

10. **Kaayk, C. K. J.:** Voeding en voedingstoestand van het schoolkind ten plattelande. Verh. Ned. Inst. praev. Geneesk. no. 29. Uitg. Stenfert Kroese N.V. Leiden 1955.
11. **Kannel, W. B.:** Coronary risk factors, II. Prospects for prevention of atherosclerosis in the young. Aust. N.Z.J. Med. 6 (1976), 410.
12. **Kromhout, D.:** Voeding als onderdeel van hygiënische maatregelen ten behoeve van preventie van hart- en vaatziekten. Voeding 38 (1977), 287.
13. **Kromhout, D., F. van der Haar en J. G. A. J. Hautvast:** Coronary heart disease risk factors in Dutch schoolchildren: results of a pilot study. Prev. Med. 6 (1977), 500.
14. **Lamberts, J. H.:** Onderzoek naar den voedingstoestand van Rotterdamsche schoolkinderen. Proefschrift. Rotterdam 1947.
15. **Nederveen-Fenenga, M., R. Luyken en A. Schoustra:** Het verband tussen voeding en tandcariës bij Amsterdamse schoolkinderen. Voeding 20 (1959), 263.
16. **Ornee, P. B.:** Onderzoek naar de resultaten van menuverbetering door voorlichting of extra melkvoeding bij schoolkinderen. Voeding 18 (1957), 29.
17. **Schaik, Th. F. S. M. van:** De betekenis van gezinsgrootte en geboortenummer voor de voeding en de voedings- en gezondheidstoestand van schoolkinderen. Proefschrift. Wageningen 1961. Voeding 23 (1962), 104.
18. **Schaik, Th. F. S. M. van:** Overvoeding. Nota van de Commissie Overvoeding van de Voedingsraad. Voeding 33 (1972), 466.
19. **Schaik, Th. F. S. M. van, H. A. Kenter en H. Kosten-Zoethout:** Voeding en voedingstoestand van 8-jarige kinderen in 1970/1971. Voeding 34 (1973), 420.
20. **Schwartz, M. K. en P. Hill:** Problems in the interpretation of serum cholesterol values. Prev. Med. 1 (1972), 167.
21. **Stamler, J., D. M. Berkson en H. A. Lindberg:** Riskfactors: Their role in the etiology and pathogenesis of atherosclerotic diseases. In: R. W. Wissler en J. C. Geer (red.): The pathogenesis of atherosclerosis. Uitg. Williams and Wilkins Company. Baltimore 1972, p. 41.
22. **Uppal, S. C.:** Coronary heart disease. Risk pattern in Dutch youth. A pilot study in Westland schoolchildren. Proefschrift. Leiden 1974.
23. **Voedingsraad:** persoonlijke mededeling. 1977.
24. **Voedingsraad:** Onderzoek naar de voeding en voedingstoestand van schoolkinderen in 10 grote steden in 1951 en 1952. Voeding 19 (1958), 393.
25. **Winternitz, P.:** Voeding en voedingstoestand in het schoolartsdistrict Oss. Voeding 18 (1957), 184.
26. **Wijn, J. F. de:** Zesde oriënterend onderzoek naar de voedselopneming en voedingstoestand van 8-jarige schoolkinderen in Nederland (1973/1974). Voeding 37 (1976), 54.
27. **Wijn, J. F. de:** Omzien in verwondering en vooruitzien in de mist. Voeding 39 (1978), 65.
28. **Wijn, J. F. de:** persoonlijke mededeling. 1978.
29. **Wijn, J. F. de en N. A. Pikaar:** Zesde oriënterend onderzoek omtrent de voeding en voedingstoestand van achtjarige schoolkinderen in Nederland (1973/1974). II. Hemoglobine en serumcholesterol. Voeding 37 (1976), 127.
30. **Wijn, J. F. de, S. Postmus, H. F. Adam, F. J. E. M. Passel en C. G. L. Dirks:** Oriëntering omtrent de ontwikkeling en voedingstoestand van schoolkinderen in Nederland 1959-1965. I. Lengte, gewicht, huidploidikten en hemoglobinewaarden met gegevens over de klinische voedingstoestand van 8-9 jarige en 12-14 jarige schoolkinderen. T. soc. Geneesk. 44 (1966), 698.

Invloed van vezelrijke voedingen op cholesterolstofwisseling en darmfunctie bij gezonde vrijwilligers

door M. STASSE-WOLTHUIS
J. G. C. VAN JEVEREN
R. J. J. HERMUS*
M. B. KATAN

Inleiding

De belangstelling voor voedingsvezel is ontstaan doordat bij epidemiologische studies een negatieve correlatie werd gevonden tussen het vóórkomen van zgn. welvaartsziekten, waaronder hart- en vaatziekten, constipatie, diverticulosis en darmkanker, en een verminderde opneming van voedingsvezel (1, 29). Deze studies zijn aanleiding geweest tot experimenten bij zowel mens als proefdier, waarbij de invloed van voedingsvezel op serumlipidenconcentraties, darmpassagetijd en faecesproductie is onderzocht. Uit gecontroleerde experimenten bij vrijwilligers kan worden geconcludeerd dat pectine, één van de componenten van voedingsvezel, inderdaad het serumcholesterolgehalte kan verlagen (14, 17), terwijl vezelrijke graanproducten (zemelen) geen significant effect hebben (31). Aan de andere kant wordt onder invloed van zemelen de faecesproductie verhoogd en de darmpassagetijd verkort (5). Het effect van pectine op darmfuncties is minder duidelijk (4, 17). Bij de meeste van deze studies werd voedingsvezel aan de be-

staande voeding toegevoegd in de vorm van zemelen, geïsoleerd pectine enz. Bovendien waren bij deze studies kleine groepen mensen betrokken.

Bovenstaande was aanleiding om bij grote groepen gezonde vrijwilligers de invloed van voedingsvezel, afkomstig van verschillende voedingsmiddelen, te onderzoeken. Onder voedingsvezel wordt hier verstaan die polysacchariden en lignine, die niet door spijsverteringsenzymen van de mens in het maagdarmkanaal worden gehydrolyseerd (definitie TROWELL, 30). De belangrijkste componenten van voedingsvezel zijn: cellulose, hemicelluloses, pectinstoffen (polygalacturonzuur) en lignine.

Methoden

Experiment 1

23 mannelijke en 23 vrouwelijke studenten (20-27 jaar oud) consumeerden achtereenvolgens een vezelrijk en een vezelarme voeding gedurende 3 weken, volgens een zgn. 'cross-over' opzet. In verband met de waarneming van FISHER e.a. (7) dat het effect van pectine op het serumcho-

* Thans CIVO-TNO, Zeist.

lesterolgehalte afhankelijk is van de cholesterolopneming, kreeg de helft van de proefpersonen tenminste 600 mg cholesterol/dag, de overigen maximaal 200 mg gedurende de gehele proefperiode van 6 weken. De vezelrijke voeding bevatte tenminste 16 g voedingsvezel/1000 kcal (4,2 MJ); de vezelarme voeding ten hoogste 7 g/1000 kcal. Tenminste de helft van de voedingsvezel werd geleverd door groenten en fruit, de rest was afkomstig van graanproducten. De deelnemers kregen de gehele voeding minus 200 kcal (0,84 MJ) verstrekt, naar rato van ieders energiebehoefte. In tabel 1 is de samenstelling van de proefvoedingen van experiment 1 beschreven.

Experiment 2

62 vrijwilligers (40 mannen en 22 vrouwen; 19-28 jaar) kregen gedurende een inlooperperiode van 2½ week een relatief vezelarme (controle)voeding. Daarna werden de deelnemers verdeeld in 4 groepen, die gedurende een experimentele periode van 5 weken elk een verschillende proefvoeding kregen, waarin alleen de soort en de hoeveelheid voedingsvezel verschildte. Groep 1 kreeg een vezelarme voeding, identiek aan de controlevoeding van de inlooperperiode; groep 2 kreeg een vezelrijke voeding waarin voedingsvezel afkomstig was van groenten en fruit; bij groep 3 werd zoveel geïsoleerd citruspectine aan de controlevoeding toegevoegd, dat het gehalte polygalacturonzuur gelijk was aan dat van de groente/fruit-voeding, en groep 4 kreeg zoveel tarwezemelen toegevoegd aan de controlevoeding, dat het gehalte niet/polygalacturon-zuurvoedingsvezel gelijk was aan dat van de groente/fruit-groep

Tabel 1. Gemiddelde nutriëntenopneming per groep (experiment 1)*

Table 1. Mean daily intake of nutrients (experiment 1)*

		High-fibre period	Low-fibre period
Energy	MJ	10,0	9,4
Total fat	en %	35	42
Protein	en %	13	13
Carbohydrates	en %	48	41
Dietary fibre	g**	45	12
Cholesterol	mg		
high cholesterol intake-groups		663	766
low cholesterol intake-groups		161	179

*Berekend uit voedingsenquêtes, met gebruikmaking van Nederlandse voedingsmiddelentabellen (10). De deelnemers was gevraagd in beide periodes gedurende 3 (afzonderlijke) dagen alle te consumeren voedingsmiddelen te wegen en te noteren.

**Berekend uitgaande van gegevens van Hellendoorn et al. (12), McCance en Widdowson (23) en Southgate et al. (27). Het voedingsvezelgehalte in voedingsmiddelen gebruikt tijdens de proef werd bepaald volgens de verschilmethode van McCance et al. (24).

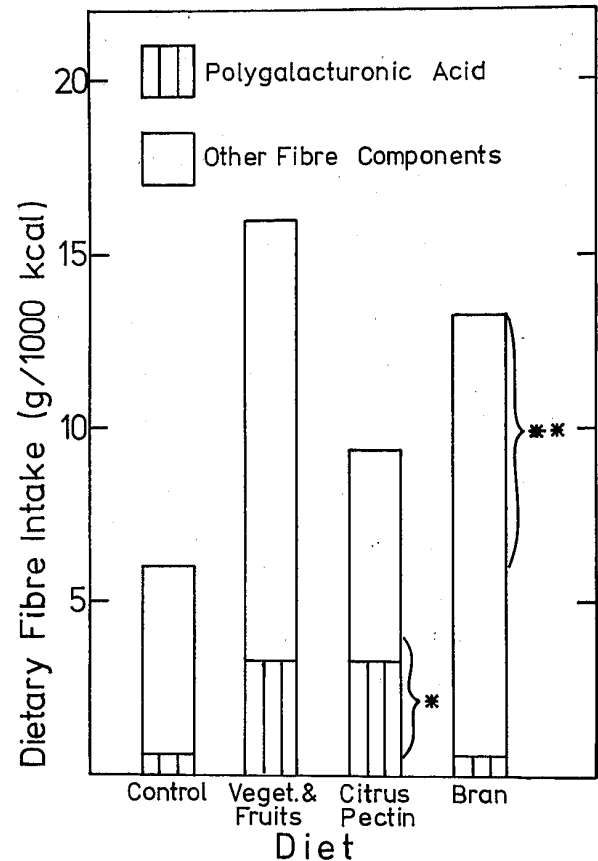
*Measured by weighing plus individual records, using Netherlands food tables (10). In each period subjects were asked to record their food intake during 3 (separate) days.

**Calculated with data of Hellendoorn et al. (12), McCance and Widdowson (23) and Southgate et al. (27). Fibre content of foodstuffs used during the experiment was analyzed by the difference method of McCance et al. (24).

Fig. 1. Geplande samenstelling en hoeveelheid voedingsvezel in g/1000 kcal (4,2 MJ), in de experimentele voedingen (experiment 2)

*) uit geïsoleerd citruspectine/from isolated citrus pectin
**) uit zemelen/from bran

Fig. 1. Planned composition and quantity of dietary fibre in g/1000 kcal (4.2 MJ), in the experimental diets (experiment 2)



Tabel 2. Gemiddelde nutriëntenopneming per groep (experiment 2)*

Table 2. Mean daily intake of nutrients (experiment 2)*

		Diet			
		control low-fibre	vegetables /fruits	citrus pectin	bran
Energy	MJ	11,0	10,5	11,4	11,1
Protein	en %	13	13	12	13
Total fat	en %	37	37	36	37
Carbohydrates	en %	48	48	48	48
Cholesterol	mg	382	357	390	360
Total dietary fibre	g**	18	43	28	37
Polygalact. acid	g***	1,7	7,5	8,8	1,7

*Methoden: zie tabel 1; De deelnemers vulden gedurende 5 dagen een voedingsenquêteformulier in.

**Analysemethode: zie tabel 1.

***Bepaald volgens Galambos (8) en Keijbets en Pilnik (20).

*Methods: see table 1; subjects recorded their food intake during 5 days.

**Method of analysis: see table 1.

***Analyzed according to Galambos (8) and Keijbets and Pilnik (20).

(zie fig. 1). De samenstelling van de proefvoedingen is vermeld in tabel 2.

Bij dit experiment werd de gehele voeding op 100 kcal (0,42 MJ) na aan de deelnemers verstrekt. Het gebruikte citruspectine bevatte 95 g voedingsvezel/100 g, waarvan 76 g polygalacturonzuur. De veresteringsgraad bedroeg 78%. De gebruikte zemelen bevatten 50,4 g voedingsvezel/100 g.

Resultaten en discussie

De concentratie van serumcholesterol was gedurende de gehele proefperiode van experiment 1 ongeveer 0,5 mmol/l hoger in de groepen die een cholesterolrijke voeding kregen dan in de groepen met lage cholesterolopneming (zie fig. 2). De eerste drie weken steeg het serumcholesterolgehalte bij alle 4 groepen, tengevolge van het hoge vet- en cholesterolgehalte in de proefvoedingen in vergelijking met de voeding die vóór de proef werd geconsumeerd (vetopneming vóór de proef was gemiddeld 30 energie%).

De vezelrijke voeding resulteerde in een gemiddelde verlaging van het serumcholesterolgehalte van 0,44 mmol/l bij de cholesterolrijke voeding, en 0,31 mmol/l bij de cholesterolarme voeding (zie fig. 2).

Tijdens de vezelrijke periode daalde het high density lipoprotein (HDL)-cholesterolgehalte met gemiddeld 0,1 mmol/l. Slechts een gedeelte van deze verlaging van het serum (HDL)-cholesterolgehalte kan worden toegeschreven aan een direct effect van voedingsvezel, omdat tijdens de vezelrijke periode de deelnemers minder vet (7 energie%) en cholesterol bleken geconsumeerd te hebben, en 7 energie% meer koolhydraten dan tijdens de vezelarme periode (zie ook tabel 1). Achteraf werden deze verschillen in

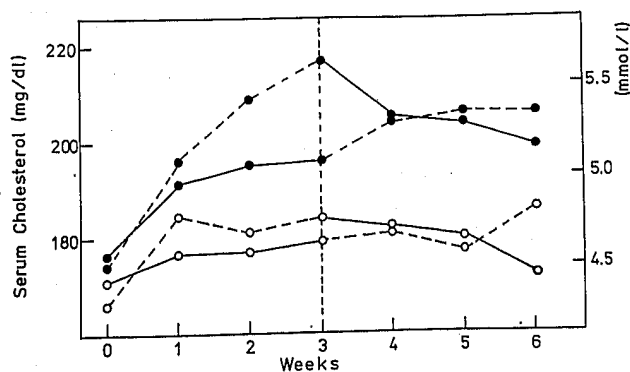
Fig. 2. Gemiddelde serumcholesterolgehalten per groep (experiment 1)

cholesterol werd bepaald volgens een indirecte Abell-Kendall methode (zie 9).
 —, vezelrijke voeding; ----, vezelarme voeding; ●, hoge cholesterolopn.; ○, lage cholesterolopn.; de cholesterolrijke groep die begon met vezelarme voeding bestond uit 10 personen; de overige 3 groepen bestonden elk uit 12 personen.

Fig. 2. Mean levels of serum cholesterol per group (experiment 1)

Cholesterol was determined by an indirect Abell-Kendall method (see 9).

—; high fibre diet; ----; low fibre diet; ●, high cholesterol intake; ○, low cholesterol intake; the high cholesterol group that started on a low-fibre diet contained 10 subjects; the other 3 groups contained 12 subjects each.



nutriëntopneming aan verschillende oorzaken toegeschreven, nl.

- moeilijkheden bij de bereiding van vezelrijke maaltijden die evenveel vet bevatten als vezelarme maaltijden;
- voorkeur van de proefpersonen om de 200 vrije kcal (0,8 MJ) tijdens de vezelrijke periode te besteden aan vezelrijke, vetarme producten (tijdens de vezelarme periode waren deze producten verboden);
- onvolledige gegevens t.a.v. het gehalte aan oligosacchariden (lagere suikers) in groenten en fruit.

Bij het tweede experiment werden deze problemen ondergaan door de opneming van suikers uit groenten en fruit bij de overige drie groepen te compenseren met zoet beleg, vruchtesappen e.d. Bovendien mochten de deelnemers bij deze studie slechts 100 kcal (0,42 MJ) naar keuze besteden, met nog de restrictie dat geen vezelrijke producten mochten worden gekozen. Bovengenoemde maatregelen hebben geleid tot het gewenste resultaat, nl. slechts geringe verschillen in vet- en koolhydratenopneming tussen de 4 proefgroepen (zie tabel 2).

Zoals weergegeven in figuur 3 steeg het serumcholesterolgehalte tijdens de inlooperperiode bij alle 4 groepen, omdat de experimentele voeding meer vet en cholesterol bevatte dan de voeding die de proefpersonen vóór de proef gewend waren (gemiddeld 32 energie%).

Tijdens de experimentele periode daalde de serumcholesterolconcentratie bij zowel de pectine-groep als de groente/fruit-groep, met gemiddeld 0,34 resp. 0,17 mmol/l. De daling van het serumcholesterolgehalte onder invloed van citruspectine komt overeen met in de literatuur vermelde effecten (16); het effect was na vijf weken statistisch significant (gepaarde t-test; $p = 0,015$). Bij de groente/fruit-groep was dit niet het geval. Bij beide groepen was het effect wel statistisch significant na twee weken. Toevoeging van zemelen aan de controlevoeding resul-

Fig. 3. Gemiddelde serumcholesterolgehalten per groep (experiment 2)

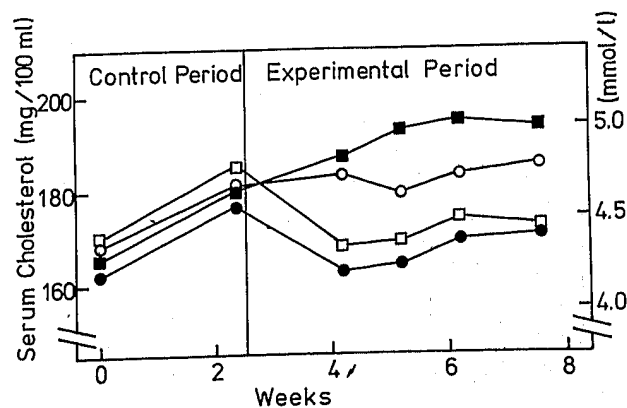
analysemethode, zie figuur 2.

○, controlegroep (n = 16); ●, groente/fruit-groep (n = 15); □, citruspectine-groep (n = 15); ■, zemelen-groep (n = 16).

Fig. 3. Mean levels of serum cholesterol per group (experiment 2)

Analytical method, see Figure 2.

○, controlgroup (n = 16); ●, vegetables/fruitsgroup (n = 15); □, citrus pectingroup (n = 15); ■, branngroup (n = 16).



teerde in een statistisch significante verhoging van het serumcholesterolgehalte met gemiddeld 0,34 mmol/l ($P = 0,002$). Verschillende auteurs hebben een gering cholesterolverhogend effect van zemelen gevonden, variërend van 0,05-0,31 mmol/l. Bij deze studies was het effect echter niet statistisch significant, deels in verband met het kleine aantal proefpersonen (13, 14, 18). Zeer recent vond VAN DOKKUM (3) een statistisch significante verhoging van serumcholesterol van 0,4 mmol/l onder invloed van zemelen. De voedingen, rijk aan voedingsvezel afkomstig van verschillende bronnen, gaven geen duidelijke verschillen te zien in het HDL-cholesterolgehalte ten opzichte van de

Fig. 4. Steroid excretie bij hoge en lage cholesterolopneming tijdens vezelrijke en vezelarme voeding (gemidd. \pm 1 S.D.) experiment 1

De groepen met hoge cholesterolopneming bestonden uit 20 personen, die met lage cholesterolopneming uit 23 personen. Neutrale steroïden en galzuren werden geanalyseerd volgens (25) resp. (6).

Fig. 4. Steroid excretion at high or low cholesterol intake on high-fibre and low-fibre diets (mean \pm 1 S.D.); experiment 1
The high-cholesterol groups contained 20 and the low-cholesterol groups 23 persons. Neutral steroids and bile acids were analyzed according to (25) and (6) respectively.

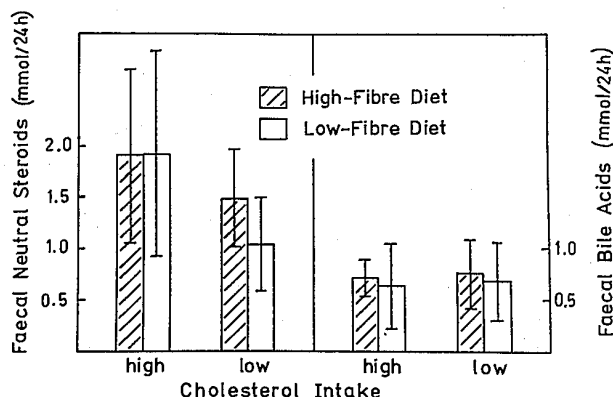
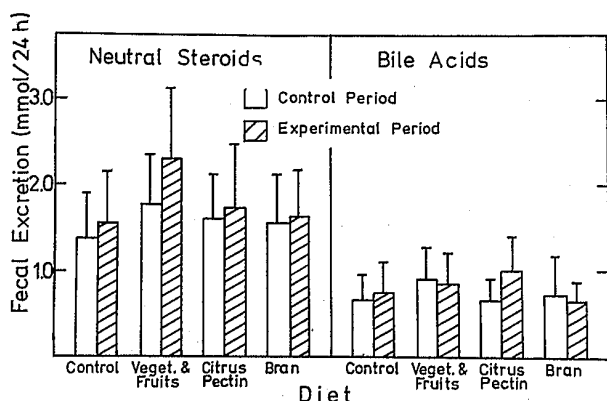


Fig. 5. Steroid excretie per groep, aan het einde van de inlooperperiode (vezelarme voeding) en aan het einde van de experimentele periode (gemidd. \pm 1 S.D.); experiment 2
Analysemethoden zie fig. 4; Aantal personen per groep: zie tabel 4.

Fig. 5. Steroid excretion per group at the end of the control (low-fibre) period and at the end of the experimental period (mean \pm 1. S.D.); experiment 2
Analytical methods: see fig. 4; Number of subjects per group: see table 4.



controlevoeding. Dit is van belang in verband met het feit dat HDL-cholesterol wordt beschouwd als een onafhankelijke risico-indicator voor hart- en vaatziekten (26), waarbij hoge gehalten als gunstig gelden.

De resultaten van de steroïd-excretie zijn samengevat in de figuren 4 en 5. Bij het eerste experiment was de excretie van galzuren bij alle groepen hoger tijdens de vezelrijke periode dan tijdens de vezelarme periode. De verschillen waren echter niet statistisch significant. Bij hoge cholesterolopneming bedroeg de totale steroïd-excretie gemiddeld 2,61 resp. 2,53 mmol/dag bij vezelrijke respectievelijk vezelarme voeding. Bij lage cholesterolopneming was de excretie van totale steroïden 2,24 resp. 1,71 mmol/dag. Bij de tweede studie was de excretie van faecale galzuren bij de pectine-groep aan het einde van de experimentele periode gemiddeld 0,34 mmol/dag hoger dan aan het begin (zie fig. 5), terwijl de groente/fruit-groep geen verschil vertoonde tussen inloop- en experimentele periode. Omgekeerd was bij de laatste groep de excretie van neutrale steroïden verhoogd (met 0,53 mmol/dag), bij de eerste groep niet. Toevoeging van zemelen aan de controlevoeding had geen effect op de steroïdexcretie. De verhoging van het serumcholesterolgehalte onder invloed van de

Tabel 3. Faecesproductie en darmpassagetijd bij vezelrijke en vezelarme voeding (gemiddelde \pm S.D.); experiment 1*

Table 3. Faeces production and mean transit time on high- and low-fibre diets (mean \pm S.D.); experiment 1*

	High-fibre	Low-fibre
Faecal wet weight (g/24h)	184 \pm 75	69 \pm 50
Faecal dry matter (g/100g wet weight)	25 \pm 6	29 \pm 6
Mean intestinal transit time (h)**	37 \pm 12	55 \pm 17

*gegevens van 43 personen

**darmpassagetijd berekend volgens Cumming et al. (2), gegevens van 32 personen.

*data for 43 subjects

**mean intestinal transit time calculated according to Cummings et al. (2), data of 32 subjects.

Tabel 4. Veranderingen in faecesproductie en darmpassagetijd van inlooperperiode naar experimentele periode, per groep (experiment 2); gemiddelde \pm 1 S.D.

Table 4. Changes in faeces production and mean intestinal transit time from control to experimental period, per group (experiment 2); mean \pm 1.S.D.

	Control (n = 16)	Veget./fruits (n = 15)	Citrus pectin (n = 14)	Bran (n = 16)
Faecal wet weight (g/24 h)	- 1 \pm 35	+49 \pm 44	+10 \pm 30	+77 \pm 31
Dry matter (g/100 g wet weight)	+ 2 \pm 4	- 3 \pm 4	+ 1 \pm 3	- 3 \pm 4
Mean intestinal transit time h*	+18 \pm 39	-13 \pm 22	+ 4 \pm 35	-19 \pm 19

*methode zie tabel 3; n = 15 bij de controlegroep

*method see table 3: n = 15 in controlgroup

zemelen-voeding kan dus niet verklaard worden door een geringere uitscheiding van cholesterol-metabolieten.

Gegevens over faecesproductie en darmpassagetijd zijn vermeld in de tabellen 3 en 4. De vezelrijke voeding van experiment 1 en de groente/fruit-voeding zowel als de zemelen-voeding van experiment 2 veroorzaakten een statistisch significante verhoging van faecesproductie en verkorting van darmpassagetijd. Deze effecten waren duidelijker bij de zemelen-voeding (gemiddeld werd de faecesproductie verhoogd met 77 g/dag, terwijl de darmpassagetijd 19 uur korter werd) dan bij de groente/fruit-voeding (verhoging van faecesproductie van 49 g/dag en daling van darmpassagetijd van 13 uur). Er is een opvallende interindividuele spreiding in zowel faecesproductie als darmpassagetijd (zie ook 28).

De hoge kaliumopneming bij de groente/fruit-voeding resulteerde niet in een verlaging van de bloeddruk (gemiddeld werd 4,5 g kalium/dag geconsumeerd in de groente/fruit-groep; vergelijk 3,4 g/dag in de controlegroep; de Na-opneming was 4,0 en 3,7 g/dag respectievelijk). Dit resultaat is in tegenstelling met de gegevens van KELSAY e.a. (19) die een verlaging van de diastolische bloeddruk vonden onder invloed van een voeding rijk aan groente en fruit bij een groep van 6 personen die een diastolische bloeddruk hadden van 80 mmHg of meer bij vezelarme voeding. Geen van onze proefpersonen had echter een diastolische bloeddruk boven 80 mmHg tijdens de inloop (vezelarme)-periode.

Conclusies

Uit dit onderzoek kan worden geconcludeerd dat – tenminste bij kortdurende experimenten – pectinestoffen (polygalacturonzuur-verbindingen) in groenten en fruit het serumcholesterolgehalte kunnen verlagen, doch dit effect is slechts gering in vergelijking met het effect van verlaging van de verhouding verzadigd: onverzadigd vet en verlaging van de hoeveelheid cholesterol in de voeding (11, 21). De hoeveelheden groenten en fruit die men moet consumeren om een werkzame hoeveelheid polygalacturonzuur op te nemen, zijn zodanig groot, dat dit in de praktijk door weinigen zou kunnen worden toegepast. (De groente/fruit-groep consumeerde gemiddeld 300-400 g gekookte groente, 4 appels en 2 à 3 tomaten per dag).

Van voedingsvezel uit tarweproducten kan geen direct effect op het serumcholesterolgehalte worden verwacht. Bij constante opneming van vet en cholesterol had toevoeging van zemelen aan de voeding na 5 weken zelfs een verhoging tot gevolg. Voedingsvezel kan echter wel een indirect gunstig effect hebben doordat consumptie van vezelrijke producten de opneming van vet en cholesterol over het algemeen verhindert (o.a. 15).

De hoeveelheid en soort voedingsvezel heeft – tenminste bij kortdurende experimenten – bij personen met een normaal serumcholesterolgehalte geen wezenlijke invloed op het HDL-cholesterolgehalte.

Zowel een voeding rijk aan groente en fruit, als toevoeging van zemelen aan de voeding verhogen de faecesproductie

en verkorten de darmpassagetijd. Genoemde effecten zijn bij de zemelen-voeding het duidelijkst.

Zowel t.a.v. serumlipidenconcentraties als t.a.v. darmfuncties is er een grote tussenpersoons-variatie in de respons op de vezelrijke voedingen. Om deze reden en tevens omdat verschillende soorten voedingsvezel elk een verschillend fysiologisch effect hebben, is het onverantwoord een algemene norm te geven voor de opneming van voedingsvezel. Een hogere opneming dan momenteel in de westerse landen gebruikelijk is, lijkt echter wenselijk wegens mogelijk (indirekte) gunstige effecten op het serumcholesterolgehalte – en daarmee het risico voor hart- en vaatziekten – en het voorkomen van constipatie. In Nederland werd in 1973 gemiddeld 26,5 g voedingsvezel opgenomen (volgens berekening van KROMHOUT (22)). Ter vergelijking: de opneming was in het tweede experiment bij de groente-/fruit-groep gemiddeld 43 g/dag en bij de zemelen-groep 37 g/dag.

Dankwoord

De proefpersonen willen wij bedanken voor hun enthousiaste medewerking en voor de bijzonder consciëntieuze wijze waarop zij aan het onderzoek hebben meegedaan. Voor hun ongelofelijke inzet en adviezen zijn wij veel dank verschuldigd aan de teamleden van beide projecten, te weten: Hugo Albers, Edward Bausch, Marita Engelen, Wil de Jong, Gerdi Oskam, Tineke Rietberg-Brussaard, Jelske van Steenberg-Zondervan en Johan Velema.

Zonder de adviezen en enorme hulp bij analyses e.d. van vele medewerkers van de Vakgroep Humane Voeding, en van vele personen binnen en buiten de Landbouwhogeschool, hadden wij dit onderzoek niet kunnen uitvoeren.

Het onderzoek werd mogelijk gemaakt door een subsidie van de Nederlandse Hartstichting (subsidie nr. 75.035).

Summary

Effects of high-fibre diets on cholesterol metabolism and colonic function in man

In two controlled experiments with young healthy volunteers the effects of a high intake of dietary fibre on serum and faecal lipids, intestinal transit time and faeces production were investigated. Dietary fibre is defined as the plant polysaccharides (cellulose, hemicelluloses, pectic substances) and lignin which are resistant to hydrolysis by the digestive enzymes of man. In the first experiment the effects were studied of a high-fibre diet, in which half of the dietary fibre was provided by vegetables and fruits, and the other half by bread and other cereal products. In the second trial the effects of dietary fibre derived from vegetables and fruits were compared with those of isolated citrus pectin and wheat bran. In both studies all foodstuffs except for 200 or 100 kcal (0.8 MJ or 0.4 MJ resp.) per day were separately weighed out for each subject, appropriate to his energy needs.

In the first cross-over study 46 subjects consumed in succession a high- and a low-fibre diet for three weeks each. Dietary fibre intake was on average 45 and 12 g per day respectively on the high- and low-fibre diet. Half of the subjects received a high-cholesterol diet (more than 600 mg per day) and the other half a low-cholesterol diet (less than 200 mg per day) throughout the entire 6-week period. Throughout this experiment the concentration of serum cholesterol in the groups with high intake of cholesterol was about 0.5 mmol/l higher than in the groups with low cholesterol consumption. With the high-fibre diet serum cholesterol concentrations decreased on average by 0.44 mmol/l on high-cholesterol and 0.31 mmol/l on

low-cholesterol regimes. During the high-fibre period serum high density lipoprotein (HDL)-cholesterol decreased on average by 0.1 mmol/l. Only part of these effects of the high-fibre diet may be due to dietary fibre *per se*, as during the high-fibre period subjects consumed 7 energy% less fat, less cholesterol and 7 energy% more carbohydrates than during the low-fibre period. During the execution of this study preparation of high-fibre dishes containing as much fat as those with a low-fibre content was found to be rather difficult.

With the high-fibre diet faecal wet weight increased by on average 115 g/day and mean transit time through the gut was decreased by 18 hours.

In the second trial 62 volunteers consumed a relatively low-fibre diet for 2.5 weeks, after which period they were divided into 4 groups. During another 5 weeks Group 1 continued on the low-fibre diet, Group 2 received a high-fibre diet rich in vegetables and fruits, Group 3 a low-fibre diet to which citrus pectin had been added and Group 4 a low-fibre diet enriched with wheat bran. These four groups consumed on average 18, 43, 28, and 37 g dietary fibre per day respectively. Pectin (polygalacturonic acid) intake was on average 1.7, 7.5, 8.8 and 1.7 g/day. As a result of a rigid control of nutrient intake no important differences in intake of fat, cholesterol, and carbohydrates were found between the four groups.

The level of serum cholesterol decreased on the diet containing citrus pectin and on the diet containing vegetables and fruits, by 0.34 and 0.17 mmol/l respectively. The addition of bran on the other hand caused a statistically significant increase in concentrations of serum cholesterol by on average 0.34 mmol/l. The amount and type of dietary fibre had no substantial effect on the level of serum HDL-cholesterol. From the data on steroid-excretion it seems clear that the effects on serum cholesterol cannot be explained completely by changes in excretion of faecal bile acids or neutral steroids. The higher consumption of potassium on the diet containing vegetables and fruits was not accompanied by a lowering of blood pressure.

The high-fibre diet with vegetables and fruits as well as the diet with bran shortened the intestinal transit time by 13 and 19 h respectively and enhanced faeces production by 49 and 77 g/24 h respectively.

It is concluded that at least in short-term controlled experiments fibre-rich foodstuffs have only a small (vegetables and fruits) or no (bran) favourable effect on the level of serum cholesterol. However, in uncontrolled circumstances a 'natural' high-fibre diet may through its low fat and cholesterol content indirectly reduce the concentration of serum cholesterol.

Literatuur

- Burkitt, D. P., A. R. P. Walker en N. S. Painter: Dietary fiber and diseases. *J. Amer. med. Ass.* **229** (1974), 1068.
- Cummings, J. H., D. J. A. Jenkins en H. S. Wiggins: Measurement of the mean transit time of dietary residue through the human gut. *Gut* **17** (1976), 210.
- Dokkum, W. van: Zemen in brood: verteerbaarheid en invloed op het defecatiepatroon, de mineralenbalans en de serumlipidenconcentraties bij de mens. *Voedingsmiddelentechnologie* **11** (1978), nr. 41, p. 18.
- Durrington, P. N., A. P. Manning, C. H. Bolton en M. Hartog: Effect of pectin on serum lipids and lipoproteins, whole-gut transit-time and stool weight. *Lancet* **1976**, II, 394.
- Eastwood, M. A., J. R. Kirkpatrick, W. D. Mitchell, A. Bone en T. Hamilton: Effects of dietary supplements of wheat bran and cellulose on faeces and bowel function. *Brit. med. J.* **1973**, 4, 392.
- Evrard, E. en G. Janssen: Gas-liquid chromatographic determination of human fecal bile acids. *J. Lipid Res.* **9** (1968), 226.
- Fisher, H., P. Griminger, E. R. Sostman en M. K. Brush: Dietary pectin and blood cholesterol. *J. Nutr.* **86** (1965), 113.
- Galambos, J. T.: The reaction of carbazole with carbohydrates. 1. Effect of borate and sulfamate on the carbazole color of sugars. *Anal. Biochem.* **19** (1967), 119.
- Haar, F. van der, C. M. van Gent, F. M. Schouten en H. A. van der Voort: Methods for the estimation of high density cholesterol, comparison between two laboratories. *Clin. chim. Acta* **88** (1978), 469.
- Hautvast, J. G. A. J.: Ontwikkeling van een systeem om gegevens van voedingsenquêtes met behulp van de computer te verwerken. *Voeding* **36** (1975), 356.
- Hegsted, D. M., R. B. McGandy, M. L. Myers en F. J. Stare: Quantitative effects of dietary fat on serum cholesterol in man. *Amer. J. clin. Nutr.* **17** (1965), 281.
- Hellendoorn, E. W., M. G. Noordhoff en J. Slagman: Enzymatic determination of the indigestible residue (dietary fibre) content of human food. *J. Sci. Fd. Agr.* **26** (1975), 1461.
- Jenkins, D. A. J., M. S. Hill en J. H. Cummings: Effects of wheat fiber on blood lipids, fecal steroid excretion and serum iron. *Amer. J. clin. Nutr.* **28** (1975), 1408.
- Jenkins, D. A. J., A. R. Leeds, C. Newton en J. H. Cummings: Effect of pectin, guar gum and wheat fibre on serum-cholesterol. *Lancet* **1975**, I, 1116.
- Kahaner, N., H.-M. Fuchs en M. H. Floch: The effect of dietary fiber supplementation in man. I. Modification of eating habits. *Amer. J. clin. Nutr.* **29** (1976), 1437.
- Kay, R. M., P. A. Judd en A. S. Truswell: The effect of pectin on serum cholesterol. *Amer. J. clin. Nutr.* **31** (1978), 562.
- Kay, R. M. en A. S. Truswell: Effect of citrus pectin on blood lipids and fecal steroid excretion in man. *Amer. J. clin. Nutr.* **30** (1977), 171.
- Kay, R. M. en A. S. Truswell: The effect of wheat fibre on plasma lipids and faecal steroid excretion in man. *Brit. J. Nutr.* **37** (1977), 227.
- Kelsay, J. L., K. M. Behall en E. S. Prather: Effect of fiber from fruits and vegetables on metabolic responses of human subjects. I. Bowel transit time, number of defecations, fecal weight, urinary excretion of energy and nitrogen and apparent digestibilities of energy, nitrogen and fat. *Amer. J. clin. Nutr.* **31** (1978), 1149.
- Keijbets, M. J. H. en W. Pilnik: Some problems in the analysis of pectin in potato tuber tissue. *Potato Res.* **17** (1974), 169.
- Keys, A., J. T. Anderson en F. Grande: Serum cholesterol response to changes in the diet. *Metabolism* **14** (1965), 747.
- Kromhout, D.: Voeding als onderdeel van hygiënische maatregelen ten behoeve van preventie van hart- en vaatziekten. Een beschouwing over de (on)mogelijkheden om aanbevelingen met betrekking tot preventieve maatregelen in praktijk te brengen. *Voeding* **38** (1977), 287.
- McCance, R. A. en E. M. Widdowson: The composition of foods. H.M.S.O. London 1960.
- McCance, R. A., E. M. Widdowson en L. R. B. Shackleton: The nutritive value of fruits, vegetables and nuts. H.M.S.O. London 1936.
- Miettinen, T. A., E. H. Ahrens en S. M. Grundy: Quantitative isolation and gas-liquid chromatographic analysis of total dietary and fecal neutral steroids. *J. Lipid Res.* **6** (1965), 411.
- Miller, N. E. en G. J. Miller: High-density lipoprotein and atherosclerosis. *Lancet* **1975**, I, 1033.
- Southgate, D. A. T., B. Bailey, E. Collinson en A. F. Walker: A guide to calculating intakes of dietary fibre. *J. hum. Nutr.* **30** (1976), 303.
- Stasse-Wolthuis, M., M. B. Katan en J. G. A. J. Hautvast: Fecal weight, transit time, and recommendations for dietary fiber intake. *Amer. J. clin. Nutr.* **31** (1978), 909.
- Trowell, H.: Definition of dietary fiber and hypotheses that it is a protective factor in certain diseases. *Amer. J. clin. Nutr.* **29** (1976), 417.
- Trowell, H., D. A. T. Southgate, T. M. S. Wolever, A. R. Leeds, M. A. Gassull en D. J. A. Jenkins: Dietary fibre redefined. *Lancet* **1976**, I, 967.
- Truswell, A. S. en R. M. Kay: Bran and blood lipids. *Lancet* **1976**, I, 367.