

Stellungnahme zu Fructooligosacchariden und Inulin

(Lebensmittelchemie, 57, 74-75, 2003)

Einleitung

Fruct(ost)ane wie Inulin sind Speicherkohlenhydrate verschiedener Pflanzen und können in der täglichen Ernährung in Mengen von 3-11 g über Produkte wie z.B. Weizen, Zwiebeln, Porree, Spargel, Schwarzwurzeln, Artischocken oder Topinambur aufgenommen werden. Daneben haben in den vergangenen Jahren immer mehr mit Inulin oder Fructooligosacchariden (FOS) angereicherte Produkte an Marktpräsenz gewonnen, denen ein funktioneller Zusatznutzen zugesprochen wird (z. B. prebiotischer Effekt). Bei FOS und Inulin handelt es sich um Fructoseketten verschiedenen Polymerisationsgrades ($n = 3-60$), die teilweise ein Glucosemolekül am Kettenanfang tragen. Sie werden auch Fructane genannt. Kommerziell erhältliche Produkte sind Inuline verschiedener Kettenlängen (natives Inulin, Inulinfraktionen mit definierter Kettenlänge), Oligofructose ($n < 10$), die hydrolytisch aus Inulin gewonnen wird, sowie synthetisch aus Saccharose hergestellte Fructooligosaccharide. Es konnte für diese Substanzgruppe gezeigt werden, dass sie im Dünndarm von den menschlichen Verdauungsenzymen nicht abgebaut wird, während sie im Dickdarm von der bakteriellen Mikroflora fermentiert wird. Somit können sie nach der Definition der Arbeitsgruppe "Fragen der Ernährung" zu Ballaststoffen als Ballaststoffe angesehen werden (1). Als ernährungsphysiologische Wirkungen werden in der Literatur eine prebiotische Wirksamkeit sowie Effekte auf die Stuhlfrequenz, eine verbesserte Calciumabsorption, den Lipidstoffwechsel und das Krebsrisiko diskutiert.

Diese Stellungnahme beschäftigt sich v.a. mit Fragestellungen hinsichtlich der Mindestmengen zum Erreichen prebiotischer Wirkungen und zur Verbesserung der Calciumabsorption, sowie Fragen zur Stabilität und Aussagen zu Toleranzen bei der Nährwertkennzeichnung.

Prebiotische Wirksamkeit

Prebiotika zeichnen sich dadurch aus, dass sie im Colon selektiv durch solche Dickdarmbakterien fermentiert werden, die als vorteilhaft gelten. Prebiotika führen definitionsgemäß entweder zu einer Vermehrung der Zahl dieser Bakterien und/oder beeinflussen deren metabolische Aktivität. FOS und Inulin stimulieren v.a. das Wachstum von Bifidobakterien, weshalb man auch von einem "bifidogenen" Effekt spricht. Der bifidogene Effekt von FOS und Inulin ist nicht von der Lebensmittelmatrix abhängig. Es gibt Hinweise, dass eine Verschiebung zu einer Darmflora mit höherem Anteil an Bifidobakterien positiven Gesundheitsnutzen haben kann. Der letztendliche Beweis beim Menschen steht allerdings noch aus.

Aufgrund der großen Unterschiede in der Zusammensetzung der Dickdarmflora verschiedener Menschen sind Dosis-Wirkungsbeziehungen schwer zu definieren. Allerdings kann aus den vorliegenden klinischen Untersuchungen (3-8) abgeleitet werden, dass sich der prebiotische Effekt von Fructooligosacchariden und Inulin ab einer Tagesdosis von mindestens 5 g (zusätzlich zu der durch die tägliche Ernährung aufgenommenen Menge) einstellt. Eine Auslobung, dass ein Lebensmittel einen Beitrag zu einem prebiotischen Effekt leisten kann oder prebiotische Ballaststoffe enthält, erscheint ab einer Menge von etwa einem Drittel der Tagesdosis (1,5 g) in einer Verzehereinheit als gerechtfertigt. Darüber hinaus muss beachtet werden, dass eine Verzehrsdauer von mindestens 7 Tagen notwendig ist, um den gewünschten Effekt zu erzielen. Die bifidogene Wirkung hält nur über den Zeitraum des Verzehr von Fructooligosacchariden und Inulin an. Es ist daher empfehlenswert, dass ein Hinweis über Mindestverzehrsmenge und -dauer auf dem jeweiligen Lebensmittel angebracht wird, um eine Irreführung des Verbrauchers zu vermeiden.

Calcium-Absorption

Mit der Nahrung zugeführtes Calcium wird v.a. durch aktive, Vitamin D-abhängige Transportvorgänge im oberen Dünndarm, aber auch durch passive Difusionsprozesse, die im gesamten Bereich von Dün- und Dickdarm stattfinden, ins Blut aufgenommen. FOS und Inulin steigern die Absorption von Calcium wahrscheinlich insbesondere im Dickdarm. Hierbei spielt eine wesentliche Rolle, dass FOS und Inulin im Dickdarm schnell zu kurzkettigen Fettsäuren, vor allem

zu Essigsäure und Milchsäure, fermentiert werden. Bei der Absorption der Fettsäuren werden offenbar Calcium-Ionen aus dem Lumen im Austausch gegen Wasserstoffionen in die Colonozyten aufgenommen. Verschiedene kontrollierte Studien haben gezeigt, dass durch FOS und Inulin die intestinale Calciumabsorptionsrate bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen signifikant erhöht werden kann (9, 11,12), allerdings nicht bei Frauen in den ersten Jahren nach den Wechseljahren (13). Durch eine erhöhte Calciumabsorptionsrate kann die Calciumversorgung des Organismus dann verbessert werden, wenn vorher eine inadäquate Versorgung gegeben war. Derzeit liegen allerdings noch keine Daten über langfristige Effekte z.B. auf die Knochengesundheit vor. Tabelle 1 fasst die Ergebnisse der bisher durchgeführten und veröffentlichten Interventionsstudien zu einer verbesserten Calciumabsorption durch den Verzehr von Fruktanen zusammen. Daraus ist ersichtlich, dass aufgrund der Gabe von Inulin oder FOS signifikant erhöhte Calciumabsorptionsraten auftreten können. Aus den derzeit vorliegenden Studien lassen sich allerdings keine generellen Mindestmengen für FOS und Inulin ableiten.

Tabelle 1: Humanstudien zum Einfluss von Inulin und/oder FOS auf die intestinale Calciumabsorptionsrate

Autor (Referenz)	Studienart/ Studienaufbau	Probanden Alter (Jahre)	Calciumzufuhr	Dosis	Calciumabsorptionsrate in % der oral zugeführten Dosis ²
Coudray et al., 1996 (9)	PC, Cross over	9 Männer 21.5 ± 2.5	859 ± 196	40g Inulin/Tag Kontrollkost ohne Inulin	33,7 ± 12,1 21,3 ± 12,5 (P<0,01 vs. Inulin)
van den Heuvel et al. (10)	PC, Cross over	12 Männer 20 - 30	955 mg/Tag ¹	15g Inulin/Tag 15g Oligofruktose/Tag 15g GOS/Tag keine zusätzliche Gabe	25,8 ± 2,3 26,3 ± 1,9 26,3 ± 2,6 28,1 ± 4,3 (P<0,05)
van den Heuvel et al., 1999 (11)	DBPC, Cross over	12 Jungen 14 - 16	1267 mg/Tag ¹	15g Oligofruktose/tag vs. 15 g Saccharose/Tag	60,1 ± 17,2 47,8 ± 16,4 (P<0,05 vs. FOS)
Griffin et al., 2002 (12)	DBPC, Cross over	60 Mädchen 11 - 13.9	ca. 1600 ± 300 mg/Tag	8g Oligofruktose/Tag 8g Oligofruktose + Inulin Mischung/Tag 8g Saccharose/Tag	31,8 ± 10,0 38,2 ± 9,8 (P<0,01 vs. Saccharose) 32,8 ± 9,8
Tahiri et al., 2003 (13)	DBPC, Cross over	12 Frauen postmenopausal	ca. 900 mg/Tag ¹	10 g kurzkettige FOS/Tag 10 g Saccharose/Tag	36,6 ± 8,5 (P>0,05) 35,6 ± 9,4

PC: Plazebo-kontrolliert; DBPC: doppelblind Plazebo-kontrolliert; GOS: Galactooligosaccharide;

¹ einheitliche Kost während der Studie;

² bei den Studien von van den Heuvel und Griffin wurde die Doppelisotopentechnik angewandt, Coudray hat lediglich die scheinbare Absorption gemessen ((Calciumzufuhr minus Calciumgehalt in den Fäzes)/Calciumzufuhr) multipliziert mit 100

Bei den in der Tabelle beschriebenen Tagesdosen können allerdings vor allem bei den kurzkettigen FOS intestinale Symptome wie Blähungen und Krämpfe im Einzelfall nicht ausgeschlossen werden.

Stabilität

Fructane sind aus β -(2 \rightarrow 1)-verbundenen Fructoseeinheiten aufgebaut. Diese Bindungen sind sowohl säure- als auch temperaturempfindlich und können je nach Lebensmittel-zusammensetzung und Herstellungsprozess hydrolysiert werden. Verluste an FOS und Inulin können v.a. dann auftreten, wenn bei der Lebensmittelherstellung mehrere Parameter zusammenkommen, die sich negativ auf die Stabilität auswirken, wie niedrige pH-Werte (z.B. fruchtsafthaltige Lebensmittel) und ein Erhitzungsverfahren (z.B. Pasteurisierung oder UHT-Verfahren). Des Weiteren konnte gezeigt werden, dass es auch bei Fermentationsprozessen zum Abbau insb. von FOS kommen kann (z.B. Hefeteige, Sauerteige oder Joghurt). Je nach Anwendung und "Fructantyp" können Verluste von über 50% bis hin zum völligen Abbau insbesondere bei Lagerung über einen längeren Zeitraum auftreten.

Aus den bisher bekannten Daten ist zu schlussfolgern, dass Fructane kurzer Kettenlänge schneller abgebaut werden als solche längerer Kettenlänge. Aufgrund der geminderten Stabilität von FOS durch niedrige pH-Werte, höhere Temperaturen, längere Lagerung und bei Hefebehandlung sollte bei solchen Lebensmittelapplikationen auf den Einsatz von FOS zugunsten langkettiger Inuline verzichtet werden. Es wird empfohlen, dass der jeweilige Lebensmittelhersteller die Komposition seiner mit FOS oder Inulin angereicherten Lebensmittel auf die stabilitätsmindernden Faktoren überprüft und gegebenenfalls die Stabilität des verwendeten Fructans analytisch über den Zeitraum der ausgelobten Mindesthaltbarkeit überprüft (siehe auch Absatz zur Analysenmethode).

Abweichend von den Empfehlungen zu Toleranzen für Nährstoffschwankungen bei der Nährwertkennzeichnung (2) wird aufgrund der Stabilitätsproblematik von FOS ($n < 10$) und Inulinen ($n > 10$) eine Toleranz von jeweils bis zu $\pm 25\%$ bei der Kennzeichnung als angemessen betrachtet.

Die gekennzeichneten FOS- und Inulinmengen müssen bis zum Ende des Mindesthaltbarkeitsdatums im Produkt enthalten sein. Erforderliche Überdosierungen sollten allerdings 25 % nicht überschreiten, um unerwünschte gastrointestinale Symptome zu vermeiden. Kann die Einhaltung dieser Toleranz nicht gewährleistet werden, sollte auf stabilere Fructantypen ausgewichen werden.

Bestimmung des Inulin-Gehaltes

FOS und Inulin werden bei der Untersuchung auf den Gesamtballaststoffgehalt nach der Methode L 00.00-18 der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 35 LMBG nicht quantitativ erfasst. Bei Zusatz von Inulin/Oligofructose wird eine separate analytische Überprüfung des Inulingehaltes empfohlen, denn die ausschließliche Berechnung des Inulingehaltes anhand der zugesetzten Menge ist nicht ausreichend, da Getreideprodukte einerseits einen, wenn auch geringen, eigenen Gehalt an Fructanen aufweisen, andererseits das zugesetzte Inulin bei der Verwendung von Hefe und/oder Sauerteig bzw. bei niedrigen pH-Werten ($\text{pH} < 3,7$) in Abhängigkeit von der Temperatur und der Einwirkungsdauer abgebaut wird.

Die Bestimmung von Inulin/Oligofructose kann nach der Methode L 00.00-(79) der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren erfolgen (zum Zeitpunkt dieser Veröffentlichung im Entwurf vorliegend). Sofern daneben noch der Ballaststoffgehalt nach §35 Methode L 00.00-18 bestimmt werden soll, ist zu berücksichtigen, dass dabei etwa 10 % des eingesetzten Inulins (in der löslichen Fraktion) erfasst werden. Das Inulin muss deshalb durch Zusatz einer Inulinase während der Enzyminkubation vollständig abgebaut werden. Der tatsächliche Ballaststoffgehalt errechnet sich dann aus der Summe an enzymatisch bestimmten Gesamtballaststoffen nach §35 Methode L 00.00-18 (ohne Reste von Inulin) und dem Gehalt an Inulin nach §35 Methode L 00.00.(79).

Fazit

FOS und Inulin sind Ballaststoffquellen, die die menschliche Ernährung sinnvoll ergänzen können. Die prebiotische oder bifidogene Wirkung und die Verbesserung der Calciumabsorption sind in mehreren humanen Interventionsstudien nachgewiesen worden. Der langfristige Nutzen des prebiotischen Effektes für die menschliche Gesundheit und der verbesserten Calcium-Aufnahme für den Knochenaufbau sind bisher noch nicht umfassend geklärt. Eine lipidsenkende Wirkung und ein

positiver Einfluss auf bestimmte Krebsbiomarker konnten für den Menschen bisher nicht hinreichend gesichert werden. Die Stabilitätsproblematik dieser Produktgruppe, insb. der kurzkettigen FOS, sollte bei der Lebensmittelkonzeption und –herstellung beachtet werden. Aufgrund der Entwicklung stabilerer langkettiger Inuline kann diese Produktgruppe jedoch in breitem Rahmen in Lebensmitteln eingesetzt werden.

Die Arbeitsgruppe “Fragen der Ernährung” dankt Frau Prof. Dr. Elisabeth Wisker vom Institut für Humanernährung und Lebensmittelkunde der Christian-Albrechts-Universität in Kiel und Herrn PD Dr. Armin Zittermann vom Institut für Ernährungswissenschaft der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn für ihre fachliche Beratung und Unterstützung.

Referenzen

1. Novellierung der Stellungnahme zu Ballaststoffen der Lebensmittelchemischen Gesellschaft aus dem Jahre 1989: *Lebensmittelchemie* 56, 66-68, 2002
2. Empfehlungen zu Toleranzen für Nährstoffschwankungen bei der Nährwertkennzeichnung: *Lebensmittelchemie* 52, 25, 1998
3. Gibson GR, Beatty ER, Wang X, Cummings JH: Selective stimulation of bifidobacteria in the human colon by oligofructose and inulin. *Gastroenterology* 108 (1995) 975-982
4. Kleesen B, Sykura B, Zunft HJ, Blaut M: 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
5. Kruse HP, Kleessen B, Blaut M: Effects of inulin on faecal bifidobacteria in human subjects. *Br J Nutr* 82 (1999) 375-382
6. Tuohy KM, Kolida S, Lustenberger AM, Gibson GR: The prebiotic effects of biscuits containing partially hydrolysed guar gum and fructo-oligosaccharides – a human volunteer study. *Br J Nutr* 86 (2001) 341-348
7. Menne E, Guggenbuhl N, Roberfroid M: Fn-type chicory inulin hydrolysate has a prebiotic effect in humans. *J Nutr* 130 (2000) 1197-1199
8. Bounnik Y, Vahedi K, Achour L, Attar A, Salfati J, Pochart P, Marteau P, Flourie B, Bornet F, Rambaud JC: Short-chain fructo-oligosaccharide administration dose-dependently increases fecal bifidobacteria in healthy humans. *J Nutr* 129 (1999) 113-116
9. Coudray C, Bellanger J, Castiglia-Delavaud C, Remesy C, Vermorel M, Rayssiguier Y: Effect of soluble or partly soluble dietary fibres supplementation on absorption and balance of calcium, magnesium, iron and zinc in healthy young men. *Eur J Clin Nutr* (1997) 375-380
10. van den Heuvel EG, Schaafsma G, Muys T, van Dokkum W: Non-digestible oligosaccharides do not interfere with calcium and nonheme-iron absorption in young, healthy men. *Am J Clin Nutr* 67 (1998) 445–451
11. van der Heuvel EG, Muys T, van Dokkum W, Schaafsma G: Oligofructose stimulates calcium absorption in adolescents. *Am J Clin Nutr* 69 (1999) 544-548
12. Griffin IJ, Davila PM, Abrams SA: Non-digestible oligosaccharides and calcium absorption in girls with adequate calcium intakes. *Br J Nutr* 87 (2002) suppl. 2 S187-S191
13. Tahiri M, Tressol JC, Arnaud J., Bornet FR, Bouteloup-Demange C, Feillet-Coudray C, Brandolini M, Ducros V, Pépin D, Brouns F, Roussel AM, Rayssiguier Y, Coudray C: Effect of short-chain fructooligosaccharides on intestinal calcium absorption and calcium status in post menopausal women: a stable-isotope study. *Am J Clin Nutr* 77 (2003) 449–457