

Ballaststoff-Veränderungen bei küchentechnischer Verarbeitung von Gemüse und Obst

VON E. SCHWERDTFEGER und H. HENTSCHEL*)

Die Ballaststoffe erwiesen sich in den beiden letzten Jahrzehnten als eine Art von Bestseller. Nach einer Zeitspanne, in der eine 100 %ige Verdaulichkeit der Nahrung als das Optimum betrachtet wurde, mehrten sich, gestützt durch epidemiologische Untersuchungen, massive Zweifel an dieser Auffassung. Ernährungswissenschaftler kamen zu der Einsicht, daß der unverdauliche Anteil der Nahrung, häufig abwertend als Ballaststoffe bezeichnet, wichtige Aufgaben bei der Aufrechterhaltung normaler Verdauungsfunktionen zu erfüllen hat (z.B. BURKITT, 1972, 1979). Diese Erkenntnis führte zu einem steilen Anstieg des Interesses an dieser Nahrungskomponente, der sich bis zu einer lukrativen Vermarktung von Ballaststoff-Isolaten manifestiert, die zuvor hauptsächlich in der Tierernährung eingesetzt wurden.

Des besseren Verständnisses wegen muß zunächst ganz kurz auf die Chemie und Analytik der unverdaulichen Ballaststoffe eingegangen werden. Diese Stoffklasse – im angelsächsischen Schrifttum als *dietary fiber* bezeichnet – umfaßt im wesentlichen Cellulose, Hemicellulosen und Lignin sowie als lösliche Komponente die Pektine. Darüber hinaus können auch Chitin und Chitosane sowie Cutin dazugerechnet werden.

Die unverdaulichen Ballaststoffe unterscheiden sich analytisch von der *Rohfaser* der Tierernährung; sie betragen mengenmäßig ein Vielfaches der Rohfaserwerte. Die dietary fiber wurde von TROWELL (1978) als *the residue of plant foods that resists digestion by the alimentary enzymes of man and mammals* definiert. Dieser Definition folgend muß daher zunächst durch die sukzessive Einwirkung von Pepsin und Pankreatin der Gesamtkomplex der unlöslichen Ballaststoffe isoliert werden und kann dann durch verschiedene chemische Methoden weiter in die zuvor erwähnten Gruppen Cellulose, Hemicellulose und Lignin aufgetrennt werden; Pektine können im löslichen Anteil bestimmt werden. Nicht dieser Definition folgend, jedoch zu ähnlichen Ergebnissen führend, ist die neutral detergent fiber (NDF)-Methode von VAN SOEST und WINE (1976).

Im Hinblick auf das eigentliche Thema, nämlich die Veränderungen von Ballaststoffen bzw. deren Komponenten bei der küchenmäßigen Zubereitung von Lebensmitteln, kann aufgrund theoretischer Überlegungen vorausgesagt werden, daß diese Gehalte durch den Kochvorgang grundsätzlich vermindert werden und das aus mindestens zwei Gründen. Zum einen werden die löslichen Ballaststoffe, d.h. die Pektine, während des Kochens zu einem Teil aus ihrer Matrix herausgelöst und gehen in das Kochwasser über. Entsprechendes gilt auch für einen Teil der Hemicellulosen, eine Stoffgruppe, die recht unterschiedlich aufgebaute Substanzen umfaßt. Im Gegensatz dazu dürften sowohl bei der Cellulose-Fraktion als auch beim Lignin unter den relativ milden Bedingungen der küchenmäßigen Zubereitung kaum Veränderungen eintreten. Allenfalls ist eine geringe Zunahme der Ligninfraktion durch Bildung schwerlöslicher Polymere verschiedener Herkunft zu erwarten. Es sei jedoch auf die Befunde von SIMPSON und HALLIDAY (1941) hingewiesen, die eine teilweise Hydrolyse der Zellwandcellulose von Möhren unter dem Einfluß des Kochens beobachteten.

*) Dr. E. SCHWERDTFEGER, Prof. u. Dir., und Dr. H. HENTSCHEL, Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Außenstelle, D-6222 Geisenheim

Zum zweiten ist festzustellen, daß durch den Kochvorgang die Textur der pflanzlichen Gewebe verändert wird; ein gewünschtes und beabsichtigtes Ergebnis, denn dadurch erst werden eine Reihe von Nährstoffen für den Organismus verfügbar. Auf den Ballaststoff-Anteil bezogen bedeutet dies, daß nun ein Teil der inkrustierten verdaulichen Kohlenhydrate und auch des Proteins dem enzymatischen Angriff offenliegen und in lösliche Produkte umgewandelt werden. Auch durch diesen Vorgang kommt es zu einer Verminderung der Ballaststoffe.

Von diesen beiden Erscheinungen zu trennen ist die *scheinbare* Veränderung des Ballaststoff-Gehaltes durch eine Veränderung der Bezugsbasis, auf die später noch ausführlich eingegangen wird.

Betrachtet man vor dem Hintergrund dieser mehr theoretischen Betrachtungen die zugängliche Literatur, so ergibt sich ein recht verwirrendes Bild. Schwierigkeiten treten bereits dadurch auf, daß die Untersuchungen nach sehr verschiedenen Methoden erfolgten und auch die eigentlichen Kochbedingungen stark variieren.

HELLENDORF et al. (1975) konnten keine Unterschiede im Ballaststoffgehalt zwischen ungekochten und gekochten Proben finden, wobei sich diese Untersuchungen im wesentlichen aber auf die unlöslichen Ballaststoffe erstreckten. EASTWOOD (1977) weist darauf hin, daß durch das Kochen zwar der anatomische Aufbau der Pflanze weitgehend zerstört wird, die physikalischen Eigenschaften der Gerüstsubstanzen jedoch erhalten bleiben. MATTHÉE (1978) untersuchte den Einfluß kürzerer und längerer Kochzeiten auf die Komponenten der Ballaststoffe von Möhren, Kohl, Broccoli und Okra. Bezogen auf Trockensubstanz ergab sich ein Anstieg der meisten Fraktionen. CHEN und ANDERSEN (1981) fanden bei gekochten Pinto-Bohnen einen höheren Gehalt an Ballaststoffen als bei ungekochten. Die Untersuchungen von ANDERSON und CLYDESDALE (1980) an Grünen Bohnen und Möhren ergaben eine Verminderung der Ballaststoffe unter dem Einfluß des Kochens, wobei praktisch nur die löslichen Ballaststoffe zur Veränderung beitragen. Die Ergebnisse von MONTE und MAGA (1980) an Pinto-Bohnen, die die Ballaststoffe in insgesamt 13 Fraktionen untergliedern, bieten ein recht verwirrendes Bild. Durch das Kochen kommt es zu einem Verlust von ca. 16 % der Trockensubstanz, so daß die verbliebenen Komponenten einen scheinbaren Anstieg zeigen, wenn auf Trockensubstanz bezogen wird. HERRANZ et al. (1981) untersuchten 18 Gemüsearten auf den Einfluß des Kochens im Hinblick auf die Ballaststoff-Fractionen: Neutrale Detergensfaser (NDF), saure Detergensfaser (ADF), Cellulose, Hemicellulosen und Lignin. Die erhaltenen Werte werden sowohl auf die Frischals auch auf die Trockensubstanz bezogen. In letzterem Fall bestimmt wiederum der Konzentrierungs-Effekt das Bild.

Zahlreiche Untersuchungen wurden an Kartoffeln durchgeführt. Die sehr detaillierten Untersuchungen von MICA (1980) befassen sich ausschließlich mit der Pektinfraktion. Durch das Kochen wird der Pektingehalt (und auch dessen Veresterungsgrad) stark verringert. MOLENDINA et al. (1981) verfolgten ebenfalls die Änderungen des Pektingehaltes und zwar beim Vorkochen für die Herstellung von Trockenkartoffelprodukten. Das bei 60–80°C erfolgende Vorkochen (30 min) vermindert den ursprünglichen Pektingehalt des isolierten Zellwandmaterials von 16,3 % nur auf 15,3 bis 15,0 %, während ein analoges Erhitzen auf 100°C jedoch den Pektingehalt auf 10,7 % herabgedrückt. JOHNSTON und OLIVER (1982) prüften an 25 verschiedenen Sorten den Einfluß des Kochens. Die Veränderungen werden anhand der NDF- (und ADF-) Werte sowie der Ligningehalte diskutiert.

Die Gesamtheit der vorgestellten Literaturdaten, die keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit erheben kann, ist widersprüchlich und scheint die eingangs gemachten Voraussagen, daß durch das Kochen der Gehalt an Ballaststoffen vermindert wird, nur teilweise zu bestätigen. Sucht man nach dem Grund für die Widersprüchlichkeit der Ergebnisse, so ist

festzustellen, daß eine Reihe dieser Unstimmigkeiten nur scheinbarer Natur sind, da sie ganz einfach durch die Wahl der jeweiligen Bezugsgrößen bedingt sind. Ein klares Bild über die wirklich ablaufenden Vorgänge beim Kochen kann nur erhalten werden, wenn man alle Änderungen auf das Ausgangsmaterial, das unbehandelte Frischmaterial, bezieht. Daß dies bei den meisten der angeführten Veröffentlichungen nicht der Fall ist, liegt im wesentlichen an einer anderen Fragestellung und sicher nicht an mangelnder Sorgfalt bei der Versuchsdurchführung.

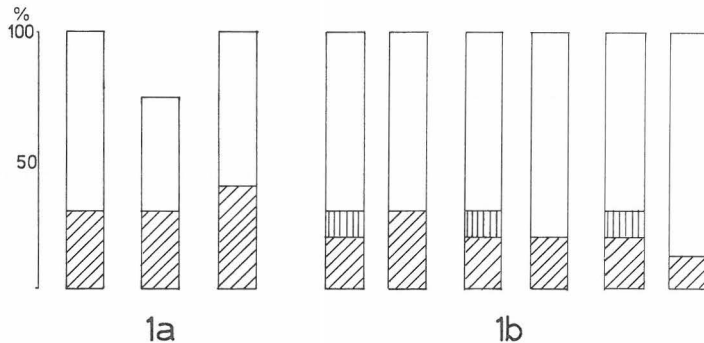


Abb. 1

Scheinbare Gehaltsänderungen von Inhaltsstoffen durch Kochen
Apparent changes in the content of food components by cooking

In Abbildung 1a ist schematisch der Einfluß eines veränderten Wassergehaltes (oberer Teil der Säulen) als Folge des Kochens dargestellt. Nimmt – wie hier gezeigt – der Wassergehalt durch das Kochen ab (mittlere Säule), so steigt rechnerisch prozentual der Gehalt der Trockensubstanz an (rechte Säule), ohne daß real eine Veränderung in dieser Fraktion erfolgt ist. Diese Erscheinungen können als Konzentrierungseffekt bezeichnet werden. Das Umgekehrte ist dann der Fall, wenn der Wassergehalt des Kochproduktes höher liegt als der des Frischproduktes. Hier kann dann analog von einem Verdünnungseffekt gesprochen werden.

Das Kochen hat aber auch einen Einfluß auf den Gehalt an Trockensubstanz, indem der leichtlösliche Anteil der Kochgutes (mittlerer senkrecht schraffierter Teil der Säulen bei 1b) extrahiert wird und in das Kochwasser übergeht. Dieser Fall ist in der Abbildung 1b grob skizziert. Wie hier ersichtlich, kann man mehrere Möglichkeiten unterscheiden. Im ersten Fall (Säule 1 und 2) wird vorausgesetzt, daß der Wassergehalt des Kochgutes gleich dem des Ausgangsmaterials ist. Unter diesen Umständen steigt der Gehalt an verbliebener Trockensubstanz rechnerisch an, ohne daß sich real einzelne Fraktionen der wasserunlöslichen Trockensubstanz verändert haben. Im zweiten Fall (Säule 3 und 4) wird angenommen, daß der durch das Kochen eingetretene Verlust an wasserlöslicher Trockensubstanz durch einen erhöhten Wassergehalt kompensiert wird. Hierdurch würde der rechnerische Anteil der wasserlöslichen Trockensubstanz nicht beeinflußt und somit unverändert bleiben. Dieser Fall läßt sich weiter modifizieren, indem man annimmt, daß sich der Wassergehalt noch weiter erhöht (Säule 5 und 6), wodurch rechnerisch eine Verminderung im Gehalt an wasserunlöslicher Trockensubstanz eintreten würde.

Die Vielfalt der denkbaren Varianten zeigt, daß es praktisch nicht möglich ist, auf Veränderungen der einzelnen Fraktionen der wasserlöslichen und wasserunlöslichen Ballast-

stoffe zurückzuschließen, wenn Ausgangsmaterial und Kochprodukt als selbstständige Systeme betrachtet werden, von denen als Charakteristikum nur der Wassergehalt bekannt ist. So kann es nicht verwundern, wenn von verschiedenen Autoren bei gleichem oder ähnlichem Material sowohl Zu- als auch Abnahmen einzelner Ballaststoff-Fractionen beschrieben werden.

Betrachtet man die praktischen Aspekte der geschilderten Verhältnisse, so kann gesagt werden, daß Angaben über die Gehalte unserer Nahrungsmittel an Ballaststoffen insbesondere diätetischen Zwecken dienen. Bei Gemüse und Obst, die teils roh und teils gekocht verzehrt werden, ist es durchaus wichtig zu wissen, in welcher Weise einzelne Ballaststoff-Fractionen mit ihrem unterschiedlichen physikalischen und physiologischen Verhalten durch den Kochvorgang verändert werden.

Tab. 1
Gehalte an unlöslichen Ballaststoffen von rohen und gekochten Gemüsearten
Insoluble dietary fiber content of raw and cooked vegetable

	Wassergehalt %	unlösliche Ballaststoffe	
		% der Frisch- substanz	% Abnahme durch Kochen
Kohlrabi			
roh	93,7	1,19	
gekocht		0,91	23,5
Rote Rüben			
roh	83,3	2,24	
gekocht		1,79	20,1
Möhren			
roh	85,3	3,18	
gekocht		2,56	19,5
Porree			
roh	90,9	2,18	
gekocht		1,91	12,4
Sellerie (Knolle)			
roh	85,5	3,51	
gekocht		3,09	12,0
Wirsing			
roh	92,8	2,05	
gekocht		1,97	3,9
Weißkohl			
roh	92,2	1,72	
gekocht		1,66	3,5
Blumenkohl			
roh	92,2	1,96	
gekocht		1,90	3,1
Zwiebel			
roh	89,6	1,28	
gekocht		1,30	1,6
Kartoffel			
roh	75,8	(56,09)	
gekocht		4,02	(92,8)

Da in der Küche zumeist nur das Rohmaterial gewogen wird, erscheint es sinnvoll, alle auftretenden Veränderungen auf dieses Ausgangsmaterial zu beziehen. Dementsprechend haben wir die eigenen Untersuchungen so angelegt, daß eine homogene Ausgangsprobe geteilt, gewogen und dann sowohl roh als auch nach Standardzeiten (schnell auf 90°C bringen, 25 min im siedenden Wasserbad halten und schnell wieder abkühlen) gekocht und untersucht wurde. Die Ergebnisse für die unlöslichen Ballaststoffe, erhalten an 10 morphologisch verschiedenen Gemüsearten, sind in der Tabelle 1 zusammengefaßt.

Das hier wiedergegebene Zahlenmaterial erhebt keinen Anspruch auf allgemeine Gültigkeit. Dazu ist einmal die Zahl der Untersuchungen zu gering und zum anderen muß aufgrund genetischer und ökologischer Faktoren mit beträchtlichen Streuungen gerechnet werden. Die Ergebnisse zeigen aber, daß die Fraktion der unlöslichen Ballaststoffe durch Kochen deutlich vermindert wird, wobei das Ausmaß der Verringerung offenbar von der Pflanzenart abhängt und wahrscheinlich durch morphologische Faktoren bestimmt wird. Ein enger Zusammenhang zwischen den ermittelten Kochverlusten und den aus der Literatur entnommenen Gehalten an den einzelnen Ballaststoff-Komponenten für die untersuchten Gemüsearten liegt nicht vor. Die höchsten Korrelationskoeffizienten werden für die Beziehung zwischen Kochverlust und Hemicellulose ($r = 0,542$) sowie zwischen Kochverlust und Pektinegehalt ($r = 0,531$) gefunden.

Als Sonderfall sind die Ballaststoff-Verminderungen bei der Kartoffel unter dem Einfluß des Kochens anzusehen. Hier manifestiert sich praktisch ausschließlich das Verkleistern der Stärke durch den Kochvorgang. Wie diese Werte real einzuschätzen sind, ist schwer zu sagen. Aus der Tierernährung ist bekannt (z.B. KELLNER und SCHEUNERT, 1952), daß beispielsweise bei Schweinen rohe Kartoffelstärke kaum nennenswert verwertet wird. Es erhebt sich die grundsätzliche Frage, ob nicht wirklich rohe Kartoffelstärke zu den unverdaulichen Ballaststoffen zu rechnen ist. Die meisten der vorgeschlagenen Analyseverfahren umgehen dieses Problem, indem das zu untersuchende Material vor der Enzymwirkung generell autoklaviert wird.

Da eine besondere Beteiligung der Pektine am Rückgang der Ballaststoffe durch das Kochen angenommen werden kann, haben wir an einem begrenzten, stark divergenten Material neben dem Verhalten der unlöslichen Ballaststoffe auch das der Pektine untersucht. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 2 zusammengefaßt.

Es zeigt sich, daß Pektine offenbar in starkem Maße an den beobachteten Kochverlusten beteiligt sind, jedoch werden sie bei keiner der untersuchten Proben durch das Kochen vollständig herausgelöst. Ebenso läßt sich der Kochverlust immer nur teilweise durch die Pektinextraktion erklären.

Da verlässliche Voraussagen über Ballaststoffverluste beim Kochen nicht gemacht werden können, sollten für die Zusammenstellung definierter Diäten aufgrund der Angaben in Nahrungsmitteltabellen hier sowohl Werte für das rohe wie für das gekochte Gemüse angeführt werden.

Zusammenfassung

Aufgrund theoretischer Überlegungen ist zu erwarten, daß es durch die küchentechnische Verarbeitung zu einer Verminderung an Ballaststoffen (Dietary fiber) kommt. Zum einen werden die löslichen Ballaststoffe, d.h. die Pektine (sowie teilweise auch die Hemicellulosen) während des Kochens partiell aus der Matrix herausgelöst und gehen in das Kochwasser über. Zum zweiten wird durch den Kochvorgang die Textur des Gewebes so verändert, daß bisher unzugängliche Kohlenhydrate und Protein nunmehr dem enzymatischen Angriff offenliegen und abgebaut werden. Auch hierdurch kommt es zu einer Verminderung der als Ballaststoffe definierten und enzymatisch bestimmten Fraktion.

Von diesen beiden Erscheinungen zu trennen ist die *scheinbare* Veränderung des Ballaststoff-Gehaltes durch Veränderung der Bezugsbasis (z.B. des Wasser- und Trockensubstanzgehaltes). Auf die Nichtbeachtung dieser Umstände sind eine Reihe von Widersprüchen in der Literatur zurückzuführen.

Für die Zusammenstellung definierter Diäten sollten daher Nahrungsmitteltabellen neben den Ballaststoff-Werten für das Rohprodukt auch die für das gekochte Produkt enthalten, da sich aus den Werten des Rohproduktes keine sicheren Voraussagen auf das zubereitete Produkt machen lassen.

Tab. 2
Gehalte an unlöslichen Ballaststoffen und Pektinen in rohen und gekochten Obst- und Gemüseproben
Insoluble dietary fiber and pectin content of raw and cooked fruit and vegetable samples

	Wasser- gehalt %	unlös. Ballaststoffe*)		Pektine**)	
		% d. FrS	% Abnahme d. Kochen	% d. FrS	% Abnahme d. Kochen
Äpfel					
frisch					
roh	87,4	2,10		0,85	
gekocht		1,39	33,8	0,63	28,9
gelagert					
roh	87,2	1,53		0,98	
gekocht		1,48	3,3	0,84	14,3
frisch***)					
roh	85,6	3,81		2,91	
gekocht		2,00	47,5	2,12	27,1
Möhren					
frisch					
roh	89,2	2,15		1,42	
gekocht		1,67	22,3	0,87	38,7
gelagert					
roh	89,1	2,28		1,70	
gekocht		1,84	19,3	1,34	21,2
frisch					
roh	86,9	2,16		1,64	
gekocht		1,76	18,5	1,02	37,8
Weißkohl					
gelagert					
roh	92,2	1,57		0,52	
gekocht		1,51	3,8	0,46	11,5
gelagert					
roh	90,0	2,73	7,0	0,69	
gekocht		2,54		0,61	11,6
frisch					
roh	92,4	1,59	10,7	0,91	
gekocht		1,42		0,78	14,3

*) bestimmt nach HELLENDORN et al. (1975)

***) bestimmt nach KEIJBETS u. PILNIK (1974)

***) wahrscheinlich stärkehaltig

Herrn G. BAYER sei für die vorzügliche Durchführung der oft langwierigen Analysen an dieser Stelle herzlich gedankt.

Summary

SCHWERDTFEGER, E. u. HENTSCHEL, H.: *Ballaststoffveränderungen bei küchentechnischer Verarbeitung von Gemüse (Changes in the content of dietary fiber induced by cooking of vegetable)*.

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

Following theoretical considerations it can be assumed that cooking will diminish dietary fiber. On the one hand the more soluble fiber components like pectins (and to a certain degree hemicelluloses too) will be partially extracted from the matrix and are transferred to the cooking water. On the other hand cooking will weaken the texture of plant tissue giving way to the enzymatic disintegration of carbohydrate and protein components which were protected before. This too will diminish that fraction which is defined as dietary fiber and determined enzymatically.

These two effects must be clearly separated from the *apparent* changes of dietary fiber produced by changes of the reference base (e.g. water or dry matter content). Some of the conflicting observations published in literature may be the result of neglecting these circumstances.

For the preparation of defined diets it seems to be necessary to have tables of food composition which comprise values for raw as well as cooked vegetable because at present it is really impossible to predict dietary fiber contents of prepared food on the base of values for the raw material only.

Literatur

ANDERSON, N. E. u. CLYDESDALE, F. M.: Effects of processing on the dietary fiber content of wheat bran, pureed green beans, and carrots. *J. Fd. Sci.* **45**, 1533–1537, 1980

BURKITT, D. P.: Epidemiology of cancer of the colon and rectum. *Cancer* **28**, 3–13, 1971

BURKITT, D. P., WALKER, A. R. P. u. PAINTER, N. S.: Effect of dietary fibre on stools and transit times and its role in the causation of cancer. *Lancet* II, 1408–1411, 1972

BURKITT, D. P.: Some mechanical effects of fibre depleted diets. In: *Dietary fibres*. Proc. Miles Symp. 5–12, 1976

BURKITT, D. P.: The protective value of plant fibre against many modern Western diseases. *Qual. Plant.-Pl. Fds. hum. Nutr.* **29**, 39–48, 1979

CHEN, W. L. u. ANDERSON, J. W.: Soluble and insoluble plant fiber in selected cereals and vegetables. *Am. J. Clin. Nutr.* **34**, 1077–1082, 1981

EASTWOOD, M. A.: Fibre and enterohepatic circulation. *Nutr. Rev.* **35**, 42–44, 1977

HELLENDORF, E. W., NOORDHOFF, M. G. u. SLAGMAN, J.: Enzymatic determination of the indigestible residue (dietary fibre) content of human food. *J. Sci. Fd. Agric.* **26**, 1461–1468, 1975

HERRANZ, J., VIDAL-VALVERDE, C. u. ROJAS-HIDALGO, E.: Cellulose, hemicellulose and lignin content of raw and cooked Spanish vegetables. *J. Fd. Sci.* **46**, 1927–1933, 1981

JOHNSTON, D. E. u. OLIVER, W. T.: The influence of cooking technique on dietary fibre of boiled potato. *J. Fd. Technol.* **17**, 99–107, 1982

KEIJBETS, M. J. H. u. PILNIK, W.: Some Problems in the analysis of pectin in potato tuber tissue. *Potato Res.* **17**, 169–177, 1974

KELLNER, O. u. SCHEUNERT, A.: *Grundzüge der Fütterungslehre*. Verl. Parey, Berlin/Hamburg. 11. Auflage, S. 162, 1952

MATTHÉE, V.: The effect of cooking on vegetable fibre. *J. Diet. Home Economics* **6**, 47–51, 1978

MÍČA, B.: Veränderungen des Gehaltes an Pektinstoffen in gekochten Kartoffeln. *Stärke* **32**, 375–380, 1980

MOLEDINA, K. H., HAYDAR, M., OORAIKUL, B. u. HADZIYEV, D.: Pectin changes in the pre-cooking step of dehydrated mashed potato production. *J. Sci. Food Agric.* **32**, 1091–1102, 1981

- MONTE, W. C. u. MAGA, J. A.: Extraction and isolation of soluble and insoluble fiber fractions from the pinto bean (*Phaseolus vulgaris*). J. Agric. Food Chem. **28**, 1169-1174, 1980
- SIMPSON, J. L. u. HALLIDAY, E. G.: Chemical and histological studies of the disintegration of cell-membrane materials in vegetables during cooking. Food Res. **6**, 189-193, 1941
- SOEST, P. J. VAN u. WINE, R. H.: Use of detergents in the analysis of fibrous foods. IV. Determination of plant cell-wall constituents. J. Assoc. Off. Chem. **50**, 50-55, 1976
- TROWELL, H. C.: The development of the concept of dietary fiber in human nutrition. Amer. J. Clin. Nutr. **31**, 3, 1978