig, uneinheitlich
Innere Oberfläche	sortenabhängig, möglichst groß	sortenabhängig, mittelmäßig bis klein
Festigkeit	hart-elastisch, langsames Abbrechen	zu weich, zäh-elastisch, kein Abbrechen mehr
Lagerungsverhalten	nur langsame Qualitätsminderung, erhöhte Haltbarkeit	geringe Lagerungsstabilität, schnelle Gutsverschlechterung

unter definierten Bedingungen gemeint. Gute Formbeständigkeit bedeutet z. B. bei Eiskrem, daß ca. 20 Minuten bis zum Auftreten des ersten Tropfens vergehen können, gut beständiges Fruchteis beginnt etwa 5 Minuten früher abzutropfen. Ein zu kurzer oder unregelmäßiger zeitlicher Verlauf des weiteren Abschmelzens ist ebenso unerwünscht wie ein zu langes, puddingartiges Stehenbleiben oder ein Separieren in eine flüssige Phase und einen Schaum, der den größten Teil der ursprünglich eingeschlagenen Luft enthält.

Die *Viskositätsbestimmung* ist eine wichtige Untersuchung für die Qualitätsbeurteilung von Speiseeis bei den Prüfungen der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft¹⁾. Naturgemäß kann die Prüfung der Viskosität hier nur an der wiederaufgetauten Probe vorgenommen werden. Hydratationsvorgänge, die sich im Zeitraum zwischen der Herstellung des Mix und dem Gefrieren abspielen können (Reifung), bewirken, daß das aufgetaute Speiseeis andere Werte ergibt als die frische, ungefrorene Mischung. Insgesamt ist die Viskosität in erster Linie von der Art und Menge des zugegebenen Bindemittels abhängig, in zweiter Linie auch vom Anteil fettfreier Milchtrockenmasse und/oder Art und Menge der verwendeten Zucker. Die Viskosität kann einen Einfluß auf die Strukturbeständigkeit, den Luftgehalt und das Abschmelzverhalten haben¹⁾.

Die *Fettverteilung* in der Milch zeigt Kugelchendurchmesser mit einem Häufigkeitsmaximum von wenig unter 10 µm. Im Verlauf des zur Speiseeisherstellung erforderlichen Homogenisationschrittes werden diese Fettkügelchen soweit zerkleinert, daß die mittleren Durchmesser bei 1 bis 2 µm liegen. Durch die Zerstörung der Fettkügelchenmembran wächst gleichzeitig die Neigung zur Agglomeration während der weiteren Verarbeitung zum Endprodukt. Idealvorstellung bei der Speiseeisherstellung ist es, das Herstellungsverfahren bei gleichzeitigem Einsatz geeigneter Zusatzstoffe so zu lenken, daß die Agglomeration möglichst gezielt erfolgt²⁾. Besonders trauben- und kettenförmige Agglomerate bis zu einer bestimmten Größe verbessern die Formbeständigkeit. Zu schwache Agglomeration kann zu feuchten und allzu lockeren Körpereigenschaften führen, zu starkes Agglomerieren dagegen zu einem buttrig-steifen Speiseeis.

Der *Lufteinschlag*, auch Aufschlag, Overrun, Schwellgrad genannt, ist ein wichtiges Qualitätsmerkmal von Speiseeis, insbesondere der Sorten mit hohem Anteil an Milchbestandteilen. Er gibt zahlenmäßig die während des Gefrierens durch das Einschlagen von Luft erfolgte prozentuale Volumenzunahme an. Richtig dosiert verleiht er dem Erzeugnis beim Verzehr einen vollmundigen Gefügeeindruck. Zu wenig Luft ergibt ein fest und kalt erscheinendes Speiseeis, zu hoher Luftpfeinschlag setzt die Widerstandsfähigkeit gegen Schrumpfung herab und läßt das Gefüge flockig und zu leicht erscheinen. Hoher Luftgehalt setzt auch die Wärmeleitfähigkeit der Ware herab und macht sie damit weniger empfindlich gegen Temperaturschwankungen bei Transport und Lagerung.

Geringer *Wassergehalt* bedeutet hohen Trockensubstanzgehalt und damit einen Gefrierbeginn bei tieferen Temperaturen als im umgekehrten Falle. Dies heißt

aber auch, daß sich das Maximum der Kristallwachstumsgeschwindigkeit in Richtung hoher Kristallkeimbildungs-Geschwindigkeit verschiebt³⁾. Dadurch verringert sich gleichzeitig die Gefahr der Bildung großer Eiskristalle und somit einer groben Feinstruktur. Bei Temperaturschwankungen wachsen große Eiskristalle schneller als kleine, d. h., daß ein grobkristallines Gefüge sich wesentlich schneller weiter vergrößern kann, als dies bei einem feinen, gleichmäßigen Gefüge der Fall ist, und damit auch schneller an Qualität verlieren wird. Speiseeis mit niedrigem Wassergehalt wird darüberhinaus bei distributionsbedingten Temperaturschwankungen fester und damit widerstandsfähiger gegen mechanische Beanspruchungen bleiben.

Sortenbedingt kann der *Milchfettgehalt* innerhalb weiter Mindestgrenzen schwanken, nämlich von etwa 1 bis 18%. Je mehr Milchfett ein Speiseeis enthält, umso „voller“, abgerundeter wird der Geschmack, um so ausgeglichener die Konsistenz. Das Milchfett ist ein Beispiel für jene Gruppe von Komponenten, bei denen nicht nur der Mengenanteil ein Qualitätsattribut darstellt, sondern auch die Art und Beschaffenheit des Rohstoffs. Sahne und Frischbutter sind als Fettquelle erfahrungsgemäß höherwertiger als z. B. Lagerbutter oder Butterschmalz.

Speiseeis stellt einen ausgezeichneten Nährboden für eine Vielzahl von Mikroorganismen dar. Aus diesem Grunde sind die Hygienevorschriften bei der Herstellung besonders streng. Bei einwandfreiem Speiseeis liegen die *Keimgehalte* unter $10^4/\text{ml}^1$.

Als weitere versteckte Qualitäten sind auch Nährwert, Gehalte an essentiellen Substanzen und dergleichen zu erwähnen, auf die hier aber nicht näher eingegangen werden soll. Die ersten sechs besprochenen inneren Qualitätskennzeichen spielen hauptsächlich in der Praxis der Speiseeisherstellung eine Rolle. Für wissenschaftliche Untersuchungen, die sich z. B. mit Problemen der Ausbildung und Veränderung der Mikrostruktur, mit Lagerungsveränderungen, Haltbarkeitsverlängerungen usw. befassen, sind noch andere Eigenheiten dieses thermisch labilen Tiefkühlprodukts von Interesse, von denen einige wichtige Beispiele im restlichen Teil der Tabelle 2 aufgeführt sind.

Die *Porenverteilung* sagt aus, wie sich die Häufigkeit der Luftzelldurchmesser auf das Spektrum aller, in dem jeweiligen Speiseeis vorkommenden Hohlraumdurchmesser verteilt. Ein als glatt und geschmeidig empfundenes Speiseeis weist mittlere Hohlraumdurchmesser um $100\ \mu\text{m}$ auf⁴⁾, es kommen nur relativ wenige größere und kleinere Durchmesser vor. Temperaturschwankungen bewirken ein Wachsen der größeren Hohlräume auf Kosten der kleineren. Dabei können sich aber aufgrund der halbfesten Umgebungsmatrix nicht wieder völlig kugelige Luftzellen ausbilden, die Formen werden immer unregelmäßiger. Bei größenordnungsmäßig $300\ \mu\text{m}$ werden schon – je nach Fettgehalt – mehr oder weniger rauhe Konsistenzindrücke empfunden. Hand in Hand mit einer Vergrößerung der Porenstruktur geht eine Verringerung der *inneren Oberfläche* einher: die vielen kleinen Luftbläschen mit großer Oberfläche sind aufgrund ihrer Oberflächenspannung bestrebt, ihre Oberfläche unter Ausbildung möglichst weniger, größerer Zellen zu verringern. Parallel zu diesen Vorgängen verändert sich auch die *Festigkeit*. Die mechanische Wider-

standsfähigkeit des zunächst hart-elastischen Produkts nimmt ab, das Speiseeis wird weich bis gummiartig.

Als weiteres Qualitätsmerkmal kann die *Lagerungsfähigkeit* angesehen werden. Sie gibt an, wie schnell sich bestimmte Einzelqualitäten oder auch zusammengehörige Gruppen von Qualitätskriterien im Verlauf der Lagerung bei bestimmten Temperatur-Zeit-Kombinationen verändern. Je langsamer sich die betreffende Eigenschaft verschlechtert, um so besser ist die Haltbarkeit hinsichtlich dieses Qualitätsmerkmals. Die Lagerungsfähigkeit bezieht sich also immer auf mehrere Qualitätsmerkmale, deren Temperatur-Zeit-Verhalten unterschiedlich sein kann. Z. B. kann sich die Konsistenz unter bestimmten Lagerungsbedingungen schneller verschlechtern als der Geschmack. Andererseits gibt es Einzelqualitäten wie z. B. die Verpackung, der Mineralstoffgehalt oder die Fettverteilung, die durch eine Lagerung nur wenig oder überhaupt nicht beeinflusst werden und deren Mitberücksichtigung bei Angaben über das Lagerungsverhalten wenig sinnvoll ist.

Im großen und ganzen lassen sich bei Speiseeis drei Einflußbereiche aufzählen, die für die Gesamtqualität des Endprodukts verantwortlich sind:

1. Die Qualität der zur Verarbeitung gelangenden Ausgangsstoffe,
2. das Herstellungsverfahren einschließlich der Verpackung,
3. die Behandlung zwischen Herstellung und Verbrauch.

Ganz allgemein gilt, daß die Endqualität um so besser einzustufen sein wird, je hochwertiger die zur Verarbeitung gelangende Rohware ist und je sorgfältiger die Herstellung und Distribution erfolgt.

Welche Möglichkeiten bestehen nun zur Erfassung der einzelnen Speiseeis-Qualitätsmerkmale? Bei der Beantwortung dieser Frage soll, soweit sinnvoll, die gleiche Reihenfolge beibehalten werden, wie bei den bisherigen Ausführungen über die einzelnen Qualitätscharakteristika.

Die äußeren Speiseeisqualitäten (Tabelle 1) werden hauptsächlich sensorisch bestimmt. Dieses Verfahren entspricht zum einen den Beurteilungsmöglichkeiten des Verbrauchers, zum anderen ist es ohne großen Aufwand durchführbar. Aus den subjektiv empfundenen Sinneseindrücken wird bei sensorischen Prüfungen eine objektivierte Qualitätsaussage, wenn nach ganz bestimmten Richtlinien vorgegangen wird⁵⁾.

Farbveränderungen können außerdem mit Hilfe von Farbmeßgeräten bestimmt werden. Dies ist jedoch nur bei solchen Proben anwendbar, die über genügend große Bereiche ein einheitliches Farbbild zeigen. (Ein Farbmeßgerät würde z. B. bei einer Fürst-Pückler-Eiskrem, bei der die drei Zonen sehr nahe nebeneinander angeordnet sind, nur einen einzigen Meßwert liefern.) Liegt eine Vergleichsprobe vor, die durch Aufbewahrung bei mindestens -50°C unverändert erhalten geblieben ist, so ist das subjektive Helligkeits- und Farbempfinden des menschlichen Auges der objektiven Farbmessung ebenbürtig. Außerdem ist der Meßaufwand hier minimal. Farbtafeln können die sensorische Farb Beurteilung noch weiter objektivieren. Daher wurde der Qualitätsbegriff der Farbe in Tabelle 2 nicht wiederholt. Die Beurteilung der *Verpackung* geschieht am besten im Laufe eines Lagerungsversuchs, der den Einfluß auf das

Produkt unter ungünstigen Lagerungsbedingungen erkennen läßt. Hierbei ergeben sich Antworten auf Fragen wie:

Liegt die Verpackung dicht am Produkt an, oder können sich Hohlräume bilden, in die Wasser aus dem Speiseeis unter Ausbildung von Eiskristall-Überzügen sublimieren kann?

Nimmt die Ware Stoffe aus der Verpackung auf (Kartongeschmack)? Entzieht die Verpackung dem Speiseeis Wasser, Aromastoffe oder anderes?

Verändert sich die Festigkeit der Verpackung durch Feuchtigkeits- oder Fettaufnahme?

Schützt die Verpackung vor Wasser- und Aromaverlusten?

Das *Abschmelzverhalten* (Tabelle 2) wird üblicherweise durch Angabe des sogenannten Abtropfgrads gekennzeichnet. Er gibt die tropffreie Zeit, d. h. diejenige Zeit in Minuten an, die bis zum Auftreten des ersten Tropfens verstreicht, wenn eine Speiseeisprobe definierter Größe von -20°C Ausgangstemperatur bei $+25^{\circ}\text{C}$ Lufttemperatur aufgehängt wird¹⁾. Ergänzende Aussagen erhält man, wenn man die auf ein Drahtnetz gebrachte Probe ebenfalls bei konstant $+25^{\circ}\text{C}$ soweit wie möglich abschmelzen läßt und das Gewicht der abgeschmolzenen Tropfen oder Klumpen in Abhängigkeit von der Zeit bestimmt. Als Beispiel zeigt Bild 1 zwei Abschmelzkurven eines Fruchteises. Die Reproduzierbarkeit ist als gut zu bezeichnen. Die Probe schmilzt

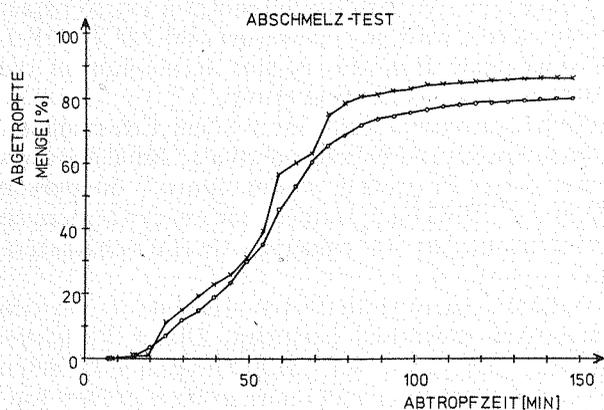


Abb. 1. Abschmelzkurve von Fruchteis B.

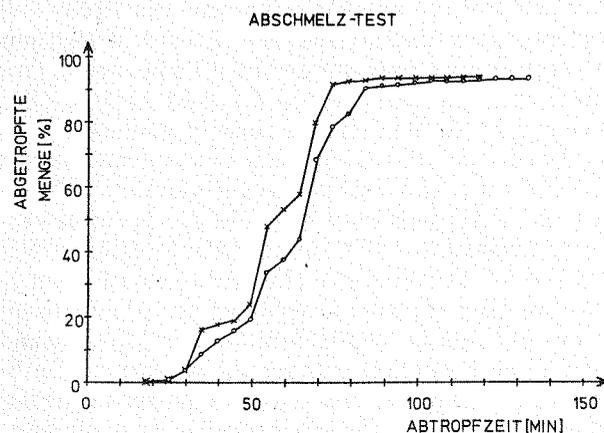


Abb. 2. Abschmelzkurve von Fruchteis A.

relativ langsam und gleichmäßig ab. Der zugehörige Abtropfgrad-Mittelwert war 8,2 Minuten. Als Vergleich dazu ist in Bild 2 der Abschmelzvorgang eines zu schnell abschmelzenden Fruchteises dargestellt. Trotz des höheren Abtropfgrads von 18,3 Minuten ist es qualitativ abzuwerten. Der entsprechende sensorische Konsistenz-Eindruck wurde mit wäbrig gekennzeichnet.

Die Durchführung der *Viskositätsmessung* kann, je nach erforderlicher Genauigkeit, mit Torsionspendel-, Kugelfall- oder Rotationsviskosimetern erfolgen. Da die Viskosität temperaturabhängig ist, wird die frisch geschmolzene und luftfrei gesaugte Probe möglichst genau auf 20°C thermostatisiert. Es gibt zwar Unterschiede zwischen den Sorten, z. B. weist Eiskrem im Mittel eine höhere Viskosität auf als Milchspeiseeis, aber normalerweise sollen die Werte zwischen 15 und 80 cP liegen⁸⁾. Die *Fettverteilung* kann einerseits im Mix bestimmt werden und erlaubt dann die Beurteilung der Wirksamkeit der Homogenisation; im Fertigprodukt wird andererseits der Anteil der während des Reifens und Gefrierens wieder agglomerierten MilCHFettkügelchen bestimmt. Eine der wenigen hierzu geeigneten Untersuchungsmethoden ist die Lichtmikroskopie mit Abmessung und Auszählung der Teilchengrößen. Bei diesem Verfahren wird der Mix oder die Speiseeisprobe mit einer Glycerin-Wasser-Lösung stark verdünnt und im Durchlichtmikroskop fotografiert. Die Negative können dann mit Teilchengrößenzählgeräten ausgewertet werden. Eine neuere Methode arbeitet mit einem elektronischen Zählgerät, bei dem die stark verdünnte, flüssige Mischung eine Öffnung in einer Elektrode passiert. Je nach Größe der MilCHFettpartikel ergibt sich ein entsprechender elektrischer Impuls. Moderne Geräte dieser Art zeichnen die komplette Verteilungskurve auf. Bei beiden Verfahren muß zur Untersuchung der Fettagglomeration die gefrorene Speiseeisprobe zunächst bei möglichst niedriger Temperatur vorsichtig geschmolzen und die im Freezer eingeschlagene Luft durch Anlegen eines leichten Vakuums zum Großteil abgezogen werden. Feste Teilchen, wie Nußschrot oder noch kleinere Zutatenpartikel müssen abfiltriert oder durch schonendes Zentrifugieren abgetrennt werden. Die Vergrößerung des Volumens der ursprünglichen Zutatenmischung infolge des Einschlagens von Luft während des Gefriervorgangs wird zahlenmäßig in Prozenten angegeben. Die Berechnung des *Lufteinschlags* erfolgt nach einer von Schulz und Kay angegebenen Gleichung¹⁾:

$$\% \text{ Aufschlag} = \left(\frac{\text{Volumen der Eismasse} - \text{Volumen der Auflösung}}{\text{Volumen der Auflösung}} \right) \cdot 100$$

Eine Verdoppelung des ursprünglichen Volumens der Mischung vor dem Einschlagen der Luft entspricht einem Aufschlag von 100%. Die Genauigkeit des Verfahrens steht und fällt mit der Bestimmung des Volumens der gefrorenen Speiseeisprobe und ihres Volumens nach dem Schmelzen und Entgasen. Meßtechnisch ist es einfacher und genauer, anstatt des Volumens die Dichte, also das Gewicht eines bestimmten Speiseeisvolumens zu bestimmen. Die Dichte der Schmelze ist gleichzusetzen mit der Dichte des Mixes. Geht man zur Vereinfachung davon aus, daß das Gewicht der eingeschlagenen

Luft zu vernachlässigen ist, so läßt sich obige Gleichung in folgende Form überführen:

$$\% \text{ Aufschlag} = \left(\frac{\text{Dichte, Mix}}{\text{Dichte, Eis}} - 1 \right) \cdot 100$$

Die Dichte des Mixes wird am besten pyknometrisch bestimmt, während die Dichte des gefrorenen Speiseeises z. B. durch Wägen vor dem Eintauchen in ein Überlaufgefäß und Abmessung der übergelaufenen Flüssigkeitsmenge oder durch Wägung vor und nach dem Eintauchen in Eiswasser⁹⁾ gemessen wird (Ermittlung des Volumens durch Auftriebsbestimmung).

Zur Wassergehaltsbestimmung kann eine kleine Menge Speiseeis auf einem Filterpapier eingewogen werden, das in Aluminiumfolie eingefaltet und bei 105°C im Trockenschrank bis zur Gewichtskonstanz getrocknet wird¹⁰⁾, oder man wiegt eine Probe in ein Schälchen ein, das zur Vergrößerung der Abdunstungsfläche etwas Seesand enthält und trocknet ebenfalls bis zur Gewichtskonstanz.

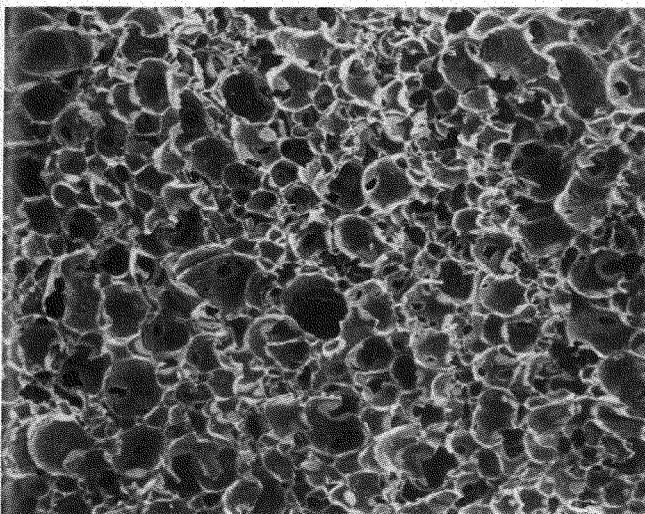


Abb. 3. Eiskrem, einen Monat bei -18°C gelagert, anschließend gefriergetrocknet.
V = 1:100

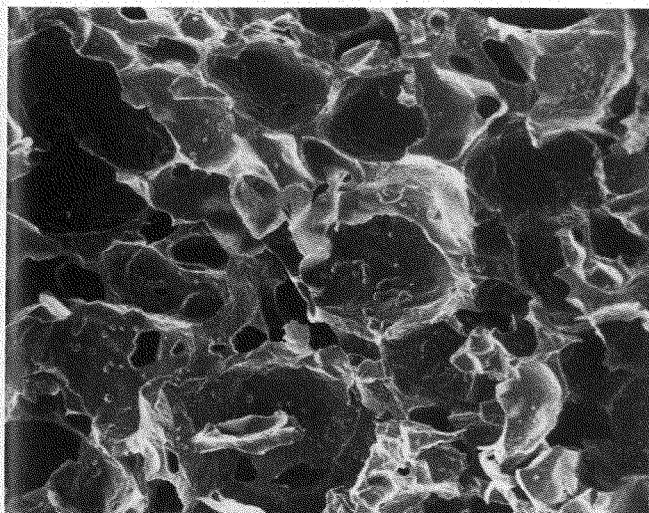


Abb. 4. Dieselbe Eiskrem wie in Bild 3, einen Monat bei -10 bis -14°C gelagert, anschließend gefriergetrocknet.
V = 1:100

Die Methoden zur Bestimmung des *Fettgehaltes* beruhen wie bei Milch auf einem Aufschlußschritt, bei dem u. a. die Proteinhüllen der MilCHFettkügelchen – z. B. mit Ammoniak – gelöst werden, und einer nachfolgenden Extraktion des Fettes mit organischen Lösungsmitteln¹¹⁾.

Keimzahlbestimmungen werden wie bei Milch durchgeführt. Für die Untersuchung wird Chinablau-Milchzucker-Bouillon-Agar verwendet. Ausgezählt wird nach 48stündiger Bebrütung bei 30°C. Der Coli-Nachweis erfolgt mit Gentianaviolett-Laktose-Pepton-Gallewasser über die Gasbildung in sogenannten *Durhamröhrchen*¹⁾. Als hochwertig ist ein Speiseeis zu beurteilen, bei dem die Gesamtkeimzahl unter 10⁴/ml liegt und bei dem 0,1 ml coli-frei sind²⁾.

Der sicherste Weg zur Bestimmung der *Porengrößen* ist die direkte mikroskopische Ausmessung der Durchmesser einer zur statistischen Absicherung genügend großen Zahl von Lufteinschlüssen. Das thermisch empfindliche Versuchsgut Speiseeis bereitet der mikroskopischen Untersuchung jedoch erhebliche Schwierigkeiten. Es muß bei sehr tiefen Temperaturen gearbeitet werden, am besten in einem Tiefkühlraum. Mit Hilfe der Auflichtmikroskopie lassen sich infolge des störenden optischen Verhaltens des Versuchsgutes, wie z. B. Reflexion, keine auswertbaren Bilder erhalten. Für die Durchlichtmikroskopie müssen Dünnschnitte mit einem Gefriermikrotom angefertigt werden, deren Herstellung praktisch immer mit Artefaktbildung verbunden ist. Danach muß sehr schnell, unter Ausschaltung des infraroten Teils der Lichtquelle mikroskopiert werden, weil durch Sublimation oder gar Schmelzen weitere Artefakte entstehen können. Ein auf den ersten Blick ungewöhnlich erscheinendes, aber geeignetes Präparationsverfahren ist die Gefriertrocknung der Proben. Der Entzug des Wassers aus den tiefgefrorenen Speiseeisproben führt nicht zu einem Zusammenbrechen des Gefüges, die ursprüngliche Gesamtstruktur bleibt erhalten. Die Probenstücke können dann bei Raumtemperatur untersucht werden. Zwar kann sich der Absolutwert der Porendurchmesser etwas ändern, aber ein Vergleich von Proben, die z. B. unterschiedlich gefriergelagert wurden, ist ohne weiteres möglich. Die Bilder 3 und 4 zeigen mit einem Rasterelektronenmikroskop angefertigte Aufnahmen von Proben gefriergetrockneter Eiskrem (V = 1:100). Eine Probe wurde vor der Präparation bei konstant -18°C einen Monat gelagert, die andere ebenfalls einen Monat, die Lagerungstemperatur schwankte jedoch von -10°C bis -14°C in 6stündigem Rhythmus. Die Porenvergrößerung ist erstaunlich schnell eingetreten! Werden mehrere solcher Aufnahmen kontrastreich fotografiert, so lassen sich die Negative mit Teilchengrößen-Zählgeräten auswerten. In Eiskrem, die insgesamt 33 Wochen bei unterschiedlichen Temperaturen gelagert wurde, konnten folgende mittleren Durchmesser ausgemessen werden:

Lagertemperatur (°C)	-30	-24	-18	-12
mittlerer Porendurchmesser (µm)	46	48	62	244

Da diese Porenvergrößerungen Hand in Hand mit der Verschlechterung von Qualitätskriterien wie Konsistenz, Festigkeit, Farbe, Geschmack, gehen, sind sie mit ein Maß für den Qualitätszustand des Produktes.

An den gleichen gefriergetrockneten Speiseeisproben lassen sich Messungen der *inneren Oberfläche* durchföhren. Da durch die Gefriertrocknung neue Oberflächen geschaffen wurden, erhält man auch hier nicht den Wert der ursprünglichen inneren Oberfläche, jedoch ist ein Vergleich qualitativ verschiedenartiger Proben möglich. Nach der Gefriertrocknungspräparation liegt die Luft nicht mehr als diskontinuierliche Phase vor, wie in der ursprünglichen Probe. Das Präparat kann deshalb mit einem Meßgas durchströmt werden, das an den Probeninnenflächen adsorbiert wird. Die adsorbierte Gasmenge ist meßbar und ergibt nach einer von Brunauer, Emmet und Teller entwickelten Gleichung (siehe z. B.⁷⁾ unmittelbar die innere Oberfläche. In gleicher Weise wie sich die Porenstruktur vergrößert, nimmt die innere Oberfläche ab, so daß die spezifische innere Oberfläche als Fläche pro Gewichtseinheit gleichzeitig auch ein Maß für die Porenvergrößerung und damit für den Qualitätsverlust darstellt. Bild 5 zeigt, wie sich die innere Oberfläche der bereits erwähnten Eiskremproben im Verlauf der Gefrierlagerung verändert hat. Die Kurven für die bei -30°C und bei -24°C eingelagerten Proben waren nahezu identisch, so daß aus Gründen der Übersichtlichkeit nur eine Kurve eingezeichnet wurde. Analog wie sich die mittleren Porendurchmesser veränderten, verhielten sich auch die inneren Oberflächen. Bei einer Lagerungstemperatur von -12°C sank der Wert auf $\frac{1}{2}$ der ursprünglichen inneren Oberfläche ab. (Bei -50°C blieben die Proben unverändert).

In dem Bestreben, den sensorischen Konsistenzdruck objektiv meßbar zu machen, wurden verschiedene Apparate (Penetrometer, Texturometer, Viscoelastometer, Plastometer usw.) entwickelt, die z. B. einen Konus oder Stempel bei konstanter Krafeinwirkung oder auch mit konstanter Geschwindigkeit in das Speiseeis eindringen lassen^{12, 13, 14, 15}). Meist werden damit Aussagen über *Festigkeit* oder Härte, elastische oder plastische Verformbarkeit oder auch einfach über den Widerstand gegen das Eindringen verbunden, einen völligen Ersatz für die sensorische Konsistenzbeurteilung stellen sie jedoch nicht dar. Immerhin können mit solchen Geräten reproduzierbare Zahlenangaben über bestimmte Textureigenschaften gemacht werden. Z. B. wird die Arbeit, die erforderlich ist, um einen Stempel bei konstanter Temperatur und Geschwindigkeit in die Probe eindringen zu lassen, immer geringer, je länger das Speiseeis vorher gelagert wurde. Ebenfalls verringert sich der Zahlenwert, je höher die Lagerungstempe-

ratur war. Damit erhält man objektive Meßwerte über das Gefüge verschlechternde Veränderungen während der Lagerung.

Das *Lagerungsverhalten* oder die Lagerungsbeständigkeit als Qualitätsmerkmal ist abhängig von der Lagerungszeit und der Temperatur bzw. dem Temperaturbereich, dem das Speiseeis während der Aufbewahrung ausgesetzt ist. Hierfür können nur dann bestimmte Zahlenwerte angegeben werden, wenn gleichzeitig gesagt wird, hinsichtlich welcher Einzelqualitäten die Lagerungsfähigkeit untersucht wurde. Betrachtet man z. B. die Stabilität einer Eiskrem gegen Schrumpfung, d. h. den Overrun-Verlust (Bild 6), so kann man aus der zeitlichen Abnahme des noch vorhandenen Lufteinschlages bei verschiedenen Lagertemperaturen bestimmte Zahlenwerte berechnen, die ein Maß für die Schrumpfbeständigkeit während der Lagerung darstellen. Speziell für das vorliegende Untersuchungsbeispiel kann man einen Temperaturkoeffizienten Q_6 für den Verlauf des Qualitätsverlusts bei Lagerung bei -18°C gegenüber -12°C angeben. Die Grenze der Lagerungsfähigkeit soll zum Beispiel erreicht sein, wenn das Produkt auf 115% Overrun geschrumpft ist, d. h. hier, wenn sich das gesamte Volumen um 7% verringert hat. Bei -18°C wird dieser Wert nach 12 Wochen erreicht, bei -12°C schon nach 7 Wochen. Für die Qualitätsforderung der Volumenbeständigkeit ergibt sich somit ein Q_6 -Wert von $12/7 = 1,7$. Aus Bild 6 ist auch zu erkennen, daß die Lagerungsfähigkeit nicht mit einer einzigen Messung während oder gar schon vor der Gefrierlagerung festgestellt werden kann; deshalb muß diese Qualitätsveränderung im Langzeitlagerungsversuch ermittelt werden. Abgekürzt werden kann dieses Verfahren häufig dadurch, daß das Versuchsmaterial extrem ungünstigen Lagerungsbedingungen ausgesetzt wird. Ein Speiseeis, das einem ungünstig hohen oder stark schwankenden Temperatureinfluß standhält, wird zumeist auch ein gutes Langzeitlagerungsverhalten bei tiefen und konstanten Temperaturen zeigen und umgekehrt. Zur Veranschaulichung zeigt Bild 7 die sensorische Konsistenzbenotung zweier Fruchtisproben bei Lagerungstemperaturen von -18°C und von $-9 \dots -15^{\circ}\text{C}$ schwankend. Als „Meßgröße“ dient ein Punktesystem, mit dessen Hilfe die weitgehend objektivierten Sinneseindrücke in Zahlenwerten wiedergegeben werden können⁵). Die Proben, die bei der extremen Lagertemperatur schneller in der Benotung abfallen, verschlechtern sich auch bei der tiefen und gleichbleibenden Temperatur schneller, obwohl

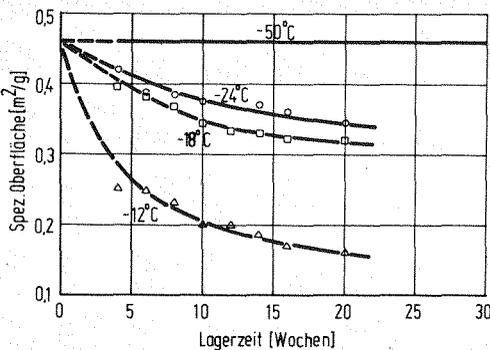


Abb. 5. Veränderung der inneren Oberfläche von Eiskrem in Abhängigkeit von Lagertemperatur und -dauer.

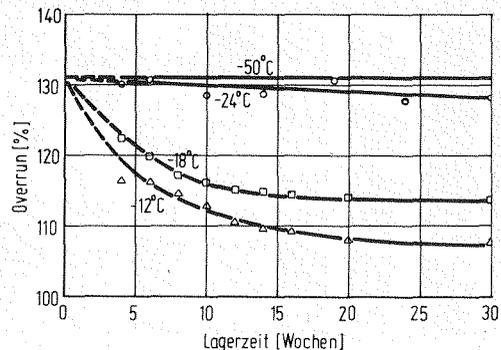


Abb. 6. Schrumpfung von Eiskrem in Abhängigkeit von Lagertemperatur und -dauer.

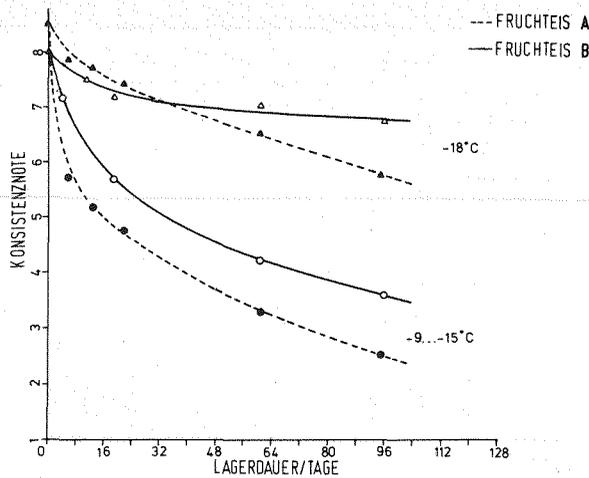


Abb. 7. Konsistenzbeurteilung zweier Fruchteise nach verschiedenen Lagertemperaturen.

ihre Ausgangsbenotung um eine halbe Note besser war. Die Lagerungsfähigkeit, ausgedrückt in den Temperaturkoeffizienten Q, kann für verschiedene Qualitätsmerkmale auch verschiedene Werte haben. Ist z. B. der Q-Wert für den Geschmack kleiner als der für die Schrumpfungsbständigkeit, so ist die geschmacksbezogene Haltbarkeit die bessere. Um für das Qualitätsattribut der Lagerungsbständigkeit eine einzige Zahlengröße angeben zu können, müßte man die jeweils interessierenden Einzelmerkmale je nach ihrer Gewichtigkeit mit Faktoren belegen, hieraus eine Gesamtnote bilden und aus verschiedenen Zeitverläufen der Noten für mehrere Lagertemperaturen die zugehörigen Temperaturkoeffizienten Q errechnen. Nach unseren Erfahrungen könnte eine anteilmäßige Verteilung z. B. verschiedener sensorischer Beurteilungsgesichtspunkte für Speiseeis folgendermaßen aussehen:

Beurteilungsmerkmal	Faktor
Farbeindruck	2
Gesamtform	1
Geruch	1
Geschmack	3
Konsistenz	3

Das Gesamturteil würde sich dann aus den Einzelwertmalen P so berechnen lassen¹⁶⁾:

$$P_{\text{Gesamt}} = \frac{2 P_{\text{Farbe}} + P_{\text{Form}} + P_{\text{Geruch}} + 3 P_{\text{Geschmack}} + 3 P_{\text{Konsistenz}}}{10}$$

Sicherlich könnte man noch weitere Einzelqualitäten aufführen, die einen mehr oder weniger großen Anteil an der Gesamtqualität von Speiseeis haben, auch erhebt die Aufzählung und Beschreibung der Qualitätsbestimmungsmethoden keinen Anspruch auf Vollständigkeit, es wurde jedoch das Hauptaugenmerk auf die wesentlichsten Qualitätsmerkmale gerichtet.

Zusammenfassung

Am Beispiel Speiseeis wird aufgezeigt, daß die Qualität eines Lebensmittels von einer Vielzahl einzelner Parameter abhängt, die in unterschiedlichem Maße zur Gesamtqualität beitragen. Es wird zwischen inneren und äußeren Qualitätsmerkmalen unterschieden und deren

Bedeutung diskutiert. Beispiele für Prüfmethode sowie Ergebnisse eigener Untersuchungen werden wiedergegeben. Zum Schluß wird eine Möglichkeit zur zahlenmäßigen Erfassung der Haltbarkeit von Speiseeis dargestellt.

Summary

Ice-cream is taken as an example to show that the quality of a food product depends on many individual parameters, each contributing to a different degree to the overall quality. One differentiates between internal and external quality characteristics the significance of which is discussed. Examples for suitable test methods and own studies are indicated. Finally a possibility of describing the storability of ice-cream in terms of figures is presented.

Résumé

En prenant comme exemple de la glace alimentaire, on montre que la qualité d'un produit alimentaire dépend d'une quantité de paramètres différents qui contribuent à des degrés divers à la qualité globale. On fait la différence entre critères de qualité intérieurs et extérieurs et on discute de leur signification. On donne des exemples de méthodes de contrôle ainsi que des résultats d'analyses personnelles. Pour terminer, on indique une possibilité d'enregistrement chiffré de la conservabilité de la glace alimentaire.

Für die finanzielle Unterstützung bei den in der Arbeit erwähnten experimentellen Untersuchungen danken wir dem Forschungskreis der Ernährungsindustrie und dem Bundesverband der Deutschen Süßwarenindustrie.

Literatur

- Schulz, E., u. H. Kay: Qualitätsbeurteilung von Speiseeis. *Milchwiss.*, **16** (1961) 7, S. 347/54.
- Ludwig, K.-G., u. W. C. Gakenheimer: Moderne Emulgatoren: Die Grundlage verbesserter Formbeständigkeit von Eiskrem. *Fette-Seifen-Anstrichmittel*, **69** (1967) 4, S. 285/91.
- Loeser, E.: Gefrieren und Härten von Speiseeis. *Fette-Seifen-Anstrichmittel*, **73** (1971) 4, S. 262/67.
- Frandsen, J. H., u. W. S. Arbuckle: *Ice Cream and Related Products*. Westport, Conn., The AVI Publ. Comp., Inc. (1961).
- Adam, R.: Vorschlag für ein Bewertungsschema zur sensorischen Prüfung von Speiseeis. *Lebensm.-Wiss. u. Technol.* **11** (1978), S. 164/68.
- Frank, H.: Milchuntersuchung. In: *Handbuch der Lebensmittelchemie*. Bd. III/1. Berlin, Heidelberg, New York, Springer-Verlag (1968).
- Daniels, F., u. R. A. Alberty: *Physical Chemistry*. 3. Aufl., New York, London, Sydney, John Wiley & Sons, Inc. (1966), S. 289/91.
- Kay, H.: Qualitätsanforderungen an Speiseeis und deren Untersuchung. *Molk.- u. Käse-Ztg.*, Hildesheim **13** (1962), S. 289/92.
- Adam, R., J. F. Lay u. W. Spieß: Volumenbestimmung von gehärtetem Speiseeis. *Gordian*, **76** (1976), S. 180/85.
- Pelz, W.: Untersuchung von Speiseeis. In: *Handbuch der Lebensmittelchemie* Bd. V/1. Berlin, Heidelberg, New York, Springer-Verlag (1967).
- Handbuch der Lebensmittelchemie*, Bd. III/1. Berlin, Heidelberg, New York, Springer-Verlag (1968), S. 213/20.
- Klotzek, L. M., J. G. Leeder u. D. H. Kleyn: Objective Evaluation of Body in Ice Cream. *J. Dairy Sci.* **49** (1966), S. 1285/88.
- Tanaka, M., A. M. Pearson u. J. M. de Man: Measurement of Ice Cream Texture with the Constant Speed Penetrometer. *Can. Inst. Fd. Sci. Technol. J.* **5** (1972), S. 105/10.
- Sherman, P.: Structure and textural properties of foods. *Fd. Technol.* (1972), S. 69/79.
- Shama, F., u. P. Sherman: The Texture of Ice Cream. 2. Rheological Properties of Frozen Ice Cream. *J. Fd. Sci.* **31** (1966), S. 699/706.
- Paulus, K., J. Gutschmidt u. A. Fricker: Zur Frage der Verwendung von Bewertungsschemata zur Beurteilung von Lebensmitteln, speziell von Milch. *Dt. Molkerei-Ztg.*, **91** (1970), S. 423/26.