

GALAKTOMANNANE - wasserlösliche Ballaststoffe



Galaktomannane üben als wasserlösliche Ballaststoffe positive Einflüsse auf den Stoffwechsel aus. Sie regulieren die Verdauungsvorgänge und die Nährstoffresorption und unterstützen die Prävention oder Behandlung von Zivilisationskrankheiten. Das Wirkungspotential dieser natürlichen Polysaccharide bestätigt eine Vielzahl von wissenschaftlichen Untersuchungen, die im Überblick diskutiert werden.

1 Einleitung

Rund ein Viertel der westeuropäischen Bevölkerung leidet an Verdauungsproblemen. Verstopfung ist in den meisten Fällen das Hauptproblem. Verschiedene Gründe können dabei eine verzögerte Darmentleerung bewirken

Mögliche Gründe für eine Ostipation [1]

- Falsche Ernährung
- Verminderte Wasseraufnahme / Flüssigkeitszufuhr
- Bewegungsmangel
- Stress und Unruhe
- Unterdrücken des Stuhlgangs
- Hormonelle Einflüsse
- Krankheit / Medikamente

Eine Folge davon ist ein allgemeines Unwohlsein, aber es kann auch der Grund für einige Zivilisationskrankheiten wie Hämorrhoiden, Divertikulation, etc. sein.

Zudem verändert die lange Verweilzeit des Nahrungsbreis in dem Verdauungstrakt die mikrobielle Darmflora negativ. Es entstehen dabei toxische Stoffwechselprodukte, die von der Darmwand absorbiert werden können. Dieses als „Autoxication“ bekanntes Phänomen ist der Grund für Beschwerden verschiedenster Art.

Eine ballaststoffreiche und ausgewogene Ernährung verbunden mit einer ausreichenden Flüssigkeitsaufnahme kann die Gefahr einer Verstopfung und somit deren negativen Folgen im hohen Masse vermindern. Gleichzeitig können weitere positive Einflüsse auf den Organismus beobachtet werden.

2 Ballaststoffe

Als Ballaststoffe werden von Trowell et al. [2] pflanzliche Polysaccharide und Lignin bezeichnet, die gegenüber der Hydrolyse menschlicher Verdauungsenzyme resistent sind.

Diese obligaten Ballaststoffe können in Wasserlösliche und Wasserunlösliche eingeteilt werden.

Beispiele von wasserlöslichen Ballaststoffen

- Getreideschleimstoffe
- Pektine aus Früchten und Gemüse
- Polysaccharide aus Braunalgen und Rotalgen
- Speicherpolysaccharide aus Leguminosensamen
- Speicherpolysaccharide aus Wurzelknollen
- Polysaccharide der Pflanzenexudate
- Mikrobiell hergestellte Polysaccharide

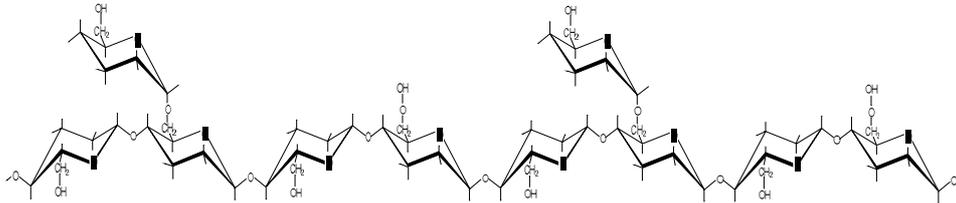
Beispiele von wasserunlöslichen Ballaststoffen

- Cellulose, Hemicellulose
- Lignine
- Cutine
- Suberine

Neben diesen obligaten Ballaststoffen gewinnen wir heute neue Erkenntnisse über potentielle Ballaststoffe [3]. Prototypen potentieller Ballaststoffe sind Lactose und Stärke. Heute sind diese einerseits als Resistente Stärken bekannt. Andererseits mehren sich die Erkenntnisse über die Bedeutung der Lactose in der Säuglingsernährung, wo die Lactose den wichtigsten Ballaststoff darstellt.

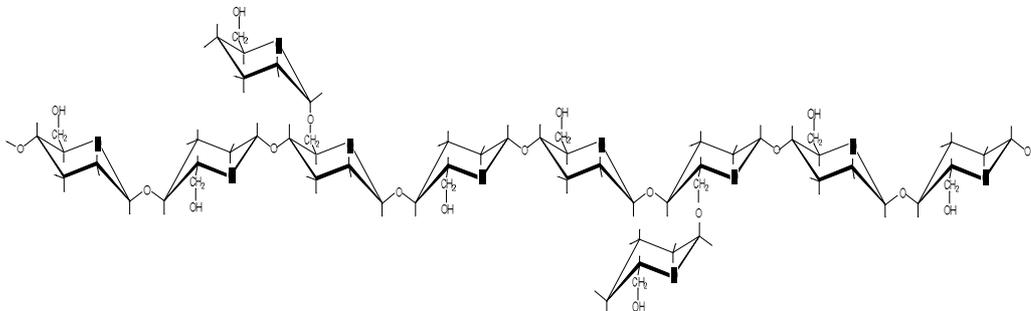
3 Galaktomannane

Guarkernmehl, Tarakernmehl und Johanniskernmehl sind die heute bekanntesten Galaktomannane. Sie bestehen aus glycosidisch verknüpften Mannose- und Galaktosemolekülen in unterschiedlichen Verhältnissen.



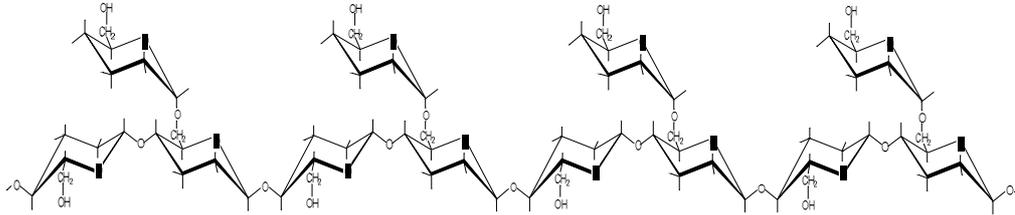
Johanniskernmehl (Carubin)

Verhältnis Mannose zu Galaktose 4 : 1



Tarakernmehl (Tara-Galaktomannan)

Verhältnis Mannose zu Galaktose 3 : 1



Guarkernmehl (Guaran)

Verhältnis Mannose zu Galaktose 2 : 1

Aufgrund ihren interessanten, physikalisch - chemischen Eigenschaften wurden die Galaktomannane als Ballaststoffen bisher sehr gut untersucht.

3.1 Physikalisch - chemische Charakterisierung von Galaktomannanen als Ballaststoff

Die physikalisch - chemischen Eigenschaften von Ballaststoffen [4], die in Beziehung zu ihren physiologischen Wirkungen stehen, werden wesentlich von der chemischen Zusammensetzung, der molekularen und der makromolekularen Struktur, sowie von den chemische funktionelle Gruppen beeinflusst. Ein hohes Molekulargewicht und die Vielzahl der freien hydroxyl-Gruppen prägen die Eigenschaften der Galaktomannane. Folgende charakteristischen Eigenschaften gilt es zu erwähnen:

3.1.1 Wechselwirkung mit Wasser

Das starke Quellvermögen der Galaktomannane in Wasser und die damit verbundene Wasserbindung- und Wasserhaltekapazität stellt eine wichtige lebensmitteltechnologische Eigenschaft dar. Sie beeinflusst wesentlich das Fließverhalten und die Konsistenz wässriger Systeme.

Dieses Quellvermögen macht man sich bei der Entwicklung und Produktion von Nahrungsmitteln und pharmazeutischen sowie kosmetischen Produkten zunutze.

Die identischen Vorteile der Quelleigenschaften können wir auch in deren Wirkung als Ballaststoffe feststellen. Der Nahrungsbrei wird voluminöser und weicher und daraus erfolgen verschiedene Vorteile für die gesamte Verdauung.

3.1.2 Löslichkeit

Die Löslichkeit der Ballaststoffe wird durch die strukturellen Verzweigungen der Makromolekülen massgeblich beeinflusst. Lineare und schwach verzweigte Moleküle sind kaum wasserlöslich. Stark verzweigte Moleküle sind dagegen im Wasser meist gut löslich.

Aus diesem Grund ist das Guarkernmehl besser löslich als das Tarakernmehl und noch besser löslicher als das Johannisbrotkernmehl.

Die Löslichkeit hängt in hohem Masse auch von dem Herstellungsverfahren und von dem Vermahlungsgrad der Mehle ab. Fein vermahlene Mehle gehen aufgrund ihrer vergrößerten Oberfläche bedeutend schneller in Lösung über. Auch kann mit bestimmten Produktionsverfahren das Quellverhalten verbessert und sogar warmlösliches Johannisbrotkernmehl hergestellt werden.

3.1.3 Bioadhäsion

Die Bioadhäsion beschreibt die Haftung von Materialien auf biologischem Gewebe [5]. Die Haftung der Galaktomannane nimmt mit der Konzentration potentiell zu und beschreibt so deren ausgeprägte Fähigkeit zur Erhöhung der „unstirred water layer“ als Resorptionsbarriere.

3.1.4 Bindung organischer Stoffe

Mit verschiedenartigen Bindungsmechanismen sind Galaktomannane in der Lage, eine Vielzahl organischer Stoffe zu adsorbieren [6] [7]. Die Bindung von Zuckermolekülen, Aminosäuren, Gallensäuren, Steroiden, Mutagenen aber auch Arzneimittel ist von direktem ernährungsphysiologischem Nutzen

3.1.5 Kationenbindung

Das Fehlen von Carboxylgruppen und Sulfatestergruppen am Galaktomannanmolekül verhindert eine direkte Bindung von Kationen [8]. Eine Verminderung der Bioverfügbarkeit von Mineralstoffen und Spurenelementen ist demzufolge nicht zu erwarten. Trotzdem kann ein Einfluss der Galaktomannane, bedingt durch die Wechselwirkung mit Wasser (Wasserbindekazapazität), auf die ionisch gelöst vorliegenden Stoffe nicht ausgeschlossen werden.

3.1.6 Interaktionen

Die konformativ geordneten Bereiche von Taragum und insbesondere von Johannisbrotkernmehl können mit ausgewählten Polysacchariden wie Carrageenan, Agar Agar, Xanthan etc., Interaktionen eingehen. Dabei kommt es aufgrund von Doppelhelix-, Helix-Band und Bandassoziationen zur Bildung dreidimensionaler Netzwerke (Gele). Diese, im Nahrungsbrei als Gelpartikel vorkommenden Netzwerke, besitzen eine verstärkte Affinität zu Wasser und verfügen über interessante, mechanisch-physikalische Eigenschaften.

Diese Interaktionen der Galaktomannane mit anderen wasserlöslichen und auch wasserunlöslichen Makromolekülen können Einfluss auf die innere Struktur des Nahrungsbreis nehmen.

4 Ernährungsphysiologische Wirkungen der Galaktomannane

Die aufgeführten Eigenschaften der Galaktomannane und die daraus resultierenden ernährungsphysiologischen Eigenschaften können in der Therapie von Stoffwechselstörungen und ernährungsbedingten Krankheiten mit Erfolg genutzt werden.

Die Vielzahl der bis dato durchgeführten wissenschaftlichen Untersuchungen wurde mit Guarkernmehl durchgeführt. Die Ergebnisse dürften jedoch auf das Johannisbrotkernmehl und auf das Tarakernmehl übertragbar sein.

4.1 Sensorische Einflüsse

Der bis heute wichtigste Einsatzzweck der Galaktomannane in der Lebensmittelindustrie ist die Verbesserung der Textur und Konsistenz unserer Lebensmittel. Die Wichtigkeit der Lebensmittelsensorik auf die Erhaltung bzw. Förderung unserer Gesundheit wurde noch wenig untersucht. Ansprechende und bekömmliche Nahrungsmittel üben jedoch ebenfalls einen grossen Einfluss auf die Gesundheit und auf das Wohlbefinden aus.

Ein bei der Nahrungsaufnahme wichtige Eigenschaft der Galaktomannane umschreibt eine früher häufig benützte Bezeichnung „Schleimstoffe“. Galaktomannane als Schleimstoffe erleichtern das Schlucken und den Nahrungstransport durch die Speiseröhre und werden deshalb auch in der Ernährung von Kranken, Säuglingen und Senioren eingesetzt.

4.2 Magenentleerung / Transitzeit

Die hohe Wasserbindekapazität der Galaktomannane verbunden mit der mehr oder minder starken Viskositätserhöhung verzögert die Magenentleerung [9].

Die Studien zeigten bei einer Aufnahme von 16g Guarkernmehl kombiniert mit 10g Pektin, die an 14 Probanden untersucht wurden, eine Erhöhung der Halbwertszeit von 23 +/- 6 Minuten auf 50 +/- 15 Minuten. Andere Ballaststoffe hingegen beschleunigen die Transitzeit des Nahrungsbreis vom Mund bis zum Zökum. Ein Beispiel dafür ist die Weizenkleie.

Die längere Transitzeit der Nahrung im Magen verlängert das Sättigungsgefühl. Dadurch kann der bei Übergewichtigen der häufig auftretende Heisshunger vermindert werden.

4.3 Verdauung und Resorption der Nahrung

Die positiven Einflüsse der Galaktomannane auf die Konsistenz des Nahrungsbreis verbunden mit dem verlangsamten Übertritt vom Magen in den Darm erleichtern die chemische und enzymatische Verdauung der Nahrung.

Gleichzeitig wird die „unstirred water layer“ auf den Mucosazellen des Dünndarmes verdickt [10]. Diese damit verbundene Verzögerung der Resorption der Nährstoffe reguliert den gesamten Stoffwechsel, indem die postprandialer Spitzenwerte abgeflacht werden [11].

4.3.1 Einfluss auf den Kohlenhydratstoffwechsel

Die verschiedenen Kohlenhydrate stehen nach dem Abbau zu Monosacchariden dem Organismus als Energiequelle zur Verfügung. Die als Glucose resorbierte Energie kann anschliessend mit dem Blut zu den Verbrauchern wie den Muskelzellen transportiert werden.

Das Insulin der Bauchspeicheldrüse reguliert bei überhöhtem Substratdruck die Glucose-Resorption. Eine häufig überhöhte Aufnahme von leichtverdaulichen Kohlenhydratquellen stresst die Insulinbildung. Die Folgekrankheit davon kann Diabetes mellitus oder Altersdiabetes sein.

Galaktomannane verlangsamen die Resorption von Glucose [12] und reduzieren somit das Risiko einer Diabetes-Erkrankung oder können die medikamentielle Behandlung von Diabetikern unterstützen [13].

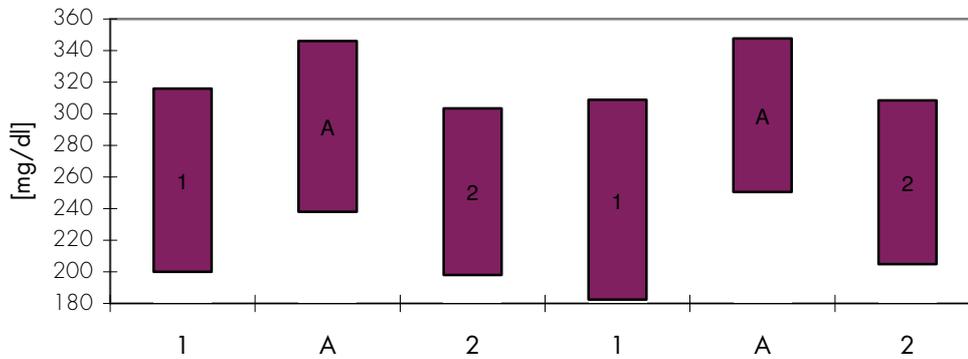


Abbildung 1: Verhalten der 1h pp Blutglucosewerte bei einer Multicenterstudie zum Effekt von Guar auf den Kohlenhydrat- und Lipidstoffwechsel bei ambulanten Typ-II-Diabetikern. H.Laube, K. Federlin, B. Knick, K. Irsigler, C. Najemnik, P. Wahl, H.-D. Klimm, J. Vollmar, Ch. Bräuning [13].

Ebenfalls signifikant verminderte Werte konnten bei der Messung der Glucoseausscheidung im 24h Urin gemessen werden.

4.3.2 Einfluss auf den Fettstoffwechsel

Bereits 1965 wiesen in Vivo - Untersuchungen von Fahrenbach und Riccardi auf eine lipidsenkende Wirkung von Guar hin. [14] [15]. Detailliertere Studien belegen die Wirkung von Guar auf den Cholesterin- bzw. Triglyceridspiegel deutlich [16].

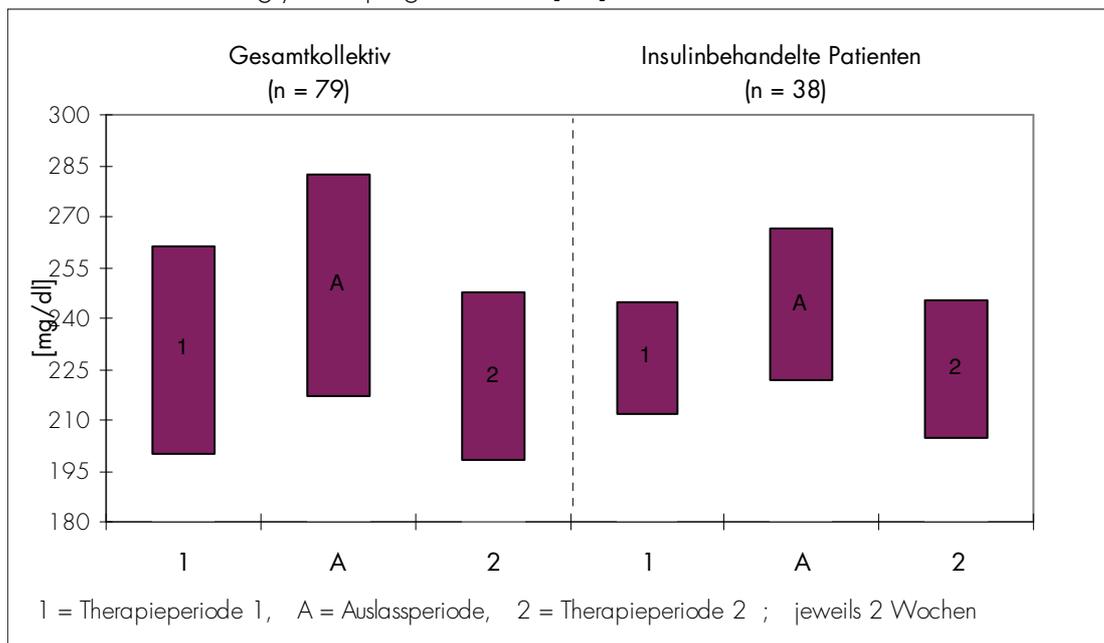


Abbildung 2 : Verhalten der 1h pp Cholesterinwerte bei einer Multicenterstudie zum Effekt von Guar auf den Kohlenhydrat- und Lipidstoffwechsel bei ambulanten Typ-II-Diabetikern.
H.Laube, K. Federlin, B. Knick, K. Irsigler, C. Najemnik, P. Wahl, H.-D. Klimm, J. Vollmar, Ch. Bräuning. [16].

Ein Mechanismus, wonach Guar zu einer Absenkung des Serumcholesterin führt, ist die Adsorption von Cholesterin an die Guarmoleküle. Diese werden dadurch dem Cholesterinkreislauf entzogen und mit den Faeces ausgeschieden.

4.3.3 Einfluss auf den Proteinstoffwechsel

Die Verwertung des Nahrungsproteins wird durch den Verzehr von Guar nicht oder nur gering beeinflusst. Zu dieser Aussage führten die Resultate einer in vivo Untersuchung zur Stickstoffbilanz an jungen Ratten [17]. Einzig findet eine Verlagerung der N-Ausscheidung vom Urin zu den Faeces unter dem Einfluss von Guar statt [18]

Dieser Effekt auf die N-Ausscheidung bewegte die Medizinische Fakultät in Athen, Patienten mit chronischer Nieren-Insuffizienz mit Johannisbrotkernmehl zu behandeln.

So wurden einigen Nierenpatienten während 5 bis 26 Monaten 50 g/Tag Johannisbrotkernmehl verabreicht [19]. Es konnten folgende erhaltene Resultate festgehalten werden:

Das Galaktomannan wurde generell gut aufgenommen. Alle behandelten Patienten wiesen im Serum 15-20 % tiefere Werte von Harnstoff, Kreatinine und Phosphaten auf. Interessanterweise konnte auch eine Senkung des Blutdruckes (systolisch und diastolisch) bei vorgängig zu hohen Werten erreicht werden.

Ohne Zweifel können diese positiven Resultate dem Johannisbrotkernmehl zugeschrieben werden. Zeigten doch die statistischen Auswertungen eine signifikante Differenz von $p < 0.005$.

Bei Verabreichung von Johannisbrotkernmehl können somit bei der Behandlung von Nieren-Insuffizienz die Hémo-Dialysebehandlungen zeitlich verkürzt oder die Zeitabstände der Behandlungen verlängert werden.

4.3.4 Einfluss auf die Vitamin- und Mineralstoffaufnahme

Untersuchungen an Ratten führten zu der Erkenntnis, dass die Absorption der Mineralstoffe Zink, Chrom, Kupfer und Kobalt bei einem Guaranteil von 10 % im Futter nicht beeinflusst wird. Dagegen wird eine negative Beeinflussung der Eisenabsorption beschrieben [20].

Die Aufnahme fettlöslicher Vitamine dürfte von den wasserlöslichen Galaktomannanen ebenfalls nicht beeinflusst werden. In den Versuchen mit Ratten konnten jedenfalls keine Abnahme der Konzentration von Vitamin A und E sowohl im Serum als auch in der Leber nachgewiesen werden

4.4 Beeinflussungen im Dickdarm

Thema vieler wissenschaftlichen Studien ist die genauere Untersuchung der Darmflora, die aus über 400 Bakterienarten besteht. Dabei zeigt sich, dass insbesondere wasserlösliche Polysaccharide intensiv fermentiert werden.

Unter den anaeroben Bedingungen können die Bakterien ihren Energiebedarf aus der nichtoxydativen Degradation von Monosacchariden und Aminosäuren decken. Galaktomannane werden mit intra- und extrazellulären Bakterienenzymen von Bacteroides und Ruminococcus und weiteren Gattungen hydrolysiert [21]. Die Hydrolyse erfolgt dabei nicht immer bis hin zu den Monomeren, so dass sich weitere Bakterien am Abbau der Oligomeren beteiligen [22]

Wie wichtig die mikrobielle Verdauung auch bei Monogastriden ist, zeigte sich erst mit dem Wissen um die Bedeutung der Ballaststoffe für die Gesundheit des Menschen. Heute wissen wir, dass die Darmbakterien, welche 40 - 50 % der Faeces [23] darstellen, die Konsistenz der Kotmasse verbessern und das Stuhlvolumen erhöhen. Andererseits liefern die Stoffwechselprodukte unserer Darmbewohner wertvolle Nährstoffe für den gesamten Organismus. Wir wissen heute zudem, dass von den kurzkettigen Carbonsäuren Effekte auf die Mucosazellen und auf weitere Vorgänge im Makroorganismus ausgehen. So dient das gebildete n-Butyrat den Colon-Enterocyten als Energiesubstrat [24], verlängert die zelluläre Verdoppelungszeit von menschlichen colorectalen Krebszelllinien [25] und beeinflusst die Aktivität zahlreicher Enzyme [26].

4.5 Übersicht zu Wirkung der mikrobiell verwertbaren Galaktomannane

Die Galaktomannane zeigen als mikrobiell verwertbare Ballaststoffe eine grosse Wirksamkeit auf die Physiologie des Darmes und des Gesamtorganismus [27].

Ernährungsphysiologische Effekte:

- Stickstofffluss verändert
- Serumcholesterolgehalt gesenkt
- Intraabdominaler Pressdruck vermindert
- Magenentleerung verzögert
- unstirred water layer verstärkt
- Nährstoffabsorption verzögert
- Bakterienproliferation erhöht
- Fermentation verstärkt
- Fäulnis vermindert
- Kurzkettige Carbonsäuren vermehrt
- pH-Wert erniedrigt
- N-Fixierung im Chymus verstärkt
- neoplastische Inzidenz gesenkt
- Gasbildung erhöht
- Darmmotilität erhöht
- Passagezeit verkürzt
- Stuhlvolumen leicht erhöht.

6 Literaturverzeichnis

- [1] ILAC; International Lactulose Lactitol Application Committee: Verstopfung: Was tun?, (1996).
- [2] Trowell, H., Southgate, D.A.T., Wolever, T.M.S., Leeds, A.R., Gassull, M.A., Jenkins, D.J.A.: Dietary fiber redefined. *Lancet* 1 (1976) 967.
- [3] Schulze, J., Zunft, H.J., Haenel, H.: Zur Definition des Ballaststoffbegriffs. *Aktuelle Aspekte der Ballaststoffforschung* 23 (1993).
- [4] Dongowski, G., Bock, W.: Physikalisch-chemische Charakterisierung von Ballaststoffpräparaten. *Aktuelle Aspekte der Ballaststoffforschung*, 1993.
- [5] Dittgen, M., Oesterreich, S., Dittrich, F.: Einfluss der Schleimstoffkonzentration auf die Bioadhäsion ex vivo. *Pharmazie* 44 (1989) 460.
- [6] Howard, P., Mahoney, R.R., Wilder, T.: Binding of amino acids (from hydrolyzed casein) by dietary fibres (cellulose, guar gum, lignin, pectin) and wheat bran. *Nutr. Rep. Intern.* 34 (1986) 135.
- [7] Kaspar, H.: Der Einfluss von Ballaststoffen auf die Ausnutzung von Nährstoffen und Pharmaka. In: Rottka, H. (Hrsg.): *Pflanzenfasern - Ballaststoffe in der menschlichen Ernährung*. Georg Thieme Verlag (1980), 93.
- [8] McConnel, A.A., Eastwood, M.A., Mitchell, W.D.: Physical characteristics of vegetable foodstuffs that could influence bowel function. *J. Sci. Food Agric.* 25 (1974) 1457.
- [9] Holt, S., Heading, R.C., Carter, D.C., Prescott, L.F., Tothill, P.: Effect of Gel Fibre on Gastric Emptying and Absorption of Glucose and Paracetamol. *Lancet* (1979) 636-639.
- [10] Jenkins, D.J.A. et al.: *Proc. Nutr. Soc.* 40 (1982) 227
- [11] Caspary, W.F. et al.: *Front. Hormone Res.* 7 (1980) 202.
- [12] Goulder, T.J.: Guar and Diabetes. *Lancet* (1979) 132-136.
- [13] Laube H., H K. Federlin, B. Knick, K. Irsigler, C. Najemnik, P. Wahl, H.-D. Klimm, J. Vollmar, Ch. Bräuning: Multicenterstudien zum Effekt von Guar auf den Kohlenhydrat- und Lipidstoffwechsel bei ambulanten Typ-II-Diabetikern. *Pflanzenfasern - Neue Wege in der Stoffwechsel-Therapie*. Verlag S. Karger, München, 1983..
- [14] Fahrenbach, M.J. und B. A. Riccardi: Comparitive Effects of Guar Gum and Pectin on Serum Cholesterol Levels, *Circulation* 32 (1965) 11.
- [15] Fahrenbach, M. J., B. A. Riccardi und W. C. Grant: Hypocholesterolaemic Activity of Mucilaginous Polysaccharides in White Leghorn Cockerels. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med* 123 (1966) 321.
- [16] Laube, H., K. Federlin, B. Knick, K. Irsigler, C. Najemnik, P. Wahl, H.-D. Klimm, C. Bräuning und J. Vollmar: Multizenterstudie zum Effekt von Guar auf den Kohlenhydrat-, Lipidstoffwechsel und Verträglichkeit bei ambulanten Patienten mit manifestem Diabetes mellitus. *Pflanzenfasern - Neue Wege in der Stoffwechseltherapie*, Verlag S. Karger, München, 1983.
- [17] Jakubick V. , Diehl J.F.: Über den Einfluss von Guarmehl in der Nahrung auf die Verwertung von ¹⁴C-markiertem Protein und Proteinhydrolysat in jungen Ratten. *Zeitschr. F. Ernährungswiss.* (1980) 33 (28).
- [18] Harmuth-Hoene, A.E., Jakubick A.E., Schelenz R.: Der Einfluss von Guarmehl in der Nahrung auf die Stickstoffbilanz, den Proteinstoffwechsel und die Transitzeit der Nahrung in Ratten. *Nutr. Metab.* (1988) 1974.

- [19] Yatzidis H., Doutsicos D., Digenis P.: Oral Locust Bean Gum Therapy of Uremia. Favorable Effect on Biological Abnormalities and Hypertension. *Dialysis and Transplantation*, (1980), 9, 313-315.
- [20] Wölbing, R.H., Becker G., Forth W., Inhibition of the Intestinal Absorption of Iron by Sodium Alginate and Guar Gum in Rats. *Digestion* 20 (1980) 403.
- [21] Salyers, A.A., O'Brien, M., Schmetter, B.: Catabolism of mucopolysaccharides, plant gums, and Maillard products by human colonic Bacteroides. In: Furda, I. (Hrsg.) *Unconventional sources of dietary fiber*. ACS, Washington (1983) 123.
- [22] Salyers, A.A., Verceletti, J.R., West, S.E.H., Wilkins, T.D.: Fermentation on mucus and plant polysaccharides by strains of Bacteroides from the human colon. *Appl. Environ. Microbiol.* 37 (1977) 319.
- [23] Stephen, A. M., Cummings, J.H.: The microbial contribution to human faecal mass. *J. Med. Microbiol.* 13 (1980) 45.
- [24] Engelhardt, W. von, Reckemmer, G.: The physiological effects of short chain fatty acids in the hindgut. In: Wallace, G., Bell, L.: *Fibre in human and animal nutrition*. Royal Soc. Of New Zealand 1983, 149.
- [25] Kim, Y.S., Tsao, D., Morita, A., Bella, A.: Effect of sodium butyrate on three human colorectal adenocarcinoma cell lines in culture. In: Halt, R.A., Williamson, R.C.N.: *Colonic carcinogenesis*. Falk Symposium 31. MTP, Lancaster 1982, 317.
- [26] Prasad, K.N.: *Life Sci.* 27 (1980) 1351.
- [27] Schulze, J., Zunft, H.J., *Nahrungsmittelbestandteile mit Ballaststoffcharakter, Aktuelle Aspekte der Ballaststoffforschung*, Behr's Verlag (1993), 60.
- [28] Kritchevsky, D.: *Dietary fiber*. *Am. Rev. Nutr.* 8 (1988) 301.
- [29] Ad Hoc Expert Panel on Dietary Fiber. In: Pilch, S.M. (Hrsg.): *Physiological effects and health consequences of dietary fiber*. Faseb, Bethesda (1987), 235.
- [30] Schulze, J., Zunft, H.J., *Physiologische Effekte von Ballaststoffen, Aktuelle Aspekte der Ballaststoffforschung*, Behr's Verlag (1993), 138.