

*Abteilung für Stoffwechsel und Ernährung (Vorsteher: Prof. Dr. Dr. h. c. G. Berg)
in der Medizinischen Klinik mit Poliklinik der Universität Erlangen-Nürnberg*

Cholesterinsenkende Wirkung einer Kombinationsdiät aus Sojaprotein, Apfelpektin und Weizenkleie

F. Matzkies und G. Berg

Mit 2 Tabellen

(Eingegangen am 5. August 1978)

Pflanzenfasern beeinflussen die Passagezeit der Nahrung, das Stuhlgewicht, den Gallensalzmetabolismus und die Serumlipoproteide (Übersicht 7, 8). Hinsichtlich ihrer Wirksamkeit auf die einzelnen Partialfunktionen hat sich ergeben, daß Weizenkleie mit seinem hohen Gehalt an Zellulose und Hemizellulose die Passagezeit und das Stuhlgewicht beeinflußt (6). Pektin dagegen hat eine besonders starke cholesterinsenkende Eigenschaft (1, 2, 4, 5, 18).

Nach neueren Untersuchungen hat Sojaprotein ebenfalls eine starke cholesterinsenkende Wirkung (3, 11).

Es lag daher nahe, zu untersuchen, ob eine Kombinationsdiät aus Sojaprotein, Pektin und Weizenkleie¹⁾ ebenfalls eine cholesterinsenkende Eigenschaft aufweist.

Probanden und Methoden

8 gesunde Erwachsene im Alter von 22 bis 40 Jahren erhielten über einen Zeitraum von 14 Tagen eine Mischung aus Sojaprotein, Apfelpektin und Weizenkleie. Die Dosierung dieser Mischung betrug 2 g/kg/Tag. Die Zusammensetzung der einzelnen Komponenten wird in Tabelle 1 angegeben. Die mittlere Zufuhr betrug 144 ± 20 g/Tag.

Zusätzlich erhielt jeder Proband eine Salzzulage von 0,1 g/kg/Tag.

Bei Versuchsbeginn, am 7. sowie am 14. Tag nach Gabe der Diät sowie 14 Tage später wurde Blut zur Bestimmung der in Tabelle 2 aufgeführten Parameter entnommen.

Während der gesamten Diätperiode von 14 Tagen wurde täglich das Körpergewicht gemessen, der 24-Std.-Urin gesammelt und darin die Ausscheidung von Harnsäure, Natrium und Kalium bestimmt.

Gleichzeitig wurde der Stuhl gesammelt und das Stuhlgewicht ermittelt.

Ergebnisse

Verträglichkeit

Die individuelle Verträglichkeit des Produktes war sehr unterschiedlich. Bei 3 von 8 Personen traten keine gastrointestinalen Beschwerden

¹⁾ Für die Überlassung der CM-Diät danken wir dem Henselwerk GmbH, Magstadt.

Tab. 1. Zusammensetzung einer Sojaprotein-, Pektin-, Weizenkleie-Diät
(Hensel-CM-Diät).

In 100 g sind enthalten:	Protein gesamt	30 g
	davon Sojaprotein	24 g
	Kohlenhydrate, gesamt	42 g
	davon verwertbares KH	18 g
	Fett, gesamt	11 g
	davon essentielle Fettsäuren	7 g
	Faserstoffe, gesamt	24 g
	davon: Zellulose	4 g
	Hemizellulose	8 g
	hochverestertes Apfelpektin	12 g
Rohfaser, gesamt	6 g	

auf, 2 Personen hatten intermittierend während des Tages eine leichte Diarröhö, 3 Personen klagten über fötide Flatulenz während der ersten Beobachtungswoche, bei einer Person traten fötide Flatulenz und 4 Tage nach Diätbeginn Übelkeit und Motilitätsstörungen des Kolons auf.

Körpergewicht

Das durchschnittliche Körpergewicht betrug initial $72,5 \pm 9,8$ kg. Am Ende der Untersuchung wurde ein Durchschnittswert von $67,6 \pm 9,8$ kg berechnet.

Stuhlgewicht

Das durchschnittliche Stuhlgewicht während der 1. Woche betrug 121 ± 79 g/Tag, während der 2. Woche 143 ± 62 g/Tag. Wie zu erwarten, zeigte die Häufigkeit der Stuhlentleerungen wie auch das Stuhlgewicht größere individuelle Schwankungen. Die geringste durchschnittliche Stuhlausscheidung lag bei 38 g/Tag, die höchste bei 269 g/Tag in der 1. Woche, in der 2. Woche lag die geringste tägliche Stuhlausscheidung bei 78 g, die höchste bei 236 g/24 Std.

Das mittlere Stuhlgewicht des gesamten Kollektivs von Tag zu Tag wird in Tabelle 2 wiedergegeben.

Serumlipoproteide:

Die Konzentration des Serumcholesterins sank während des gesamten Untersuchungszeitraumes von 190 ± 31 auf 160 ± 28 mg/100 ml kontinuierlich ab. 14 Tage nach Wiederaufnahme der normalen Ernährungsgewohnheiten war der Ausgangswert wieder überschritten, er betrug jetzt 197 ± 18 mg/100 ml.

Die Neutralfettkonzentration zeigte stärkere Schwankungen. Initial fand sich ein Wert von 109 ± 67 mg, 14 Tage nach Behandlung betrug der Wert 81 ± 22 mg/100 ml, bei Wiederaufnahme der normalen Ernährungsgewohnheiten fand sich ein Wert von 128 ± 68 mg/100 ml.

Tab. 2. Blutchemische Werte nach Gabe von Sojaprotein, Pektin und Weizenkleie bei gesunden Personen.

	n = 8	t = 14 Tage	d = 2 g/kg/Tag	$d_{Na} = 0,1 \text{ g/kg/Tag}$	14 Tage später
	0		7. Tag	14. Tag	
Angewiesen sind Mittelwerte und Standardabweichung.					
Cholesterin (mg/100 ml)	190 ± 31	180 ± 33	160 ± 28	197 ± 18	
Neutralfett (mg/100 ml)	109 ± 67	73 ± 18	81 ± 22	128 ± 68	
Glukose (mg/100 ml)	89 ± 5	73 ± 13	74 ± 13	89 ± 6	
Harnsäure (mg/100 ml)	5,8 ± 1,2	8,5 ± 1,6	8,3 ± 1,2	5,6 ± 1,4	
Harnstoff (mg/100 ml)	16 ± 5	11 ± 3	12 ± 2	15 ± 3	
Kreatinin (mg/100 ml)	1,1 ± 0,1	1,3 ± 0,2	1,3 ± 0,2	1,1 ± 0,1	
Natrium (mval/l)	146 ± 2	143 ± 1	145 ± 1	143 ± 2	
Kalium (mval/l)	4,7 ± 0,3	4,5 ± 0,3	4,3 ± 0,3	4,1 ± 0,2	
Phosphat (mg/100 ml)	3,4 ± 0,5	3,3 ± 0,4	3,5 ± 0,4	3,6 ± 0,3	
Kalzium (mval/l)	5,2 ± 0,1	5,1 ± 0,1	5,2 ± 0,2	5,0 ± 0,2	
Chlorid (mg/100 ml)	112 ± 4	108 ± 2	108 ± 3	109 ± 4	
Bilirubin (mg/100 ml)	0,5 ± 0,2	0,9 ± 0,4	0,9 ± 0,4	0,5 ± 0,2	
SGOT (U/l)	10 ± 2	11 ± 3	11 ± 2	11 ± 4	
SGPT (U/l)	15 ± 8	9 ± 6	11 ± 4	13 ± 9	
γ-GT (U/l)	13 ± 13	10 ± 9	9 ± 5	13 ± 14	
Alk. Phosphatase (U/l)	57 ± 15	54 ± 11	46 ± 11	52 ± 14	
Hämoglobin (g/100 ml)	15,6 ± 1,6	16,2 ± 1,4	15,7 ± 1,6	—	
Erythrozyten (Mill./mm³)	4,7 ± 0,5	4,9 ± 0,4	5,2 ± 0,5	—	
Leukozyten (Z/mm³)	5875 ± 1488	4650 ± 1275	3988 ± 1012	—	
LDH (U/l)	192 ± 21	180 ± 27	198 ± 33	196 ± 25	
Eisen (μg/100 ml)	103 ± 51	109 ± 29	101 ± 25	98 ± 26	
Albumin (g/100 ml)	4,7 ± 0,2	4,7 ± 0,1	4,7 ± 0,2	4,6 ± 0,2	
Gesamteiweiß (g/100 ml)	7,4 ± 0,4	7,4 ± 0,3	7,3 ± 0,3	7,1 ± 0,4	

Tab. 3. Stuhlgewicht, Körpergewicht, Ausscheidung von Wasser, Elektrolyten und Kärsäure nach Gabe von Sojaprotein, Ferklin und Weizenkleie bei gesunden Personen.

Tage	Stuhlgewicht g	Körpergewicht kg	n = 8	t = 14 Tage	d = 2 g/kg/Tag	d _{Na} = 0,1 g/kg/Tag	HS-Ausscheidung mg	Na-Ausscheidung mval	K-Ausscheidung mval
			Angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichung.						
0	-	72,5 ± 9,8	-	-	-	-	-	-	-
1	109 ± 153	71,9 ± 9,8	2063 ± 329	631 ± 224	162 ± 31	32 ± 14			
2	94 ± 121	71,5 ± 9,8	2075 ± 494	603 ± 141	129 ± 42	61 ± 19			
3	90 ± 158	71,2 ± 9,9	1895 ± 465	523 ± 150	116 ± 40	51 ± 11			
4	120 ± 140	70,8 ± 9,8	2090 ± 664	437 ± 124	132 ± 47	62 ± 16			
5	234 ± 170	70,3 ± 9,6	2098 ± 548	446 ± 124	151 ± 55	56 ± 15			
6	120 ± 101	70,1 ± 9,8	2046 ± 659	409 ± 116	143 ± 29	52 ± 11			
7	79 ± 105	69,8 ± 9,9	1964 ± 640	439 ± 162	124 ± 67	57 ± 19			
8	202 ± 134	69,3 ± 9,8	2128 ± 513	402 ± 108	149 ± 54	58 ± 10			
9	156 ± 138	69,2 ± 9,9	1886 ± 552	386 ± 134	121 ± 47	54 ± 20			
10	48 ± 89	69,0 ± 9,7	1994 ± 529	435 ± 103	114 ± 42	58 ± 10			
11	187 ± 123	68,4 ± 9,8	1841 ± 589	497 ± 108	134 ± 46	63 ± 12			
12	148 ± 120	68,1 ± 9,8	2236 ± 603	466 ± 62	133 ± 38	59 ± 11			
13	119 ± 116	68,1 ± 9,6	1908 ± 538	445 ± 55	127 ± 37	58 ± 17			
14	137 ± 153	67,6 ± 9,8	1970 ± 760	391 ± 105	122 ± 23	56 ± 14			

Glukose

Die Nüchternenglukosekonzentration am Beginn betrug 89 ± 5 mg/100 ml. Während der Diätperiode senkte sich dieser Wert auf 73 ± 13 bzw. 74 ± 13 mg/100 ml. 14 Tage nach Wiederaufnahme der Normalkost wurde der Ausgangswert wieder erreicht.

Harnsäure

Die Serumharnsäurekonzentration stieg von $5,8 \pm 1,2$ mg auf $8,5 \pm 1,6$ mg hochsignifikant an. Unter Normalkost wurde der Ausgangswert wieder erreicht. Gleichzeitig mit dem Anstieg der Serumharnsäurekonzentration kam es zu einem Rückgang der Harnsäureausscheidung von 631 auf 391 mg/24 Std. Die Einzelwerte sind in Tabelle 2 und 3 angegeben.

Harnstoff und Kreatinin

Die Harnstoffkonzentration fiel von 16 auf 12 mg/100 ml ab. Die Konzentration für Kreatinin änderte sich nicht.

Serumelektrolyte und Elektrolytausscheidung

Die Konzentrationen für Natrium, Kalium, Phosphor, Kalzium und Chlorid im Serum blieben konstant (Tab. 2). Die Natriumausscheidung lag zwischen 120 und 150 mval/24 Std., die Kaliumausscheidung betrug 52-82 mval/24 Std. Die Einzelwerte werden in Tabelle 2 angegeben.

Serumtransaminasen und Bilirubin

Die Bilirubinkonzentration zeigte initial einen Anstieg von 0,5 mg auf 0,9 mg/100 ml, die Serumglutamat-Oxalacetat-Transaminase (SGOT) sowie die Serumglutamat-Pyruvat-Transaminase (SGPT) zeigten keine Änderung (Tab. 2), auch Änderungen der Gamma-Glutamyltranspeptidase sowie der alk. Phosphatase wurden nicht beobachtet.

Peripheres Blutbild

Die Konzentrationen für Hämoglobin und die Zahl der Erythrozyten zeigten keine Änderungen. Die Leukozyten senkten sich von 5800 auf 3900, die Konzentration der Laktat-Dehydrogenase blieb konstant.

Serum-Eisen

Eine Änderung der Serum-Eisenkonzentration wurde nicht beobachtet.

Gesamteiweiß und Albumin

Eine Änderung der Albumin- und Gesamteiweißkonzentration ließ sich nicht nachweisen (Tab. 2).

Diskussion

Das Körpergewicht der Versuchspersonen lag zwischen 60 und 85 kg. Bei einer individuellen Zufuhr von 2 g/kg der Sojaprotein-Pektin-Weizenkleie-Diät berechnete sich eine durchschnittliche Zufuhr von 144 ± 20 g des gesamten Produktes. Die durchschnittliche tägliche Soja-

proteinzufluhr betrug 35 g, die Zufuhr von Apfelpektin 17 g/Tag und die von Zellulose und Hemizellulose zusammen ebenfalls 17 g/Tag. Berechnet als Rohfasergehalt ergibt sich eine durchschnittliche Zufuhr von 9 g/Tag.

Unter der sehr kalorienarmen Kost kommt es zu korrespondierenden Änderungen des Körpergewichtes. Die durchschnittliche Gewichtsabnahme betrug 350 g/Tag. Als Folgen der verminderten Kalorienzufluhr kann das Absinken der Neutralfettkonzentration sowie der Anstieg der Harnsäurekonzentration und der des Bilirubins angesehen werden. Die cholesterinsenkende Eigenschaft des Präparates dagegen kann nur partiell auf die Minderung des Körpergewichts zurückgeführt werden. So fanden wir selbst nach Applikation einer ebenfalls cholesterinfreien Formeldiät, wobei 600 Kalorien/Tag appliziert wurden, initial einen minimalen Anstieg der Cholesterinkonzentration trotz einer Gewichtsreduktion von 6 kg innerhalb von 14 Tagen (9).

Über die Verwendung von Sojaprotein zur Senkung der Serumcholesterinwerte wurde von Sirtori u. Mitarb. berichtet. Unter einer Diät, deren Gesamtproteingehalt 63% Sojaprotein enthielt, kam es zu einer Senkung der Cholesterinkonzentration von 335 ± 29 auf 257 ± 20 mg/100 ml innerhalb von 3 Wochen.

Huff u. Mitarb. untersuchten tierexperimentell den Wirkungsmechanismus der verschiedenen Nahrungsproteine und deren Hydrolysate. Die Autoren konnten zeigen, daß Sojaprotein, aber auch verschiedene andere Pflanzenproteine einen deutlichen cholesterinsenkenden Effekt haben. Unter Verwendung einer L-Aminosäuremischung, welche dem Sojaprotein identisch ist, wurde dieser Effekt teilweise aufgehoben. Huff u. Mitarb. vermuten daher, daß eine Nichtproteinkomponente im Sojaprotein möglicherweise für den cholesterinsenkenden Effekt verantwortlich sein könnte (3).

Zu diskutieren ist auch die cholesterinsenkende Wirkung von essentiellen Fettsäuren, die bei der verwendeten Dosis mit 10 g einen sehr hohen Anteil aufweisen.

Über die hypcholesterinämische Wirkung von Pektinen liegen zahlreiche Untersuchungen vor (1, 2, 4, 5, 10, Übersicht 7, 8).

In den eigenen Untersuchungen wurde Apfelpektin verwendet. Einzelne Pektine haben eine unterschiedliche Wirkung, welche offensichtlich vom Methylierungsgrad abhängt. Im Apfelpektin sind 72% des Pektins methyliert (1).

Kay u. Mitarb. gaben 15 g Citruspektin über einen Zeitraum von 3 Wochen. Sie fanden einen Rückgang der Plasmacholesterinkonzentration um 13%. Während des gleichen Zeitraums stieg die Ausscheidung der Gallensalze um 33% an (4).

Miettinen u. Mitarb. gaben 9 normolipämischen Personen 40–50 g Pektin/Tag, sie fanden dabei unter Beibehaltung der normalen Ernährungsgewohnheiten eine Senkung der Cholesterinkonzentration um 13% (10). Der Wirkungsmechanismus des Pektins wurde von Kelley und Tsai tierexperimentell untersucht. Die Autoren konnten belegen, daß die cholesterinsenkende Eigenschaft durch eine Hemmung der Cholesterinabsorption aus dem Darm und eine vermehrte Cholesterin- und Gallensalzausscheidung bewirkt wird. Unter den verwendeten Substanzen Gummi arabicum, Agar agar und Pektin hatte Pektin den stärksten Effekt (5).

Über die Wirkung der Weizenkleie hinsichtlich ihrer cholesterinsenkenden Eigenschaft ergaben sich sehr unterschiedliche Ergebnisse (7, 8). Wir selbst fanden auch bei einer Dosis von 1 g Weizenkleie/kg/Tag unter Beibehaltung der normalen Ernährungsgewohnheiten keine Senkung der Cholesterinkonzentration (6). Dagegen kam es zu einem Anstieg des Stuhlgewichtes von 114 auf 303 g/Tag (6). Die Erhöhung des Stuhlgewichtes wird auf die starke wasserbindende Eigenschaft von Zellulose und den Hemizellulosen zurückgeführt. Unter Applikation von 17 g Zellulose und Hemizellulose fanden wir in dieser Untersuchung ein mittleres tägliches Stuhlgewicht von 121 ± 79 in der 1. Woche und 143 ± 62 g/Tag in der 2. Woche. Das Stuhlgewicht entspricht somit der mittleren täglichen Ausscheidung unter normaler Ernährung (6).

Die Verträglichkeit der Diät war auffallend gut. In der initialen Phase kam es bei einzelnen Personen zu einer Vermehrung der Stuhlgasproduktion mit Flatulenz, welche teilweise fötöd war. Dieser Effekt kann auf das Sojaprotein zurückgeführt werden. Auch Sirtori u. Mitarb. beschrieben ähnliche Nebenwirkungen (11). Bei langfristiger Anwendung von Pektin ist mit einer Störung der Vitamin-B₁₂-Aufnahme zu rechnen (2), auch eine Störung der Kalziumresorption könnte eintreten (8). Bei kurzfristiger Anwendung über einen Zeitraum von 14 Tagen sind solche Effekte jedoch nicht zu befürchten.

Zusammenfassung

Unter Verwendung einer Mischung aus Sojaprotein, Pektin und Weizenkleie läßt sich bei gesunden Personen die Cholesterinkonzentration von 190 ± 31 auf 160 ± 28 mg innerhalb von 14 Tagen senken. Die cholesterinsenkende Eigenschaft wird auf das Sojaprotein und das Pektin bezogen. Gleichzeitig kommt es unter dieser Diät zu einem mittleren Stuhlgewicht von 143 ± 62 g/24 Std., das hohe Stuhlgewicht wird auf die wasserbindende Eigenschaft der Weizenkleie zurückgeführt.

Literatur

1. Anderson, T., R. D. Bowman, Comparative Cholesterol-Lowering Activity of Citrus and Tomato Pectin. Proc. Soc. Exp. Med. Biol. N. Y. **130**, 665 (1969). -
2. Cullen, R. W., S. M. Oace, Methylmalonic Acid and Vitamin B₁₂ Excretion of Rats Consuming Diets Varying in Cellulose and Pectin. J. Nutr. **108**, 640 (1978). -
3. Huff, M. W., R. M. G. Hamilton, K. K. Carroll, Plasma Cholesterol levels in rabbits fed low fat, Cholesterol-free, semipurified diets: Effects of dietary Proteins, Protein Hydrolysates and Amino Acid Mixtures. Atherosclerosis **28**, 187 (1977). -
4. Kay, R. M., A. S. Truswell, Effect of citrus pectin on blood lipids and fecal steroid excretion in man. Amer. J. Clin. Nutr. **30**, 171 (1977). -
5. Kelley, J. J., A. C. Tsai, Effect of Pectin, Gum Arabic and Agar on Cholesterol Absorption, Synthesis, and Turnover in Rats. J. Nutr. **108**, 630 (1978). -
6. Matzkies, F., G. Berg, R. Kellner, Untersuchungen zur Wirkung von Weizenkleie auf die Stuhlproduktion, den Stoffwechsel und den Mineralhaushalt. In K. Schreiber und I. Eckert: Ernährung und Umwelt - Eine Bestandsaufnahme **41** (Stuttgart 1977). -
7. Matzkies, F., Bedeutung der Pflanzenfasern in der Nahrung. Fortschr. Med. **94**, 11 (1976). -
8. Matzkies, F., Pflanzenfasern und Ernährung. Diagnostik **9**, 467 (1976). -
9. Matzkies, F., E. Baumbauer, W. Pemsel, C. Kori-Lindner, G. Berg, D. Sailer, W. Grabner, D. Bergner, Erfahrungen mit einer Minimalernährung zur ambulanten Behandlung des Übergewichts. Med. u. Ern. **5**, 97 (1972). -
10. Miettinen, T. A., S. Tarpila, Effect of Pectin on Serum Cholesterol, fecal bile Acids and biliary Lipids in normolipidemic and hyperlipidemic Individuals. Clin. Chim. Acta **79**, 471 (1977). -
11. Sirtori, C. R., E. Agradi, F.

Conti, E. Gatti, O. Mantero, Soybean-Protein diet in the treatment of type-II Hyperlipoproteinemia. Lancet 1977/V, 275.

Anschrift der Verfasser:

Priv.-Doz. Dr. *F. Matzkies* und Prof. Dr. Dr. *G. Berg*, Abt. f. Stoffwechsel und Ernährung in der Med. Klinik mit Poliklinik der Universität Erlangen-Nürnberg,
Krankenhausstraße 12, 8520 Erlangen