Zeitschrift: Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit

Band: 83 (1992)

Heft: 3

Artikel: Stabilität von Vitaminen bei der Verarbeitung von Lebensmitteln = Vitamine stability and food processing

Autor: Escher, F. / Guggenbühl Gasser, Barbara

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-982265

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg., **83**, 254–269 (1992)

Stabilität von Vitaminen bei der Verarbeitung von Lebensmitteln*

Vitamine Stability and Food Processing

F. Escher und *Barbara Guggenbühl Gasser*
Institut für Lebensmittelwissenschaft, Eidg. Technische Hochschule, Zürich

Einleitung

Vitamine sind wohl wie kaum eine andere Gruppe von Lebensmittelinhaltsstoffen beim durchschnittlichen Konsumenten Gradmesser für die ernährungsphysiologische Qualität unserer Nahrung. Der Begriff «frisch» ist in der Regel verknüpft mit «reich an Vitaminen», Verarbeitung und Haltbarmachung führen zu «leeren» Kalorien. Jede Konzentrationsabnahme von Vitaminen im Verarbeitungsprozess wird grundsätzlich als nicht aufwiegbarer Verlust und damit als Qualitätsabnahme bezeichnet.

Eine derartige Haltung kann natürlich nicht die Grundlage für die Versorgung einer Bevölkerung mit ernährungsphysiologisch vertretbarer, schmackhafter und damit akzeptierter Nahrung bilden. Vielmehr sind grundsätzlich zwei Gesichtspunkte zu berücksichtigen, welche der Expert Panel on Food Safety and Nutrition des amerikanischen Institute of Food Technologists (1) wie folgt formuliert hat:

a) «Some losses in certain vitamins during food processing are inevitable. The major consideration in evaluating food processing from a nutritional standpoint of view is the trade-off between increased food availability and the effects that each of the various processing methods has on vitamins and food quality.» Eine Marktversorgung mit Nahrungsmitteln funktioniert nicht ohne Verarbeitung und Haltbarmachung. Damit kann eine Vitaminerhaltung kaum maximiert, sondern nur optimiert werden.

b) «The degree of vitamin loss and the relative importance of the loss of a specific vitamin from a particular commodity should also be taken into consideration.» Auch wenn man das Ausmass der Vitaminveränderungen kennt, ist zu entscheiden, ob derartige Veränderungen, d. h. Verluste, für die Ernährung einer Bevölkerung wirklich relevant sind. Das ist nicht eine Frage der Lebensmitteltechnologie, sondern der Ernährungswissenschaft, der Epidemiologie und der Präventivmedizin.

* Vortrag gehalten an der 103. Jahresversammlung der Schweiz. Gesellschaft für Analytische und Angewandte Chemie vom 6./7. September 1991 in Engelberg.

In diesem Zusammenhang ist die Feststellung wichtig, dass Vitamine ganz verschiedene Funktionen ausüben (2). Vitamine sind:

- Natürliche Inhaltsstoffe mit essentieller Nährstoffunktion
- Natürliche Inhaltsstoffe mit Farbstoffcharakter (Carotinoide, Riboflavin) und mit Antioxidantiencharakter (Ascorbinsäure, Tocopherole)
- Zugesetzte Substanzen mit Nährstoffcharakter
- Zusatzstoffe, nämlich Farbstoffe (Carotinoide, Riboflavin), Antioxidantien (Ascorbinsäure, Tocopherole) und Backhilfsmittel (Ascorbinsäure)

Oft erfüllen die im Lebensmittel natürlicherweise vorhandenen Vitamine eine Indikatorfunktion, indem ihre Veränderungen unabhängig von der ernährungsphysiologischen Bedeutung gemessen werden, um bestimmte Verarbeitungsprozesse charakterisieren zu können. Ein aktuelles Beispiel dazu liefert die Messung von Vitamin C in pasteurisierter Milch, welche in neuartige Beutel verpackt worden ist. Es ging bei diesen Analysen um die Beurteilung der oxidativen Stabilität der Milch und nicht um eine effektive Nährwertanalyse. Auch Thiamin ist eingesetzt worden, um über die Abbaurate dieses Vitamins die Temperatur-Zeit-Verhältnisse gewisser Verfahren zu ermitteln (3).

Zur Vielfalt der Interpretationsmöglichkeiten von Vitaminveränderungen und zur Vielfalt der Einsatzbereiche dieser Stoffe in der Lebensmitteltechnologie kommt noch das breite Spektrum der Lehrmeinungen hinzu über die Dosen, mit welchen sich der gesunde Mensch täglich versorgen soll. Und zudem wurde gerade in jüngster Zeit in der Öffentlichkeit vermehrt darüber geschrieben, dass Vitamine in höheren als den üblichen Einnahmemengen präventiven oder therapeutischen Zwecken dienen können und dass unsere normale Diät die notwendige Versorgung nicht unbedingt sicherstellt (4). Es ist nicht Sache der vorliegenden Übersicht, auf diese ernährungsphysiologischen Fragen einzugehen. Vielmehr sollen allgemeine Zusammenhänge zwischen Lebensmittelverarbeitung und -haltbarmachung einerseits und Vitaminerhaltung bzw. -veränderungen andererseits beschrieben werden.

Methodische Gesichtspunkte bei der Angabe von Änderungen des Vitamingehaltes bei der Verarbeitung

In der Literatur existiert heute eine Fülle von Datenmaterial über Vitaminveränderungen sowohl in eigentlichen Lebensmitteln als auch in Modellen, welche bestimmte Lebensmittelgruppen darstellen (5, 6). Die Verwendung dieser Zahlen für die Beurteilung von Verarbeitungsprozessen und für die physikalisch-chemische Interpretation und Modellierung von Veränderungen wirft verschiedene Probleme auf.

1. Schwankungen in der Zusammensetzung von pflanzlichem und tierischem Rohmaterial, unterschiedliche und oft nicht genau spezifizierte Prozessbedingungen und Verwendung von unterschiedlichen Analysenmethoden lassen die Beurteilung von Veränderungen im Vitamingehalt oft nur innerhalb eines einzelnen Versuches

unter entsprechenden Referenzbedingungen, aber nicht den absoluten Quervergleich zwischen mehreren Erhebungen zu (7–9).

2. Resultate aus Versuchen mit vereinfachten Lebensmittelmodellen (z. B. wässerige Lösungen von Vitamingemischen) sind oft nur beschränkt auf reale Lebensmittel übertragbar. Vitamine weisen in Modellsystemen oft eine andere Stabilität als im wesentlich komplexer zusammengesetzten Lebensmittel auf. Der Abbau von Thiamin wird durch Wechselwirkungen mit Proteinen oder durch Absorption an Stärke verzögert (10). Umgekehrt ist Thiamin empfindlich auf SO_2, einem in der Gemüse- und Kartoffelverarbeitung häufig verwendeten Antioxidans (9). Bei der Erhitzung von Vitamin C in wässerigem Milieu ergibt ein Zusatz von β-Lactoglobulin eine stabilisierende Wirkung (11).

Zugesetzte Vitamine zeigen eine von natürlicherweise vorhandenen Vitaminen unterschiedliche Stabilität, weil ihre Assoziation mit der Lebensmittelmatrix nicht dieselbe ist. Bei der Hochtemperatur-Kurzzeit-Erhitzung von Milch wird angenommen, dass unterschiedliche Interaktionen von bereits vorhandenem und zugesetztem Vitamin A mit Milchfett für die verschiedene Erhaltung verantwortlich sind (12).

3. Im weiteren ist zu überlegen, ob die chemisch-analytisch bestimmte Vitaminkonzentration auch der physiologisch verfügbaren Menge entspricht. Biotin kommt sowohl in Mais als auch in Weizen vor, ist aber offenbar für den Mensch nur aus Mais als Vitamin verfügbar (13). Die Gesamtbestimmung von β-Carotin ergibt einen zu hohen Wert an Provitamin A, weil mit dieser Gesamtbestimmung auch die weniger oder nicht aktiven cis-Isomeren erfasst werden (14, 15). Vitamin B_6 wird beim Erhitzen gebunden oder in Vitamere übergeführt, deren Aktivität geringer ist als diejenige des ursprünglichen Pyridoxals (16–18). Niacin kommt in Getreide meist in gebundener Form vor und muss vor der Wirkung als Vitamin durch geeignete Zubereitungsprozesse freigesetzt werden (19). Werden derartige Bindungen und Umwandlungen bei der chemischen Analyse nicht berücksichtigt, liegt die Schätzung des physiologisch wirksamen Vitamingehaltes zu hoch.

Ganz allgemein basieren Nährwerttabellen, welche zur Berechnung der täglichen Versorgung herbeigezogen werden, oft nur auf den chemisch-analytischen Werten, was im Extremfall zu Fehlbeurteilungen der Vitaminversorgung einzelner Personen oder ganzer Bevölkerungsgruppen führen kann (16). Hinzu kommt die Frage von negativen Wechselwirkungen zwischen Vitaminen und Stoffen, welche über die Auswahl einer bestimmten Diät aufgenommen werden. Beispiele dazu sind etwa die bekannte Interaktion von Biotin mit Avidin bei übermässigem Genuss von rohem Eiklar oder die Senkung der Bioverfügbarkeit von Folsäure bei gleichzeitiger Einnahme grösserer Mengen an Nahrungsfasern (20). Zwischen Vitaminen und Mineralstoffen sowie zwischen einzelnen Vitaminen werden ebenfalls derartige Interaktionen beobachtet (21). Natürlich sind das wiederum Fragen vorwiegend der Ernährungslehre und weniger der Lebensmitteltechnologie.

4. Schliesslich ist es von grosser Bedeutung, die Basis für die Angaben von Vitaminverlusten und -retentionen richtig zu wählen. Für die Erhebung von Vitamin-

veränderungen über die verschiedenen Stufen eines Verarbeitungsprozesses vom Rohmaterial bis zur verzehrsfertigen Speise wird vorgeschlagen (22),
– die *absolute Retention* zum Vergleich von Input/Output zu berücksichtigen. Es lassen sich damit die effektiven Verluste der Nährstoffe charakterisieren. Die Gewichtsveränderungen des Produktes durch Wasseraufnahme (Einlegen in Wasser), Fettaufnahme (Fritieren), Wasserverlust (Trocknen), Trockensubstanzverlust (Auslaugen von Stärke, Zucker, Protein usw.) wird in die Berechnung der absoluten Retention einbezogen. In vielen industriellen Prozessen ist die Messung der Gewichtsveränderungen schwierig.
– zusätzlich die *relative Retention* zu berechnen. Sie gibt im wesentlichen an, wie sich der Nährstoffgehalt in 100 g des aktuellen Produktes, sei es des Rohstoffes, des Zwischenproduktes oder der Fertigware, verändert. Man kann das auch die Veränderung pro Portion, also den Portionenwert nennen. Oft wird die relative Retention angegeben, weil die absoluten Werte aus den oben genannten Gründen nicht bestimmbar sind.

Dass die beiden Grössen eine wesentlich verschiedene Aussage machen, lässt sich am Beispiel der industriellen Pommes-frites-Herstellung illustrieren (23, 24). Von den rohen geschnittenen Kartoffelstäbchen an führt jeder Schritt der Verarbeitung, also Blanchieren, Vorfritieren, Tiefkühllagerung und Ausbacken, zu je etwa 15% absolutem Verlust an L-Ascorbinsäuregehalt, so dass die absolute Retention über den ganzen Prozess 40% beträgt. Wird das relative Mass herbeigezogen, so enthalten 100 g ausgebackene Pommes frites praktisch gleich viel L-Ascorbinsäure wie 100 g rohe Kartoffeln. Mit anderen Worten liegt die relative Retention bei fast 100%.

Zur hohen relativen Retention ist vom ernährungsphysiologischen Standpunkt aus allerdings festzustellen, dass im Fritierprozess der Energieinhalt von 100 g Pommes frites mit der Abgabe von Wasser und der Aufnahme von Fritieröl wesentlich grösser geworden ist als derjenige von 100 g rohen Kartoffeln. Damit hat die Nährstoffdichte in mg Nährstoff pro MJ Energie abgenommen, nämlich von 50 mg/MJ auf 15 mg/MJ. Für die Beurteilung von Vitaminveränderungen ist es demnach empfehlenswert, wenn neben der absoluten und relativen Retention die Veränderung der Nährstoffdichte als dritte Grösse miteinbezogen wird.

In Erhebungen über die Nährstoffversorgung von ganzen Bevölkerungsteilen ist die Vergleichsbasis auch dahin richtig zu wählen, dass wenn möglich am Schluss der Verarbeitungskette das wirklich essfertig zubereitete und servierte Produkt berücksichtigt wird (22). Nur dann sind die Erhebungen wirklich aussagekräftig.

Ursachen für Veränderungen des Vitamingehaltes während der Verarbeitung

Mechanische Trennprozesse

Durch mechanische Trennprozesse (Schälen, Mahlen und Sichten, Pressen, Filtrieren usw.) ergeben sich relative Verluste und Anreicherungen von Vitaminen,

und zwar immer dann, wenn in den einzelnen Fraktionen unterschiedliche Vitaminkonzentrationen vorkommen. Klassische Beispiele dazu liefern das Schälen von Kartoffeln, wodurch die vitaminreiche Aussenpartie der Knolle abgetrennt wird (25), oder die Fraktionierung des Getreidekornes beim Mahlen, wobei sowohl vitaminreiche als auch vitaminarme Fraktionen entstehen (13). Bei Mais kann anhand der Niacingehalte gezeigt werden, dass diese Auftrennung verschieden ist, je nachdem ob es sich um eine trockene Vermahlung oder um die Nassvermahlung (Corn wet milling) handelt (26).

Ein besonderer Fall von mechanischer Abtrennung vitaminhaltiger Produktteile ist heute bei der Herstellung von fettarmen Lebensmitteln mit reduziertem Energieinhalt zu beachten. Mit der Entfernung der Fettphase gehen grosse Teile der fettlöslichen Vitaminfraktion verloren. Es ist zu überlegen, ob damit allenfalls eine Unterversorgung mit diesen Vitaminen entstehen könnte, in welchem Falle eine Vitaminierung derartiger Produkte sicher angezeigt wäre.

Auslaugen

Verluste von wasserlöslichen Vitaminen durch Auslaugen können inbesondere bei Gemüsen, Kartoffeln und Früchten eine sehr wichtige Rolle spielen. Die Auslaug- oder Diffusionsvorgänge laufen immer dann ab, wenn das Lebensmittel in Wasser blanchiert, gegart und aufbewahrt oder in Aufgussflüssigkeit pasteurisiert und sterilisiert wird. Auch bei einer entsprechenden Dampfbehandlung findet eine gewisse Auslaugung statt. Der einfachste Mechanismus des Vitaminverlustes aus pflanzlichem Gewebe ist das Ausfliessen von Zellinhalt durch aufgebrochene Zellen in das umgebende Medium.

Oft handelt es sich um eine echte *Diffusion* von Vitaminen durch die Zellwände. Sie wird bestimmt durch das Konzentrationsgefälle, den Diffusionskoeffizienten des betrachteten Vitamins und die Kontaktzeit zwischen Lebensmittel und umgebendem Milieu. Daraus ergibt sich, dass für die Minimierung von Verlusten einerseits die umgebende Phase mengenmässig möglichst klein zu halten ist, damit rasch ein Konzentrationsausgleich stattfindet und die absolut ausdiffundierte Menge beschränkt bleibt. Andererseits sollte die Kontaktzeit dem Prozess entsprechend auf ein Minimum beschränkt werden.

Neben der Zeit und dem Konzentrationsgefälle stellt die Austauschfläche die dritte wesentliche Grösse dar, welche das Ausmass der Diffusion bestimmt. Frisch geschälte und gerüstete Kartoffeln und Gemüse, welche zur Verhinderung von oxidativen Veränderungen in Wasser aufbewahrt werden, sollten deshalb wenn möglich noch nicht fein geschnitten sein, um das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen möglichst klein zu halten (27). Auch während des Blanchierens von Kartoffelstäbchen in der Pommes-frites-Herstellung gehen bei derselben Blanchierwirkung (z. B. Inaktivierung von Enzymen) aus dicken Stäbchen weniger wasserlösliche Nährstoffe verloren als aus dünn geschnittenen Stücken (28).

Diffusionsvorgänge von wasserlöslichen Vitaminen aus Kartoffeln und Gemüsen wurden experimentell eingehend untersucht und daraus Optimierungsmodelle

insbesondere für Blanchierprozesse abgeleitet (29–37). Entsprechend den oben angegebenen Prinzipien bestätigt sich, dass diejenigen Blanchierverfahren, welche mit geringen Flüssigkeitsmengen auskommen oder mit Dampf ausgeführt werden, zu geringeren Verlusten führen als die konventionellen Methoden mit grossen Wasserbädern. Nach Versuchen mit Laboranlagen soll sich das Mikrowellenblanchieren in dieser Hinsicht ebenfalls als vorteilhaft erweisen; praktische Erfahrungen im grösseren Massstab fehlen allerdings noch.

Für die Garung und Zubereitung von Lebensmitteln lassen sich in Analogie zum Blanchieren dieselben Feststellungen machen. Alle Garverfahren, welche mit wenig Wasser arbeiten, führen in bezug auf die Auslaugung zu einer höheren Retention (38–42). Dies ist wiederum ein Vorteil der Garung im Mikrowellenofen (43). Als Spezialfall kann angenommen werden, dass beim Fritieren von Kartoffelstäbchen in Öl keine Diffusion von wasserlöslichen Vitaminen stattfindet. Wieweit dann allerdings Hitze- oder Oxidationsschädigungen diesen Gewinn wieder kompensieren, hängt vom jeweiligen Garprozess ab.

In pasteurisierten und sterilisierten Gütern lassen sich Auslaugverluste nur durch Verringerung der Aufgussmenge minimieren. Tatsächlich kann die Retention von Vitamin B_1 und C bei der Herstellung von hitzesterilisierten Gemüse- und Kartoffelkonserven beträchtlich erhöht werden, wenn diese Produkte mit ganz wenig Aufguss in Beuteln (44–46) oder mit der Vakuumfülltechnik in Dosen (47) verpackt werden. Man muss aber bedenken, dass mit der Senkung der Aufgussmenge die Aufheizcharakteristik der Füllgüter derart verändert sein kann, dass durch längere Sterilisationszeiten und damit grössere Hitzeeinwirkung höhere Verluste von hitzelabilen Vitaminen resultieren. Eine grössere Hitzebelastung lässt sich höchstens mit Direktsterilisation und anschliessender aseptischer Füllung vermeiden.

In einem Falle werden Diffusionsphänomene im Sinne der Vitaminerhaltung positiv genutzt: Das Par-boiling von Reis vor dem Schälen führt zu einer Konzentrationsverlagerung von Thiamin aus den Schalen in das Endosperm, so dass die Versorgung mit Vitamin B_1 auch beim ausschliesslichen Konsum von geschältem Reis mehr oder weniger sichergestellt wird (27, 48).

Chemische Reaktionen

Veränderungen im Vitamingehalt werden auch durch *enzymatische* oder *nichtenzymatische Oxidationen,* durch *Abbaureaktionen* bei *Hitzeeinwirkung* sowie in einzelnen Fällen durch *Reaktionen mit Inhaltsstoffen* des Lebensmittels oder *Zusatzstoffen* hervorgerufen. *Abbaureaktionen* bei *Langzeitlagerung* sind mit Hitzeschädigungen vergleichbar, indem dieselben Reaktionen einfach bei tieferen Temperaturen, dafür während viel längerer Zeit, ablaufen. Die Vitamine können nach ihrer Empfindlichkeit gegenüber Hitzeeinwirkung und Oxidationen entsprechend den Angaben in Tabelle 1 in vier Stabilitätsstufen eingeordnet werden.

Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, dass die wasserlöslichen Vitamine insbesondere auf Hitzeschädigungen, z. T. aber auch auf Oxidationen, deutlich

empfindlicher sind als die fettlöslichen Vitamine. Dadurch, dass Vitamin C und Vitamin B_1 auch leicht auslaugbar sind und dass deren analytische Bestimmung heute gut ausgereift ist, wird ebenfalls verständlich, dass diese beiden Vitamine so häufig als Indikatorsubstanzen für Nährstoffveränderungen in der Lebensmittelverarbeitung dienen. Unter den fettlöslichen Substanzen kommt dem β-Carotin dieselbe Funktion zu, wobei in diesem Falle der oxidative Abbau dieses Provitamins immer auch mit Farbverlust und der Bildung von Off-flavors verknüpft ist.

In der Tabelle 1 sind die weiteren Einflussfaktoren auf die chemischen Veränderungen nicht vermerkt. Es ist klar, dass sowohl Hitzeschädigungen als auch Oxidationen stark vom im Lebensmittel vorliegenden *Wassergehalt* bzw. von der im Produkt herrschenden *Wasseraktivität* abhängen (50). Am besten untersucht worden ist die Beziehung zwischen Wasseraktivität und Stabilität von L-Ascorbinsäure, welche besagt, dass mit zunehmender Trockenheit des Lebensmittels mit zunehmend höheren Ascorbinsäure-Retentionen zu rechnen ist (51), weil sowohl die Oxidation als auch der thermisch bedingte Abbau wassergehaltkontrolliert ist. Dasselbe gilt für die Oxidation von Carotinoiden in Trockenprodukten wie Mehl (52).

Tabelle 1. Relative Stabilität von Vitaminen während der Verarbeitung (49)

Stabilität	Wasserlösliche Vitamine		Fettlösliche Vitamine	
1	Vitamin C	T, O_2		
	Folsäure	T, O_2		
2	Vitamin B_1	T, O_2, SO_2		
	Vitamin B_2	T		
3	Pantothensäure	T	Retinol	O_2, T
	Vitamin B_6	T	β-Carotin	O_2, T
	Niacin	T	Vitamin E	O_2
4	Vitamin B_{12}		Vitamin D	
	Biotin		Vitamin K	

1 = unstabil, 4 = stabil, T = hitzeempfindlich, O_2 = oxidationsempfindlich

Im weiteren hat der *pH-Wert* einen Einfluss auf die Stabilität. Für eine erhöhte Thiaminretention bei der Hitzebehandlung durch Sterilisation wird zum Beispiel vorgeschlagen, das entsprechende Lebensmittel leicht anzusäuern (53), falls dies auch in organoleptischer Hinsicht tolerierbar ist. Umgekehrt ist Ascorbinsäure in sehr sauren Fruchtsäften, wie Zitronen- und Limonensaft, empfindlicher auf den Abbau durch nichtenzymatische Bräunungsreaktionen als in mittelsauren Produkten (Orangensaft), so dass bei der Herstellung von Zitronensaftkonzentraten auch schon eine Anhebung des pH-Wertes erwogen worden ist (54).

Oxidationen

Zur Minimierung von Vitaminverlusten durch Oxidationen stehen verschiedene Möglichkeiten offen. Falls enzymatische Reaktionen mit im Spiel sind, drängt sich ein Blanchieren auf, sofern man bei diesem Prozess entsprechende Auslaugverluste in Kauf nimmt (29). Für die anschliessende Gefrierlagerung ist die Enzyminaktivierung vorteilhaft, da wiederholt festgestellt wurde, dass nicht blanchierte Ware wesentlich höheren Oxidationsraten unterliegt (55, 56). Natürlich spielt bei der Tiefkühllagerung die Autoxidation in der Regel eine grössere Rolle und wirkt im Prinzip als limitierender Faktor bei der Festlegung der maximalen Lagerstabilität. Für zu trocknende Güter ist eine Blanchierung ebenfalls angezeigt, obwohl auch hier die Autoxidation im Vordergrund steht.

Die zweite Massnahme zur Senkung der oxidativen Veränderungen ist die Entfernung des Sauerstoffes aus dem Produkt, in der Regel verbunden mit einer Verpackung in sauerstoffundurchlässiges Verpackungsmaterial. Das Ausmass der Entlüftung und die Wahl geeigneter Packstoffe hat sich als kritisch für die Retention von Vitamin C in Zitrussäften erwiesen (57). Viele Daten sind über den Einfluss von Restsauerstoff auf die Vitamingehalte von Milch verfügbar (58, 59), wobei für Milchprodukte die Lichteinwirkung ebenfalls eine Rolle spielt (60). Auch für hitzesterilisierte Gemüse in Dosen ergeben Füllprozesse unter möglichst weitgehendem Sauerstoffausschluss höhere Vitamin-C-Retentionen während der Lagerung (47). Dasselbe gilt natürlich auch für Trockenprodukte in Kombination mit der bereits genannten Einstellung des optimalen Wassergehaltes.

Schliesslich kann die Stabilität oxidationsempfindlicher Vitamine mit Antioxidantien angehoben werden. Für Ascorbinsäure in Zitrussäften wirkt Zinn stabilisierend. Mit der Verwendung von nicht lackierten Weissblechdosen wurde früher dieser stabilisierende Effekt ausgenutzt, wobei als Nachteil eine nicht kontrollierte Abgabe von Zinn in den Zitrussaft und die Entwicklung von Off-flavors in Kauf genommen werden mussten (57, 61). Auch andere antioxidativ wirkende Stoffe wie Cystein und SO_2 ergeben in pasteurisierten Zitrussäften höhere Retention an Vitamin C (62).

SO_2 wird ganz allgemein als Antioxidans in der Gemüse- und Kartoffeltechnologie verwendet. In bezug auf Vitamine hat man mit dem Einsatz dieses Zusatzstoffes unter anderem die Stabilisierung von β-Carotin im Auge. Wie oben bereits erwähnt und auch in Tabelle 1 angegeben, wird Thiamin in Gegenwart von SO_2 wesentlich rascher abgebaut. Das ist mit ein Grund, dass heute die Verwendung von SO_2 in jenen Lebensmitteln, die für die Thiaminversorgung der Bevölkerung relevant sind, wesentlich restriktiver gehandhabt wird (63).

Im Zusammenhang mit oxidativen Veränderungen ist noch auf die Bedeutung von Vitamin E in Fritierprozessen hinzuweisen. Vitamin E aus pflanzlichen Ölen wirkt als antioxidatives Prinzip und soll während des Fritierens die Ascorbinsäure in Kartoffeln stabilisieren (64). Wird nun das Fritieröl übermässig lange erhitzt, geht einerseits Vitamin E verloren, andererseits soll auch die Vitamin-C-Retention im Endprodukt kleiner sein.

Abbau durch Hitzeschädigung und Langzeitlagerung

Während oxidative Veränderungen von Vitaminen vielfach über die oxidativen Veränderungen von Farbe und Flavor automatisch beachtet und bei der Auslegung von Verarbeitungs- und Haltbarmachungsprozessen sowie bei der Wahl der Lagerbedingungen berücksichtigt werden, sind für die Reduktion der Vitaminverluste durch Hitzeschädigungen meist spezifische Anpassungen der Verfahren notwendig. Entsprechend umfangreich ist die Information über die Kinetik des thermisch bedingten Vitaminabbaus, z.T. in Form von Tabellen (10), und über die Möglichkeiten der Prozessoptimierung (64–69). Dieselben Daten und Modelle werden auch für die Lagerstabilität, d. h. für den Vitaminabbau bei Umgebungstemperatur verwendet (70–72), da die Abbaureaktionen ja grundsätzlich gleichgeartet wie beim Erhitzen sind.

Die meisten Optimierungsmodelle gehen davon aus, dass der *Zeiteinfluss* auf den thermischen Abbau der hitzeempfindlichen Vitamine vereinfachend mit Reaktionen 1. Ordnung beschrieben werden kann. Für konstante Temperaturen werden daher die *Reaktionskonstanten* k (Zeit^{-1}) oder die *D-Werte* (Reaktionszeit, nach welcher die Vitaminkonzentration um einen Faktor 10 kleiner geworden, d. h. auf 10% des Ausgangswertes gesunken ist) tabelliert (10). In gewissen Fällen wird auch die Halbwertszeit angegeben, so etwa für Folsäure (73).

Für den Thiaminabbau in Milch sind sowohl Daten zum Zeiteinfluss auf der Basis der Reaktion 1. Ordnung (74) als auch zur experimentell exakt nachgewiesenen 2. Ordnung (75–77) verfügbar. Wenn nach dem Schema 2. Ordnung gerechnet wird, so lassen sich sämtliche Verluste von der HTST-Erhitzung (High-temperature short-time) im Sekundenbereich bis zur Lagerung über Monate korrekt erfassen.

Der *Temperatureinfluss* wird über die Arrheniusgleichung mit der *Aktivierungsenergie* E_a erfasst. Oft wird vereinfachend der in der Sterilisationstechnologie gebräuchliche *z-Wert* (Temperaturänderung, die notwendig ist, um eine Reaktion um den Faktor 10 zu beschleunigen oder zu verlangsamen) verwendet.

Die beiden Werte lassen sich näherungsweise ineinander umrechnen. Die wohl umfassendste Studie über den Temperatureinfluss des thermischen Vitaminabbaus wurde wiederum für Thiamin in Milch durchgeführt (77), und zwar für den Bereich von für Milch üblichen Lagertemperatur bis zur Temperatur der HTST-Behandlung.

Die experimentellen Befunde zeigen deutlich, dass die Temperaturabhängigkeit des thermisch bedingten Vitaminabbaus wesentlich geringer ist als diejenige der Inaktivierung von Mikroorganismen. Die *z*-Werte für vegetative Keime liegen bei 4–7 °C, für hitzeresistente Sporen bei 7–12 °C, diejenigen für den Vitaminabbau zwischen 25 und 35 °C. Bei identischer mikrobiologisch definierter Pasteurisations- oder Sterilisationswirkung resultieren mit steigender Prozesstemperatur und entsprechend kürzeren Prozesszeiten steigende Vitaminretentionen. Voraussetzung für die Verbesserung der Retention ist natürlich ein möglichst rasches Aufheizen und Abkühlen des Produktes. Weil diese Forderung technisch nicht ohne weiteres zu erfüllen ist, beschränken sich die Anwendungen schonender HTST-

Verfahren gegenwärtig auf flüssige Güter sowie auf kleinstückige Güter in Flüssigkeit, welche erst nach der Hitzebehandlung steril verpackt werden. Für grössere Stücke und bereits verpackte Produkte käme hier allenfalls die Mikrowellenbehandlung zum Einsatz.

Die bisher besprochenen Optimierungsmodelle gehen davon aus, dass der Wassergehalt während des Prozesses bzw. während der Lagerung konstant bleibt. Mit änderndem Wassergehalt, also beim Konzentrieren und Trocknen von Lebensmitteln, werden die Verhältnisse komplex, da sich die kinetischen Werte in Abhängigkeit des Wassergehaltes oder der Wasseraktivität ändern. Die numerische Vorhersage von Vitaminretentionen ist vor allem für kurze Trocknungsprozesse (Sprühtrocknung, Walzentrocknung) unsicher; in der Regel muss man die Retentionen für den Einzelfall experimentell bestimmen. Bei der Trocknung – und dasselbe gilt auch für Räuchern (78) – ist zudem die Unterscheidung zwischen thermischer und oxidativer Wirkung auf die Vitamine nicht immer eindeutig zu machen. Der oxidative Vitaminabbau ist bei vielen Trocknungsverfahren verantwortlich für die relativ geringen Retentionen (79).

In einem Fall, nämlich beim bereits erwähnten Niacin, führt die Hitzebehandlung nicht primär zum Abbau, sondern zur Freisetzung und damit erst zur Bildung der physiologisch wirksamen Form (19). Niacin wird im Mais beim Kochprozess im leicht alkalischen Milieu freigesetzt, was sicher der Grund dafür ist, dass die traditionellen Tortillaprodukte in Mittelamerika immer mit Zusatz von etwas Kalk zubereitet wurden. Auch im Kaffee wird Nikotinsäure mit dem Röstprozess aus Trigonellin freigesetzt, so dass im gerösteten Kaffee mindestens ein Vitamin verfügbar ist und das Getränk nicht zum reinen Genussmittel wird.

Hinweise auf Neuentwicklungen und Schlussbetrachtungen

Die allgemeinen Angaben über die verschiedenen Möglichkeiten von Vitaminverlusten und -abbau bei einzelnen Herstellungsschritten genügen nicht immer, im Sinne einer Summenbildung verbindliche Angaben zur Vitaminstabilität über ganze Verarbeitungsketten zu machen. Oft muss der Prozess in seiner Gesamtheit analysiert werden. Das gilt besonders auch für neue Technologien, die ein wachsendes Segment des Marktes darstellen und damit zunehmend relevant für die Vitaminversorgung der Bevölkerung werden.

Zu diesen Technologien ist sicher das *Catering*, d. h. die Bereitstellung von Nahrungsmitteln in der Industrie und in der Grossküche für die Gemeinschaftsverpflegung (Restaurant, Kantine, Spital) oder für den Mahlzeitendienst in Einzelhaushalten zu zählen. Die Vielfalt von Zubereitungsarten und Rezepturen machen Erhebungen über die Vitaminstabilität recht kompliziert (80, 81). *Kühllagerung* als Technologie mit grossem Frischeaspekt («Minimally processed foods») ist meist ein Bestandteil des Caterings. Aus mikrobiologischen Gründen ergeben sich für die Kühllagerung strenge Massstäbe an die Lagerbedingungen, was sich auch auf die Vitaminstabilität derartiger Produkte günstig auswirkt (82).

Zur Kühlung kommt auch die Anwendung der *Verpackung in kontrollierter* oder *modifizierter Gasatmosphäre* (CAP und MAP) hinzu, so dass rohe Gemüse- und Fruchtprodukte heute viel länger gelagert werden können. Die Abschätzung der Vitaminstabilität braucht in diesem Falle vor allem Kenntnisse der Nacherntephysiologie der verschiedenen Gemüse und Früchte (83). Dass diese physiologischen Verhältnisse recht komplex sein können, lässt sich allein aus der Feststellung ableiten, dass zum Beispiel die konventionelle Lagerung von Kartoffeln in klimatisierten und gekühlten Räumen zwar zu einem Vitamin-C-Verlust führt, der in der Grössenordnung von 30% in 6 Monaten führt (84), dafür aber eine signifikante Neusynthese und damit Anreicherung von Vitamin B_6 beobachtet wird (85).

Diese punktuellen Hinweise auf Neuentwicklungen mögen zeigen, dass es auch in Zukunft wichtig sein wird, Vitaminveränderungen über verschiedene Verarbeitungswege zu verfolgen und vor allem auf ihre ernährungsphysiologische Bedeutung hin zu interpretieren. Dabei ist nochmals deutlich festzuhalten, dass man für die Erzielung der mikrobiologischen Sicherheit und der toxikologischen Unbedenklichkeit wie auch oft für die Gewinnung eines schmackhaften Produktes um die Tolerierung gewisser Vitaminveränderungen bei der Verarbeitung und Haltbarmachung nicht herumkommt. Gesamthaft wird man wohl feststellen dürfen, dass in unserem gegenwärtigen Lebensmittelsortiment das Angebot an sorgfältig verarbeiteten haltbaren Produkten mit entsprechend optimierten Vitaminretentionen vorhanden ist und dass es Sache des Konsumenten ist, dieses Angebot im Sinne der Erhaltung seiner Gesundheit auch zu nutzen.

Zusammenfassung

Neben ihrer Funktion als essentielle Mikronährstoffe und als technologische Zusatzstoffe stellen Vitamine oft Indikatorsubstanzen für die Beurteilung des Einflusses von Verarbeitungs- und Haltbarmachungsprozessen auf die Qualität von Lebensmitteln dar. Angaben über Vitamingehalte auf rein analytischer Basis und über Vitaminveränderungen sind auch von der ernährungsphysiologischen Seite her sorgfältig zu interpretieren. Als wichtige Ursachen für die Veränderungen des Vitamingehaltes kommen mechanische Abtrennung, Auslaugung und chemische Reaktionen in Frage. Bei den chemisch bedingten Veränderungen ist zwischen Oxidation, thermisch bedingtem Abbau und Reaktionen mit anderen Lebensmittelinhaltsstoffen zu unterscheiden. In einigen Spezialfällen werden Vitamine erst durch entsprechende Herstellungsschritte freigesetzt und verfügbar gemacht. Es steht eine grosse Menge an experimentellen Daten zur Verfügung, welche für die Optimierung der Vitamin-erhaltung in der Lebensmittelverarbeitung beigezogen werden können.

Résumé

Les vitamines, en plus de leur fonction de micronutriments essentiels et d'additifs technologiques, font souvent office de substances indicatrices de l'influence des procédés d'élaboration et de concentration sur la qualité des denrées alimentaires. Les données purement analytiques sur la teneur en vitamines et celles concernant les modifications des vitamines doivent être interprétées également du point de vue nutritionnel. Les mécanismes

influençant notoirement la perte des vitamines sont la séparation mécanique, l'extraction et les réactions chimiques. Parmi les reactions chimiques il faut distinguer l'oxydation, la destruction d'origine thermique et les réactions avec d'autres composants alimentaires. Dans certains cas, les vitamines ne sont libérées et se faisant rendues disponibles qu'au cours d'une étape particulière du procédé de production. Une quantité importante de données expérimentales est à disposition et peut être mise à profit pour l'optimalisation de la conservation des vitamines lors du traitement des aliments.

Summary

Vitamins are not only essential micronutrients and food additives for various purposes. They may also exhibit a function as indicators to monitor quality changes during food processing and preservation. Data on vitamin contents on a strictly analytical base as well as data on changes in vitamin content should always be evaluated from a nutritional point of view. Primary causes for vitamin losses may be mechanical separation, leaching and chemical reactions. Chemical degradation can either be due to oxidation, thermal breakdown or interaction with other food components. In some special cases, vitamins are only set free and rendered physiologically active by particular processing steps. A large number of experimental data are available which can be used for optimizing vitamin retention during food processing.

Literatur

1. Institute of Food Technologists: Effects of food processing on nutritive value. Scientific status summary. Food Technol. **40** (12), 109–116 (1986).
2. *König, S.:* Vitamine als Zusatzstoffe in der Lebensmittelindustrie. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **83,** 10–19 (1992).
3. *Guzman-Tello, R.* and *Cheftel, J.C.:* Thiamine destruction during extrusion cooking as an indicator of the intensity of thermal processing. Int. J. Food Sci. Technol. **22,** 549–562 (1987).
4. *Touflexis, A.:* The new scoop on vitamins, cover story. Time – The Weekly Magazine, April 6, 1992.
5. *Karmas, E.* and *Harris, R.S. (eds.):* Nutritional evaluation of food processing, 3rd ed. Van Nostrand Reinhold Co., New York, 1988.
6. *Bender, A.E.:* Food processing and nutrition. Academic Press, Inc., London 1978.
7. *Bender, A.E.:* Nutritional changes in food processing. In: Thorne, S. (ed.), Development in food preservation **4,** 1–33, Elsevier Applied Science Publ., London 1987.
8. *Rumm-Kreuter, D.* and *Demmel, I.:* Comparison of vitamin losses in vegetables due to various cooking methods. J. Nutr. Sci. Vitaminol. **36,** 7–15 (1990).
9. *Müller, H.R.:* The effect of industrial handling on micronutrients. J. Nutr. Vitaminol. **36,** 47–55 (1990).
10. *Villota, R.* and *Hawkes, J.G.:* Kinetics of nutrients and organoleptic changes. In: Okos, M. (ed.). Physical and chemical properties of foods, pp. 266–366. Amer. Soc. Agr. Eng., Michigan, 1986.
11. *Dai-Dong, J.X.* and *Nardy, J.:* Stabilisation de la vitamine C par la béta-lactoglobuline lors du traitement thermique. Sciences Aliments **10,** 393–401 (1990).

12. *Lau, B.L.T., Kakuda, Y.* and *Arnott, D.R.:* Effect of milk fat on the stability of vitamin A in ultra-high temperature milk. J. Dairy Sci. **69,** 2052–2059 (1986).
13. *Hegedüs, M., Pedersen, B.* and *Eggum, B.O.:* The influence of milling on the nutritive value of flour from cereal grains. 7. Vitamins and tryptophan. Qual. Plant. Plant Food Hum. Nutr. **35,** 175–180 (1985).
14. *Erdman, J.W., jr., Poor, C.L.* and *Dietz, J.M.:* Factors affecting the bioavailability of vitamin A, carotenoids and vitamin E. Food Technol. **42,** 214–221 (1988).
15. *Schwartz, S.J.* and *Catagnani, G.L.:* Analysis of *cis*-beta-carotenes in food and colorant additives. In: Southgate, D.A.T., Johnson, I.T. and Fenwick, G.R. (eds.). Nutrient availability: Chemical and biological aspects. Special Publication No. 72, pp. 80–82. Royal Society of Chemistry, London 1989.
16. *Ekanayake, A.* and *Nelson, P.E.:* Effect of thermal processing on lima bean vitamin B_6 availability. J. Food Sci. **55** (1), 154–157 (1990).
17. *Gregori, J.F., Ink, S.L.* and *Sartain, D.B.:* Degradation and binding to food proteins of vitamin B_6 compounds during thermal processing. J. Food Sci. **51,** 1345–1351.
18. *Bitsch, R.* and *Möller, J.:* Evaluation of the vitamin B_6 content in foods by HPLC analysis. In: Southgate, D.A.T., Johnson, I.T. and Fenwick, G.R. (eds.), Nutrient availability: Chemical and biological aspects. Special Publication No. 72, pp. 77–79. Royal Society of Chemistry, London 1989.
19. *Kötz, R.* and *Neukom, H.:* Nature of bound nicotinic acid in cereals and its release by thermal and chemical treatment. In: Hoyem, T. and Kvale, O. (eds.). Physical, chemical and biological changes in food caused by thermal processing, pp. 305–310. Applied Science Publ., London 1977.
20. *Bailey, L.B.:* Factors affecting folate bioavailability. Food Technol. **42,** 206–212 (1988).
21. *Levander, O.A.* and *Cheng, L. (eds.):* Micronutrient interactions: vitamins, minerals, and hazardous elements. Annals of the New York Academy of Sciences, vol. **355,** 1980.
22. *Blumenthal, A., Escher, F., Gappisch, F., Hodler, B., Lutz, A., Schär, J., Scheffeldt, P., Solms, J.* and *Streuli, H.:* Über die Berechnung und die Darstellung von Nährstoffdaten. Lebensm. Wiss. Technol. **21,** 1–7 (1988).
23. *Keller, Ch., Escher, F.* und *Solms, J.:* Über die Nährstofferhaltung im Fritierprozess – Untersuchungen am Beispiel der Pommes-frites-Herstellung. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **81,** 68–81 (1990).
24. *Escher, F., Keller, Ch.* und *Solms, J.:* Nährstofferhaltung bei der Herstellung von Pommes frites. Landwirtschaft Schweiz **3,** 343–347 (1990).
25. *Augustin, J., Johnson, S.R., Teitzel, C., True, R.H., Hogan, J.M., Toma, R.B., Shaw, R.L.* and *Deutsch, R.M.:* Changes in the nutrient composition of potatoes during home preparation. Amer. Potato J. **55,** 653–662 (1978).
26. *Wall, J.S.* and *Carpenter, K.J.:* Variation in availability of niacin in grain products. Food Technol. **42,** 198–204 (1988).
27. *Bender, A.E.:* Changes in micronutrients due to industrial processing. Bibliotheca Nutr. Dieta **34,** 44–55 (1985).
28. *Keller, Ch.:* Fritieren in der Lebensmittelverarbeitung – Untersuchungen am Beispiel der Herstellung von Pommes frites. Dissertation ETH Nr. 8674, Zürich 1988.
29. *Bognar, A.A.:* Vitaminabbau bei der Be- und Verarbeitung von Gemüse. Lebensmitteltechnik **19,** 541–554 (1987).
30. *Bühler, K.D.* und *Gierschner, K.D.:* Vergleich von Mikrowellenblanchieren mit konventionellem Blanchieren hinsichtlich der Erhaltung von wertgebenden Inhaltsstoffen des Blanchiergutes. Ernährungsumschau **35** (6), 216–220 (1988).

31. *Garotte, R.L., Silva, E.R.* and *Bertone, R.A.:* Losses by diffusion of ascorbic acied during water blanching of potato tissue. Lebensm. Wiss. Technol. **19,** 263–265 (1986).
32. *Hough, G., Alzamora, S.M.* and *Chirife, J.:* Effect of piece shape and size on leaching of vitamin C during water blanching of potato. J. Food Eng. **8,** 303–310 (1988).
33. *Hough, G., Alzamora, S.M., Chirife, J.* and *Marini, C.:* Verification of a theoretical model for predicting leaching losses of ascorbic acid during water blanching of peas. Lebensm. Wiss. Technol. **23,** 126–129 (1990).
34. *Lane, R.H., Boschung, M.D.* and *Abdel-Ghany, M.:* Ascorbic acid retention of selected vegetables blanched by microwave and conventional methods. J. Food Quality **8** (2/3), 139–144 (1985).
35. *Luna, J.A.* and *Carrote, R.L.:* Prediction of vitamin C retention of potato strips blanched in water. J. Food Sci. **52,** 634–638, 672 (1987).
36. *Muftugil, N.:* Effect of different types of blanching on the color and the ascorbic acid and chlorophyll contents of green beans. J. Food Process. Preserv. **10,** 69–76 (1986).
37. *Poulsen, K.P.:* Optimization of vegetable blanching. Food Technol. **40** (6), 122–140 (1986).
38. *Blumenthal, A., Meier, M.* und *von Känel, B.:* Zu den Nährstoffgehalten tischfertiger Nahrungsmittel. 1. Die Vitamin-C-Gehalte frischer und industriell tiefgekühlter Blattspinate vor und nach haushalts- und grossküchenmässiger Zubereitung. Alimenta **19,** 95–97 (1980).
39. *Bognar, A.:* Nährstoffverluste bei der haushaltmässigen Zubereitung von Lebensmitteln. AID-Verbraucherdienst **28,** 161–171; 201–210 (1983).
40. *Kumura, M., Itokawa, Y.* and *Fujiwara, M.:* Cooking losses of thiamin in food and its nutritional significance. J. Nutr. Sci. Vitaminol. **36,** 517–524 (1990).
41. *Hudson, D.E., Dalal, A.A.* and *Lachance, P.A.:* Retention of vitamins in fresh and frozen broccoli prepared by different cooking methods. J. Food Quality **8,** 45–50 (1985).
42. *DeSouza, S.C.* and *Eitenmiller, R.R.:* Effects of processing and storage on the folate content of spinach and broccoli. J. Food Sci. **51,** 626–628 (1986).
43. *Gerster, H.:* Vitamin losses with microwave cooking. Food Sci. Nutr. **42F,** 1973–1981 (1989).
44. *Bloeck, M., Iseli-Winter, S., Perren, M., Escher, F.* and *Solms J.:* Quality changes during storage of heat-sterilized vegetables. In: Charalambous, G. (ed.). The shelflife of food and beverages. 4th International Flavor Conference, pp. 393–411. Elsevier Science Publ., Amsterdam 1986.
45. *Bloeck, M., Escher, F.* und *Solms, J.:* Qualitätserhaltung von hitzesterilisierten Konserven in halbstarren und flexiblen Aluminiumbehältern am Beispiel Bohnen. Verpackungs-Rundschau. Techn. Wiss. Beilage **39** (3), 17–24; (6), 47–53 (1988).
46. *Bloeck, M., Escher, F.* und *Solms, J.:* Über die Erhaltung von Ascorbinsäure in hitzesterilisierten Bohnenkonserven. Lebensm. Technol. **21** (5), 98–100 (1988).
47. *Margadant, P.:* Untersuchungen über die Oxidationsstabilität und über die Vakuumverpackung von Sterilkonserven. Dissertation ETH Nr. 9385, Zürich 1991.
48. *Grewal, P.K.* and *Sangha, J.K.:* Effect of processing on thiamin and riboflavin contents of some high-yielding rice varieties of Punjab. J. Sci. Food Agric. **52,** 387–391.
49. *Paulus, K.:* Vitamin degradation during food processing and how to prevent it. In: Somogyi, J.C. and Müller, H.R. (eds.). Nutritional impact of food processing. Bibl. Nutr. Dieta **43,** 173–187 (1989).
50. *Ryley, J.:* The effect of water activity on the stability of vitamins. In: Hardmann, T.H. (ed.). Water and food quality, pp. 325–355. Elsevier Applied Science Publ., London 1989.

51. *Labuza, T.P.:* Nutrient losses during drying and storage of dehydrated foods. Crit. Rev. Food Technol. **3,** 217–240.
52. *Arya, S.S.* and *Thakur, B.R.:* Effect of water activity on vitamin A degradation in wheat flour (Atta). J. Food Protection **14,** 123–134 (1990).
53. *Briozzo, J., Basualdo, R.N., Carrera, A., Alzamora, S.M.* and *Chirife, J.:* Improvement of thiamin retention in canned low-acid food through pH adjustment. J. Food Sci. **52,** 827–829 (1987).
54. *Swisher, H.E.* and *Swisher, L.H.:* Lemon and lime juice processing. In: Nagy, S., Shaw, P.E. and Veldhuis, M.K. (eds.). Citrus Science and Technology, vol. 2, pp. 253–289. AVI Publ. Co., Inc., Westport, Conn. 1977.
55. *Spiess, W.E.L.:* Veränderung von Inhaltsstoffen während der Herstellung und Lagerung von tiefgefrorenen Lebensmitteln – eine Literaturübersicht. Z. Lebensm. Technol. Verfahrenstech. **35,** 625–635 (1984); **36,** 10–14 (1985).
56. *Jul, M.:* The quality of frozen foods, 2nd ed. Academic Press, London 1984.
57. *Ranganna, S., Govindarajan, V.S.* and *Ramana, K.V.R.:* Citrus fruits. Part II: chemistry, technology and quality evaluation. Crit. Rev. Food Sci. Technol. **19,** 1–98 (1983).
58. *Fink, R.* and *Kessler, H.G.:* The effect of head space volume on the quality of stored degassed UHT milk. Milchwiss. **41,** 152–155 (1986).
59. *McCarthy, D.A., Kakuda, Y.* and *Arnott, D.R.:* Vitamin A stability in ultra-high temperature processed milk. J. Dairy Sci. **69,** 2045–2051 (1986).
60. *Gaylord, A.M., Warthesen, J.J.* and *Smith, D.E.:* Influence of milk fat, milk solids, and light intensity on the light stability of vitamin A and riboflavin in lowfat milk. J. Dairy Sci. **69,** 2779–2784.
61. *Berry, R.E.* and *Veldhuis, K.:* Processing of oranges, grapefruit and tangarine. In: Nagy, S., Shaw, P.E. and Veldhuis, M.K. (eds.). Citrus science and technology, vol. 2, pp. 177–252, AVI Publ. Co., Inc., Westport, Conn. 1977.
62. *Maeda, E.E.* and *Mussa, D.M.D.N.:* The stability of vitamin C (l-ascorbic acid) in bottled and canned orange juice. Food Chem. **22,** 51–58 (1986).
63. *Clydesdale, F.M., Ho, C.-T., Lee, C.Y., Mondy, N.I.* and *Shewfelt, R.L.:* The effect of postharvest treatment and chemical interactions on the bioavailability of ascorbic acid, thiamin, vitamin A, carotenoids, and minerals. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. **30** (6), 599–638 (1991).
64. *Carlson, B.L.* and *Tabacch, M.H.:* Frying oil deterioration and vitamin loss during foodservice operation. J. Food Sci. **51,** 218–221, 230 (1986).
65. *Priestly, R.J.:* Vitamins. In: Priestly, R.J. (ed.). Effects of heating on foodstuffs, pp. 121–156. Applied Science Publ., Ltd., London 1979.
66. *Benterud, A.:* Vitamin losses during thermal processing. In: Hoyem, T. and Kvale, O. (eds.). Physical, chemical and biological changes in food caused by thermal processing, pp. 185–201. Applied Science Publ., London 1977.
67. *Thompson, D.R.:* The challenge in predicting nutrient changes during food processing. Food Technol. **36,** 97–108 (1982).
68. *Ghazala, S., Ramaswamy, H.S., van der Voort, F.R., Prasher, S.O.* and *Barrington, S.:* Evaluation of a conduction heating food model for ascorbic acid retention and color formation during thermal processing. Can. Inst. Food Sci. Technol. J. **22,** 475–480 (1989).
69. *Kincal, N.S.* and *Giray, C.:* Kinetics of ascorbic acid degradation in potato blanching. Intern. J. Food Sci. Technol. **22,** 249–254 (1987).

70. *Labuza, T.P.:* The relationship between processing and shelflife. In: Birch, G.G., Campbell-Platt, G. and Lindley, M.G. (eds.). Food for the '90s, pp. 73–106. Elsevier Applied Science Publ., London 1990.
71. *Arabshahi, A.* and *Lund, D.B.:* Thiamin stability in simulated intermediate moisture foods. J. Food Sci. **53,** 199–203 (1988).
72. *Mauri, L.M., Alzamora, S.M., Chirife, J.* and *Tomio, M.J.:* Review: Kinetic parameters for thiamine degradation in foods and model solutions of high water activity. Intern. J. Food Sci. Technol. **24,** 1–9 (1989).
73. *Hawkes, J.G.* and *Villotal, R.:* Folates in foods: reactivity, stability during processing, and nutritional implications. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. **28** (6), 439–538.
74. *Bayoumi, E.S.* und *Reuter, H.:* Vitamin-B_1-Abbau während der UHT-Erhitzung von Vollmilch. Milchwiss. **40,** 713–716 (1985).
75. *Fink, R.* and *Kessler, H.G.:* Reaction kinetics study of thiamine losses in stored UHT milk. Milchwiss. **40,** 709–712 (1985).
76. *Kessler, H.G.* and *Fink, R.:* Changes in heated and stored milk with an interpretation by reaction kinetics. J. Food Sci. **51,** 1105–1111 (1986).
77. *Kessler, H.G.:* Effects of thermal processing on milk. In: Thorne, S. (ed.). Development in food preservation **5,** 91–130 (1989).
78. *Burt, J.B:* The effect of drying and smoking on the vitamin content of fish. In: Burt, J.R. (ed.). Fish smoking and drying. The effect of smoking and drying on the nutritional properties of fish, pp. 53–60. Elsevier Applied Science Publ., London 1988.
79. *Hawkes, J.G.* and *Villota, R.:* Prediction of folic acid retention during spray drehydration. J. Food Eng. **10** (4), 287–317 (1989).
80. *Paulus, K.:* Changes in nutritional quality of food in catering. J. Nutr. Sci. Vitaminol. **36,** Suppl. I, 35–45 (1990).
81. Mehrere Autoren: Subgroup 2: Industrial Cooking. In: Zeuthen, P., Cheftel, J.C., Eriksson, C., Jul, M., Leniger, H., Linko, P., Varela, G. and Vos, G. (eds.). Thermal processing and quality of foods. COST 91 Final Seminar, pp. 289–492. Elsevier Applied Science Publ., London 1984.
82. *Bognar, A.:* Vitamin status of chilled foods. In: Zeuthen, P., Cheftel, J.C., Eriksson, C., Gormley, T.R., Linko, P. and Paulus, K. (eds.). Processing and quality of foods, vol. 3. Chilled foods: The revolution of freshness. COST 91bis Final Seminar, pp. 85–103. Elsevier Applied Science Publ., London 1990.
83. *Weichmann, J.* (ed.): Postharvest physiology of vegetables. Marcel Dekker, Inc., New York 1987.
84. *Augustin, J., Johnson S.R., Teitzel, C., Toma, R.B., Shaw, R.L., True, R.M., Hogan, J.M.* and *Deutsch, R.M.:* Vitamin composition of freshly harvested and stored potatoes. J. Food Sci. **43,** 1566–1574 (1976).
85. *Addo, C.* and *Augustin, J.:* Changes in the vitamin B_6 content in potatoes during storage. J. Food Sci. **53,** 749–752 (1988).

Prof. Dr. F. Escher
Barbara Guggenbühl Gasser,
dipl. Lm.-Ing. ETH*
Institut für Lebensmittelwissenschaft
ETH-Zentrum
CH-8092 Zürich

* Gegenwärtige Adresse:

Department of Food Science
University of California
Davis, CA 95616, USA