

Einfluß der Verarbeitung auf die Qualität von Lebensmitteln aus Gemüse, Kartoffeln, Obst

Von K. PAULUS*)

1. Einleitung

Der mittlere jährliche Lebensmittelverbrauch betrug 1977/78 nach Angaben der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (1980) bei männlichen Personen etwa 860 kg, bei weiblichen Personen 510 kg; davon entfällt allerdings ein recht beträchtlicher Anteil auf Getränke. Der Produktgruppe bestehend aus Gemüse, Kartoffeln und Obst kommt eine wesentliche Bedeutung innerhalb der menschlichen Ernährung zu. Aus verschiedenen statistischen Übersichten für das Jahr 1979/80 ergibt sich eine Nachfrage für Gemüse von 73, für Kartoffeln von 80 und für Obst von 90 kg/Kopf und Jahr. Schätzungen über den Anteil handwerklich und industriell verarbeiteter Lebensmittel in der Bundesrepublik Deutschland liegen übereinstimmend bei etwa 85–90 %. Bei den hier interessierenden Produkten ist der Verarbeitungsanteil deutlich niedriger, und zwar bei Gemüse etwa 50 %, bei Kartoffeln und Obst je etwa 30 %.

Die Auswirkung der Verarbeitung auf die Produktqualität ist zwar für sich gesehen eine außerordentlich interessante Fragestellung, bezüglich der Ernährung der Bevölkerung und der Qualität der Ernährung ist aber der gesamte Bereich von landwirtschaftlicher Erzeugung bis hin zum Verzehr zu berücksichtigen.

2. Verwertungsmöglichkeiten von Gemüse, Kartoffeln, Obst

Etwas systematisiert ist in Abbildung 1 eine Übersicht über die wichtigsten Wege landwirtschaftlicher Erzeugnisse zwischen Produktion und Verbrauch sowie die jeweils möglichen Behandlungsschritte wiedergegeben. Was einleitend als Verarbeitungsanteil genannt worden ist, bezieht sich ausschließlich auf die dritte Variante. Die beiden ersten Varianten berücksichtigen die Abgabe der Erzeugnisse über den Markt in praktisch unverarbeiteter Form an den Enverbraucher. Variante 1 würde für alle jene Produkte zutreffen, welche ohne Zubereitungsverfahren für den Verzehr geeignet sind, z.B. verschiedene Obstarten. Variante 2 ist im Prinzip identisch, es ist lediglich die Zubereitung als wesentliche Operation mit eingeschaltet und hierunter sollen die thermischen Verfahren des Garens verstanden werden. Bei der dritten Variante schließlich ist die handwerkliche oder industrielle Verarbeitung als die dominierende Prozeßphase mit aufgeführt, die im allgemeinen zu einem Produkt mit verbesserter Haltbarkeit führt, weshalb danach eine Lagerungsphase im Schema auftaucht. Die der landwirtschaftlichen Erzeugung unmittelbar folgenden Maßnahmen der Nacherntebehandlung und Lagerung sind nicht zwingend, bei unserer heutigen Marktsituation und -organisation aber mehr und mehr üblich. Es ist selbstverständlich, daß bei den 3 Varianten Modifikationen in Betracht kommen, die aber weniger die prinzipielle Art der aufgeführten Maßnahmen betreffen, als vielmehr ihre konkrete Ausführung.

Nach der Übersicht sind also im wesentlichen 4 Grundoperationen bzw. Prozeßarten zu unterscheiden, und zwar Nacherntebehandlungen, Lagerungsmaßnahmen, Zubereitung und industrielle Verarbeitung.

*) Prof. Dr. K. PAULUS, Institut für Lebensmittelchemie, Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Engesserstr. 20, D-7500 Karlsruhe 1

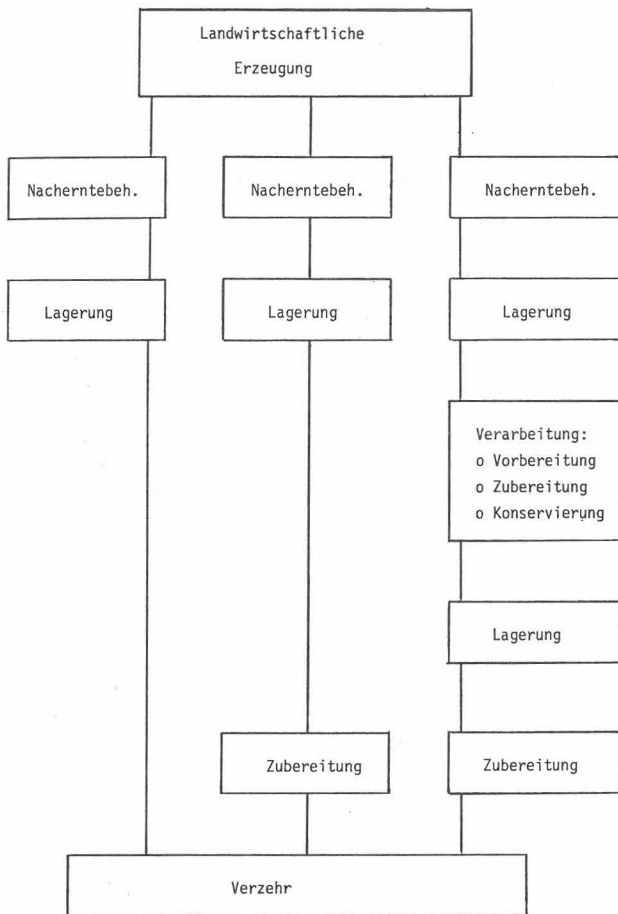


Abb. 1
*Verwertungsmöglichkeiten von
 Gemüse, Kartoffeln und Obst sowie
 wichtige Behandlungsschritte*

3. Verarbeitung und Qualität

Qualität setzt sich bekanntlich aus einer variablen Zahl von Teilqualitäten zusammen. Aus der Sicht der Ernährungswissenschaft ist zweifellos die Zusammensetzung eines Lebensmittels von hervorragender Bedeutung, denn sie bedingt die ernährungsphysiologische Qualität. Sie umfaßt nicht nur den engeren Bereich des Nährwertes, sondern z.B. auch den Gehalt an möglicherweise vorhandenen unerwünschten Stoffen oder die Bekömmlichkeit. Aus der Sicht des Marktes und auch des Konsumenten steht die sensorische Qualität im Vordergrund, weil der Verbraucher aufgrund seiner persönlichen Einschätzung des Genußwertes seine Kaufentscheidung fällt und sein künftiges Kaufverhalten danach richtet. Im folgenden sollen einige Teilaspekte der ernährungsphysiologischen und der sensorischen Qualität behandelt werden. Hierbei geht es allerdings nicht um die Präsentation von Einzelergebnissen und konkreten Zahlenangaben. Vielmehr soll gezeigt werden, daß es im Sinne einer Gesamtinterpretation der Situation vielmehr darauf ankommt, die Mechanismen für eine Veränderung zu kennen und möglichst auch mathematisch darstellen zu können. In Kenntnis dieser sogenannten Kinetik der Qualitätsveränderung ist es dann auch möglich, gezielte einzelne Fragen aufzugreifen und zu beantworten.

Abb. 2

Charakterisierung der wichtigsten Grundoperationen bei der Verarbeitung von Gemüse, Kartoffeln, Obst

Grundoperation/Prozeß	Art des Eingriffs	Beeinflussung der Qualität
Nacherntebehandlung	mechanisch	gering
Lagerung Rohware (kontrolliert)	thermisch	gering bis mittel
Lagerung Rohware (unkontrolliert)	thermisch	stark
Vorbereitung	mechanisch thermisch	gering mittel
Konservierung	thermisch	mittel bis stark
Lagerung verarb. Produkte	thermisch	mittel
Zubereitung	thermisch	gering bis mittel

Um auch hier wiederum bei den vielen möglichen Verarbeitungsvarianten eine Einengung vorzunehmen, sei zunächst auf Abbildung 2 verwiesen, wo die wichtigsten Grundoperationen aufgeführt, die Art des Eingriffs charakterisiert und die Beeinflussung der Qualität grob abgeschätzt sind. Es überwiegen in der Praxis die Konservierungsverfahren. Aufgrund vorliegender Verbandsstatistiken ergibt sich folgende Situation, was die einzelnen Verarbeitungsrichtungen betrifft:

- von der insgesamt verarbeiteten Gemüsemenge entfallen 45 % auf Sterilisieren, 30 % auf Pasteurisieren, 6 % auf Gefrieren, 1 % auf Trocknen;
- von der insgesamt verarbeiteten Kartoffelmenge entfallen 31 % auf Gefrieren, 30 % auf Vorfritieren/Kühlen, 19 % auf Trocknen, 9 % auf Herstellen von Chips;
- von der insgesamt verarbeiteten Obstmenge entfallen 40 % auf Sterilisieren und Pasteurisieren, 39 % auf Herstellen von Säften, Nektaren usw., 15 % auf Herstellen von Marmelade (nicht haushaltmäßige), 6 % auf Trocknen.

Damit wird die überragende Bedeutung der traditionellen Konservierungsverfahren Pasteurisieren und Sterilisieren bei Gemüse und Obst deutlich, während bei Kartoffeln dieser Prozeßart überhaupt keine Bedeutung zukommt.

Auch bezüglich der für die Qualität wichtigen Inhaltsstoffe und Eigenschaften ist eine gewisse Pauschalierung erforderlich. Die ernährungsphysiologische Bedeutung liegt in dem sehr günstigen Verhältnis zwischen Nährstoffen und Energie, denn die Produkte tragen jeweils nur zu wenigen Prozent zu der Energiezufuhr bei, ihr prozentualer Anteil an der Gesamtzufuhr wichtiger Inhaltsstoffe, vor allem Vitamine und Mineralstoffe, ist jedoch meist erheblich höher. Über die Beeinflussung dieser Stoffe bei Nahrungspflanzen haben PAULUS und SEIBEL (1976) ausführlich berichtet. Aber auch andere Inhaltsstoffe, welche sensorische Eigenschaften wie Farbe, Geschmack und Textur beeinflussen, sind zu beachten. Die Vorgänge im Zusammenhang mit der sensorischen Qualität sind jedoch außerordentlich komplex und werden meist von mehreren Inhaltsstoffen bedingt.

3.1. Lagerung vor der Verarbeitung

Es soll hier nur kurz auf die Lagerung vor der Verarbeitung eingegangen werden, weil die Lagerung pflanzlicher Erzeugnisse beispielhaft von BOHLING (1984) und WEICHMANN

(1984) abgehandelt worden ist. Durch die kontrollierte Lagerung von Gemüse und Obst vor der industriellen Verarbeitung wird die Qualität weniger beeinflusst als üblicherweise angenommen, da eine lückenlose Verzahnung zwischen Erzeugung, ggf. Lagerung und Verarbeitung gegeben ist. Bei Produkten wie Kartoffeln, welche z.T. bis zur Verarbeitung mehrere Monate gelagert werden, ist mit Veränderungen zu rechnen, die sich sowohl sensorisch als auch auf den Gehalt an wertgebenden Inhaltsstoffen auswirken können. Als Beispiel sei der Abbau von Vitamin C genannt, der bei Kartoffeln der Sorte *Bintje* im Verlaufe der Lagerung bei 12°C nach 6 Monaten auf etwa 60 % angestiegen war, wie neuere Ergebnisse von MARESCHI et al. (1983) zeigten.

3.2. Zubereitung

Die Zubereitung durch Garen ist die wichtigste lebensmitteltechnologische Operation schlechthin, da ein überwiegender Teil der Lebensmittel in gegartem Zustand gegessen wird. Garen ist allerdings eine milde Form thermischer Verarbeitungsmaßnahmen, so daß bei sachgemäßer Ausführung die unerwünschten Qualitätsveränderungen in Grenzen gehalten werden können. In jedem Fall treffen allgemeine Zusammenhänge bei thermischer Verarbeitung auch auf die Zubereitung zu. Der spezielle Bericht von BOGNAR (1984) erübrigt Details an dieser Stelle.

3.3. Industrielle Verarbeitung, insbesondere Wärmebehandlungen

Aufgrund der genannten Zahlen über die Anteile der wichtigsten Verarbeitungsverfahren erscheint es sinnvoll, hier lediglich die wichtigsten Wärmebehandlungen anzusprechen, also Blanchieren, Pasteurisieren und Sterilisieren. Es gibt hierzu unterschiedliche verfahrenstechnische Möglichkeiten. Diese orientieren sich am Ziel der Behandlung, also der Inaktivierung von Enzymen, bzw. der Abtötung vegetativer Mikroorganismen und der Inaktivierung von Enzymen, bzw. der Abtötung aller für den Verderb des Produktes relevanten Mikroorganismen und der Inaktivierung von Enzymen.

Gerade weil sich die wichtigsten Wärmebehandlungen lediglich in der Intensität unterscheiden, ist die Kenntnis der bei einer thermischen Behandlung ablaufenden Veränderungen wichtig. Dies ist nicht für alle interessierenden Inhaltsstoffe ausführbar, weshalb ein Konzentrieren auf Inhaltsstoffe mit einer Art Indikatorfunktion sinnvoll ist.

Das folgende Beispiel soll zeigen, wie wichtig eine umfassende Untersuchung, und zwar prozeßunabhängig, ist. PAULUS et al. (1975, 1978 a, 1978 b) haben den Einfluß thermischer Behandlungen von Blattspinat in Wasser auf verschiedene Inhaltsstoffe systematisch untersucht. Es soll hier lediglich die Veränderung von Vitamin C beispielhaft erläutert werden. Da Blattspinat ein sehr empfindliches Produkt darstellt, die thermische Behandlung in Wasser eine sehr intensive ist und schließlich Vitamin C als eine Indikatorsubstanz angesehen werden kann, sind aus den Ergebnissen durchaus Rückschlüsse auf das Ausmaß der zu erwartenden Veränderungen in pflanzlichen Produkten möglich. In Abbildung 3 ist die Veränderung des Vitamin-C-Gehaltes in Abhängigkeit von der Behandlungszeit für den Temperaturbereich zwischen 70 und 100°C dargestellt. Derselbe qualitative Zusammenhang wurde auch für den Temperaturbereich bis 130°C festgestellt. Entscheidend für die Interpretation der Veränderung ist die Steigungsrate der Geraden bei konstanter Temperatur. Dieser Koeffizient gibt an, wie rasch die Veränderung bei einer bestimmten Temperatur erfolgt. Die Prozesse in der Praxis sind aber selten isotherm, weshalb auch die Temperaturabhängigkeit dieses Koeffizienten und auch der Veränderung von Interesse ist. In Abbildung 4 sind die Koeffizienten, in diesem Fall die Dezimalreduktionszeiten, über der Behandlungstemperatur aufgetragen. Auch hier ergibt sich bei halblogarithmischer Darstellung eine Gerade, d.h. der Ansatz von Arrhenius ist zutreffend. Aus derartigen Informationen wurden von PAULUS (1979) Nomogramme entwickelt, wie in Abbildung 5 für Vitamin

C wiedergegeben. Für jede beliebige Temperatur-Zeit-Kombination ist die resultierende Veränderung sofort zu entnehmen.

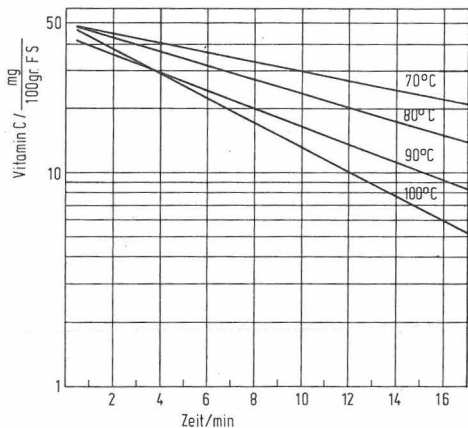


Abb. 3
Veränderung des Vitamin-C-Gehaltes in Blattspinat beim Behandeln in Wasser

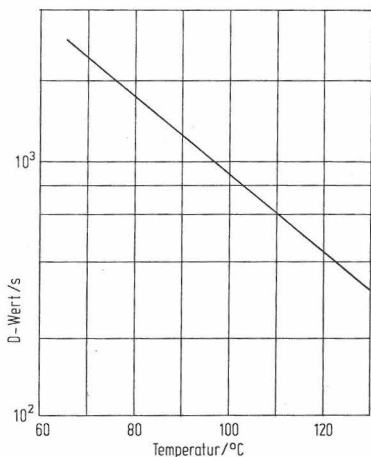


Abb. 4
Zusammenhang zwischen D-Wert und Behandlungstemperatur bezüglich des Vitamin-C-Gehaltes in Blattspinat

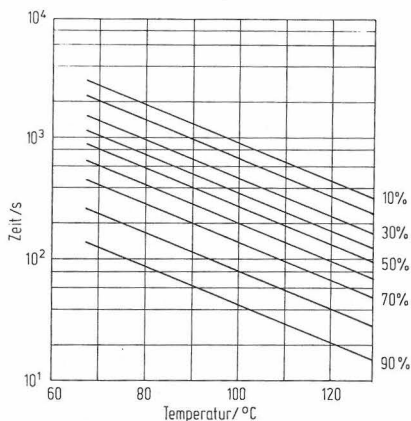


Abb. 5
Nomogramm zur Bestimmung der Erhaltung von Vitamin C bei der Behandlung von Spinat in Wasser

Nur wenn derartige kinetische Daten für die wichtigsten Komponenten und Inhaltsstoffe bekannt sind, lassen sich sogenannte optimale Prozeßbedingungen ermitteln, bei denen dann das vorgegebene Ziel der Verarbeitung erreicht wird und gleichzeitig die Qualität gut erhalten bleibt. Dies ist beispielsweise bei allen Hochtemperatur-Kurzzeitverfahren im Bereich der Sterilisation der Fall.

Die effektiven Veränderungen beim Sterilisieren von Obst und Gemüse, wiederum am Beispiel des Vitamin-C-Gehaltes, sind von BENTERUD (1977) zusammengestellt worden. Aus Abbildung 6 wird deutlich, wie entscheidend offensichtlich produkt- und prozeßspezifische Parameter die Veränderung letztlich bedingen. Insgesamt ergibt sich eine durchschnittliche Vitamin-C-Erhaltung bei Obst/Säften von etwa 85 % und bei Gemüse von etwa 70 %. Die Gesamtveränderungen liegen demnach in einem durchaus akzeptablen Bereich.

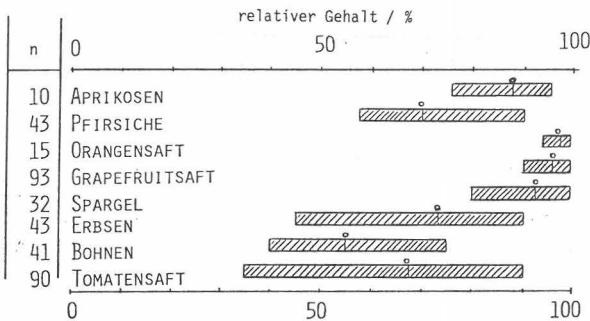


Abb. 6
Veränderung des Vitamin-C-Gehaltes
beim Sterilisieren von Obst und Gemüse

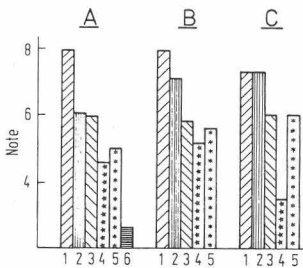


Abb. 7
Veränderung des Geschmacks von Möhren bei verschiedenen
Konservierungsverfahren
A = Rubica, B = Rotbild, C = Kundulus
1 = gekocht, 2 = gefroren, gekocht,
3 = ohne Aufguß sterilisiert (Beutel), erwärmt,
4 = mit Aufguß sterilisiert (Dose), erwärmt,
5 = gefriergetrocknet, gekocht, 6 = wärmeluftgetrocknet, gekocht

In Abbildung 7 schließlich sind Ergebnisse von WEDLER et al. (1981) über den Einfluß von Konservierungsverfahren auf den Geschmack am Beispiel von Möhren zusammengefaßt. Es geht hier wiederum um die Darstellung des Zusammenhangs zwischen Intensität einer Behandlung und resultierender Qualität. Aus den Höhen der aufgetragenen Säulen zeigt sich, daß das Gefrieren als ein relativ schonendes Verfahren unmittelbar nach dem Gefrieren eine gute Geschmacksqualität ermöglicht, diese jedoch nicht immer mit der des frisch zubereiteten Produktes verglichen werden kann.

3.4. Lagerung verarbeitender Produkte

An dem gerade erläuterten Beispiel des Geschmacks von Möhren soll auch die mögliche Beeinflussung der sensorischen Qualität im Verlauf der anschließenden Lagerung charakterisiert werden. Aus Abbildung 8 ist unverkennbar, wiederum basierend auf Untersuchungen von WEDLER et al. (1981), daß mit mehr oder weniger ausgeprägten Verände-

rungen auch im Verlauf der Lagerung gerechnet werden muß. Die Lagerung kann wiederum als technologische Maßnahme gewertet werden, und auch hier ist die *Intensität der Maßnahme* entscheidend für die Veränderung. Aus diesem Grund ist es erklärlich, daß beispielsweise die Veränderungen tiefgefrorener Möhren bei -18°C deutlich rascher ablaufen als bei -30 oder -50°C . Ein sterilisiertes Produkt dagegen ist durch den vorangegangenen Konservierungsprozeß bereits so stabilisiert, daß die Lagerung nur noch geringe Veränderungen bewirkt.

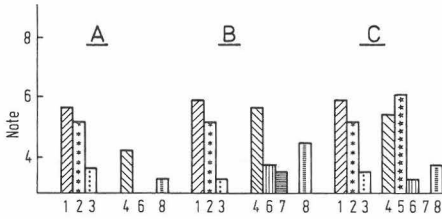


Abb. 8

Veränderung des Geschmacks während der 9-monatigen Lagerung konservierter Möhren

A = Rubica, B = Rotbild, C = Kundulus

1 = -50°C , 2 = -30°C , 3 = -18°C

4 = 8°C (Beutel), 5 = 20°C (Beutel),

6 = 8°C (Dose), 7 = 20°C (Dose),

8 = in N_2 -Atmosphäre

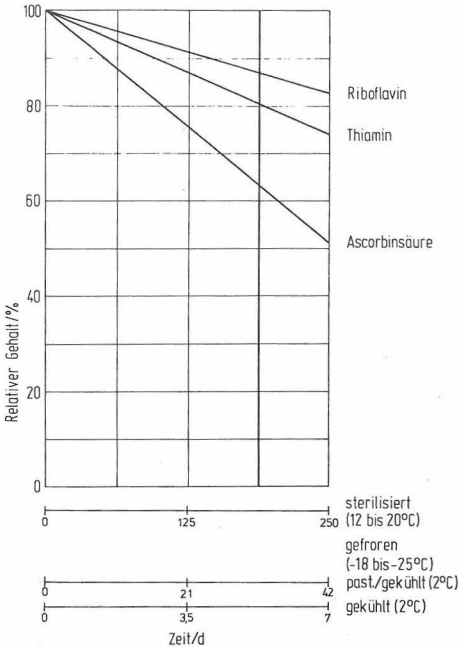


Abb. 9

Veränderung der Vitamingehalte konservierter Menükomponenten während der Lagerung

Die Veränderung der ernährungsphysiologischen Qualität kann wiederum an Vitaminen erläutert werden (Abb. 9). Aus Ergebnissen in Berichten des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten und der Bundesforschungsanstalt für Ernährung (1974, 1977, 1979) lassen sich die Veränderungen für Vitamin C, Vitamin B₁ und Vitamin B₂ in Menükomponenten jeweils linear über der Lagerungszeit darstellen. Die Lagerung konservierter Lebensmittel bringt also eine weitere Veränderung der Qualität mit sich, die jedoch aus ernährungsphysiologischer Sicht eher als geringfügig einzuschätzen ist.

4. Abschließende Wertung

Diese Übersicht sollte nicht auf Detailspekte, sondern auf den großen Zusammenhang bei verarbeitungsbedingten Qualitätsveränderungen hinweisen. Die wichtigsten Aspekte lassen sich in den folgenden 4 Punkten zusammenfassen:

1. Die Verarbeitung von Lebensmitteln ist immer auch mit unerwünschten Veränderungen verbunden. Die Intensität dieser unvermeidlichen Veränderungen ist jedoch von den Prozeßbedingungen abhängig. Besondere Beachtung verdienen thermische Grundoperationen, da sie einen teilweise beträchtlichen Eingriff in ein Lebensmittel darstellen.
2. Verluste ergeben sich vor allem bei thermolabilen und wasserlöslichen Inhaltsstoffen. Für den Nährwert von Gemüse, Kartoffeln und Obst sind besonders Vitamin C, Vitamin B₁, Mineralstoffe, Spurenelemente, Aminosäuren von Bedeutung. Diese Stoffe unterliegen den genannten Veränderungsmechanismen. Auch der Genußwert wird verändert, wobei hier meist zuerst eine positive Veränderung der sensorischen Eigenschaften festzustellen ist (z.B. Textur), und diese Veränderungen erst nach einer gewissen Zeit in unerwünschte Richtung umschlagen. Die Zusammenhänge, die Genußwertveränderungen zugrunde liegen, sind im übrigen sehr komplex und nicht ohne weiteres, wie z.B. bei der ernährungsphysiologischen Qualität, darstellbar.
3. Das Ausmaß verarbeitungsbedingter Veränderungen der Inhaltsstoffe ist aber meist geringer als die durch produktionsbedingte Schwankungen, d.h. die biologische Streuung der Ausgangswerte, verursachten Unterschiede im Gehalt der Rohwaren. Absolut gesehen sind deshalb die festzustellenden Veränderungen häufig ohne größere Bedeutung. Relativ betrachtet sind sie jedoch von Interesse, weil damit die Mechanismen der Veränderungen erkennbar und Rückschlüsse im Hinblick auf Verfahrensverbesserungen ermöglicht werden.
4. Verarbeitung, ob haushaltsmäßig, handwerklich oder industriell, hilft gerade bei verderblichen Produkten die Abfallquote zu reduzieren und sichere Lebensmittel anzubieten. Ein qualitativ etwas gemindertes Produkt ist in jedem Fall besser als ein verdorbenes oder weggeworfenes Lebensmittel.

Zusammenfassung

In der Bundesrepublik Deutschland werden Gemüse zu etwa 50 %, Kartoffeln und Obst zu etwa 30 % handwerklich oder industriell be- und verarbeitet. Bei Gemüse und Obst stehen hierbei Pasteurisieren und Sterilisieren mit einem Anteil von je etwa 80 % weit vor anderen Verfahren. Bei Kartoffeln sind die vorrangigen Verfahren Gefrieren, Vorfritieren/Kühlen und Trocknen.

Diese Verarbeitungsvarianten lassen sich in ihre Grundoperationen aufgliedern, was auch die Diskussion über die Qualität vereinfacht. Bei der industriellen Verarbeitung sind die Konservierungsschritte Pasteurisieren und Sterilisieren die intensivsten Wärmebehandlungen. Die Veränderung der Qualität betrifft thermolabile und wasserlösliche Inhaltsstoffe, welche wiederum die ernährungsphysiologische und sensorische Qualität bedingen. Die Veränderungen können in Abhängigkeit von den Prozeßbedingungen, dem Produkt und dem Inhaltsstoff über einen breiten Bereich variieren.

Da aber die verarbeitungsbedingten Veränderungen relevanter Inhaltsstoffe meist nur einen Bruchteil der Schwankungen der Gehalte in den Rohwaren ausmachen, sind die Veränderungen der ernährungsphysiologischen Qualität eher unerheblich. Sensorische Veränderungen können dagegen beträchtlich sein und sind somit das entscheidende Kriterium.

Summary

PAULUS, K.: *Einfluß der Verarbeitung auf die Qualität von Lebensmitteln aus Gemüse, Kartoffeln, Obst (Influence of processing on the quality of vegetables, potatoes and fruit).*

Landwirtsch. Forsch. **36**, Kongreßband 1983

In the Federal Republic of Germany, about 50 % of vegetables and about 30 % of potatoes and fruit are processed by trade and industry. 80 % each of commercially processed vegetables and fruit are pasteurized and sterilized, whereas in the case of potatoes the most important processes are freezing, prefrying/cooling and drying.

These processing variants may be divided into unit operations which simplifies also the discussion on quality. In the case of industrial processing, pasteurizing and sterilizing are the most intensive heat treatments. The changes in quality concern thermolabile and water-soluble ingredients which are responsible for the nutrition-physiological and sensory quality. Depending on the processing conditions, product and ingredient, the changes may vary considerably.

Since, however, changes in relevant ingredients caused by processing represent in the majority of cases only a fraction of the fluctuations in the contents of raw materials, changes in the nutrition-physiological quality are rather insignificant. Sensory changes, however, may be considerable and hence are the decisive criterium.

Literatur

BENTERUD, A.: Vitamin losses during thermal processing. In: HOYEM, T., u. KVALE, O. (Hrsg.): Physical, chemical and biological changes in food caused by thermal processing. Applied Science Publishers Ltd., 185–201, 1977

BOGNAR, A.: Vitaminveränderung bei der küchenmäßigen Zubereitung von Gemüse. Landwirtsch. Forsch., Sonderheft 40, Kongreßband 1983

BOHLING, H.: Veränderungen einiger Inhaltsstoffe und der Genußqualität von Kernobstfrüchten im Verlauf der Lagerung. Landwirtsch. Forsch., Sonderheft 40, Kongreßband 1983

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten und Bundesforschungsanstalt für Ernährung: Schulverpflegung mit industriell hergestellten Gefriermenüs. Bonn, 1974

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten und Bundesforschungsanstalt für Ernährung: Schulverpflegung mit industriell hergestellten sterilisierten Speisen. Stuttgart, 1977

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten und Bundesforschungsanstalt für Ernährung: Schulverpflegung mit gekühlten Speisen. Stuttgart, 1979

Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V.: Ernährungsbericht 1980. Frankfurt 1980

MARESCI, J. P., BELLIO, J. P., FOURLON, C., u. GEY, K. F.: Evolution de la teneur en vitamine C de la pomme de terre Bintje au cours du stockage et des préparations culinaires usuelles. Cah. Nutr. Diét **18**, 214–215, 1983

PAULUS, K.: Nomographs to determine alterations of essential components in leafy products during thermal treatment in water. J. Food Sci. **44**, 1169–1172, 1979

PAULUS, K., u. SEIBEL, W.: Veränderungen des Vitamin- und Mineralstoffgehaltes von Nahrungspflanzen durch technologische Maßnahmen. Landwirtsch. Forsch., Sh. 32/II, 235–250, 1976

PAULUS, K., HEINTZE, K., ZOHM, H. u. FRICKER, A.: Der Einfluß thermischer Behandlung von Spinat im Temperaturbereich bis 100°C auf den Gehalt an wesentlichen Inhaltsstoffen. II. Veränderungen von Abtropfgewicht, Trockensubstanz-, Vitamin C-, Vitamin B₁- und Oxalsäuregehalt. Lebensm.-Wiss. u. -Technol. **8**, 11–16, 1975

PAULUS, K., HEINTZE, K., ZOHM, H. u. FRICKER, A.: Der Einfluß thermischer Behandlung von Spinat im Temperaturbereich zwischen 100 und 130°C auf den Gehalt an wesentlichen Inhaltsstoffen. I. Beschreibung der Versuchstechnik bei der Behandlung mit Wasser. Lebensm.-Wiss. u. -Technol. **11**, 293–295, 1978a

PAULUS, K., HEINTZE, K., ZOHM, H. u. FRICKER, A.: Der Einfluß thermischer Behandlung von Spinat im Temperaturbereich zwischen 100 und 130°C auf den Gehalt an wesentlichen Inhaltsstoffen. II. Veränderungen von Abtropfgewicht, Trockensubstanz-, Vitamin C- und Vitamin B₁-Gehalt. *Lebensm.-Wiss. u. -Technol.* **11**, 296–300, 1978b

WEDLER, A., WOLF, W. u. PAULUS, K.: Der Einfluß physikalischer Konservierungsverfahren und der Lagerung auf die Qualität von Möhren. *Z. für Lebensm.-Technol. u. Verfahrenstechn.* **32**, 16–20, 1981

WEICHMANN, J.: Veränderungen bei der Lagerung von Gemüse. *Landwirtsch. Forsch., Sonderheft 40*, Kongreßband 1983