

*Institut für Biochemie, Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Karlsruhe, und
Institut für Ernährungswissenschaft der Justus-Liebig-Universität Gießen*

Der Einfluß von Johannisbrotkernmehl auf die Resorption von Mineralstoffen und Spurenelementen beim Menschen*)

A.-E. Harmuth-Hoene, A. Meier-Ploeger und C. Leitzmann

(Eingegangen am 25. Januar 1982)

Einleitung

In der Vergangenheit wurden unverdauliche Nahrungsbestandteile als unvermeidbare Ballaststoffe betrachtet, die unverändert und ohne jede Wirkung den Magen-Darm-Trakt passieren und ausgeschieden werden. Der überwiegende Anteil dieser Ballaststoffe besteht aus Polysacchariden (Zellulose, Hemizellulose, Pektin) und Lignin und kommt in pflanzlichen Nahrungsmitteln vor oder wird aus Algen gewonnen. Der menschliche Organismus verfügt über kein Enzymsystem, das diese unverdaulichen Polysaccharide abzubauen vermag. Ein begrenzter fermentativer Abbau ist jedoch bei einigen der Ballaststoffe unter Einwirkung der Darmflora möglich.

Neuere Untersuchungen haben mögliche Zusammenhänge zwischen der drastischen Verringerung des Ballaststoffgehaltes der Nahrung in den westlichen Industrieländern und einer Reihe von Zivilisationskrankheiten aufgezeigt (3, 4, 11, 13, 15). Dies trifft besonders auf Erkrankungen des Dickdarms zu. In zunehmendem Maße werden heute zur Therapie von Übergewicht und chronischer Obstipation Lebensmittel mit erhöhtem Gehalt an isolierten, schwerverdaulichen Polysacchariden aus tropischen Leguminosen (Guarmehl, Johannisbrotkernmehl) oder Algen (Alginat, Carrageenan, Agar-Agar, Furcelleran) verwendet. Bevor verbindliche Empfehlungen über die Höhe der täglichen Zufuhr von diesen isolierten Ballaststoffen gegeben werden können, muß geklärt werden, ob und in welchem Maße diese Stoffe bei regelmäßiger Zufuhr die Resorption essentieller Nährstoffe beeinträchtigen können.

Es gibt eine Reihe von Hinweisen, daß ein hoher Verzehr von ballaststoffreichem Brot trotz ausreichender Versorgung mit Zink (17, 18, 19, 20) und Eisen (9) zum Mangel beider Mineralstoffe führen kann. Auch die Ca-Resorption wird durch erhöhten Ballaststoffverzehr vermindert (18).

In einer früheren Arbeit (8) berichteten wir über eine leichte Beeinträchtigung der Ca-Resorption durch Guarmehl und eine signifikant verminderte Fe-Resorption durch Agar-Agar bei weiblichen Versuchspersonen. In der vorliegenden Arbeit wurde geprüft, welchen Einfluß die

*) Herrn Prof. Dr. K. Lang gewidmet

Tab. 1. Geschlecht, Körpergewicht (1. Versuchstag), Größe und Gewichtsklasse der Versuchspersonen.

Versuchsperson Nr.	Geschlecht	Körpergewicht kg	Größe cm	Gewichts- klasse ¹⁾
1	w	57,6	173,0	i
2	m	69,6	190,5	i
3	w	82,2	166,5	ü
4	w	84,3	164,0	ü
7	w	71,6	176,0	n
9	w	57,2	171,0	i
10	m	56,2	168,6	i
11	w	64,6	171,5	n

¹⁾ nach Broca

n = Normalgewicht, d. h. Größe in cm - 100 = Körpergewicht in kg

i = Idealgewicht, d. h. Normalgewicht - 10 % für Männer
15 % für Frauen

ü = Übergewicht, d. h. Normalgewicht + 10 %

tägliche Zufuhr von 9,5 g Johannisbrotkernmehl/1000 kcal (4184 kJ) mit der Nahrung auf die Resorption von Ca, Fe, Zn und Cu bei jungen Erwachsenen ausübt.

Das Johannisbrotkernmehl (JBM), auch als Carubin bezeichnet (englisch: carob bean gum, locust bean gum), wird aus dem Endosperm des Samens des im Mittelmeerraum beheimateten Johannisbrodbaumes (*Ceratonia siliqua*) gewonnen. JBM gehört zu den neutralen Quellstoffen; der Polysaccharidanteil beträgt im Durchschnitt 85 % und besteht ausschließlich aus den Bausteinen Mannose und Galaktose im Verhältnis 4:1. Aufgrund seiner großen Wasserbindungskapazität findet das JBM als Stabilisator und Dickungsmittel bei der Nahrungsmittelproduktion Anwendung. Weiterhin wird es zur Herstellung von Nahrungsmitteln und diätetischen Präparaten mit vermindertem Energiegehalt verwendet.

Methodik

Die vorliegende Untersuchung wurde als Teilprojekt im Rahmen eines neunwöchigen Ernährungsversuches im Herbst 1978 vom Institut für Ernährungswissenschaft der Justus-Liebig-Universität Gießen durchgeführt. Die Versuchspersonen waren zwei männliche und sechs weibliche gesunde Studenten im Alter zwischen

Tab. 2. Versuchsplan.

Sammelperiode	Kontrolle	JBM-Zusatz
I	Tag 1- 5	
II	Tag 6- 9	
III	Tag 10-14	
IV		Tag 15-19
V		Tag 20-23
VI		Tag 24-28

19 und 25 Jahren, die sich nach einem ausführlichen Gespräch über Zweck und Durchführung des Versuches als Probanden zur Verfügung stellten (Tab. 1). Alle Probanden waren während der Durchführung des Versuches im gleichen Haus untergebracht und nahmen sämtliche Mahlzeiten gemeinsam ein.

Die Versuchsdiät bestand aus einer normalen Mischkost, deren Energiegehalt sich im Verhältnis 15:35:50 auf Protein, Fett und Kohlenhydrate verteilte. Die Nahrungszufuhr erfolgte in drei Hauptmahlzeiten (Frühstück, Mittagessen, Abendessen), zwei Zwischenmahlzeiten (vormittags und nachmittags) und einem Spätimbiss. Zusätzlich erhielten alle Versuchspersonen täglich 50 g Vollmilch. Um die Diät möglichst abwechslungsreich zu gestalten, enthielt der Kostplan 14 vergleichbare Tagesmenüs, die sich im 14tägigen Rhythmus wiederholten. Mit Ausnahme des Spätimbisses wurden alle Mahlzeiten in halben und ganzen Portionen abgewogen und nach dem Baukastenprinzip zur Wahl angeboten. Das in Gießen entwickelte Baukastenprinzip enthält bilanzierte Mahlzeiten, von denen beliebig viele, aber nur vollständige Portionen verzehrt werden dürfen, um eine gleichbleibende Nährstoffzusammensetzung zu gewährleisten. Der Minimalverzehr von einer halben Portion pro Mahlzeit und Zwischenmahlzeit mußte von allen Versuchspersonen eingehalten werden, während nach oben keine Grenze gesetzt war. Jede bestellte Portion wurde registriert und mußte restlos verzehrt werden.

Kaffee und Tee ohne Milch oder Zucker sowie Mineralwasser konnten ad libitum aufgenommen werden. Der tägliche Verzehr dieser Getränke und sämtlicher portionierter Mahlzeiten wurde registriert und bei der Berechnung der Mineralstoffzufuhr zugrunde gelegt. Johannisbrotkernmehl (Firma Röper, Hamburg) wurde mit Ausnahme des Spätimbisses allen Mahlzeiten während der Zubereitung zugesetzt. Hierbei wurde darauf geachtet, daß das Polysaccharid gut mit der Nahrung vermischt und nur im aufgequollenen Zustand verzehrt wurde. Der JBM-Zusatz betrug 9,5 g/1000 kcal (4184 kJ).

Der Bilanzversuch dauerte 28 Tage. Die ersten 14 Tage dienten als Kontrolle, während der anschließenden 14 Tage erfolgte die Supplementierung mit JBM. Während der gesamten Versuchsdauer wurden nach dem in Tabelle 2 angegebenen Schema in vier- oder fünftägigen Sammelperioden Kotproben gesammelt. Die Zuordnung der Kotproben zu den Sammelperioden erfolgte mit Hilfe von Karminrot als Markierungssubstanz, das vor Beginn jeder Sammelperiode und nach Abschluß der letzten Sammelperiode verabfolgt wurde.

Die Diät- und Kotproben wurden homogenisiert und in gefriergetrocknetem Zustand aufbewahrt. Aliquote Anteile wurden nach der von Prasad und Spiers (16) beschriebenen Methode trocken in Platintiegeln verascht und mit verdünnter HCl aufgelöst. Die Bestimmung der Mineralstoffe erfolgte mit Hilfe der Atomabsorptionsspektrometrie (Modell 1272, Fa. Beckmann). Zur Vermeidung von Kontamination mit Metallspuren wurden alle verwendeten Glasgeräte in 1%iger ÄDTA-Lösung eingeweicht und sorgfältig mit bidestilliertem Wasser gespült.

Unter Anwendung der zweifachen Varianzanalyse wurde, unabhängig von den individuellen Unterschieden zwischen den Versuchspersonen, der versuchsbedingte Zufallsfehler ermittelt und zur Signifikanzprüfung der Unterschiede zwischen den Gruppenmittelwerten der Kontrollperiode und der Periode mit JBM-Zusatz im F-Test verwendet.

Ergebnisse

Die Resorption von Ca, Fe, Zn und Cu wurde für jede der sechs in Tabelle 2 definierten Bilanzperioden als Differenz aus Aufnahme mit der Nahrung und Ausscheidung in den Fäzes bestimmt. Hierbei wurde die endogene Sekretion dieser vier Mineralstoffe, die mit der Galle und anderen Verdauungssäften oder mit abgestoßenen Zellbestandteilen in den

Darm gelangen, nicht berücksichtigt. Demnach erhöht sich die wahre Resorption um den Anteil der endogenen Mineralstoffe in den Fäzes. Jede Versuchsperson konnte die Höhe der Nahrungszufuhr selbst bestimmen. Dies führte zu einer stark unterschiedlichen Aufnahme von JBM (10,2–32,1 g/Tag, Tab. 3) und den vier untersuchten Mineralstoffen. Andererseits hielten mit wenigen Ausnahmen die einzelnen Versuchspersonen ihre Nahrungsaufnahme während der sechs Bilanzperioden relativ konstant.

Die mittlere tägliche Ca-Aufnahme der Probanden betrug 996 mg während der Kontrollperioden und 980 mg während der JBM-Perioden und lag damit deutlich über der von der DGE empfohlenen Zufuhr von 800 bzw. 700 mg/Tag für erwachsene Männer und Frauen (Tab. 4). In sieben von acht Probanden verursachte der Zusatz von JBM einen deutlichen Anstieg der Ca-Ausscheidung, die bei drei Probanden die Zufuhr mit der Nahrung überstieg. Die mittlere Ca-Resorption bei JBM-Zusatz war gegenüber der Kontrollperiode signifikant herabgesetzt ($p < 0,025$).

Während der Kontrollperioden wurden täglich im Mittel 12,6 mg Fe und während der JBM-Perioden 11,1 mg Fe mit der Nahrung aufgenommen (Tab. 5). Dieser Unterschied von 1,5 mg war statistisch nicht signifikant. Keine der sechs weiblichen Versuchspersonen erreichte die empfohlene Eisenzufuhr von 18 mg/Tag während des gesamten Versuchszeitraums, während die beiden männlichen Probanden (Nr. 02 und Nr. 10) den empfohlenen Wert von 12 mg/Tag deutlich überschritten. Durch die Zufuhr von JBM war die tägliche Fe-Ausscheidung bei fünf der acht Versuchspersonen deutlich erhöht. Mit Ausnahme der Probandin Nr. 11, die während der Kontrollperiode bereits einen extrem hohen Fe-Verlust aufwies, wurde nach JBM-Zufuhr eine deutliche Beeinträchtigung der Fe-Resorption beobachtet, die im Mittel von 0,5 auf $-1,71$ mg/Tag zurückging (statistisch signifikant, $P < 0,05$).

Mit 10,7 bzw. 10,4 mg war die tägliche Zn-Zufuhr niedrig (Tab. 6). Zwar gibt es bislang keine verbindliche Empfehlung für die Zinkzufuhr, aber Hinweise (22), daß 2,2 mg Zn/Tag erforderlich sind, um den Bedarf von Erwachsenen zu decken, wobei eine biologische Verfügbarkeit von 10 %

Tab. 3. Aufnahme von JBM (g/Tag) der Versuchspersonen während der Versuchsperiode.

Versuchsperson Nr.	Periode IV	Periode V	Periode VI
1	11,2	10,2	10,9
2	24,4	25,4	27,5
3	22,6	24,4	32,1
4	12,9	11,6	12,1
7	13,3	10,9	12,5
9	16,2	16,6	15,9
10	29,1	29,0	28,1
11	17,0	17,8	22,6
MW	18,3 \pm 6,4 ¹⁾	18,2 \pm 7,3	20,3 \pm 8,3

¹⁾ Standardabweichung

Tab. 4. Einfluß von Johannisbrockermehl (JBM) in der Nahrung auf die Kalziumresorption von 8 Versuchspersonen, Mittelwerte aus drei 4tägigen Bilanzperioden, Gruppenmittelwerte (mg/Tag).

Versuchsperson Nr.	Kontrollperiode Zufuhr	Ausscheidung	Resorption	JBM-Zusatz Zufuhr	Ausscheidung	Resorption
1	641,2	473,8	167,4	602,1	790,1	-188,0
2	1331,5	1028,5	303,0	1280,5	1299,7	- 19,2
3	1042,5	810,9	231,6	1131,3	837,1	294,2
4	770,7	694,5	76,2	657,2	626,9	30,3
7	858,5	639,8	218,7	735,4	739,0	- 3,6
9	981,5	833,0	148,5	937,4	935,4	2,0
10	1493,9	1205,4	288,5	1581,1	1387,5	193,6
11	848,0	678,8	169,2	917,5	710,0	207,5
MW	996,0	795,6	200,4	980,3	915,7	64,6

F-Test auf Parametereffekte

Effekt	FG ¹⁾	Ca-Zufuhr F	P ²⁾	Ca-Resorption F	P
JBM	1/32	0,105	> 0,05	6,300	< 0,025
Versuchspersonen	7/32	20,606	< 0,001	1,527	> 0,05
Wechselwirkung	7/32	0,403	> 0,05	1,037	> 0,05

¹⁾ Freiheitsgrade, ²⁾ Irrtumswahrscheinlichkeit für das Verwerfen der Nullhypothese

Tab. 5. Einfluß von Johannisbrotkernmehl (JBM) in der Nahrung auf die Eisenresorption von 8 Versuchspersonen, Mittelwerte aus drei 4tägigen Bilanzperioden, Gruppenmittelwerte (mg/Tag).

Versuchsperson Nr.	Kontrollperiode Zufuhr	Ausscheidung	Resorption	JBM-Zusatz Zufuhr	Ausscheidung	Resorption
1	7,26	8,41	-1,15	6,08	13,14	-7,07
2	17,28	16,09	1,03	14,95	18,71	-3,76
3	14,91	14,33	0,58	14,72	15,89	-1,17
4	9,54	8,63	0,91	7,51	6,65	0,86
7	9,36	6,03	3,33	7,32	6,56	0,77
9	11,99	10,46	1,53	9,51	9,86	-0,35
10	18,17	16,18	1,99	17,56	17,46	0,10
11	12,22	16,56	-4,33	11,33	14,38	-3,05
MW	12,59	12,09	0,50	11,12	12,83	-1,71

F-Test auf Parametereffekte

Effekt	FG	Fe-Zufuhr F	P	Fe-Resorption F	P
JBM	1/32	3,982	> 0,05	4,345	< 0,05
Versuchspersonen	7/32	15,089	< 0,001	2,262	> 0,05
Wechselwirkung	7/32	0,170	> 0,05	0,611	> 0,05

Tab. 6. Einfluß von Johannisbrotkernmehl (JBM) in der Nahrung auf die Zinkresorption von 8 Versuchspersonen, Mittelwerte aus drei 4tägigen Bilanzperioden, Gruppenmittelwerte (mg/Tag).

Versuchsperson Nr.	Kontrollperiode Zufuhr	Ausscheidung	Resorption	JBM-Zusatz Zufuhr	Ausscheidung	Resorption
1	6,35	6,18	0,17	6,00	7,47	-1,47
2	14,76	11,42	3,34	14,35	15,08	-0,73
3	10,95	10,37	0,58	11,69	10,44	1,25
4	7,82	8,79	-0,97	7,02	7,84	-0,82
7	8,09	6,24	1,85	7,08	7,14	-0,06
9	11,00	8,84	2,16	9,07	9,53	-0,46
10	16,44	13,27	3,17	16,61	14,03	2,58
11	10,21	8,25	1,96	11,14	9,87	1,27
MW	10,70	9,17	1,53	10,37	10,17	0,20

F-Test auf Parametereffekte

Effekt	FG	Zn-Zufuhr F	P	Zn-Resorption F	P
JBM	1/32	0,404	> 0,05	6,649	< 0,025
Versuchspersonen	7/32	23,590	< 0,001	2,695	< 0,05
Wechselwirkung	7/32	0,407	> 0,05	1,109	> 0,05

Tab. 7. Einfluß von Johannisbrotkernmehl (JBM) in der Nahrung auf die Kupferresorption von 8 Versuchspersonen, Mittelwerte aus drei 4tägigen Bilanzperioden, Gruppenmittelwerte (mg/Tag).

Versuchsperson Nr.	Kontrollperiode Zufuhr	Ausscheidung	Resorption	JBM-Zusatz Zufuhr	Ausscheidung	Resorption
1	1,189	0,739	0,450	1,093	1,062	0,031
2	2,557	1,458	1,099	2,346	2,130	0,216
3	1,903	1,569	0,334	2,239	1,526	0,713
4	1,405	0,937	0,468	1,201	0,781	0,420
7	1,352	0,721	0,631	1,371	0,999	0,372
9	1,754	1,114	0,640	1,572	1,204	0,368
10	2,624	1,419	1,205	2,884	1,957	0,927
11	1,577	1,178	0,399	1,652	1,145	0,507
MW	1,795	1,142	0,653	1,795	1,351	0,444

F-Test auf Parametereffekte

Effekt	FG	Cu-Zufuhr F	P	Cu-Resorption F	P
JBM	1/32	0	> 0,05	4,100	> 0,05
Versuchspersonen	7/32	8,877	< 0,001	2,672	< 0,05
Wechselwirkung	7/32	0,299	> 0,05	1,640	> 0,05

vorausgesetzt wird. Während der Kontrollperiode wurden im Mittel 15 % des aufgenommenen Zinks resorbiert (1,53 mg/Tag). Die JBM-Zufuhr bewirkte eine deutliche Verringerung der Zn-Resorption bei sieben von acht Versuchspersonen, im Mittel von 1,3 mg/Tag (statistisch signifikant, $P < 0,025$).

Die Versorgung der Probanden mit Cu war mit 1,8 mg/Tag fast ausreichend (Tab. 7). Wie beim Zn gibt es für Cu nur unverbindliche Empfehlungen für die tägliche Zufuhr bei Erwachsenen, die bei 2 mg liegt (22). In fünf von acht Probanden wurde eine erhöhte Cu-Ausscheidung bei JBM-Zufuhr beobachtet. Im Mittel verringerte sich die Cu-Resorption von 0,65 mg/Tag während der Kontrollperioden auf 0,44 mg/Tag bei JBM-Zusatz. Dieser Unterschied ist statistisch nicht signifikant.

Diskussion

Von den vier untersuchten Mineralstoffen und Spurenelementen wurde die Resorption von Kalzium, Eisen und Zink durch die Zufuhr von Johannisbrotkernmehl signifikant herabgesetzt, während die Resorption von Kupfer nur leicht (nicht signifikant) vermindert war. Die Wirkung der schwerverdaulichen Polysaccharide auf die Resorption von Mineralstoffen kann über verschiedene Mechanismen erfolgen:

- a) Mineralstoffe und Spurenelemente werden an Polysaccharide gebunden, entweder in Form einer spezifischen Bindung an Carboxyl- oder Hydroxylgruppen oder unspezifisch an der Oberfläche und im Innern des Polysaccharidgels,
- b) aufgrund der großen Wasserbindungskapazität einer Reihe von Polysacchariden wird die Diffusion der während der Verdauung freigesetzten Nährstoffe behindert,
- c) die Transitzeit der Nahrung durch den Darm wird verändert, wodurch möglicherweise eine optimale Resorption verhindert wird,
- d) die Aktivität der Darmflora wird gesteigert, dadurch werden Mineralstoffe in verstärktem Maße in die mikrobielle Zellmasse eingebaut und so der Resorption entzogen.

Diese Aufzählung verdeutlicht, daß Ballaststoffe mit unterschiedlichem chemischem Aufbau und physikalischen Eigenschaften sowie unterschiedlicher Resistenz gegen bakteriellen Abbau in ihrer Wirkung auf die Mineralstoffresorption stark variieren können.

Vergleichbare Bilanzuntersuchungen über den Einfluß anderer isolierter Ballaststoffe ergaben erhöhte Kalziumverluste im Kot bei 12 Jugendlichen, bei einer täglichen Zufuhr von 10 und 20 g Hemizellulose aus Psyllium (13), während Pektin bei fünf Probanden ohne Einfluß blieb (5). Guarmehlzufuhr (22,5 g/Tag) verursachte nur bei zwei von sechs weiblichen Versuchspersonen eine deutliche verringerte Ca-Resorption, Agar-Agar zeigte dagegen keinen Einfluß auf die Ca-Resorption (8). Andererseits wurde die Fe-Resorption durch Guarmehl nicht wesentlich, durch Agar-Agar dagegen deutlich vermindert (8). Bei einer täglichen Zufuhr von 14,2 g Hemizellulose, isoliert aus Psyllium, wurden bei acht Jugendlichen erhöhte Zn- und Cu-Verluste in den Fäzes beobachtet (7). Bei einer Steigerung der täglichen Hemizelluloseaufnahme von 4,2 auf 14,2 und

24,2 g wurden steigende Zn-Verluste in den Fäzes von 12 Männern festgestellt (12).

Untersuchungen über den Einfluß von Ballaststoffen, die regelmäßig als Bestandteil von Getreideprodukten, Obst und Gemüse in unserer Nahrung enthalten sind, haben zu widersprüchlichen Ergebnissen geführt. Björn-Rasmussen (1) und Dobbs u. Mitarb. (6) beobachteten eine Beeinträchtigung der Fe-Resorption durch Getreideballaststoffe, während Sandstead u. Mitarb. (21) keine Erhöhung der Fe-Verluste im Kot und Brodripp und Humphreys (2) keine Veränderung der Serumeisenwerte bei einem täglichen Verzehr von 25 g Getreidekleie feststellen konnten. Erhöhte Zufuhr von Ballaststoffen aus Obst und Gemüse verursachte keine Erhöhung der fäkalen Fe-Ausscheidung in 12 Männern (10).

Die Mineralstoffresorption wird neben dem Ballaststoffgehalt der Nahrung von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst, unter anderem von der Höhe der Zufuhr der einzelnen Mineralstoffe sowie von anderen Inhaltsstoffen. Weiterhin wird die Resorption von Mineralstoffen durch eine Reihe endogener Faktoren gesteuert, insbesondere durch den Bedarf der Versuchspersonen, der größeren Schwankungen unterliegen kann. Hierauf beruht die Fähigkeit des Organismus, sich einer marginalen Versorgung mit Mineralstoffen und Spurenelementen über einen längeren Zeitraum anzupassen, ohne in einen Mangelzustand zu geraten. Ein Vergleich der Daten aus verschiedenen Studien ist aus diesen Gründen meist mit Unsicherheiten behaftet.

Von besonderem Interesse ist die Tatsache, daß das JBM gegenüber dem Guarmehl (8) die Resorption von Ca, Fe und Zn stärker beeinträchtigt, obwohl beide Polysaccharide im wesentlichen aus Galaktomannan bestehen. Untersuchungen von Wielinga (23) haben allerdings gezeigt, daß im JBM die Galaktose mit der Mannose in Form eines Blockpolymers verknüpft ist, während im Guarmehl die Galaktoseäste regelmäßig über das Polysaccharidmolekül verteilt sind. Hierdurch ergeben sich beim JBM zusätzliche Bindungsmöglichkeiten über Wasserstoffbrücken und eine stärkere Vernetzung der Gelstruktur. Es ist denkbar, daß diese unterschiedliche Struktur sich auf die Wechselwirkungen zwischen JBM und Mineralstoffen im Verdauungstrakt auswirkt.

Bei einer Abschätzung des gesundheitlichen Risikos einer erhöhten Zufuhr von isolierten, schwerverdaulichen Polysacchariden über einen längeren Zeitraum anhand der vorliegenden Untersuchungsergebnisse sind zwei wichtige Aspekte zu berücksichtigen:

1. Die tägliche Supplementierung mit 9,5 g JBM/1000 kcal zusätzlich zu den üblicherweise in einer Normalkost enthaltenen Ballaststoffen liegt an der Obergrenze der Zufuhr von schwerverdaulichen Polysacchariden, die auf Dauer zumutbar ist und nur in Ausnahmefällen praktiziert wird.
2. Die Zufuhr von JBM erfolgte nur über 14 Tage, ein Zeitraum, der für eine optimale Anpassung des Verdauungsprozesses und der Darmflora an die erhöhte Ballaststoffaufnahme möglicherweise nicht ausreichend ist.

Die durch JBM verminderte Fe-Resorption ist das wichtigste Ergebnis der vorliegenden Untersuchung. Es empfiehlt sich, bei einer langandauernden, stark erhöhten Zufuhr dieses Polysaccharids auf eine ausrei-

chende Versorgung mit Nahrungs Eisen in einer biologisch verfügbaren Form zu achten. Auch die Versorgung mit Zn kann bei hohem regelmäßigem Verzehr von JBM kritisch werden.

Danksagung

Für die zuverlässige Durchführung der Mineralstoffanalysen danken wir Frau I. Koster, Frau R. Manderla und Fräulein U. Schell. Unser besonderer Dank gilt den Versuchspersonen, die in vorbildlicher Weise eine reibungslose Durchführung der Untersuchungen ermöglichten.

Zusammenfassung

In einem vierwöchigen Bilanzversuch wurde der Einfluß von Johannisbrotkernmehl (JBM) in der Nahrung (9,5 g/1000 kcal, 4184 kJ) auf die Resorption von Ca, Fe, Zn und Cu in zwei männlichen und sechs weiblichen gesunden Versuchspersonen im Alter zwischen 19 und 25 Jahren geprüft. Die Versuchsdiät bestand aus einer normalen Mischkost, der während der letzten zwei Wochen der Untersuchung JBM bei der Speisezubereitung zugefügt wurde. Die Resorption der Mineralstoffe und Spurenelemente wurde als Differenz aus Zufuhr mit der Diät und Ausscheidung im Kot berechnet. Die Zufuhr von JBM führte gegenüber der Kontrolldiät zu einer signifikanten Verringerung der Resorption von Ca, Fe und Zn. Die Cu-Resorption blieb unverändert.

Summary

The effect of carob bean gum (9.5 g/1000 kcal, 4184 kJ) in the daily diet on the absorption of Ca, Fe, Zn und Cu was determined during a 4-week balance study in 2 male and 6 female healthy subjects, aged 19 to 25 years. A normal mixed diet was used, to which carob bean gum was added during food preparation for the last 2 weeks of the study. The absorption of minerals and trace elements was calculated as the difference between dietary intake and fecal excretion. The ingestion of carob bean gum caused a significant reduction in the absorption of Ca, Fe and Zn when compared to the control diet, while the absorption of Cu remained unchanged.

Schlüsselwörter: Johannisbrotkernmehl, Resorption, Mineralstoffe, Spurenelemente, Bilanzversuch

Literatur

1. Björn-Rasmussen, E.: Iron absorption from wheat bread: Influence of various amounts of bran. *Nutr. Metabol.* **16**, 101–110 (1974).
2. Brodripp, A. J. M., D. M. Humphreys: Diverticular disease: three studies. *Brit. Med. J.* **1976/I**, 424–430.
3. Burkitt, D. P.: Epidemiology of cancer of the colon and rectum. *Cancer* **28**, 3–13 (1971).
4. Burkitt, D. P., A. R. P. Walker, N. S. Painter: Effect of dietary fiber on stools and transit times, and its role in the causation of disease. *Lancet* **1972/II**, 1408–1412.
5. Cummings, J. H., D. A. T. Southgate, W. J. Branch, H. S. Wiggins: The digestion of pectin in the human gut and its effect on calcium absorption and large bowel function. *Brit. J. Nutr.* **41**, 477–485 (1979).
6. Dobbs, R. J., I. M. Baird: Effect of whole meal and white bread on iron absorption in normal people. *Brit. Med. J.* **1977/I**, 1641–1642.
7. Drews, L. M., C. Kies, H. M. Fox: Effect of dietary fiber on copper, zinc, and magnesium utilization by adolescent boys. *J. Amer. Clin. Nutr.* **32**, 1893–1897 (1979).

8. Harmuth-Hoene, A. E.: Berichte der Bundesforschungsanstalt für Ernährung (Karlsruhe 1980/5).
9. Haghsheenas, M., M. Mahloudji, J. G. Reinhold, N. Mohammadi: Iron deficiency anaemia in an Iranian population associated with high intakes of iron. *Amer. J. Clin. Nutr.* **25**, 1143–1146 (1972).
10. Kelsay, J. L., K. M. Behall, E. S. Prather: Effect of fiber from fruits and vegetables on metabolic responses of human subjects; II Calcium, magnesium, iron, and silicon balances. *Amer. J. Clin. Nutr.* **32**, 1876–1880 (1979).
11. Keys, A., F. Grande, J. T. Anderson: Fiber and pectin in the diet and serum cholesterol concentration in man. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* **106**, 555–558 (1961).
12. Kies, C., H. M. Fox, D. Beshgetoor: Effect of various levels of dietary hemicellulose on zinc nutritional status of men. *Cereal Chem.* **56**, 133–136 (1979).
13. Leitzmann, C.: Ballaststoffe und andere Ernährungseinflüsse in der Kolonkarzinomentstehung. *Ernährung* **4**, 485–489 (1980).
14. McHale, M., C. Kies, H. M. Fox: Calcium and magnesium nutritional status of adolescent humans fed cellulose or hemicellulose supplements. *J. Food Sci.* **44**, 1412–1417 (1979).
15. Painter, N. S., D. P. Burkitt: Diverticular-disease of the colon. A deficiency disease of western civilization. *Brit. Med. J.* **1971/II**, 450–454.
16. Prasad, M., M. Spiers: Comparative ashing techniques for digestion of horticultural plant samples. *J. Agric. Food Chem.* **26**, 824–827 (1978).
17. Reinhold, J. G., G. A. Kfoury, M. A. Ghalanbor, J. C. Bennet: Zinc and copper concentration of hair of Iranian villagers. *Amer. J. Clin. Nutr.* **18**, 294–300 (1966).
18. Reinhold, J. G., B. Faradji, P. Abadi, F. Ismail-Beigi: Decreased absorption of calcium, magnesium, zinc and phosphorus by humans due to increased fiber and phosphorus consumption us wheat bread. *J. Nutr.* **106**, 493–503 (1976).
19. Reinhold, J. G., B. Faradji, P. Abadi, F. Ismail-Beigi: Binding of zinc to fiber and other solids of whole meal bread. In: Trace elements in human health and disease, 163–179, Ed.: Prasad, A. S., D. Oberleas, Academic Press, Vol. 1 (New York 1976).
20. Ronaghy, H. A., J. G. Reinhold, M. Mahloudji, P. Ghavami, M. R. Spivex Fox, J. A. Halsted: Zinc supplementation of malnourished schoolboys in Iran: increased growth and other effects. *Amer. J. Clin. Nutr.* **27**, 112–121 (1974).
21. Sandstead, H. H., J. M. Munoz, R. A. Jacob, L. M. Klevay, S. J. Reck, G. M. Logan Jr., F. R. Dintzis, G. E. Inglett, W. C. Shuey: Influence of dietary fiber on trace element balance. *Amer. J. Clin. Nutr.* **31**, 180–184 (1978).
22. WHO: Handbook of human nutritional requirements. WHO Monograph No. 61 (Geneva 1974).
23. Wielinga, W. C.: Verdickungsmittel aus Guar- und Johannisbrotkernen. *ZFL* **28**, 16–22 (1977).

Für die Verfasser:

Dr. A.-E. Harmuth-Hoene, Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Engesserstraße 20, D-7500 Karlsruhe