

WISSENSCHAFTLICHE VERÖFFENTLICHUNGEN  
DER DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNG

IM AUFTRAGE DER GESELLSCHAFT HERAUSGEGEBEN VON  
PROF. DR. DR. KONRAD LANG · MAINZ

BAND 12

PROBLEME DER ERNÄHRUNG DURCH GEFRIERKOST



DR. DIETRICH STEINKOPFF VERLAG

DARMSTADT 1964

# Probleme der Ernährung durch Gefrierkost

*Vorträge und Diskussionen des  
10. Symposions in Karlsruhe, vom 14.-15. März 1963*

*Unter der Leitung und mit einem Vorwort von  
Prof. Dr.-Ing. J. Kuprianoff - Karlsruhe*

Mit 42 Abbildungen in 47 Einzeldarstellungen und 3 Tabellen



DR. DIETRICH STEINKOPFF VERLAG

DARMSTADT 1964

Es wäre noch zu fragen, ob die Mitverwendung einer Stickstoffatmosphäre im Zuge der Tiefkühlung nicht auch noch zusätzliche und bedeutende Vorteile hätte. In allen Lebensmitteln, die lipoidhaltig und gleichzeitig sauerstoffempfindlich sind, löst sich, wie bekannt, Stickstoff wesentlich leichter und reichlicher als Sauerstoff. Ich könnte mir vorstellen, daß eine Verbesserung der Konservierung überall dort denkbar ist, wo die Anwendung von Inertgasen möglich ist. Es würde mich interessieren, ob auch auf dem Gebiet der tiefgekühlten Lebensmittel schon derartige Versuche gemacht wurden.

Herr A. S. Kovacs (Hamburg):

Ist es denkbar, daß der durch den Gefriervorgang frei oder leicht zugänglich gemachte Eisenanteil identisch ist mit dem „leicht abspaltbaren Bluteisen“, oder ist dieser Begriff, den BARKAN vor etwa 30 Jahren geschaffen hat, bereits überholt?

Herr J. Kühnau (Hamburg):

Ich glaube, ich kann die Frage weder mit „ja“ noch mit „nein“ beantworten. Denn die Produkte, von denen ich sprach, waren rein pflanzliche Produkte. Da ist der Eisengehalt nicht mit dem leicht abspaltbaren Eisen des Blutes zu vergleichen. Im übrigen ist ja, soviel ich weiß, das leicht abspaltbare Bluteisen im wesentlichen das an Siderophilin gebundene Eisen. Es gibt keine Parallele dazu im Pflanzenbereich. Es wäre denkbar, daß ähnliche an Eiweißkörper gebundene Eisenverbindungen, wie sie im Blut vorkommen, auch in der Pflanze existieren, aber solche Verbindungen sind bisher nicht bekannt.

### 3.

Aus der Bundesforschungsanstalt für Lebensmittelfrischhaltung, Karlsruhe

## Nährwert- und organoleptische Veränderungen beim Gefrieren und bei der Gefrierlagerung

Von J. GUTSCHMIDT

Mit 8 Abbildungen in 12 Einzeldarstellungen

Die Veränderungen des Genuß- und Nährwerts eines Lebensmittels beim Gefrieren und bei der Gefrierlagerung sind von der Art des Produkts, vom Zustand der Rohware sowie ihrer Vorbereitung und Vorbehandlung für das Gefrieren, von der Verpackung und schließlich von den Gefrier- und Lagerbedingungen abhängig. Auf die Eignung einzelner Lebensmittel für die Gefrierkonservierung und auf die Bedeutung ihrer Vorbereitung, Vorbehandlung und Verpackung für die Erhaltung der Qualität der Gefrierware wird in anderen Vorträgen eingegangen, so daß meine Aufgabe sich darauf beschränkt, den Einfluß der Gefrier- und Lagerbedingungen auf die Güte der Gefrierprodukte zu untersuchen. Auf die Art und Zusammensetzung des Produkts, sowie auf seine Vorgeschichte wurde bei vergleichenden Bewertungen stets Rücksicht genommen, auch wenn dies nicht immer ausdrücklich erwähnt wird.

Veränderungen, die bei Lebensmitteln durch das Wachstum und den Stoffwechsel von Mikroorganismen während der Normal- und Kühllagerung auftreten, und die Lagerdauer leichtverderblicher Lebensmittel bei Temperaturen oberhalb des Gefrierbeginns in der Regel bestimmen, interessieren bei tiefgefrorenen Produkten, die schnell gefroren und bei  $-18^{\circ}\text{C}$  oder tiefer gelagert werden, nicht. Bei einer Temperatur von unter  $-12^{\circ}\text{C}$  können selbst die sehr kälteresistenten Hefen und Pilze sich praktisch nicht mehr entwickeln (1), und auch im Gefrierbereich zwischen  $-2^{\circ}\text{C}$  und  $-10^{\circ}\text{C}$  ist die Entwicklung insbesondere der Bakterien schon so verzögert, daß nur bei extrem langsamem Gefrieren nachteilige Veränderungen zu erwarten sind. Bei einer Störung während der Lagerung, die zu einem längeren Verweilen im Temperaturbereich über  $-10^{\circ}\text{C}$  führt, kann jedoch das Wachstum der Mikroorganismen Schäden verursachen; auf gefrorenen Bohnen z. B., die längere Zeit bei dieser Temperatur gehalten worden waren, bildeten sich – obgleich die Bohnen dabei hart gefroren blieben – umfangreiche Hefekolonien (2).

### 1. Veränderungen beim Gefrieren

#### a) Organoleptische Eigenschaften

Wenn man die einzelnen Lebensmittel auf die in der Gefrierindustrie übliche Art auswählt, zuriichtet, vorbehandelt und gefriert und anschließend wieder sorgfältig auftaut und zubereitet, sind viele der Produkte – wie vergleichende sensorische Prüfungen der einzelnen den Genußwert bestimmenden Eigenschaften (Farbe, Form, Geruch, Geschmack und Konsistenz) ergaben – von den frisch zubereiteten Parallelproben nicht zu unterscheiden. Schweinefleisch z. B., das eine verhältnismäßig kurze Zeit gereift worden war, wurde sowohl in der Konsistenz als auch im Geschmack etwas besser bewertet, wenn es schnell gefroren und am nächsten Tag wieder aufgetaut und gebraten wurde, als die im Kühlschrank aufgehobenen, unter denselben Bedingungen zubereiteten Vergleichsproben. Das gefrorene Fleisch war etwas zarter und saftiger als das kühlgelagerte. Bei grünen Pflückerbsen der alteingeführten Sorten, z. B. der Sorte „Wunder von Kelvedon“, wurden keine Unterschiede in den einzelnen qualitätsbestimmenden Eigenschaften gefunden, wenn nach dem Zubereiten gefrorene und frische Proben miteinander verglichen wurden; bei den neuen eigens für die Gefrierkonservierung gezüchteten Erbsensorten, wie z. B. der viel verwendeten und auch in Deutschland angebauten Sorte „Dark Skin Perfection“, fielen dagegen vergleichende Bewertungen stets zugunsten der gefrorenen Erbsen aus. Diese Erbsensorten haben frisch zubereitet ein strenges, etwas fremdartiges Aroma und gewinnen erst nach der üblichen Vorbehandlung für die Gefrierkonservierung ihre leuchtend grüne Farbe und ihren ausgeglichenen vollen Geschmack. Als ein weiteres Beispiel für eine gute Gefriereeignung mögen Brötchen genannt werden, die – um eine normale Arbeitszeit in der Bäckerei einhalten zu können – häufig eingefroren und kurzfristig gelagert werden. Unmittelbar nach dem Backen und Auskühlen eingefrorene und danach

wieder sorgfältig aufgetaute Brötchen sind den frischen qualitativ gleichwertig, und nur dem Fachmann wird es vielleicht möglich sein, aus der Krustenbildung auf die Behandlungsart zu schließen. Die Reihe der im gekochten, gebratenen oder gebackenen Zustand zum Verzehr kommenden Lebensmitteln, bei denen durch das Gefrieren die organoleptischen Eigenschaften kaum verändert werden und die dementsprechend den Charakter der frischen Produkte behalten haben, läßt sich beliebig erweitern. Auch wenn Fleisch und Fisch in der Regel beim Auftauen mehr oder weniger Saft verlieren, so bleibt doch auch hier bei richtiger Behandlung der Genußwert praktisch voll erhalten.

Produkte, die im rohen Zustand gegessen werden, wie Obst und Salate, haben eine sehr unterschiedliche Gefriereignung. Einige von ihnen lassen sich erstaunlich gut gefrieren, obgleich sich hier die eine oder andere Eigenschaft meist deutlich verändert. Betrachten wir z. B. Himbeeren der zum Gefrieren gut geeigneten Sorte „Schönemann“, die, nachdem sie gut sortiert und nur leicht in kaltem Wasser abgebraust, ohne Zuckerzusatz eingefroren und dann wieder aufgetaut worden sind. Beim Auftauen beschlagen die kalten Beeren, so daß sie wie betaute frische Himbeeren aussehen, wenn sie die Eßtemperatur von 10 bis 15°C erreicht haben. Nicht weniger gut in der Farbe nach dem Auftauen nicht gesüßte Beeren mit den frischen Früchten verglichen werden, ist ein deutlicher Unterschied im Geschmack und meist auch in der Konsistenz festzustellen. Die Früchte erscheinen nach dem Gefrierprozeß deutlich saurer und damit ist das Gleichgewicht der Geschmacks- und Formerhaltung sind Erdbeeren gut geeigneter Sorten, z. B. der Erdbeersorte „Senga Sengana“. Wenn jedoch ohne Zuckerzusatz eingefrorene und komponenten gestört; auch die Konsistenz der Erdbeeren ist nicht mehr ganz so straff und fest wie bei den frischen Parallelproben. Wenn jedoch die Beeren wie üblich mit Zucker eingefroren oder während des Auftauens gesüßt werden, sind sie nicht nur im Aussehen, sondern auch im Geruch, Geschmack und in der Konsistenz frischen gesüßten Vergleichsproben durchaus ebenbürtig.

Neben zum Gefrieren geeigneten gibt es ungeeignete Obstsorten und -sorten, deren Eigenschaften sich nach dem Gefrieren und Auftauen gegenüber den frischen stark verändern, und bei denen dies auch durch eine besondere Behandlung nicht wesentlich beeinflusst werden kann. Die hauptsächlichsten Veränderungen sind eine starke Verformung, verbunden mit einem meist beträchtlichen Saftverlust, bei hellfleischigen Früchten eine Verfärbung ins bräunliche, eine weiche, faserige Konsistenz sowie eine Abflachung des natürlichen Geschmacks und Geruchs und das Auftreten neuer Geschmacksrichtungen, wie z. B. eines Metallgeschmacks bei ungeeigneten Erdbeersorten. Auch Gurken und Tomaten, zwei Gemüsearten, die roh gegessen werden, gehören zu den weniger geeigneten Lebensmitteln, da sie sich in der Konsistenz und z. T. auch im Geschmack je nach Sorte mehr oder weniger stark verändern. Trotzdem gehören Salatgurken zum Sortiment der deutschen Gefrierindustrie, weil eine befriedigende Erhaltung des ursprünglichen Charakters von Gurken nur durch die Gefrierkonservierung möglich ist.

### b) Der Nährwert

Der Nährwert der Lebensmittel verändert sich durch den Gefriervorgang nicht nachteilig, wenn man von dem bei manchen Produkten auftretenden Saftverlust absieht. Wenn auch durch die Veränderung des Protoplasmas und der Zellmembranen unter Einwirkung von konzentrierter Restlösung bei der Eisbildung der Nährwert nicht zurückgeht, so ist doch der durch die veränderte Permeabilität und Zellsaftverteilung bedingte Saftverlust von Fleisch und Fisch sehr wohl ein echter Verlust an Nährwert, enthält doch der Saft neben Mineralsalzen und Eiweißbestandteilen auch Vitamine und Enzyme. Beim Auftauen von Rindfleisch wurden 12% des Aneurins, 10% des Lactoflavins, 15% des Nicotinsäureamids, 9% des Pyrodoxins, 33% der Pantothenensäure und 8% der Folsäure im Tropfsaft gefunden (4). Die kleinen für das Tiefgefrieren in der Industrie und im Haushalt üblicherweise verwendeten Fleischstücke werden aber praktisch immer so aufgetaut, daß der Saft nicht verloren geht.

Wenn auch die Lebensmittel während des Gefriervorganges die meiste Zeit eine relativ hohe Temperatur von  $-2^{\circ}$  bis  $-5^{\circ}$  C besitzen, so sind die Gefrierzeiten doch insgesamt so kurz, daß irgendwelche chemischen Veränderungen nicht feststellbar sind. Am häufigsten ist das Verhalten des empfindlichen Vitamin C untersucht worden. Weder im Gemüse noch im Obst wurde jedoch ein Unterschied im Vitamin C-Gehalt gefunden, wenn dieser unmittelbar vor und nach dem Gefrieren bestimmt wurde (5).

### c) Der Einfluß der Gefriereschwindigkeit

Beim Gefrieren einer Lebensmittelpackung unter üblichen Bedingungen dringt die Gefrierfront in der äußeren Randschicht zunächst sehr schnell vor, um dann aber um so langsamer fortzuschreiten, je tiefer sie in die Packung eingedrungen ist. Die einzelnen Schichten in der Packung werden daher verschieden schnell gefroren, und wenn in der Praxis eine Gefriereschwindigkeit angegeben wird, handelt es sich stets um die mittlere Geschwindigkeit, mit der die Gefrierfront auf dem kürzesten Wege von der Oberfläche zum thermischen Mittelpunkt der Packung vordringt.

Die Abhängigkeit der Qualität des Gefriergutes von der Gefriereschwindigkeit ist oft untersucht worden. Eine Auswertung und ein Vergleich eigener und von anderer Seite vorgelegter Versuchsergebnisse läßt trotz der großen Unterschiede und z. T. Widersprüche erkennen, daß die Gefriereschwindigkeit zwar einen Einfluß auf die Güte des Endproduktes hat, dieser aber nicht so groß ist, wie im allgemeinen angenommen wird.

Es kann nicht verallgemeinernd gesagt werden, Gefrierprodukte haben nur dann eine hohe Qualität, wenn sie schnell gefroren worden sind. Vielmehr sind viele langsam gefrorenen Produkte – wie Rindfleisch – den schnell gefrorenen nicht nur im Nährwert, sondern auch in den organoleptischen Eigenschaften durchaus gleichwertig. Von dem jeweiligen Produkt und den speziellen Anforderungen hängt es ab, ob zur Qualitätserhaltung ein schnelles Gefrieren erforderlich ist. Die Gefriereschwindigkeit vermag während des Gefrierens auftretende physikalische und physikalisch-chemische Ver-

änderungen zu beeinflussen (6); aber nur bei wenigen Produkten oder bei extremen Unterschieden in der Geschwindigkeit verändern sich die organoleptischen Eigenschaften nachteilig. Es soll daher nicht zu langsam, d. h. nicht unter einer mittleren Gefriergeschwindigkeit von 0,2 cm/h gefroren werden. Bei einzelnen Produkten ist jedoch die Geschwindigkeit von 1 cm/h notwendig, um einen Qualitätsrückgang durch den Gefriervorgang zu vermeiden. Nicht zu Unrecht wird daher in den deutschen Richtlinien für tiefgefrorene Lebensmittel gefordert, daß diese dem gegenwärtigen Stand der Technik entsprechend schnell gefroren werden sollen. In den üblichen Gefrierapparaten wird mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 1 bis 3 cm/h gefroren, so daß sie praktisch allen Anforderungen genügen.

## 2. Veränderungen während der Gefrierlagerung

Wenn bei einem Einzelhändler nicht befriedigende Gefrierprodukte verkauft werden, so liegt es oft daran, daß der Hersteller eine mangelhafte oder ungeeignete Rohware verwendet, oder daß sie falsch vorbehandelt wurde. Vielfach ist aber auch die schlechte Qualität auf einen großen Güteabfall während der Lagerung zurückzuführen. Bei den meisten Lebensmitteln sind die Veränderungen während der Gefrierlagerung sehr viel ernsthafter als die beim Gefrieren auftretenden. Es ist daher verständlich, daß diesem wichtigsten Teil der Gefrierkonservierung in den letzten 10 Jahren besondere Aufmerksamkeit geschenkt worden ist.

Tiefgefrorene Lebensmittel werden bei einer Temperatur von  $-18^{\circ}\text{C}$  bis  $-20^{\circ}\text{C}$  und tiefer gelagert und transportiert. Auch bei den für die Lagerung verwendeten tiefsten Temperaturen bis  $-30^{\circ}\text{C}$  treten noch chemische Umsetzungen in den Lebensmitteln auf, die meist durch Enzyme katalysiert werden, welche erst beim Übergang zu noch tieferen Temperaturen nach und nach ihre Wirksamkeit verlieren. Die durch sie hervorgerufenen organoleptischen Veränderungen begrenzen die Lagerdauer, gleich bei welcher Temperatur im Bereich von  $-18^{\circ}$  bis  $-30^{\circ}\text{C}$  gelagert wird. In erster Linie sind es Fettveränderungen, die sich nachteilig auf den Geschmack und Geruch auswirken. Von nicht geringerer Bedeutung sind jedoch die vorwiegend die Konsistenz von Produkten, wie Fisch und Fleisch, beeinflussenden Eiweißveränderungen. Daneben kann sich auch die Farbe ändern.

### a) Organoleptische Eigenschaften

Die Konsistenz eines Lebensmittels kann seine Güte entscheidend mitbestimmen. Durch die Denaturierung eines Teiles des Eiweißes im Muskelfleisch während der Lagerung, die durch den Rückgang der Löslichkeit des Myosins in Salzlösungen bestimmt werden kann, geht das Wasserbindungsvermögen des Eiweißes zurück. Dadurch kann nicht nur der Saftverlust vergrößert, sondern auch die Konsistenz empfindlicher Produkte erheblich verschlechtert werden. Bei Fleisch und Fisch z. B. kann ein zartes, glattes und saftiges Muskelgewebe während der Gefrierlagerung bei ungünstigen Bedingungen oder zu langer Lagerdauer trocken, faserig und strohig werden.

Die Abhängigkeit der Proteindenaturierung, des Wasserbindungsvermögens und der Güte der Konsistenz von der Lagertemperatur zeigt Abb. 1; hier sind Teilergebnisse aus einem Lagerversuch mit gefrorenem Kabeljaufilet dargestellt (7). Das auf See in Beuteln unter Vakuum verpackte, schnell

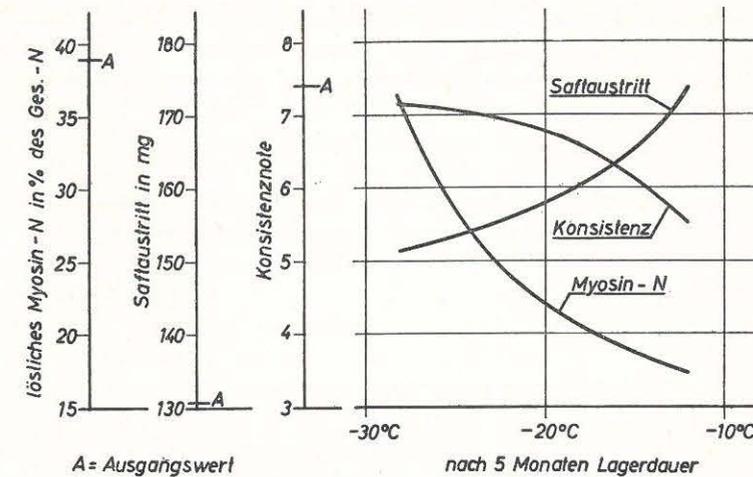


Abb. 1. Veränderung des Anteils an löslichem Myosin-N, der ausgepreßten Saftmenge und der Konsistenznote von Kabeljaufilet während einer Lagerdauer von 5 Monaten bei  $-28^{\circ}$ ,  $-20^{\circ}$  und  $-12^{\circ}\text{C}$ .

eingefrorene Fischfilet wurde bei  $-28^{\circ}$ ,  $-20^{\circ}$  und  $-12^{\circ}\text{C}$  gelagert und die Qualität zu Beginn der Lagerung und nach einer Lagerdauer von fünf Monaten geprüft. Als Ordinate sind der Anteil an löslichem Myosinstickstoff in % des Gesamtstickstoffes, die nach der Methode von GRAU und HAMM aus einem 0,3 kg großen Muskelstück nach bestimmten Vorschriften ausgepreßte Saftmenge in mg und die bei der sensorischen Prüfung nach der Notenskala des Karlsruher Bewertungsschemas erteilten mit der Güte ansteigenden Konsistenznoten aufgetragen.

Ein Vergleich der Ausgangswerte, die an den Zahlenleitern mit einem A gekennzeichnet worden sind, mit den nach der Lagerung ermittelten Werten zeigt, daß während der Lagerung bei  $-28^{\circ}\text{C}$  der Anteil an löslichem Myosin praktisch gleich geblieben ist, daß er dann aber bei ansteigender Temperatur schnell abnimmt. Die ausgepreßte Saftmenge hat dagegen nach einer Lagerdauer von 5 Monaten auch bei  $-28^{\circ}\text{C}$  beträchtlich gegenüber der am Beginn der Lagerung gefundenen Menge zugenommen. Mit steigender Temperatur, also mit abnehmender Myosinlöslichkeit, wird das Wasserbindungsvermögen immer geringer, die Saftlässigkeit des Fischmuskels steigt an. Mit der Abnahme der Myosinlöslichkeit und des Wasserbindungsvermögens verschlechtert sich die Konsistenz. Während das Muskelgewebe bei  $-28^{\circ}\text{C}$  seine ursprüngliche zarte und saftige Konsistenz weitgehend behalten hatte und daher mit praktisch der gleichen Note wie am Ausgang

bewertet wurde, war es bei  $-12^{\circ}\text{C}$  trocken und leicht faserig geworden, so daß hier im Durchschnitt nur noch die Note 5,5 erteilt werden konnte.

Die Farbe der Lebensmittel kann durch die Gefrierkonservierung im allgemeinen sehr gut erhalten werden, so daß gefrorene Produkte bei richtiger Behandlung nach der üblichen Lagerdauer farblich oft nicht von den frischen zu unterscheiden sind. Aber auch die Farbe der meisten Produkte kann sich deutlich verändern, wenn ungünstige Lagerbedingungen gewählt werden oder zu lange gelagert wird. Die leuchtend rote Farbe des Fleisches kann sich

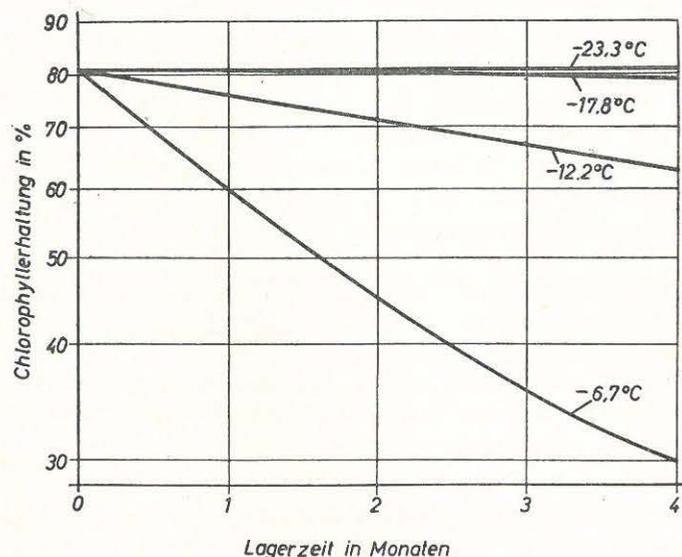


Abb. 2. Veränderung des Chlorophylls grüner Bohnen während der Lagerung bei verschiedenen Temperaturen nach DIETRICH et al. (8).

durch Oxydation des Hämoglobins in ein stumpfes Dunkelrot verwandeln. Die Farbe von Fisch kann durch Auftreten der MAILLARD-Reaktion aus dem Weiß in Gelb oder Rosa umschlagen. Unsichtbare Polyphenole können sich durch Oxydation braun färben und Bräunungserscheinungen in hellfarbigen Früchten hervorrufen. Auch Chlorophyll, Carotinoide, Anthocyane und andere Farbstoffe unterliegen chemischen Veränderungen.

In Abb. 2 ist die Erhaltung des Chlorophylls von grünen Bohnen während der Lagerung bei verschiedenen Temperaturen nach DIETRICH u. Mitarb. (8) dargestellt. Als Ordinate ist der Prozentsatz an erhalten gebliebenem Chlorophyll im logarithmischen Maßstab, als Abszisse die Lagerdauer aufgetragen. Die Kurven lassen erkennen, daß das Chlorophyll bei  $-23^{\circ}\text{C}$  und praktisch auch noch bei  $-18^{\circ}\text{C}$  während der viermonatigen Lagerdauer voll erhalten bleibt, daß sich aber bei  $-12^{\circ}\text{C}$  rund 20 und bei  $-6,7^{\circ}\text{C}$  rund 60% des Chlorophylls während der Lagerung in Phäophytin umwandelt und sich dementsprechend die Farbe ändert.

Während bei Gemüse eine Lagerung von  $-18^{\circ}\text{C}$  und tiefer genügt, um Farbveränderungen während der üblichen Lagerdauer zu unterbinden, treten Verfärbungen bei hellfarbigem Obst, z. B. bei Pfirsichen, auch bei  $-18^{\circ}$  bis  $-20^{\circ}\text{C}$  auf. Diese durch enzymatische oder rein chemische Umsetzungen hervorgerufenen Bräunungserscheinungen werden durch den Ausschluß des Luftsauerstoffes beim Gefrieren in Zuckerlösung oder Inaktivierung der Polyphenolasen durch Blanchieren, aber auch durch Zugabe von Ascorbinsäure als reduzierbarer Substanz vermindert. Voraussetzung für die Farb-erhaltung ist aber auch hier die Einhaltung einer tiefen Lagertemperatur.

Infolge der chemischen Umsetzungen kann es auch bei einer Lagertemperatur von  $-18^{\circ}\text{C}$  und tiefer vor allem in Lebensmitteln mit intakten Enzym-systemen je nach der Art und Zusammensetzung mehr oder weniger schnell zu Geschmacks- und Geruchsveränderungen kommen. Auf Abb. 3 sind die Ergebnisse von Geschmacksbewertungen an Schweinekoteletts dargestellt, die bei  $-24^{\circ}$ ,  $-18^{\circ}$ ,  $-15^{\circ}$  und  $-12^{\circ}\text{C}$  9 Monate gelagert wurden. In der Senkrechten ist die Geschmacksnote des Karlsruher Bewertungsschemas, in

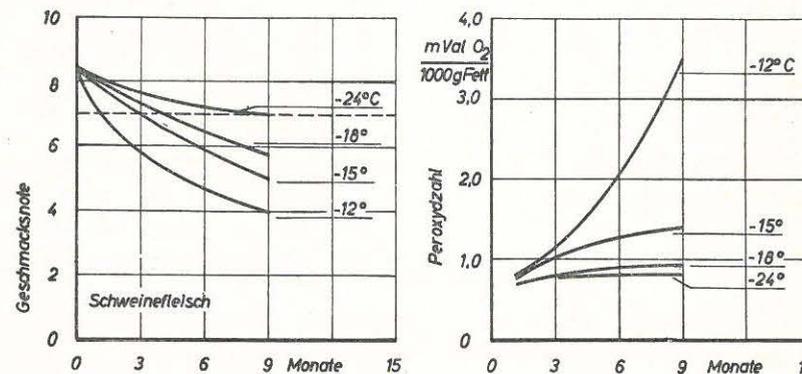


Abb. 3. Ergebnisse von Geschmacksbewertungen und Peroxydzahlbestimmungen an Schweinekoteletts nach einer Lagerung bei verschiedenen Temperaturen.

der Waagerechten die Lagerdauer aufgetragen. Die von einem mittelfetten Schwein stammenden, in Zellglas-wetterfest verpackten schnellgefrorenen Koteletts wurden zu Beginn der Lagerung mit der Note 8,4 gut bis sehr gut bewertet. Nach einer Lagerdauer von 9 Monaten war nur bei einer Lager-temperatur von  $-24^{\circ}\text{C}$  der Geschmack noch ansprechend, während er bei  $-18^{\circ}$  und  $-15^{\circ}\text{C}$  nicht mehr befriedigte und bei  $-12^{\circ}$  deutliche Mängel aufwies; die fetten Teile hatten hier einen deutlich spürbaren ranzigen Ge-schmack angenommen.

Die schnelleren chemischen Umsetzungen bei den höheren Lagertempera-turen sind auch aus dem Verlauf der Kurven in der rechten Darstellung zu ersehen, in der die Peroxydzahl über der Lagerdauer aufgetragen worden ist. Während bei  $-24^{\circ}$  und  $-18^{\circ}\text{C}$  die Peroxydzahlen klein bleiben, steigen sie insbesondere bei  $-12^{\circ}\text{C}$  schnell an.

Nicht nur bei Fleisch, sondern auch bei anderen fetthaltigen Lebensmitteln begrenzen die oxydativen Umsetzungen der Fette die Lagerdauer. Je nach der Art und Verteilung der Fette verändert sich der Geschmack unter gleichen Lagerbedingungen schneller oder langsamer. Fettsäuren mit ihrem hohen Anteil an ungesättigten Fettsäuren werden schneller ranzig und ranzig als Schweinefleisch, während fetteres Rindfleisch wesentlich länger gelagert werden kann, ehe eine Geschmacksveränderung auftritt. Auch sehr geringe Fettmengen können Geschmacksveränderungen im Gefriergut hervorrufen; so wurde das Entstehen eines fremdartigen Geschmacks bei der Gefrierlagerung von unblanchierten grünen Erbsen auf ein Ranzigwerden der Fette zurückgeführt (90).

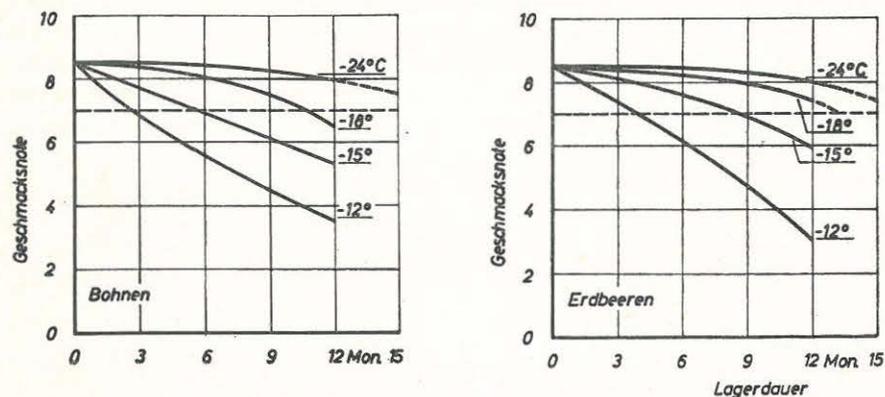


Abb. 4. Ergebnisse von Geschmacksbewertungen an Bohnen und Erdbeeren nach der Lagerung bei verschiedenen Temperaturen.

Bei Bohnen und Erdbeeren, deren Verhalten während der Lagerung bei verschiedenen Temperaturen in Abb. 4 dargestellt ist, verändert sich der Geschmack wesentlich langsamer als bei Schweinefleisch. Bei  $-24^{\circ}\text{C}$  ging die Geschmacksnote während der einjährigen Lagerdauer sowohl bei den Bohnen als auch bei den Erdbeeren nur wenig zurück. Die bei  $-18^{\circ}\text{C}$  gelagerten Bohnen hatten am Ende der Lagerung noch eine befriedigende Qualität, während die Erdbeeren noch ziemlich gut waren. Wie Fleisch verloren auch Bohnen und Erdbeeren schnell an Güte, wenn sie bei  $-12^{\circ}\text{C}$  gelagert wurden.

#### b) Der Nährwert

Durch die chemischen Umsetzungen während der Lagerung werden nicht nur die Farb-, Geruchs- und Geschmacksstoffe und damit die organoleptischen Eigenschaften, sondern auch Stoffe verändert, die den Nährwert des Gefrierproduktes mitbestimmen. Wenn die Denaturierung der in tierischen Geweben besonders instabilen Eiweißkomponente, des Myosins, auch direkt keinen Nährwertverlust mit sich bringt, so führt doch der damit verbundene Rückgang des Wasserbindungsvermögens während der Lagerung bei Fleisch

und Fisch oft zu einem Anstieg des Saftverlustes und damit indirekt zu einem Verlust an gelösten Nährstoffen.

Fette verändern sich bei zu langer oder ungünstiger Gefrierlagerung im wesentlichen durch oxydative Prozesse. Die sich dabei bildenden Peroxyde, Aldehyde, Ketone u. a. Stoffe machen das Fett schließlich nicht nur ranzig und ungenießbar, sondern auch physiologisch unzutraglich. Während die meisten fetthaltigen Lebensmittel bei normaler Temperatur mikrobiell verderben, ehe es zu einer stärkeren chemischen Veränderung der Fette kommt, wird der mikrobielle Verderb durch die Gefrierlagerung verhindert, so daß die chemischen Prozesse zur Qualitätsabnahme und schließlich zum Verderb führen. Wie beim frischen Lebensmittel wird auch beim Gefrierprodukt der Fettverderb durch einen ranzigen, tranigen Geruch angezeigt, so daß hier wie dort verdorbene Fette ungenießbar sind.

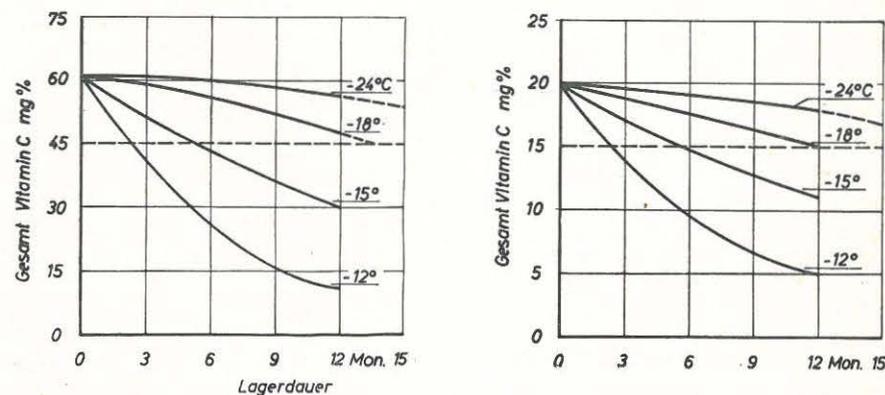


Abb. 5. Vitamin C-Gehalt von Bohnen (rechts) und Erdbeeren (links) nach der Lagerung bei verschiedenen Temperaturen.

Parallel zu den organoleptischen Eigenschaften wird bei Lagerversuchen mit tiefgefrorenen Lebensmitteln meist das Verhalten einiger Vitamine geprüft. Besonders oft ist die Veränderung des Vitamin C-Gehaltes bei Gemüse und Obst bestimmt worden, weil es zu den empfindlichsten Vitaminen gehört und durch Oxydation leicht abgebaut wird. Da oxydative Umsetzungen im wesentlichen auch den Geruch, den Geschmack und die Farbe der Gefrierprodukte verändern, kann man oft aus dem Verlust an Vitamin C auf den allgemeinen Rückgang der Qualität bei gefrorenem Gemüse und Obst schließen. Der nach verschieden langer Lagerung bei  $-24^{\circ}$ ,  $-18^{\circ}$ ,  $-15^{\circ}$  und  $-12^{\circ}\text{C}$  in Bohnen und Erdbeeren gefundene Vitamin C-Gehalt ist in Abb. 5 aufgetragen. Wie bei der Beurteilung des Geschmacks finden wir als Ergebnis der Vitamin-Bestimmungen eine gute Erhaltung des Ausgangswertes bei  $-24^{\circ}$  und auch noch bei  $-18^{\circ}\text{C}$ . Bei  $-15^{\circ}$  und besonders beim Anstieg der Temperatur auf  $-12^{\circ}\text{C}$  fallen dann – auch hier wiederum in Übereinstimmung mit den Geschmacksnoten in Abb. 4 – die Werte schon zu Beginn der Lagerung schnell ab. Nach einer durchschnittlichen Lagerdauer von

9 Monaten bei  $-18^{\circ}\text{C}$  hatten die Bohnen noch rd. 80%, die Erdbeeren noch rd. 85% ihres ursprünglichen Vitamin-Gehalts. Bei  $-12^{\circ}\text{C}$  ist schon nach einer Lagerdauer von 3 Monaten sowohl bei den Bohnen als auch bei den Erdbeeren über  $\frac{1}{4}$  des Vitamin C verlorengegangen.

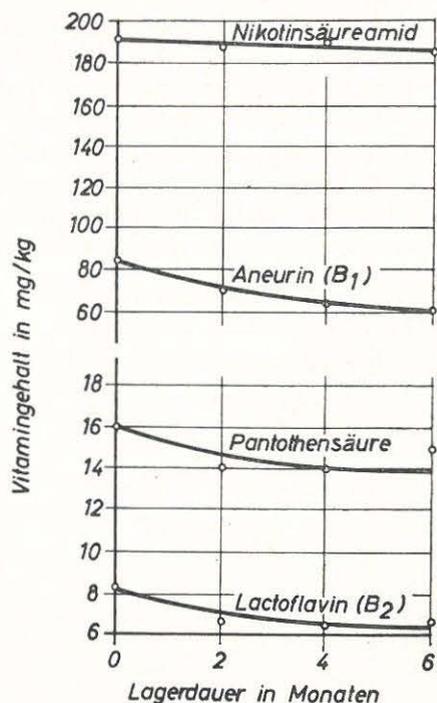


Abb. 6. Gehalt von 3 Tage gereiftem Schweinefleisch (Koteletts) an Vitaminen der B-Gruppe während der Lagerung bei  $-18^{\circ}\text{C}$  nach WESTERMANN u. Mitarb. (Verglichen mit den üblichen Durchschnittswerten scheinen diese Werte um eine Dezimale zu hoch angegeben worden zu sein.)

Bei einer Sorteneignungsprüfung wurde im Durchschnitt über mehrere Anbaugelände und -jahre bei Erbsen eine Vitamin C-Abnahme von 5 bis 10%, bei Bohnen von 10 bis 15% und bei Spinat von rd. 20% nach einer Lagerdauer von 9 Monaten bei  $-18^{\circ}\text{C}$  gefunden. Unter den gleichen Bedingungen verloren Erdbeeren 15 bis 20%, Himbeeren 20 bis 25% und Zwetschgen 30 bis 35% an Vitamin C in 9 Monaten (10).

Ein Vergleich des Vitamin A-Gehalts einiger frischer und gefrorener Gemüse zeigt, daß bei der Gefrierkonservierung Erbsen und Spinat 10 bis 20% und Bohnen und Spargel 20 bis 40% an diesem Vitamin verlieren, wenn die Produkte ein Jahr bei  $-20^{\circ}\text{C}$  gelagert werden (11). Sowohl der Gesamtcarotingehalt als auch der Anteil an Beta-Carotin nahm während der Lagerung ab. Mit Verlusten in der gleichen Größenordnung muß bei den Vitaminen B<sub>1</sub> und B<sub>2</sub> bei der Gefrierkonservierung von pflanzlichen und tierischen Lebensmitteln gerechnet werden. So fanden WESTERMANN u. Mitarb. (12) an 3 Tage gereiftem, bei  $-18^{\circ}\text{C}$  gelagertem Schweinefleisch den in Abb. 6 dargestellten Gehalt an Vitamin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, Pantothersäure und Nikotinsäureamid. Die Abnahme während der Lagerung betrug nach 6 Monaten bei Vit-

amin B<sub>1</sub> etwa 25%, bei B<sub>2</sub> etwa 20%, bei Pantothersäure etwa 10%. Der Gehalt an Nikotinsäureamid blieb praktisch konstant.

Die Streuung der bisher vorgelegten Untersuchungsergebnisse über die Vitamin-Abnahme während der Gefrierlagerung ist beträchtlich; z. T. wurde keine statistisch gesicherte Abnahme der B-Vitamine gefunden (17). Auf den mit der Proteindenaturierung verbundenen Anstieg an Vitamin B<sub>6</sub> bei der Gefrierlagerung gewisser Produkte wurde hingewiesen (3). Zusammenfassend kann man sagen, daß – verglichen mit anderen Konservierungsarten – sowohl die Vitamine der B-Gruppe als auch die Vitamine A und C durch die Gefrierkonservierung gut erhalten werden können, wenn eine Lagertemperatur von  $-18^{\circ}\text{C}$  und tiefer angewendet wird (16).

### 3. Die Zeit-Temperatur-Abhängigkeit der Veränderungen

Aus dem Verhalten der organoleptischen Eigenschaften und der Vitamine ist zu ersehen, daß auch bei tiefgefrorenen Lebensmitteln mit einer Qualitätsabnahme während der Lagerung gerechnet werden muß, das gilt selbst für die tiefsten angewendeten Lagertemperaturen bis  $-30^{\circ}\text{C}$ . Wenn das Qualitätsniveau der zum Verkauf kommenden Ware festliegt, hängt die mögliche Lagerdauer der Gefrierware, eine einwandfreie Verarbeitung und Verpackung vorausgesetzt, von der Ausgangsqualität zu Beginn der Gefrierlagerung und von der Lagertemperatur ab. Diese Lagerdauer, während der das Gefriergut noch in eine hohe Qualitätsklasse einzureihen ist und die von den Amerikanern als „high quality life“ bezeichnet wird, kann durch ein einzelnes Güte Merkmal, z. B. eine bestimmte Geschmacksnote oder einen bestimmten Vitamin-Gehalt, begrenzt werden. In der Regel sind in den Qualitätsnormen der Hersteller für die wichtigsten organoleptischen Eigenschaften Grenzwerte angegeben, so daß die Lagerdauer durch die für Lagerveränderungen anfälligste Eigenschaft bestimmt wird. Bei Magerfisch kann diese Eigenschaft z. B. die Konsistenz sein, bei Gemüse ist sie meist der Geschmack.

In Abb. 7 ist die Zeit-Temperatur-Abhängigkeit einiger wichtiger Gefrierprodukte nach eigenen Untersuchungsergebnissen dargestellt. Die einzelnen Kurven geben an, bis zu welcher Zeit das jeweilige Produkt im Temperaturbereich von  $-30^{\circ}$  bis  $-12^{\circ}\text{C}$  gelagert werden kann, wenn ein Qualitätsrückgang auf die Note 7 zugelassen wird, d. h. ein Gefrierprodukt mit einer sehr guten Ausgangsqualität nach dem Gefrieren eingelagert wird und mit einer befriedigenden bis guten Qualität zum Verkauf kommt.

Von den hier aufgeführten Lebensmitteln können Erbsen und Erdbeeren ein Jahr bei  $-18^{\circ}$  und  $1\frac{1}{2}$  Jahr bei  $-24^{\circ}\text{C}$  gelagert werden. Etwas lagerempfindlicher sind Bohnen, die nicht über 10 Monate bei  $-18^{\circ}\text{C}$  gelagert werden sollten, aber bei  $-24^{\circ}\text{C}$  kaum weniger lange gelagert werden können als Erbsen. Nach Hähnchen, bei denen man im Durchschnitt mit einer Lagerdauer von 7 Monaten bei  $-18^{\circ}\text{C}$  und 10 Monaten bei  $-24^{\circ}\text{C}$  rechnen kann, folgt Schweinefleisch, das nach Abb. 3 nicht länger als 5 Monate bei

—18° und 9 Monate bei —24° gelagert werden kann, und dessen Lagerdauer bei —12° C nicht über 8 Wochen ausgedehnt werden sollte. Gurkensalat, der nicht wie die Erbsen und Bohnen vor dem Gefrieren blanchiert wird und sich deshalb infolge der noch aktiven Enzyme bei gleicher Lager-temperatur schneller verändert, kann auch nur 5 Monate bei —18° C ge-

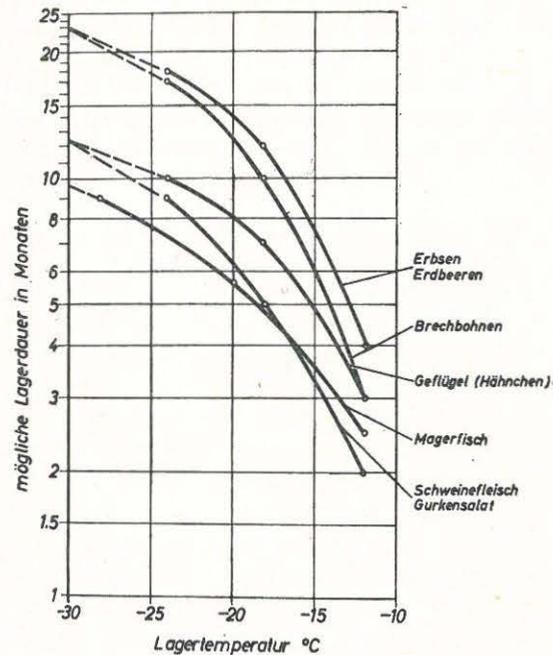


Abb. 7. Zeit-Temperatur-Abhängigkeit einiger Gefrierprodukte im Temperaturbereich von —30° bis —12° C.

lagert werden. Auf See gefangene Kabeljau in Vakuumpackungen waren nicht länger als 4 Monate bei —18° und rd. 9 Monate bei —24° C lagerfähig, wenn diese Ansprüche an die Endqualität gestellt werden. Obgleich bei —12° C einige Gefrierprodukte 2 bis 4 Monate je nach Lebensmittelart gelagert werden können, wird doch im Hinblick auf die z. T. lange Vertriebszeit bei tiefgefrorenen Lebensmitteln eine Temperatur von mindestens —18° bis zum Verkauf aufrechterhalten und eine höhere Temperatur nur für die Aufbewahrung der gefrorenen Produkte im Haushalt unmittelbar vor dem Verbrauch angewendet. Auch im Gefrierfach eines Haushaltskühlschranks sollte die Temperatur nicht über —12° ansteigen.

Die für ein bestimmtes Produkt bei einer bestimmten Temperatur angegebene Lagerzeit ist nur zu erreichen, wenn das Gefriergut sachgemäß verpackt wird und die Temperatur innerhalb der üblichen Regelgrenzen eingehalten wird. Zwar haben nach amerikanischen Untersuchungen (13) Temperaturschwankungen im Lagerraum keinen direkten Einfluß auf die Reaktionsgeschwindigkeit der chemischen Umsetzungen, aber sie können eine Austrocknung der Randschicht auch bei gut verpacktem Gefriergut hervorrufen und fördern. Infolge der vergrößerten Oberfläche in der ausgetrock-

neten Schicht werden die unter Einwirkung des Luftsauerstoffs ablaufenden chemischen Prozesse beschleunigt. Neben diesen Vorgängen ist zu beachten, daß die für die Reaktionsgeschwindigkeit maßgebende Temperatur, die wirksame Temperatur, keineswegs ein Durchschnittswert der bei den Schwankungen auftretenden höchsten und tiefsten Temperaturen ist. Für  $Q_{10}$  größer als 1 überschreitet die wirksame Temperatur den durch den Schwankungsbereich gegebenen Mittelwert. Dies ist zu erwarten, da die Reaktionsgeschwindigkeit nach dem Bereich der maximalen Temperaturen hin zunimmt, die durchschnittliche Reaktionszeit also stärker durch die höheren Temperaturen beeinflusst wird. Die wirksame Temperatur muß demnach höher liegen als der Mittelwert und weicht um so mehr von diesem ab, je größer der  $Q_{10}$ -Wert und je höher die Amplitude der Schwankung ist (14).

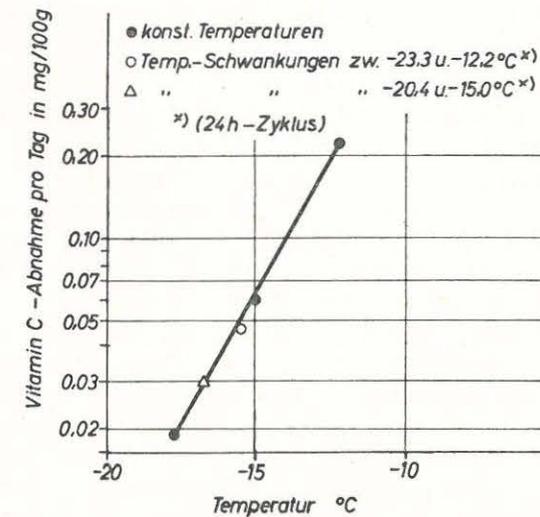


Abb. 8. Vitamin C-Abnahme pro Tag nach der Lagerung bei konstanter Lager-temperatur im Bereich von —17,8 bis —12,2° C (●) und bei sinusförmig im Tageszyklus zwischen —15,0° und —20,4° C (Δ) und zwischen —12,2° und 23,3° C (○) schwankender Temperatur.

Von GUADAGNI und NIMMO (15) wurden die Veränderungen von Erdbeeren und Himbeeren während der einjährigen Lagerung bei —17,8, —15,0 und —12,2° C und bei einer zwischen —15 und —20,4° und einer zwischen —12,2 und —23,3°, d. h. einer um rd. 3 und rd. 6° C sinusförmig in Tagesperioden vom Mittelwert abweichenden Temperaturen beobachtet. U. a. wurde der Vitamin C-Gehalt in regelmäßigen Abständen bestimmt. Abb. 8 zeigt die Ergebnisse dieser Bestimmungen. Die gefüllten Punkte geben die tägliche Abnahme bei den konstanten Temperaturen von —17,8, —15 und —12,2° C wieder. Der Verlust an Vitamin C nimmt logarithmisch mit der Temperatur zu. Aus dem  $Q_{10}$ -Wert der Vitamin C-Abnahme in diesem Temperaturbereich und der Amplitude der Schwankungen, also 3 und 6°, wurde

die wirksame Temperatur berechnet. Die Abweichung vom Durchschnittswert  $-17,8^{\circ}$  betrug bei den kleineren Schwankungen  $1,2^{\circ}$  und bei den größeren  $2,3^{\circ}$ , so daß die wirksamen Temperaturen  $-16,6$  und  $-15,5^{\circ}$  C waren. Die nach der Lagerung bei schwankenden Temperaturen gefundenen Vitamin C-Verluste wurden bei diesen wirksamen Temperaturen aufgetragen, und sie fallen auf die für die im Bereich von  $-18$  bis  $-12^{\circ}$  C für die konstanten Temperaturen gefundene Kurve. Eine speziell durch die Schwankungen bedingte Beschleunigung der chemischen Veränderungen trat demnach hier nicht auf.

In der Praxis wird das Gut nicht unter einheitlichen Bedingungen von der Herstellung bis zum Verkauf im Kühlhaus gelagert, sondern es wandert über die Gefrierkette vom Hersteller bis zum Verbraucher. Jedes Glied dieser Kette wird entsprechend den jeweiligen Zeit-Temperatur-Werten zur Qualitätsminderung der Lebensmittel beitragen. Umfangreiche amerikanische Untersuchungen (18) haben ergeben, daß die in den einzelnen Lagerperioden bei unterschiedlichen Bedingungen entstehenden Veränderungen kumulativ sind, so daß sie – unabhängig von der Reihenfolge ihres Auftretens – auf eine einfache Weise addiert die Gesamtveränderungen ergeben. Es ergibt sich demnach die gleiche Gesamtveränderung, wenn das Gefriergut z. B. erst 4 Wochen bei  $-18^{\circ}$  C und dann 6 Monate bei  $-30^{\circ}$  C oder wenn es erst 6 Monate bei  $-30^{\circ}$  C und dann 4 Wochen bei  $-18^{\circ}$  C gelagert wird.

Alle dem Verbraucher angebotenen Gefrierprodukte besitzen eine Temperatur-Geschichte, von der es abhängt, ob eine sehr gute Ausgangsware als gutes Gefrierprodukt verkauft werden kann. Nach den Richtlinien für tiefgefrorene Lebensmittel ist als Lager- und Transporttemperatur  $-18^{\circ}$  C und tiefer zu verwenden. Es sollte durch weitere Lagerungsversuche in Instituten und in der Praxis die mögliche Lagerdauer der wichtigsten Gefrierprodukte bei der Grenztemperatur von  $-18^{\circ}$  C ermittelt werden, um für diese noch genauere Durchschnittswerte und Streubreiten zu bekommen. Es wäre wohl ein Vorteil, wenn das Herstellungsdatum auf der Packung angegeben würde, so daß dann jederzeit das Alter eines Gefrierprodukts überprüft werden kann und für einen rechtzeitigen Verbrauch gesorgt wird. Aber die Überprüfung der Lager- und Vertriebszeit ist nur sinnvoll, wenn man auf Grund einer ständigen Temperaturkontrolle die Gewißheit hat, daß in jedem Glied der Gefrierkette die Temperatur  $-18^{\circ}$  C oder tiefer war. Dann erst kann aus dem Herstellungsdatum auf die Güte der Produkte geschlossen und beurteilt werden, ob eine weitere Lagerung, z. B. im Gefrierfach des Haushaltskühlschranks, möglich ist.

#### Zusammenfassung

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die organoleptischen Eigenschaften und der Nährwert geeigneter Lebensmittel durch das industrielle Gefrieren praktisch nicht verändert werden, wenn man vom Saftverlust einiger Produkte beim Auftauen absieht, daß aber mit einem Qualitätsabfall während der Lagerung gerechnet werden muß. Wie schnell sich hierbei der Genuß- und Nährwert verändern, hängt außer von der Lagertemperatur, von der Art und Zusammensetzung der Lebensmittel, sowie

von ihrer Vorbehandlung und Verpackung ab. Die mögliche Lagerdauer eines bestimmten sachgemäß vorbereiteten und verpackten Produkts wird durch die Lagertemperatur bestimmt. Durch eine Gefrierlagerung im Bereich von  $-18$  bis  $-30^{\circ}$  C, je nach der Lagerempfindlichkeit der Lebensmittel können die Veränderungen während der üblichen Lagerdauer und Vertriebszeit gering gehalten werden. Besser als mit jedem anderen Konservierungsverfahren ist es daher mit Hilfe der Gefrierkonservierung möglich, die ursprüngliche Eigenart und Güte der wichtigsten leicht verderblichen Lebensmittel über lange Zeit zu bewahren und den Verbraucher zu jeder Jahreszeit mit frischwertigen Lebensmitteln zu versorgen.

#### Literatur

1. ELLIOT, E. P. and H. D. MICHENER, Review of the microbiology of frozen foods. Conference on Frozen Food Quality (Albany, Calif., Nov. 1960). – s. a. Appl. Microbiol. **9**, 452 (1961).
2. SCHMIDT-LORENZ, W., Kältetechnik **15** (1963).
3. KÜHNAU, J., Ernährungs-Umschau **6**, 73 (1959).
4. PEARSON, A. M. et al, Food Res. **16**, 85 (1951).
5. GUTSCHMIDT, J. u. R. ZACHARIAS, Gefrierkonservierung – Untersuchungen an Gemeinschaftsgefrieranlagen. Landwirtschaft – Angewandte Wissenschaft Nr. 99 (Hiltrup bei Münster 1960).
6. KUPRIANOFF, J., Kältetechnik **12**, 284 (1960).
7. PARTMANN, W. u. J. GUTSCHMIDT, Kältetechnik **15**, 200 (1963).
8. DIETRICH, W. C. et al, Food Technol. **13**, 136 (1959).
9. LEA, F. A., A. G. WAGENKNECHT and J. C. HENING, Food Res. **20**, 289 (1955).
10. ZACHARIAS, R. u. J. GUTSCHMIDT, Eignungsprüfung von Obst- und Gemüsesorten für die Gefrierkonservierung. Landwirtschaft – Angewandte Wissenschaft Nr. 115 (Hiltrup bei Münster 1963).
11. ZSCHEILE, F. P., B. W. BEADLE and H. R. KRAYBILL, Food Res. **8**, 299 (1943).
12. WESTERMAN, B. D., B. OLIVER and D. L. MACKINTOSH, Agric. Food Chem. **3**, 603 (1955).
13. GORTNER, W. A., F. FENTON, P. E. VOLZ and E. GLEIM, Ind. Eng. Chem. **40**, 1423 (1948).
14. SCHWIMMER, S., L. L. INGRAHAM and A. M. HUGHES, Ind. Eng. Chem. **47**, 1149 (1955).
15. GUADAGNI, D. H. and C. C. NIMMO, Food Technol. **12**, 306 (1958).
16. ZACHARIAS, R., Tiefkühl-Praxis **3**, Nr. 2 u. 3 (1962).
17. KOTSCHKEVAR, L. H., J. Amer. Diet. Assn. **31**, 589 (1955).
18. Time-temperature-tolerance of frozen foods. I bis XXIV. Food Technol. **11** (1957) bis **16** (1962).

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Ing. J. GUTSCHMIDT, Bundesanstalt für Lebensmittelfrischhaltung, 7500 Karlsruhe, Kaiserstraße 12.

### Diskussion zum Vortrag 3

#### Leitung der Diskussion: K. Lang-Mainz

Herr A. S. Kovacs (Hamburg):

Die Wichtigkeit der thermischen Behandlung der Fertigware während der Lagerung für die Qualitätserhaltung wurde betont. Wie kann die thermische Geschichte zwischen Herstellung und Verbraucher kontrolliert werden, insbesondere, gibt es Erfahrungen mit den in Amerika vorgeschlagenen Zeit-Temperatur-Indikatoren?

Herr J. Gutschmidt (Karlsruhe):

Die Zeit-Temperatur-Indikatoren, die von einigen amerikanischen Firmen hergestellt werden, bieten zweifellos eine Möglichkeit, die seit der Herstellung aufgetretenen zeitlichen Temperaturschwankungen zu überprüfen, so daß man die Lagerdauer je nach der Lagertemperatur begrenzen kann. Die Indikatoren arbeiten nach unserer Erfahrung noch nicht sicher genug, um Urteile über den Zustand von Gefrierprodukten voll darauf stützen zu können; auch sind sie für eine allgemeine Anwendung in der Gefrierwirtschaft noch zu teuer. M. E. wird es noch etwas dauern, bis gut

funktionierende Indikatoren im Handel sind. Jetzt bleibt nur die Möglichkeit, die Temperatur für alle Glieder der Gefrierkette festzusetzen und dafür zu sorgen, daß die Temperatur wirklich an keiner Stelle  $-18^{\circ}$  oder den gewünschten tieferen Wert überschreitet.

Herr K. Pieh (Wiesbaden):

Es ist darauf hingewiesen worden, daß gewisse Lebensmittel sauerstoffempfindlich seien. Herr EYER machte den Vorschlag, sie in einer Stickstoffatmosphäre zu lagern. Nun ist aber das Gefriergut in der Regel nicht direkt dem Sauerstoff ausgesetzt, sondern durch eine dampfdichte Verpackung abgeschirmt. Die Empfindlichkeit des Gutes dürfte eine andere sein, wenn das Gut unverpackt lagert als wenn es verpackt lagert. Es ist also durchaus denkbar, daß eine Stickstoffatmosphäre bei dampfdichtverpacktem Gut keinen bemerkenswerten Vorteil bringt.

Herr F. Lauersen (Bonn):

Man kann Gefrieren und Tiefkühlagerung ebenso wie Garmachung als Phase der Zubereitung betrachten. Nach den eben gehörten hochinteressanten Ausführungen können sich bei Gefrieren und Tiefkühlagerung von rohen Lebensmitteln durch noch vorhandene Fermentaktivitäten schwer kontrollierbare und unerwünschte Veränderungen abspielen. Es wäre demnach empfehlenswert, nur solche Lebensmittel roh einzufrieren, bei denen es darauf ankommt, den Rohzustand zu erhalten; andere Lebensmittel, die – wie Fleisch und Fisch – nicht roh verzehrt werden, müßten hingegen grundsätzlich vor dem Einfrieren in geeigneter Form gar gemacht werden.

Herr A. L. Jung (Herborn):

Herr GUTSCHMIDT führte in seinem Vortrag aus, daß die Gefriereschwindigkeit auf die Qualität des Gefriergutes zwar einen Einfluß hat, der aber bei weitem nicht so groß ist, wie man sich das vorstellt. Nach Untersuchungen von TAMMANN wachsen beim Schnellgefrieren viele Kristalle langsam und beim langsamen Gefrieren wenige Kristalle schnell. Die beim langsamen Gefrieren entstehenden großen Kristalle verletzen die Zellmembranen, und der Zellsaft fließt beim Auftauen aus. Wie ist es nun tatsächlich? Wo liegen die Grenzen? In der neuen Literatur wird sowohl das schnelle als auch das langsame Gefrieren als gut bezeichnet. Es ist mir bis jetzt noch keine Arbeit bekannt, die darauf eine eindeutige Antwort gibt.

Herr J. Gutschmidt (Karlsruhe):

Wir haben verschiedene Produkte mit einer Gefriereschwindigkeit von 1 cm pro Stunde und auch, wie es im Land- und Stadthaushalt üblich ist, mit einer solchen von 0,2 bis 0,3 cm pro Stunde eingefroren und nur bei wenigen Produkten einen Unterschied in den organoleptischen Eigenschaften und auch in den Nährstoffen gefunden. Geringe Unterschiede fanden wir bei Gurken und bei Tomaten und außerdem noch bei Spargel, also Produkten, deren Konsistenz die Güte mitbestimmt. Diese Produkte sollen also schneller gefroren werden. Aber auch unempfindliche Lebensmittel sollte man nicht mit Geschwindigkeiten von unter 0,1 bis 0,2 cm pro Stunde, also sehr langsam, gefrieren, weil dadurch nicht nur chemische und physikalische, sondern auch mikrobiologische Veränderungen auftreten können. Wenn man sehr große Packungen gefriert oder – wie in der Landwirtschaft beobachtet worden ist – in Gefrierlagerräumen eine große Menge frischer Lebensmittel dicht stapelt, kann – da die Gefrierfront ganz langsam von der Seite her zur Mitte wandert – das Produkt in der Mitte schon verderben, ehe es zu gefrieren beginnt. Eine Gefriereschwindigkeit von über 1 bis 2 cm pro Stunde anzuwenden, bringt nur in Ausnahmefällen Vorteile. Beim Rahmgefrieren hat man ein besseres Erzeugnis bekommen, wenn man eine Gefriereschwindigkeit von mehr als 10 cm pro Stunde anwendete, und bei Hähnchen hat man die Farbe in der Oberfläche durch das Gefrieren in Flüssigkeit mit sehr hoher Gefriereschwindigkeit aufgehellt.

Herr G. Döring (Hamburg):

In den Vereinigten Staaten ist es üblich, daß die industrielle Produktion sehr häufig die Aufnahmefähigkeit des Marktes bei Tiefkühlkost übersteigt, d. h. es müssen Produkte oft länger als 1–2 Jahre gelagert werden. Eines Tages werden wir die gleiche Erscheinung bei uns sehen. Es ist also notwendig, daß die Grenzen der Lebensdauer der Tiefkühlkost bei den einzelnen Produkten, die ja sehr unterschiedlich sind, zunächst einmal wissenschaftlich definiert und dann irgendwann zum Gegenstand von Normativbestimmungen macht.

Herr J. Gutschmidt (Karlsruhe):

Es ist m. E. sehr wichtig, daß man die Haltbarkeit der einzelnen Gefrierprodukte in dem für die Lagerung angewendeten Temperaturbereich kennt. Der Qualitätsrückgang während der Gefrierlagerung ist zeittemperaturabhängig, und man ist an vielen Instituten dabei, die höchstmögliche Lagerdauer bei verschiedenen Temperaturen zu ermitteln, indem man die organoleptischen, chemischen und physikalischen Veränderungen nach verschiedener Lagerdauer bestimmt. Dadurch kommt man zu Zeit-Temperatur-Werten, die von der Gefrierwirtschaft für die Wahl der Lagerbedingungen bei einer bestimmten Lagerdauer bzw. für die Wahl der Lagerdauer bei einer bestimmten Lagertemperatur verwendet werden können. Aus den schon vorliegenden Zeit-Temperatur-Werten sieht man, daß praktisch kein Produkt über 12 Monate bei  $-18^{\circ}$  gelagert werden kann. Wenn man 2 Jahre lagern will, wird man auf eine tiefere Temperatur, vielleicht auf  $-30^{\circ}$  C gehen müssen. Normalerweise wird jedoch die Lagertemperatur zu Beginn der Lagerung entsprechend der zu erwartenden Lagerdauer von nicht über 12 Monaten festgelegt, und erst am Ende dieser Lagerperiode wird sich ergeben, daß die Produkte nicht verkauft werden können. Dann wird eine weitere Lagerung auch bei tieferer Temperatur nur möglich sein, wenn man einen größeren Qualitätsabfall in Kauf nimmt. Wenn zuverlässige Zeit-Temperatur-Indikatoren angewendet werden, kann man an ihnen ablesen, welche Veränderungen schon aufgetreten sind und welche noch zugelassen werden können.

Herr H. Burke (La Tour de Peilz/Schweiz):

Wir müssen uns fragen, wie hoch der zulässige Bakteriengehalt in einer Lebensmittelgruppe sein darf. Hierfür gibt es in Deutschland noch keine Vorschriften, und die zulässigen Zahlen in den verschiedenen Ländern sind unterschiedlich. Bevor nicht exakte Regeln bestehen, gehen wir lieber den sicheren Weg, indem wir bei der Fabrikation „übertriebene“ hygienische Verhältnisse vorschreiben.

Herr H. Eyer (München):

Ich darf als Hygieniker empfehlen, an die Verfahrensweisen der Tiefkühlung grundsätzlich strengste hygienische Anforderungen zu stellen. Das Wort Hygiene kann im Zusammenhang mit Lebensmitteln – auch im Fall der Tiefkühlung – gar nicht genug betont werden.