Spezialisten in Aktion

Die unterschiedlichen physiologischen Wirkungen der verschiedenen Fasertypen

Specialists in Action

The Different Physiological Effects of Different Types of Fibre

Autor R. Meier

Institut Kantonsspital Baselland, Liestal, Medizinische Universitätsklinik

Schlüsselwörter
- Präbiotika
- kurzkettige Fettsäuren
- Wasserhaushalt
- Diarrhö
- antiinflammatorische Effekte
- antiproliferative Effekte

Keywords
- prebiotics
- short-chain fatty acids
- water balance
- diarrhoea
- anti-inflammatory effects
- antiproliferative effects

Zusammenfassung

Die Effekte der verschiedenen Nahrungsfasern (lösliche und unlösliche) sind im Magen-Darm-Trakt unterschiedlich. Lösliche Nahrungsfasern werden im Kolon durch Bakterien zu kurzkettigen Fettsäuren fermentiert, die entscheidend für die Darmgesundheit sind. Sie liefern Energie für die Mukosazellen, stimulieren deren Proliferation und Differenzierung. Zum anderen regulieren sie den Wasserhaushalt im Dickdarm. Da kurzkettige Fettsäuren zusammen mit Wasser resorbiert werden, kommen einzelne lösliche Nahrungsfasern in der Therapie von Diarrhöen zum Einsatz. Studien zufolge bewirken sie eine rasche Reduktion der Stuhlfrequenz und -menge. Darüber hinaus zeigen kurzkettige Fettsäuren antientzündliche Effekte, was zur Rezidivprophylaxe bei Colitis ulcerosa genutzt wird. Die antiproliferativen Eigenschaften hemmen wahrscheinlich auch die Ausbildung von Polypen und Dickdarmkrebs. Die Daten der EPIC-Studie belegen eine inverse Korrelation zwischen der totalen Aufnahme von Nahrungsfasern und der Inzidenz kolorektaler Karzinome.

Gelbildende visköse Nahrungsfasern, insbesondere Beta-Glucan, haben günstige Effekte auf den Glukose- und Lipidstoffwechsel.

Unlösliche Nahrungsfasern erhöhen das Stuhlgewicht und beschleunigen den Darmtransit. Faserreiche Ernährung kann einer Obstipation vorbeugen, während die Effekte bei einer bestehenden Obstipation gering sind. Eine positive Wirkung ist auch beim Reizdarm vom Obstipationstyp bekannt.

Abstract

Different types of dietary fibres (soluble and insoluble fibres) have different effects in the gastrointestinal tract. Soluble dietary fibres are fermented by bacteria in the colon into short-chain fatty acids, which are crucial for a healthy bowel. They provide energy for the mucosal cells, and they stimulate their proliferation and differentiation. Furthermore they regulate the water balance in the large bowel. As short-chain fatty acids are absorbed together with water, individual soluble dietary fibres are used in the treatment of diarrhoea. Studies have shown that they result in rapid reduction of the frequency and volume of bowel movements. Furthermore, short-chain fatty acids have anti-inflammatory effects, which are useful in preventing recurrences in ulcerative colitis. The antiproliferative characteristics probably also prevent the development of polyps and cancer of the large bowel. Data from the EPIC study have shown an inverse correlation between total intake of dietary fibre and the incidence of colorectal cancers.

Gel-forming viscous dietary fibres, especially beta glucan, have beneficial effects on the glucose and lipid metabolisms.

Insoluble dietary fibres increase the faecal weight and accelerate transit through the bowel. A diet rich in fibres can help prevent constipation, whereas its effects will be negligible if constipation is already present. A positive effect has also been observed in people with irritable bowel syndrome of the constipation type.

Bibliografie
DOI http://dx.doi.org/10.1055/s-0033-1360023
Aktuel Ernahrungsmed 2014; 39, Supplement 1: S8–S12
© Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York
ISSN 1862-0736

Korrespondenzadresse
Prof. Dr. Rémy Meier
Kantonsspital Baselland, Liestal
Rheinstraße 26
CH-4410 Liestal
Tel.: +41/619252187
remy.meier@ksli.ch

Die Klassifikation der Nahrungsfasern erfolgt einerseits nach ihrer chemischen Struktur, andererseits nach ihren physikalisch-chemischen Eigenschaften wie der Wasserlöslichkeit, Fermentierbarkeit, Viskosität und Wasserhaltekapazität [1, 2]. Die verschiedenen Eigenschaften bedingen unterschiedliche physiologische Effekte [3–10].

Zum Verständnis der Wirkung im Darmtrakt ist es vorteilhaft, die Nahrungsfasern in wasserlösliche und wasserunlösliche Fasern zu unterteilen.

Dieses Dokument wurde zum persönlichen Gebrauch heruntergeladen. Vervielfältigung nur mit Zustimmung des Verlages.

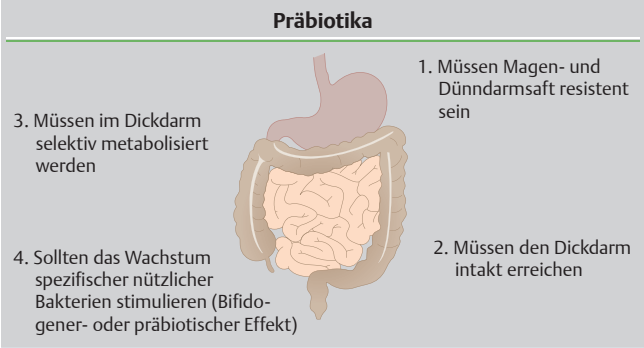

Abb. 1 Unter dem Einfluss von Präbiotika vermehren sich nützliche Bifidobakterien. Für einen dauerhaften Effekt ist die kontinuierliche Zufuhr von Präbiotika erforderlich.

Eine weitere Untergruppe sind lösliche Nahrungsfasern, welche die Fähigkeit haben, nützliche Bakterien im Dickdarm zu vermehren (Präbiotika).

Sonderfall Präbiotika

Präbiotika nehmen eine Sonderstellung unter den Nahrungsfasern ein. Sie müssen resistent gegen Magen- und Dünndarmsaft sein und den Dickdarm intakt erreichen (**Abb. 1**). Dort werden sie selektiv metabolisiert und stimulieren das Wachstum spezifischer nützlicher Bakterien. Dies wird als bifidogener oder präbiotischer Effekt bezeichnet [11, 12].

Präbiotika sind hauptsächlich wasserlösliche Nahrungsfasern. Vertreter sind Inulin, Fructo- und Galaktooligosaccharide, Guar und verschiedene Gummis sowie Oligosaccharide aus Weizen und Sojabohnen. Präbiotische Wirkungen entfaltet auch Laktulose. Dieses unverdauliche Disaccharid wird als Laxans bei Verstopfungen eingesetzt.

Präbiotika verändern die Zusammensetzung der Darmmikrobiotika. Eine zweiwöchige Gabe von Sucrose bewirkte eine starke Zunahme der Bacteroides-Bakterien im Dickdarm. Mit der Einnahme von Oligofructose sank deren Anteil und die Bifidobakterien vermehrten sich. Mit Beendigung der Präbiotikagabe fiel die Mikrobiota in ihr ursprüngliches Muster zurück. Der Anteil an Bacteroides-Bakterien stieg wieder an, während der Anteil an Bifidobakterien sank [13]. Die Daten zeigen, dass der bifidogene Effekt nur mit einer kontinuierlichen Einnahme von Präbiotika aufrechterhalten werden kann.

Lösliche, fermentierbare Nahrungsfasern

Wasserlöslichkeit und Fermentierbarkeit, Viskosität und Wasserhaltekapazität der Nahrungsfasern hängen eng zusammen und erklären viele Effekte auf den Organismus. Die Fermentierbarkeit ist vermutlich der entscheidende Faktor für ein gesundes Darmmilieu [14, 15]. Beim Abbau entstehen kurzkettige Fettsäuren, die entscheidend für einen gesunden Darm sind. Wird ein Darmabschnitt zum Beispiel wegen einer Operation isoliert und vom Stuhlgang entkoppelt, entwickelt sich in diesem Darmabschnitt eine Entzündung (Diversionskolitis).

Speziell lösliche Nahrungsfasern wie Pektin, Gummis und Präbiotika sind sehr gut fermentierbar und können von Darmbakterien metabolisiert werden. Cellulose und Lignin sind dagegen nicht wasserlöslich und damit schlecht bzw. nicht fermentierbar. Hemicellulose ist besser löslich und besser fermentierbar. Die resistente Stärke ist ein Sonderfall. Sie ist zwar unlöslich, aber dennoch in geeigneter Form fermentierbar.

Kurzkettige Fettsäuren und Darmgesundheit

Die bakterielle Fermentation führt zur Bildung kurzkettiger Fettsäuren (z. B. Buttersäure). Diese sind entscheidend für die Darmgesundheit. Zum einen liefern sie Energie für die Mukosazellen, stimulieren die Proliferation und Differenzierung der Mukosazellen, den mukosalen Blutfluss und die Schleimproduktion. Zum anderen senken sie den pH-Wert im Darm und hemmen so das Wachstum pathogener Bakterien, die sich bei einem pH unter 7 weniger vermehren können [16–20]. Darüber hinaus wirken kurzkettige Fettsäuren antientzündlich und regulieren den Wasserhaushalt im Dickdarm, da sie zusammen mit Natrium und Wasser resorbiert werden [21–25].

Dabei wird Wasser aus dem Darmlumen entfernt. Dieser Effekt kann bei der Behandlung der Diarrhö genutzt werden. Zum Beispiel reduzierte die Gabe einer löslichen, gut fermentierbaren Faser (partiell hydrolisierte Guarfaser) zusätzlich zur WHO-Rehydratationslösung bei 150 Kindern in Bangladesh die Stuhlmenge deutlich und rasch [22]. Ähnlich gute Erfolge hatte die Gabe dieser löslichen Faser zusammen mit einer speziellen Diät bei Kindern mit chronisch persistierender Diarrhö. Die Stuhlfrequenz sank und die Diarrhö sistierte bei deutlich mehr Kindern im Vergleich zur Placebogruppe [23]. Die Therapie mit dieser Faser funktionierte auch bei schweren Cholera-Durchfällen, sofern die Mengen der Stuhlentleerung unter 10 Liter lagen [26].

Antientzündliche Effekte bei chronisch-entzündlichen Darmerkrankungen

Entscheidend für die günstigen Wirkungen der Nahrungsfasern sind die antientzündlichen Effekte der kurzkettigen Fettsäuren. Sie regulieren die Genexpression für ICAM-1 oder E-Selectin in Endothelzellen, bremsen im Rahmen der Prostaglandinsynthese-Kaskade die COX-2-Expression und beeinflussen den intrazellulären Transkriptionsfaktor NF-κB. All dies drosselt die Bildung proinflammatorischer Prostaglandine (z. B. PGE_2) und Zytokine (z. B. TNF-α) und stimuliert gleichzeitig die Bildung antiinflammatorischer Zytokine wie IL_{10}. Darüber hinaus sind kurzkettige Fettsäuren Radikalfänger und wirken antioxidativ [21, 27–29].

Die antientzündlichen Effekte der kurzkettigen Fettsäuren wurden in kleineren Studien bei Patienten mit Morbus Crohn und Colitis ulcerosa untersucht [30–36]. Infolge der Translokation von Bakterien und Toxinen kann es zu einer Stimulation von Entzündungszellen und zur Bildung proinflammatorischer Zytokine (zB TNF-α) kommen. Der Einsatz von TNF-α-Antikörpern hemmt die Entzündung und gehört zu den effektivsten Therapien bei chronisch-entzündlichen Darmerkrankungen. Die Gabe von kurzkettigen Fettsäuren bewirkte bei In-vitro-Versuchen eine Reduktion proinflammatorischer Zytokine. An Biopsien von Morbus-Crohn-Patienten fand man in Anwesenheit von Buttersäure eine deutliche Reduktion der TNF-α-Produktion und eine Verbesserung der Entzündung [21]. Obwohl dieser Ansatz interessant ist, konnte ein klinischer Erfolg bei Patienten mit Morbus Crohn bis heute nicht gefunden werden.

Dieses Dokument wurde zum persönlichen Gebrauch heruntergeladen. Vervielfältigung nur mit Zustimmung des Verlages.

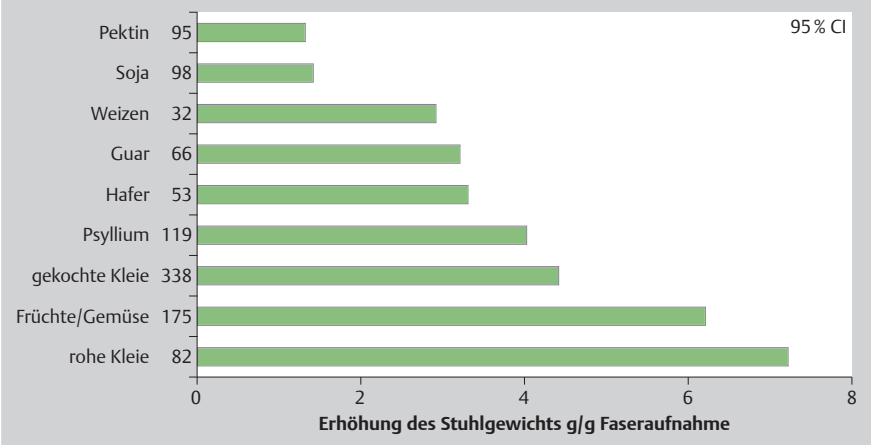

Abb. 2 Nahrungsfasern erhöhen das Stuhlgewicht unterschiedlich stark. Die vermehrte Füllung des Rektums beugt Verstopfung vor, kann eine bestehende Obstipation aber nicht beseitigen.

Bei Colitis-ulcerosa-Patienten gibt es eine erfolgreiche Studie. Die Gabe gut fermentierbarer Flohsamenschalen schnitt gleich gut ab wie die medikamentöse Standardtherapie mit Mesalazin. Die Rezidivrate war über ein Jahr für beide Therapien gleich gut [37]. Leider wurden diese Therapieformen bis heute nicht weiter untersucht.

Faserreiche Kost bei Obstipation und Reizdarm

Die Wirkung einer faserreichen Kost wird bei der Obstipation und dem Reizdarm überschätzt.

Sowohl fermentierbare als auch nicht fermentierbare Nahrungsfasern erhöhen das Stuhlgewicht. Den größten Effekt hat rohe Kleie, gefolgt von Früchten und Gemüse. Weizen, Hafer, Soja oder Pektin haben dagegen weniger Einfluss auf die Stuhlmasse (**Abb. 2**).

Die Einnahme verschiedener Fasern wird häufig zur Prävention und Therapie der Obstipation empfohlen. Zur Prävention gibt es plausible physiologische Erklärungen. Fermentierbare Nahrungsfasern erhöhen die Bakterienmasse. Nicht fermentierbare Nahrungsfasern binden Wasser. Beide Faserarten wirken somit synergistisch und tragen zu einer vermehrten Füllung des Darmes bei. Das beschleunigt den Transit des Darminhalts, vermindert die Wasserabsorption und erhöht das Stuhlgewicht [38–40]. Obwohl die Datenlage zur Prävention der Obstipation bescheiden ist, kann aber der Verzehr einer nahrungsfaserreichen Kost durchaus empfohlen werden.

Die Therapie einer bestehenden Obstipation mit einer alleinigen faserreichen Kost ist jedoch nur beschränkt möglich. Einige Patienten berichten zwar, dass sich die Symptome und die Stuhlkonsistenz bessern. Es gibt aber keine spezifischen Zeichen, die ein Ansprechen einer Fasertherapie voraussagen.

In einer sechswöchigen Studie bei 147 Patienten mit chronischer Obstipation zeigte die tägliche Einnahme von 30 g Plantago ovata (Flohsamen) bescheidene Effekte. Die vermehrte Füllung des Rektums durch Fasern führte zu einer leicht verbesserten Stuhlentleerung. Auf die Störung des Transits hatten die Fasern aber keinen Einfluss [41]. Eine Metaanalyse fand, dass eine vermehrte Fasereinnahme die Stuhlfrequenz bei obstipierten Patienten um lediglich 1,4/Woche erhöhte [42]. Da das Ansprechen unterschiedlich ist, wird bei einer Obstipation heute generell faserreiche Kost als begleitende Maßnahme empfohlen.

Der Effekt beim Reizdarm ist nicht überzeugend untersucht. Eine Metaanalyse mit 12 Studien bei 591 Patienten zu Nahrungsfasern beim Reizdarm kam zu dem Ergebnis, dass verschiedene Fasern unterschiedlich gut wirken und die Effekte auf die Symptomverbesserung relativ gering war. Flohsamen waren am wirksamsten [43]. Der Einsatz partiell hydrolisierter Guarfasern war wirksamer als von Kleie [44, 45]. Die besten Resultate wurden beim Reizdarm vom Obstipationstyp beschrieben.

Einfluss auf den Lipid- und Glukosestoffwechsel

Viskose Nahrungsfasern wie Beta-Glucan zeichnen sich durch eine ausgeprägte Gelbildung aus. Die Aufnahme von Beta-Glucan etwa aus Hafer korreliert mit der Glukose- und Insulinantwort. Je mehr Beta-Glucan die Mahlzeit enthält, desto langsamer steigt der Glukosespiegel und desto niedriger ist der Insulinspiegel [46]. Allerdings konnte bislang nicht gezeigt werden, ob eine langfristige Einnahme visköser Fasern die Diabetesentwicklung hemmt [47]. Bis heute konnte nur gezeigt werden, dass die regelmäßige Zufuhr von nichtlöslichen Fasern (Ceralien) das Risiko für Typ-2-Diabetes reduziert [48]. Visköse Fasern beeinflussen auch den Lipidstoffwechsel. Gelbildende Fasern reduzieren die „low-density“ Lipoproteine (LDL) um etwa 10 %. Auf die Triglyceride hatten sie keinen Effekt [49]. Einer Metaanalyse mit 67 kontrollierten Studien zufolge reduziert Beta-Glucan das Gesamt- und LDL-Cholesterin. Die Effekte für andere visköse Fasern wie Psyllium oder Pektin waren weniger eindeutig [50].

Schutz vor Dickdarmkrebs

Verschiedene Mechanismen der Nahrungsfasern zum Schutz von Darmkrebs wurden postuliert. Die Vermehrung des Darminhalts und ein beschleunigter Transport könnten den Kontakt krebsfördernder Substanzen vermindern. Darüber hinaus haben kurzkettige Fettsäuren antiproliferative Effekte. Im Labor konnte gezeigt werden, dass Buttersäure die Histonacetylierung hemmt und auf diese Weise die Angiogenese, Signalwege wie NF-κB und die Apoptose beeinflusst [51, 52]. Diese Prozesse wirken Faktoren entgegen, die bei der Entstehung von Polypen und Dickdarmkrebs eine Rolle spielen.

Daten aus der EPIC-Studie (European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition) weisen ebenfalls in diese Richtung. An der Studie nahmen über 500 000 Probanden zwischen 25 und 70 Jahren teil. Es wurden 1065 kolorektale Karzinome gefunden, davon 706 im Kolon und 359 im Rektum. Dabei zeigte sich

Dieses Dokument wurde zum persönlichen Gebrauch heruntergeladen. Vervielfältigung nur mit Zustimmung des Verlages.

ein deutlicher Bezug zur täglichen Aufnahme von Nahrungsfasern. Je mehr Fasern die Kost enthielt, desto geringer war die Inzidenz von Polypen und Karzinomen. 35 g Nahrungsfasern gingen im Vergleich zu 15 g pro Tag mit einer deutlichen Risikoreduktion einher [53]. Die Daten der EPIC-Studie belegen eine inverse Korrelation zwischen der Aufnahme von Nahrungsfasern und der Inzidenz kolorektaler Karzinome.

Zusammengefasst haben nichtlösliche Fasern wenig Einfluss im oberen Magen-Darm-Trakt. Ihr Haupteffekt liegt in der Erhöhung des Stuhlvolumens und der Beschleunigung des Darmtransits. Das kann einer Obstipation entgegenwirken, die Symptome beim Reizdarm vom Obstipationstyp verbessern und eventuell zur Prophylaxe von Dickdarmkrebs dienen.

Visköse, gelbildende Fasern können die Plasmakonzentration an Lipoproteinen und Cholesterin senken, Glukosespitzen verhindern und die Insulinantwort nach einer Mahlzeit verbessern. Dieser Effekt kann bei Patienten mit Diabetes und Hyperlipidämien zur Verbesserung der physiologischen Situation genutzt werden.

Lösliche Fasern wirken durch die Bildung kurzkettiger Fettsäuren antiinflammatorisch und antiproliferativ. Es gibt Ansätze, dass dies bei chronisch entzündlichen Darmerkrankungen und eventuell zur Darmkrebsprophylaxe nützlich ist. Ebenfalls sind für spezifische lösliche Fasern gute Daten bei der Behandlung von Durchfallerkrankungen bekannt.

Die physikochemischen Eigenschaften der Nahrungsfasern sind interessant und die Zufuhr der verschiedenen Nahrungsfasern in einer genügenden Menge ist für einen gesunden Darm entscheidend. Die dokumentierten Effekte bei vielen Krankheiten sind aber bescheiden. Weitere größere Studien mit den unterschiedlichen Fasern bei den unterschiedlichen Magen-Darm-Erkrankungen sind nötig, um mehr Klarheit zu bekommen.

Interessenkonflikt

▼

Der Autor gibt an, dass er Konsultant-Honorare vom Danone Institut und Nestlé Nutrition Institut erhalten hat.

Literatur

1 *Englyst KN, Liu S, Englyst HN.* Nutritional characterization and measurement of dietary carbohydrates. Eur J Clin Nutr 2007; 61: S19 – 39
2 British Nutrition Foundation. Complex carbohydrates in Foods: Report of the British Nutrition Foundation's Task Force. London: Chapman and Hall; 1990
3 *Asp NG, Björck I, Nyman M.* Physiological effects of cereal dietary fibre. Carbohydr Polym 1993; 21: 183 – 187
4 *Liljeberg H, Granfeldt Y, Björck I.* Metabolic responses to starch in bread containing intact kernels versus milled flour. Eur J Clin Nutr 1992; 46: 561 – 575
5 *Granfeldt Y, Liljeberg H, Drews A* et al. Glucose and insulin responses to barley products: influence of food structure and amylose-amylopectin ratio. Am J Clin Nutr 1994; 59: 1075 – 1082
6 *Cummings JH.* Non-starch polysaccharides (dietary fibre) including bulk laxatives in constipation. In: Kamm MA, Lennard-Jones JE, eds. Constipation. Petersfield, UK: Wrightson Biomedical Publishing Ltd; 1994: 307 – 314
7 *Berger M, Venhaus A.* Dietary fibre in the prevention and treatment of diabetes mellitus. In: Schweizer TF, Edwards CA, eds. Dietary Fibre – A Component of Food. London: Springer; 1992: 279 – 293
8 *Wolever TMS, Jenkins DJA.* Effect of dietary fibre and foods on carbohydrate metabolism. In: Spiller GA, ed. CRC handbook of dietary fibre in human nutrition. Florida: CRC Press; 1993: 111 – 152
9 *Bosaeus I.* Fibre effects on intestinal functions (diarrhoea, constipation and irritable bowel syndrome). Clin Nutr 2004; (Suppl. 01): 33 – 38
10 *Meier R, Gassull MA.* Effects and benefits of fibre in clinical practice. Clinical Nutrition Supplements 2004; 1 (Suppl. 02)
11 *Gibson GR, Roberfroid MB.* Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. J Nutr 1995; 125: 1401 – 1412
12 *Gibson GR, Fuller R.* Aspects of in vitro and in vivo research approaches directed toward identifying probiotics and prebiotics for human use. J Nutr 2000; 130 (Suppl. 02): 391S – 395S
13 *Gibson GR, Beatty ER, Wang X* et al. Selective stimulation of bifidobacteria in the human colon by oligofructose and inulin. Gastroenterology 1995; 108: 975 – 982
14 *Guarner F, Malagelada JR.* Gut flora in health and disease. Lancet 2003; 361: 512 – 509
15 *Bengmark S.* Pre-, pro- and synbiotics. Curr Opin Clin Nutr Metab Care 2001; 4: 571 – 579
16 *Scheppach WM, Bartram HP.* Experimental evidence for and clinical implications of fiber and artificial enteral nutrition. Nutrition 1993; 9: 399 – 405
17 *Roediger WE, Moore A.* Effect of short-chain fatty acid on sodium absorption in isolated human colon perfused through the vascular bed. Dig Dis Sci 1981; 26: 100 – 106
18 *Cummings JH, Pomare EW, Branch WJ* et al. Short chain fatty acids in human large intestine, portal, hepatic and venous blood. Gut 1987; 28: 1221 – 1227
19 *Cummings JH, Englyst HN.* Fermentation in the human large intestine and the available substrates. Am J Clin Nutr 1987; 45: 1243 – 1255
20 *Cummings JH.* Short chain fatty acids. In: Gibson GR, McFarlane GT, eds. Human Colonic Bacteria: Role in Nutrition, Physiology and Pathology. Boca Raton, FL: CRC Press; 1995: 101 – 130
21 *Segain JP, Raingeard de la Blétière D, Bourreille A* et al. Butyrate inhibits inflammatory responses through NFkappaB inhibition: implications for Crohn's disease. Gut 2000; 47: 397 – 403
22 *Alam NH, Meier R, Schneider H* et al. Partially hydrolyzed guar gum-supplemented oral rehydration solution in the treatment of acute diarrhea in children. J Pediatr Gastroenterol Nutr 2000; 31: 503 – 507
23 *Alam NH, Meier R, Sarker SA* et al. Partially hydrolysed guar gum supplemented comminuted chicken diet in persistent diarrhoea: a randomised controlled trial. Arch Dis Child 2005; 90: 195 – 199
24 *Alam NH, Ashraf H, Olesen M* et al. Efficacy of partially hydrolysed guar gum supplemented modified oral rehydration solution in the treatment of severely malnourished children with watery diarrhoea. Gut 2009; 58 (Suppl. 02): A41
25 *Ramakrishna BS, Venkataraman S, Srinivasan P* et al. Amylase-resistant starch plus oral rehydration solution for cholera. N Engl J Med 2000; 342: 308 – 313
26 *Alam NH, Ashraf H, Sarker SA* et al. Efficacy of Partially Hydrolyzed Guar Gum-Added Oral Rehydration Solution in the Treatment of Severe Cholera in Adults. Digestion 2008; 78: 24 – 29
27 *Klampfer L, Huang J, Sasazuki T* et al. Inhibition of interferon gamma signaling by the short chain fatty acid butyrate. Mol Cancer Res 2003; 1: 855 – 1862
28 *Forest V, Pierre F, Bassonga E* et al. Apc+/Min colonic epithelial cells express TNF receptors and ICAM-1 when they are co-cultured with large intestine intra-epithelial lymphocytes. Cell Immunol 2003; 223: 70 – 76
29 *Ogawa H, Rafiee P, Fisher PJ* et al. Butyrate modulates gene and protein expression in human intestinal endothelial cells. Biochem Biophys Res Commun 2003; 309: 512 – 519
30 *Umemoto Y, Tanimura H, Ishimoto K* et al. Trial of a new fructo-oligosaccharide therapy against IBD (Abstr.). Gastroenterology 1998; 114: A1102
31 *Welters CF, Heineman E, Thunnissen FB* et al. Effect of dietary inulin supplementation on inflammation of pouch mucosa in patients with an ileal pouch-anal anastomosis. Dis Colon Rectum 2002; 45: 621 – 627 Epub 2004 Apr 19
32 *Venkatraman A, Ramakrishna BS, Shaji RV* et al. Amelioration of dextran sulfate colitis by butyrate: role of heat shock protein 70 and NF-kappaB. Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol 2003; 285: G177 – 184
33 *Moreau NM, Martin LJ, Toquet CS* et al. Restoration of the integrity of rat caeco-colonic mucosa by resistant starch, but not by fructo-oligosaccharides, in dextran sulfate sodium-induced experimental colitis. Br J Nutr 2003; 90: 75 – 85
34 *Kanauchi O, Serizawa I, Araki Y* et al. Germinated barley foodstuff, a prebiotic product, ameliorates inflammation of colitis through modulation of the enteric environment. J Gastroenterol 2003; 38: 134 – 141

Dieses Dokument wurde zum persönlichen Gebrauch heruntergeladen. Vervielfältigung nur mit Zustimmung des Verlages.

35 *Hallert C*, *Bjorck I*, *Nyman M* et al. Increasing fecal butyrate in ulcerative colitis patients by diet: controlled pilot study. Inflamm Bowel Dis 2003; 9: 116 – 121
36 *Vernia P*, *Annese V*, *Bresci G* et al. Topical butyrate improves efficacy of 5-ASA in refractory distal ulcerative colitis: results of a multicentre trial. Eur J Clin Invest 2003; 33: 244 – 248
37 *Fernández-Bañares F*, *Hinojosa J*, *Sánchez-Lombraña JL* et al. Randomized clinical trial of Plantago ovata seeds (dietary fiber) as compared with mesalamine in maintaining remission in ulcerative colitis. Spanish Group for the Study of Crohn's Disease and Ulcerative Colitis (GETECCU). Am J Gastroenterol 1999; 94: 427 – 433
38 *Bourquin LD*, *Titgenmeyer EC*, *Fahey GC*. Fermentation of various dietary fibre sources by human fecal bacteria. Nutr Res (New York) 1996; 16: 1119 – 1131
39 *Hylla S*, *Gostner A*, *Dusel G* et al. Effects of resistant starch on the colon in healthy volunteers: possible implications for cancer prevention. Am J Clin Nutr 1998; 67: 136 – 142
40 *Cummings JH*. Constipation, dietary fibre and the control of large bowel function. Postgrad Med J 1984; 60: 811 – 819
41 *Voderholzer WA*, *Schatke W*, *Mühldorfer BE* et al. Clinical response to dietary fiber treatment of chronic constipation. Am J Gastroenterol 1997; 92: 95 – 98
42 *Tramonte SM*, *Brand MB*, *Mulrow CD* et al. The treatment of chronic constipation in adults. A systematic review. J Gen Intern Med 1997; 12: 15 – 24
43 *Ford AC*, *Talley NJ*, *Spiegel BM* et al. Effect of fibre, antispasmodics, and peppermint oil in the treatment of irritable bowel syndrome: systematic review and meta-analysis. BMJ 2008; 337: a2313
44 *Parisi G*, *Bottona E*, *Carrara M* et al. Treatment effects of partially hydrolyzed guar gum on symptoms and quality of life of patients with irritable bowel syndrome. A multicenter randomized open trial. Dig Dis Sci 2005; 50: 1107 – 1112
45 *Bijkerk CJ*, *de Wit NJ*, *Muris JW* et al. Soluble or insoluble fibre in irritable bowel syndrome in primary care? Randomised placebo controlled trial BMJ 2009; 339: b3154
46 *Tappy L*, *Gügolz E*, *Würsch P*. Effects of breakfast cereals containing various amounts of beta-glucan fibers on plasma glucose and insulin responses in NIDDM subjects. Diabetes Care 1996; 8: 831 – 834
47 *Schulze MB*, *Schulz M*, *Heidemann C* et al. Fiber and magnesium intake and incidence of type 2 diabetes: a prospective study and meta-analysis. Arch Intern Med 2007; 167: 956 – 965
48 *de Munter JS*, *Hu FB*, *Spiegelman D* et al. Whole grain, bran, and germ intake and risk of type 2 diabetes: a prospective cohort study and systematic review. PLoS Med 2007; 4: e261
49 *Jensen CD*, *Haskell W*, *Whittam JH*. Long-term effects of water-soluble dietary fiber in the management of hypercholesterolemia in healthy men and women. Am J Cardiol 1997; 79: 34 – 37
50 *Brown L*, *Rosner B*, *Willett WW* et al. Cholesterol-lowering effects of dietary fiber: a meta-analysis. Am J Clin Nutr 1999; 69: 30 – 42
51 *Trock B*, *Lanza E*, *Greenwald P*. Dietary fiber, vegetables, and colon cancer: critical review and meta-analyses of the epidemiologic evidence. J Natl Cancer Inst 1990; 82: 650 – 661
52 *Scheppach W*, *Luehrs H*, *Melcher R* et al. Antiinflammatory and anticarcinogenic effects of dietary fibre. Clinical Nutrition Supplements 2004; 1: 51 – 58
53 *Bingham SA*, *Day NE*, *Luben R* et al. Dietary fibre in food and protection against colorectal cancer in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC): an observational study. Lancet 2003; 361: 1496 – 1501

Dieses Dokument wurde zum persönlichen Gebrauch heruntergeladen. Vervielfältigung nur mit Zustimmung des Verlages.