

Gesundheitsfördernde Eigenschaften von Inulin und Oligofruktose

Teil 1: Ballaststoffwirkungen, präbiotische Eigenschaften, Verbesserung der Calciumresorption und mögliche Sekundäreffekte

Beatrice L. Pool-Zobel, Jena

Einleitung

Der menschliche Darm ist ein komplexes Ökosystem mit schätzungsweise 400–500 verschiedenen Bakterienarten und einer Gesamtbakterienzahl von bis zu 10^{14} Keimen. Das entspricht etwa der zehnfachen Anzahl unserer gesamten Körperzellen (ca. 10^{13}) [1]. In ihrer Gesamtheit sind diese Mikroorganismen an vielen wichtigen biologischen Funktionen in unserem Organismus beteiligt [1–5], darunter insbesondere:

- Schaffung einer Schutzbarriere gegen pathogene Erreger und Darmtoxine
- Regulierung der Darmtätigkeit
- Abbau unverdaulicher Nahrungsbestandteile und Nährstoffresorption
- Aufrechterhaltung der Immunabwehr bis zur Stimulierung des Immunsystems im Darm
- Synthese von Vitaminen und Substanzen zur Förderung des Wachstums der Darmzellen

Unter normalen Bedingungen ist die Zusammensetzung unserer Darmflora im Gleichgewicht, d.h. die Bakterien mit nützlichen Eigenschaften dominieren zahlenmäßig gegenüber potenziell pathogenen Bakterien [6]. Dieses Gleichgewicht kann jedoch durch eine Reihe von Faktoren, z. B. die Einnahme von Antibiotika, unausgewogene Ernährung, entzündliche Darmerkrankungen u. a. gestört werden. Durch bewusste Ernährung kann die Darmgesundheit effektiv unterstützt werden. Insbesondere wurde gezeigt, dass Inulin und Oligofruktose zum einen Ballaststoffwirkungen haben, und dass sie zum anderen zu einer selektiven Anreicherung von Bifidobakterien nach Verzehr führen können. Dadurch werden Darmfunktionen besser geregelt und das Gleichgewicht der Darmflora wird zu Gunsten von Bakterien mit nützlichen Eigenschaften verändert [7].

Nachfolgend ist dargestellt, inwiefern diese und andere Eigenschaften von Inulin und Oligofruktose bisher

nachgewiesen wurden. Es werden ausschließlich Studien vorgestellt, die mit definierten Qualitäten (Orafti, Tienen) von unabhängigen Forschungsgruppen durchgeführt und von den Wissenschaftlern des „BENEOTM Scientific Advisory Committee“ bewertet wurden oder sich gegenwärtig in der Bewertungsphase befinden. Im Folgenden sind diese definierten Verbindungen gekennzeichnet (Inulin*, Oligofruktose*).

Inulin und Oligofruktose – natürliche Pflanzenextrakte

Inulin und Oligofruktose sind in zahlreichen Gemüse- und Obstsorten (z. B. Zwiebelgewächse, Artischocken, Topinambur, Schwarzwurzel, Spargel, Weizen, Hafer, Banane, Zichorie) enthalten und somit schon immer Bestandteil unserer Ernährung. Der Gehalt in den Pflanzen variiert dabei von <1 bis 20% [8]. Die den hier geschilderten Studien zugrunde liegenden Substanzen werden durch Heißwasserextraktion aus der Zichorienwurzel (*Cichorium intybus*) als Inulin bzw. durch partielle enzymatische Spaltung von Inulin als Oligofruktose gewonnen. Die chemische Struktur dieser Substanzen zeigt Abb. 1.

Bereits zu Beginn des letzten Jahrhunderts wurde festgestellt, dass einige der gesundheitsfördernden Wirkungen seit langem bekannter Naturprodukte auf Inulin und Oligofruktose zurückzuführen sind.

Inulin und Oligofruktose bieten ähnliche ernährungsphysiologische Eigenschaften. Sie werden von unseren Verdauungsenzymen nicht gespalten und gelangen intakt in den Dickdarm. Erst dort werden sie von den gesundheitsfördernden Bifidobakterien der Darmflora fermentiert. Hieraus ergeben sich nach GIBSON und ROBERFROID [6] zwei wesentliche Eigenschaften:



Inulin wird mittels eines schonenden Heißwasserextraktionsverfahrens aus der Zichorienwurzel (Abb.) gewonnen. Durch enzymatische Spaltung wird in einem weiteren Schritt Oligofruktose gewonnen. Die Produkte dieses Verfahrens heißen BENEOTM Inulin bzw. BENEOTM Oligofruktose.

Die BENEOTM-Kommission ist ein Wissenschaftskomitee, das sich aus unabhängigen Forschern verschiedener europäischer Länder und aus den USA zusammensetzt und im Auftrag von ORAFIT die ernährungsphysiologischen Wirkungen der BENEOTM-Produkte auf Basis der vorliegenden Ergebnisse aus Humanstudien bewertet. Mitglieder sind (Stand 23.11.06)

Prof. Glenn GIBSON (Vorsitzender, Univ. Reading – England), Prof. Nathalie DELZENNE (Catholic Univ. Leuven – Belgien), Prof. Beatrice POOL-ZOBEL (Friedrich Schiller Univ., Jena – Deutschland), Prof. Kevin Cashman (Univ. Coll. Cork – Irland), Dr. Francisco GUARNER (Hospital Vall d’Hebron, Barcelona – Spanien), Prof. Connie M. WEAVER (Purdue Univ. – USA), Prof. Allan W. WALKER (Harvard Medical School, Boston – USA), Prof. David JENKINS (Univ. Toronto – Canada), Prof. Furio BRIGHENTI (Univ. Parma – Italien), Gérard PASCAL (National Institute for Agricultural Research (INRA), Paris – Frankreich)

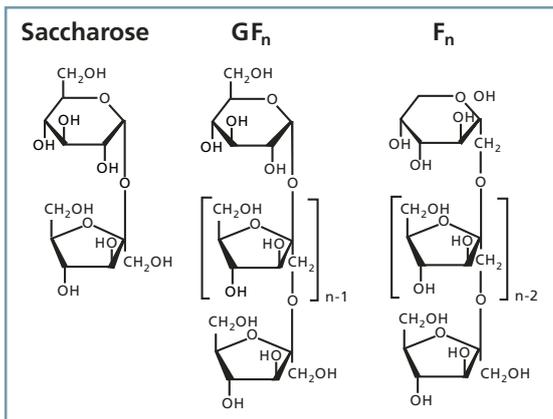


Abb. 1: Grundstruktur von Inulin und Oligofruktose verglichen mit Saccharose (Zucker). Inulin ist chemisch gesehen ein GF_n-Fructantyp (n = 2–60 Fructoseeinheiten). Oligofruktose ist ein Gemisch aus kurzen Fruktanen vom Typ GF_n und F_n (n = 2–8 Fructoseeinheiten)

1. Wirkung als lösliche Ballaststoffe – für eine geregelte Verdauung
2. Präbiotische (bifidogene) Wirkung – für eine gesunde Darmflora

Ballaststoffeigenschaften

Inulin* und Oligofruktose* sind diabetikergeeignet, da sie nicht zu einer erhöhten Zuckerresorption führen. Die linearen Fruktanketten aus β(2→1)-verknüpften Glykosyleinheiten können von den körpereigenen Enzymen nicht gespalten werden. Inulin und Oligofruktose passieren intakt den oberen Verdauungstrakt [9]. Erst im Dickdarm erfolgt ein vollständiger fermentativer Abbau überwiegend durch gesundheitsfördernde Bifidobakterien. Ungefähr 40% werden in Biomasse (Bakterien) umgewandelt, 10% in Gas (hauptsächlich H₂, CO₂ und CH₄) und 50% in kurzkettige Fettsäuren. Die vermehrt gebildete Biomasse führt zu einer Erhöhung des Stuhlgewichts und der Stuhlfrequenz (Tab. 1).

In den meisten Interventionsstudien zeigte sich deutlich die regulierende Wirkung von Inulin* und Oligofruktose*. Eine Erhöhung der Stuhl-

häufigkeit konnte überwiegend bei Probanden mit „Darmträgheit“ nachgewiesen werden, während der Effekt bei Probanden mit normaler Stuhlfrequenz weniger ausgeprägt war [10–12]. Daher kommt die BENEOTM-Kommission zum Schluss, dass Inulin und Oligofruktose Ballaststoffeigenschaften haben und somit einen Beitrag für eine verbesserte Darmfunktion und erhöhten Stuhltransit leisten. Die relevanten Eigenschaften, die die Verbindungen aufweisen, sind: eine verbesserte Regulation der Darmtätigkeit, die Erhöhung der Stuhlfre-

quenz und des Stuhlgewichts, sowie die Förderung der bakteriellen Fermentation. Eine Dosis von 8g/Tag ist erforderlich, um diese Ballaststoffwirkungen auf die Darmfunktion auszulösen.

Für die Erhaltung des Darmgleichgewichts ist es von wesentlicher Bedeutung, den nützlichen Bakterienstämmen optimale Wachstumsbedingungen zu bieten. Sowohl Pro- als auch Präbiotika dienen der Unterstützung der Darmgesundheit, jedoch handelt es sich dabei um unterschiedliche Ansätze.

Präbiotische Wirkungen von Inulin und Oligofruktose

Abb. 3 zeigt die Ergebnisse einer der ersten humanen Interventionsstudien, die eine präbiotische Wirkung für Oligofruktose* deutlich machte. Es ist hieraus zu erkennen, dass während der Intervention mit 15g/Tag der relative Anteil der Bifidobakterien an der Darmflora von 17 auf 82% anstieg.

Nach GIBSON et al. [15] korrelierte die Stimulation der Bifidobakterien mit einer Hemmung der Vermehrung pathogener Bakterienstämme, insbesondere

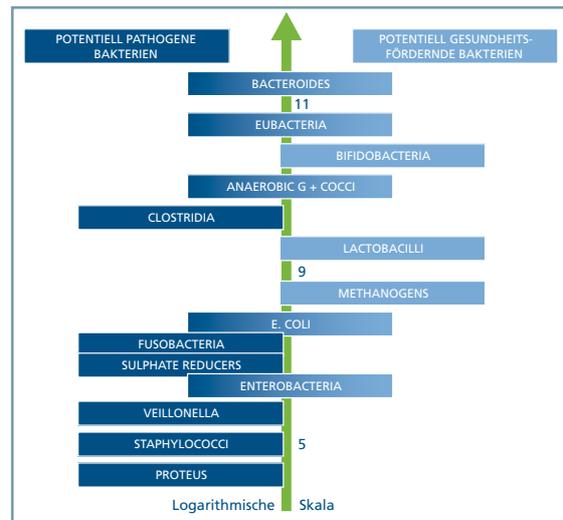


Abbildung 2: Schematische Darstellung der wichtigsten Dickdarmbakterien (dekadischer Logarithmus der kolonienbildenden Einheiten [cfu/g])

des *Clostridium perfringens*. In einer von RAO et al. [16] durchgeführten Studie führte die Einnahme einer Tagesdosis von nur 5 g Oligofruktose*

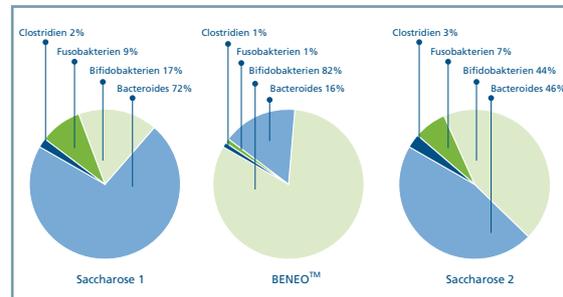


Abbildung 3: Prozentuale Verteilung von 4 Bakterienarten im Stuhl vor (Saccharose 1), während (15 g/Tag Oligofruktose*) und nach (Saccharose 2) der Supplementierung mit Oligofruktose

innerhalb von 11 Tagen zu einem signifikanten Anstieg der Zahl der Bifidobakterien. Gibson et al. [11] wiesen in ihrer Studie mit Oligofruktose nach,

Tab. 1: Erhöhung des Stuhlgewichts und der Stuhlfrequenz bei gesunden Probanden und **älteren Frauen mit Verstopfung

Produkt	Anzahl Probanden	Stuhlgewicht [g/24 h] Placebo	Stuhlgewicht [g/24 h] Ballaststoff	Stuhlgewichtserhöhung [g/g I/OF]	Stuhlfrequenz (n/Woche) Dosis [g]	Stuhlfrequenz (n/Woche) Placebo	Ballaststoff	Referenz
Inulin	6	91	113	+1,5	15	4,0	6,5	[12]
Oligofruktose*	8	136	154	+1,2	15	5,7	7,4	[11]
Inulin*	4	92	123	+2,1	15	5,3	6,0	[11]
Inulin*	10**				20/40	1,5	7,3	[10]

dass der deutliche Anstieg der Bifidobakterien nur während der Phase der Supplementierung andauerte. Mit Beendigung der Aufnahme von Oligofruktose* fiel der Anteil wieder ab, lag jedoch auf einem deutlich höheren Niveau als zu Beginn der Studie (Abb. 3). TUOHY et al. [17] wiesen die bifidogene Wirkung von Inulin* unter Verwendung der neuesten Analysenmethode

FISH (Fluorescent In Situ Hybridisation) nach. Eine von ROBERFROID [14] durchgeführte Metaanalyse zeigt, dass das Ausmaß des bifidogenen Effekts weniger von der Höhe der verabreichten Tagesdosis als vielmehr von der ursprünglichen Anzahl der Bifidobakterien der Probanden abhängig ist. Diese Feststellung weist erneut auf die regulierende Wirkung von Inulin und Oli-

gofruktose hin und die BENEOTM-Kommission kam zum Schluss, dass Inulin und Oligofruktose eindeutig bifidogene Wirkungen hätten und damit Präbiotika seien. Das Ausmaß des Effekts hängt von der anfänglichen Menge gesundheitsfördernder Darmbakterien vor Intervention ab, wobei die Datenlage zeigt, dass *mindestens 5 g/Tag* notwendig sind, *um eine präbiotische Wirkung auszulösen*. Außerdem sei es bekannt, dass gesundheitsfördernde Darmbakterien wie Bifidobakterien, pathogene Bakterien wie einige Clostridien, E. coli und Viren deutlich im Wachstum hemmen können. Die Stimulierung der gesundheitsfördernden Bakterien liefert deshalb auch einen verbesserten Schutz gegenüber bekannten pathogenen Keimen.

Begriffsklärung: Probiotika, Präbiotika und Synbiotika

Probiotika sind lebende Bakterien, die in Lebensmitteln eingesetzt werden und nach oraler Aufnahme in den Darm gelangen. Die meisten eingesetzten Probiotika gehören zu den Milchsäure produzierenden Bakterien, insbesondere zu den Genera *Lactobacillus* und *Bifidobacterium*, und stammen meist aus Isolaten humanen Ursprungs. Neben der intestinalen Mikroflora kommen den probiotischen Mikroorganismen zugeordnete Bakterien auch natürlich in fermentierten Milch-, Wurst- oder Gemüseprodukten sowie im Sauerteig vor. Probiotische Lebensmittel, die probiotische Bakterienkulturen in einer entsprechenden Menge enthalten, um eine effektive Beeinflussung der Gesundheit des Konsumenten zu erlauben, sind vor allem in Form von fermentierten Milchprodukten, speziell Joghurt und Trinkjoghurt, auf dem Markt. Eine Vielzahl gesundheitsfördernder Effekte von Probiotika wurde bereits beschrieben. Als gesichert gelten die Linderung von Beschwerden bei Lactose-Intoleranz, Prävention und Verkürzung der Dauer von Durchfallerkrankungen, Verstärkung von Antibiotika-Effekten bei der Helicobacter-pylori-Therapie sowie immunstimulatorische Effekte und damit verbunden die Linderung von Symptomen bei atopischem Ekzem und Lebensmittelallergien. Probiotika kommen auch als alternative Therapeutika bei der Behandlung von chronisch entzündlichen Darmerkrankungen zum Einsatz. Hinsichtlich der Prävention von Krebserkrankungen liegen vor allem viel versprechende Hinweise aus Tierversuchen vor [13]. Der probiotische Ansatz ist beim Verbraucher bekannt, da in den letzten Jahren zunehmend probiotische Produkte auf Grund ihrer positiven Eigenschaften verbreitet im Handel angeboten werden. Der Einsatz von Probiotika ist jedoch auch mit einigen Voraussetzungen und potenziellen Einschränkungen verbunden:

- Die Überlebensrate dieser empfindlichen Kulturen in den Lebensmittelprodukten bis zum Zeitpunkt des Verzehrs ist auf Grund von Sauerstoff- und Temperaturempfindlichkeit teilweise gering.
- Der niedrige pH-Wert im Magen sowie die Gallensäuren im Dünndarm gefährden das Überleben der Bakterien während der Magen- und Dünndarm-passage.
- Die Verweilzeit im Darm ist kurz, da kaum Adhäsion an die Darmzellen erfolgt.
- Ein adäquates Nährstoffmilieu im Kolon ist Voraussetzung für Wachstum und Aktivität der Bakterien.

Das präbiotische Konzept wurde von GIBSON und ROBERFROID [6] eingeführt. Ein **Präbiotikum wird definiert als unverdaulicher Nahrungsbestandteil, der sich günstig auf den Wirt auswirkt, indem er das Wachstum und/oder die Aktivität einer begrenzten Anzahl von Bakterien im Dickdarm selektiv stimuliert** und so die Gesundheit des Wirts verbessert. Präbiotika werden im oberen Verdauungstrakt weder hydrolysiert noch absorbiert und erst im Dickdarm selektiv durch die endogenen nützlichen Bakterien, vorwiegend Bifidobakterien, als Nährstoff verwendet. Diese Voraussetzungen sind für Inulin und Oligofruktose erfüllt. Beim präbiotischen Ansatz wird die Darmgesundheit durch die Bereitstellung der Nährstoffe für die körpereigenen Bifidobakterien gefördert, wodurch die für Probiotika beschriebenen Einschränkungen nicht vorliegen.

Synbiotika sind Kombinationen aus Pro- und Präbiotika [14] und nach einigen Studien noch wirksamer als die einzelnen Komponenten für sich alleine, d. h. es waren neben rein additiven Effekten auch überadditive bzw. synergistische Wirkungen zu beobachten.

Weitere mögliche gesundheitsfördernde Wirkungen

Der positive Einfluss von Inulin und Oligofruktose auf die Darmfunktionen führt möglicherweise zu *gesundheitsfördernden Sekundäreffekten*. Hierzu zählt die Verbesserung der Calciumaufnahme, die von der BENEOTM-Kommission als erwiesen gilt [18]. Die Befunde über eine nachfolgende erhöhte Knochenmineralisierung sind noch nicht abschließend erörtert worden: Die gegenwärtige Datenlage zeigt aber, dass eine Mischung aus Inulin* und Oligofruktose* (BENEOTM Synergy1) besonders wirksam ist und eine reale Möglichkeit darstellt, die Aufnahme des durch die Ernährung bereitgestellten Calciums zu erhöhen und seine Verwertung zu verbessern. Diese verbesserte Verwertung führt zu einer Erhöhung des Calciums im Knochen und der Knochendichte. Zwei Parameter, die im Zusammenhang mit einer optimierten Knochengesundheit stehen, zumindest bei Jugendlichen im kritischen Alter des Knochenwachstums [19, 20]. Außerdem werden weitere Sekundäreffekte wie Prävention beim Metabolischen Syndrom [21], Unterstützung der natürlichen Abwehrkräfte sowie die Reduktion des Dickdarmkrebsrisikos [22] eingehend erörtert. Es sind Merkmale, für die es deutliche Befunde aus Tierexperimenten gibt, deren Wirkung am Menschen jedoch noch weiterer Überprüfung bedarf. Im Rahmen von Humanstudien wurden bereits viel versprechende Ergebnisse gewonnen, die neue Präventionsansätze für die genannten Aspekte darstellen. Eine Übersicht über die

Zusammenfassung

Gesundheitsfördernde Eigenschaften von Inulin und Oligofruktose

Teil 1: Ballaststoffwirkungen, präbiotische Eigenschaften, Verbesserung der Calciumresorption und dazugehörige mögliche Sekundäreffekte

Inulin und Oligofruktose sind lösliche Ballaststoffe, die die Darmtätigkeit regulieren und zu einer selektiven Anreicherung von Bifidobakterien (und Laktobazillen) im Darm führen. Sie werden in zunehmendem Maße zur Aufwertung der ernährungsphysiologischen Qualität zahlreicher Lebensmittel eingesetzt, da sie bisher in einer Vielzahl wissenschaftlicher Studien unterschiedliche positive Eigenschaften zeigten. Es handelt sich bei diesen Verbindungen um lösliche Ballaststoffe, die die Darmtätigkeit regulieren und zu einer selektiven Anreicherung von Bifidobakterien (und Laktobazillen) im Darm führen. Außerdem wurde gezeigt, dass die Verbindungen die Calciumresorption im Darm verbessern können. Hieraus leiten sich darüber hinaus mögliche Sekundäreffekte ab, die im Rahmen von experimentellen Ansätzen, Tierversuchen und humanen Interventionsstudien derzeit untersucht werden. Dazu gehören z. B. Wirkungen auf die Knochenmineralisierung, günstige Wirkungen beim metabolischen Syndrom, Stärkung der natürlichen Abwehrkräfte sowie die Verminderung des Dickdarmkrebsrisikos.

Der vorliegende Artikel gibt einen Überblick über den Stand der Forschungen über definierte Vertreter dieser inulin-artigen Fruktane und erläutert, mit welchem Grad der Evidenz Ballaststoffwirkungen, präbiotische Eigenschaften und Wirkungen auf die Calciumresorption einzustufen sind. Diese Bewertungen wurden von einem unabhängigen wissenschaftlichen Gremium (BENEOTTM, s. Info-Kasten) durchgeführt und sind notwendig, um die Empfehlungen zum Verzehr der Verbindungen im Rahmen einer ausgewogenen Ernährung zu unterstützen.

Ernährungs-Umschau 54 (2007) S. 8–11

aktuelle Studienlage zu diesen weiterführenden Effekten gibt der Folgeartikel in der nächsten Ausgabe.

Schlussfolgerung

Ein intaktes Verdauungssystem stellt eine wichtige Voraussetzung für die Gesundheit dar. Es ist nicht nur für die Verdauung verantwortlich, sondern ist auch an der Aufnahme von Vitaminen und Mineralstoffen beteiligt. Außerdem bildet der Darm eine wichtige Schutzbarriere gegen Infektionen und ist damit ein zentrales Immunorgan [1]. Leider wird dessen Bedeutung oftmals unterschätzt oder aber als Tabuthema behandelt. Dabei bietet der Einsatz von Inulin und Oligofruktose eine einfache und praktikable Möglichkeit, die Darmgesundheit aktiv zu unterstützen und den Körper dadurch optimal gegen negative Einflüsse zu rüsten [23]. Im Gegensatz zu den vielfältigen wissenschaftlichen Daten zu den gesundheitsfördernden Eigenschaften von Inulin und Oligofruktose, werden diese positiven Eigenschaften nur von wenigen gezielt ausgelobt [24]. Es sollte ein Anliegen sein, das Thema Darmgesundheit mehr ins Verbraucherbewusstsein zu rücken und die Bevölkerung über deren Bedeutung zu informieren.

Literatur:

1. J. Cummings, E.T. Macfarlane: Role of intestinal bacteria in nutrient metabolism, *Clinical Nutrition* 16 (1997) 3–11.
2. M.S. Gilmore, J.J. Ferretti: Microbiology: The Thin Line Between Gut Commensal and Pathogen, *Science* 299 (2003) 1999.
3. E. Holmes, J. Nicholson: Variation in Gut Microbiota Strongly Influences Individual Rodent Phenotypes, *Toxicol. Sci.* 87 (2005) 1–2.
4. F. Backhed et al: Host-Bacterial Mutualism in the Human Intestine, *Science* 307 (2005) 1915–1920.
5. T.T. MacDonald, G. Monteleone: Immunity, Inflammation, and Allergy in the Gut, *Science* 307 (2005) 1920–1925.
6. G.R. Gibson, M.B. Roberfroid: Dietary modulation of the human colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotics, *J Nutr* 125 (1995) 1401–1412.
7. S.U. Christl, G.R. Gibson, J.H. Cummings: Role of dietary sulphate in the regulation of methanogenesis in the human large intestine, *GUT* 33 (1992) 1234–1238.
8. J. Van Loo: On the presence of inulin and oligofruktose as natural ingredients in the Western diet., *Crit Rev Food Sci Nutr* 35 (1995) 525–552.
9. L. Ellgard et al: Inulin and oligofruktose do not influence the absorption of cholesterol, or the excretion of cholesterol, Ca, Mg, Zn, Fe, or bile acids but increase energy excretion in ileostomy subjects, *Europ J Clin Nutr* 45 (1997) 451–457.
10. B. Kleesen et al: Effects of inulin and lactose on fecal microflora, microbial activity, and bowel habit in elderly constipated persons, *Am J Clin Nutr* 65 (1997) 1397–1402.
11. G.R. Gibson et al: Selective stimulation of bifidobacteria in the human colon by oligofruktose and inulin, *Gastroenterology* 108 (1995) 975–982.
12. E.M. Den Hond, B. Geypens, Y. Ghos: Effect of high performance chicory inulin on constipation, *Nutrition Res* 20 (2000) 731–736.
13. A. Klinder, B.L. Pool-Zobel: Probiotika, Dunkelberg: Handbuch der Lebensmitteltoxikologie, 2006 (im Druck)
14. M.B. Roberfroid: Prebiotics and synbiotics: concepts and nutritional properties, *Br J Nutr* 80 (1998) S197–S202.
15. G.R. Gibson, X. Wang: Regulatory effects of bifidobacteria on the growth of other colonic bacteria, *J Appl Bacteriol* 77 (1994) 412–420.
16. V. Rao: The prebiotic properties of oligofruktose at low intake levels., *Nutrition Res* 21 (2001) 843–848.
17. K.M. Tuohy et al: A human volunteer study on the prebiotic effects of HP-inulin - faecal bacteria enumerated using fluorescent in situ hybridisation (FISH)., *Anaerobe* 7 (2001) 113–118.
18. D. Bosscher, J. Van Loo, A. Franck: Inulin and oligofruktose as functional ingredients to improve bone mineralization, *International Dairy Journal* 16 (2006) 1092–1097.
19. K.D. Cashmann: A prebiotic substance persistently enhances intestinal calcium absorption and increases bone mineralization in young adolescents. *Nutrition reviews*, Vol 64 (Nr 4), pp. 189–196
20. S. Abrams et al: A combination of prebiotic short- and long-chain inulin-type fructans enhances calcium absorption and bone mineralization in young adolescents, *American Journal of Clinical Nutrition* 82 (2005) 471–476.
21. D.I. Pereira, G.R. Gibson: Effects of consumption of probiotics and prebiotics on serum lipid levels in humans, *Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology* 37 (2002) 259–281.
22. B.L. Pool-Zobel: Inulin-type fructans and reduction in colon cancer risk: Review of experimental and human data, *Br J Nutr* 93 (2005) S73–S90.
23. K. Saunier, J. Dore: Gastrointestinal tract and the elderly: Functional foods, gut microflora and healthy ageing, *Digestive Liver Diseases* 34 (2002) S.19–S.24.
24. M.B. Roberfroid: Introducing inulin-type fructans. *Br J Nutr* 93 Supplement 1 April 2005, *Br J Nutr* 93 (2005)

Die Autorin:

Professor Dr. Beatrice L. Pool-Zobel



Friedrich-Schiller-Universität Jena
 Institut für Ernährungswissenschaften
 Lehrstuhl für Ernährungstoxikologie
 Dornburger Str. 25
 07743 Jena