

Analyse van het totale voedingsvezelgehalte en van het pectine-aandeel hierin in Nederlandse voedingsmiddelen*

door Dr. M. B. KATAN en
P. VAN DE BOVENKAMP

Samenvatting. Dit artikel beschrijft de resultaten van de analyse van ongeveer honderd Nederlandse voedingsmiddelen op hun gehalte aan totaal voedingsvezel en aan pectine, en geeft suggesties voor de manier waarop deze cijfers kunnen worden toegepast. Het totale voedingsvezelgehalte werd bepaald volgens een modificatie van de verschilmethode voor 'unavailable carbohydrates' van McCance et al. Pectine werd bepaald als polygalacturonzuur, volgens twee onafhankelijke methoden.

Het voedingsvezelgehalte hangt samen met het gehalte aan droge stof. Mede daarom is het in peulvruchten hoger dan in groenten of fruit. Het pectinegehalte is in groenten en fruit het hoogst, maar bedraagt ook daar in het algemeen op zijn hoogst 1 g per 100 g produkt. De verteringsgraad van de pectine is bij vruchten hoger dan bij groenten.

De gevonden waarden voor totaal voedingsvezel waren aanzienlijk hoger dan gepubliceerde waarden voor ruwvezelgehalten, vermoedelijk omdat bij de ruwvezelbepaling een aanzienlijk deel van de voedingsvezel verloren gaat. Vergelijking met de methoden van Southgate en van Hellendoorn leverde een redelijke overeenstemming op. Een uitzondering hierop vormden brood en andere graanprodukten, waarvoor aanzienlijk hogere waarden werden gevonden.

Inleiding

Sinds BURKITT, TROWELL en anderen (2, 4, 23) gewezen hebben op de mogelijke samenhang tussen een tekort aan voedingsvezel** en het ontstaan van een aantal chronische ziekten is het gehalte aan voedingsvezel in voedingsmiddelen sterk in de belangstelling gekomen.

In het kader van ons onderzoek naar de invloed van voedingsvezel op cholesterolmetabolisme en darmfuncties bij mensen (18-21) hebben wij het totaal voedingsvezelgehalte en het pectinegehalte bepaald van een aantal Nederlandse voedingsmiddelen. De resultaten hiervan staan in dit artikel.

Tot voor kort werd het vezelgehalte meestal bepaald als ruw vezel of ruwe celstof (1), een zeer oude, uit de veevoeding afkomstige analysemethode. (In tegenstelling tot wat wel eens wordt gedacht slaat 'ruw' op de bepalingsmethode en niet op de eventuele ruwheid van de vezels zelf; zo spreekt

men in de voedingsmiddelenanalyse ook van 'ruw eiwit' en 'ruw vet'.) De ruw vezelmethode blijkt echter voor 'mense-lijke' voedingsmiddelen niet te voldoen (6, 26). De voor de fysiologie van de mens belangrijke hemicelluloses en pectines worden namelijk niet of onvolledig meebepaald, en de samenstelling van wat wel wordt bepaald, verschilt van produkt tot produkt en van laboratorium tot laboratorium. In de Nederlandse Voedingsmiddelentabel worden de ruwe celstofgehalten tegenwoordig dan ook achterwege gelaten. Daarmee rijst de vraag welke analysemethode dan wel bruikbare resultaten geeft.

Voedingsvezel bestaat volgens een definitie van TROWELL (24) uit de restanten van plantecelwanden die bestand zijn tegen de spijsverteringsenzymen van de mens. Daar valt cellulose onder en verder vele types hemicelluloses en pectines, en de lignines, die geen polysacchariden zijn, maar polymeren van fenylpropan. Het wordt steeds duidelijker, dat de verschillende componenten van voedingsvezel ook een verschillende fysiologische werking hebben (zie b.v. 21). Een analysemethode voor voedingsvezel moet bij voorkeur al deze componenten afzonderlijk meten. Dergelijke analysesystemen bestaan (b.v. 15), maar ze zijn erg arbeidsintensief en ongeschikt voor routinegebruik. Daarnaast blijft er toch ook behoefte bestaan aan een getal voor het totale voedingsvezelgehalte van een voedingsmiddel. Ten behoeve van ons onderzoek hebben wij dan ook, op basis van gepubliceerde methoden (12, 15), de analyse uitgewerkt van het totaal vezelgehalte in diverse produkten. Vanwege de mogelijke invloed van pectines op de serumcholesterolconcentratie hebben we daarnaast de pectinecomponent van voedingsvezel apart bepaald. De methoden zijn uitvoerig beschreven in (9); dit artikel beschrijft de uitkomsten van deze analyses voor een aantal Nederlandse produkten.

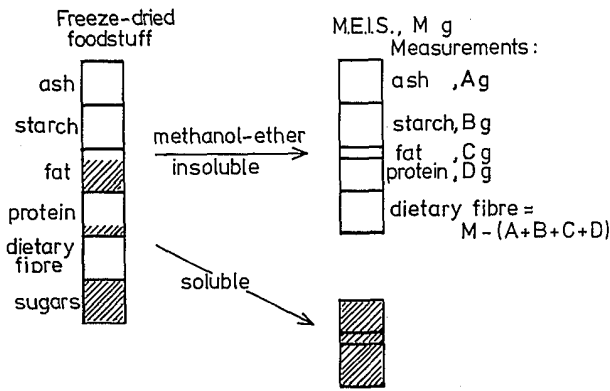
Materialen en methoden

1. Bemonstering

Per produkt zijn in het algemeen monsters gekocht van verscheidene partijen en/of in verschillende winkels in Wageningen en omgeving, in de periode van 1976-1979. De produkten zijn schoongemaakt, eventueel toebereid en daarna gemengd. Levensmiddelen uit blik of glas zijn geanalyseerd met aanhangend water. Per produkt zijn monsters van verschillende merken gemengd. Het aantal monsters per mengsel bedroeg meestal twee tot zes. De mengsels zijn in duplo geanalyseerd. Van een aantal produkten, in de tabellen weergegeven met *, berusten de cijfers op twee of meer onafhankelijke mengsels die in de loop der jaren waren gemaakt en geanalyseerd.

* Van de vakgroep Humane Voeding van de Landbouwhogeschool, Wageningen. Hoofd: Prof. dr. J. G. A. J. Hautvast. Dit onderzoek werd mogelijk gemaakt door steun van de Nederlandse Hartstichting, subsidie nr. 24.004.

** Als vertaling van 'dietary fibre' heeft in het Nederlands 'voedingsvezel' vrij algemeen ingang gevonden; voor de problemen rond nomenclatuur en definities zie (13, 21).



Figuur 1. Schema van de bepaling van voedingsvezel volgens de verschilmethode.

Vetten en eiwitten zijn gedeeltelijk en suikers zijn geheel oplosbaar in methanol en/of in ether. Deze extraheerbare bestanddelen zijn in de figuur gearceerd weergegeven. In afzonderlijke monsters van de methanol-ether onoplosbare stof worden dan het eiwit- en asgehalte en eventueel lipiden bepaald en het gewicht hiervan wordt afgetrokken van het gewicht van de methanol-ether onoplosbare stof.

2. De bepaling van totaal voedingsvezel met de verschilmethode van McCance et al.

Figuur 1 geeft een vereenvoudigd schema van de methode, eerder beschreven door MCCANCE et al. (12) en door SOUTHGATE (15). Het principe is als volgt:

Het monster wordt geëxtraheerd met methanol en ether om suikers en lipiden te verwijderen. Het residu, dat we Methanol-Ether onoplosbare stof noemen (M.E.I.S. in fig. 1), wordt gewogen en geanalyseerd op niet-voedingsvezelcomponenten zoals as, vocht en eiwit. In graanproducten, aardappelen en peulvruchten wordt daarnaast zetmeel bepaald en in brood en sommige andere graanproducten bovendien eventuele nog niet geëxtraheerde lipiden. De hoeveelheid voedingsvezel wordt dan berekend door de niet-vezelcomponenten af te trekken van het gewicht van de methanol-ether onoplosbare stof. In fig. 1 is dit weergegeven als Dietary Fibre = $M - (A+B+C+D)$. (Oorspronkelijk werd dit gewichtsverschil door MCCANCE et al. 'unavailable carbohydrates' genoemd.) Op grond van het percentage methanol-ether onoplosbare stof in het oorspronkelijke produkt kan nu het voedingsvezelgehalte van het produkt berekend worden. De methode wordt gedetailleerd beschreven in (9).

3. Bepaling van polygalacturonzuur (pectine) d.m.v. colorimetrie en d.m.v. koperbinding

Pectinestoffen bestaan uit een hoofdketen van polygalacturonzuur met zijketens van neutrale suikers. In de hoofdketen komt bovendien rhamnose voor, een methylpentose suiker. Analytisch is het eenvoudiger alleen het polygalacturonzuur te bepalen. Dit maakt ongeveer 75 tot 80% van het gehele pectinecomplex uit. (Zie b.v. het polygalacturonzuurgehalte van commerciële citruspectine, tabel 6.)

Wij hebben twee methoden voor de bepaling van (poly)galacturonzuur met elkaar vergeleken. Bij de eerste methode worden pectine en andere vezelcomponenten afgebroken m.b.v. een commercieel enzymmengsel en de vrijge-

maakte uronzuren worden gemeten m.b.v. een gemodificeerde carbazolreactie (3). De tweede methode, die afkomstig is van KEYBETS en PILNIK (10), is gebaseerd op de hoge affiniteit van Cu^{2+} ionen voor de carboxylgroepen van polygalacturonzuur. Het monster wordt daartoe geïncubeerd met een kopersulfaatoplossing en na uitwassen van a-specifiek gebonden koper worden de aan de carboxylgroepen gebonden Cu^{2+} ionen vrijgemaakt met zuur en gekwantificeerd. Omdat per twee carboxylgroepen één Cu^{2+} ion wordt gebonden, kan het gehalte aan poly-uronzuur nu berekend worden. Een gedeelte van de zure groepen is veresterd met methanol en moet daarom vooraf worden vrijgemaakt d.m.v. alkalische hydrolyse. Door de koperbindingstest zowel voor als na de hydrolyse uit te voeren, kan tevens de veresteringsgraad van het polygalacturonzuur worden bepaald, d.w.z. het percentage van de zure groepen dat door verestering met methanol afgeschermd is. Ook deze methoden worden in (9) in detail beschreven.

Resultaten en discussie

In het navolgende worden eerst de resultaten van onze analyses per produktgroep gepresenteerd. Daarbij wordt op een aantal plaatsen aangegeven hoe deze cijfers ons inziens het beste geïnterpreteerd kunnen worden. Daarna wordt de vergelijkbaarheid besproken van onze methoden met andere methoden.

1. Gemiddeld voedingsvezel- en pectinegehalte van de diverse produktgroepen

Zoals blijkt uit tabel 1 is het voedingsvezelgehalte hoger in volkorenbrood, noten en peulvruchten dan in groenten en fruit. Dit komt vooral doordat groenten en fruit zoveel water bevatten. Zo bestaan b.v. groenten gemiddeld voor 90% uit water. De resterende 10% droge stof bestaat voor ongeveer een derde uit de hemicelluloses, celluloses, ligninen en pectinestoffen die stevigheid geven aan bladeren, stengels en wortels; bij elkaar is dat echter nog maar 3 gram voedingsvezel per 100 gram groente. Vruchten bevatten gemiddeld meer droge stof dan groenten, maar het meerdere bestaat voornamelijk uit suikers en het gemiddelde vezelgehalte in fruit is slechts 2 g per 100 g. In tegenstelling tot de zetmeelrijke producten als peulvruchten bestaat bij groenten en fruit een aanzienlijk deel van de voedingsvezel uit polygalacturonzuur (pectine). Er is verder een opvallend verschil in veresteringsgraad: 60% gemiddeld voor fruit tegenover 34% voor groenten.

Hoewel het pectinegehalte van de droge stof van aardappelen en brood in het niet valt bij andere bestanddelen zoals zetmeel, is het op basis van 'nat' gewicht toch nog vergelijkbaar met het pectinegehalte in groenten en fruit. De methoden voor de bepaling van poly-uronzuur in aanwezigheid van een grote overmaat aan zetmeel en andere polysacchariden, zoals die in brood en andere graanproducten voorkomen, zijn helaas nog erg onvolkomen. Gezien het mogelijke belang van pectinestoffen voor de gezondheid (21) is een nauwkeuriger schatting van het pectinegehalte van met name graanproducten dringend gewenst.

Tabel 1. Gemiddelde samenstelling van een aantal produktgroepen/average composition of groups of products

Produkt	Product	Aantal produkten/ number of products	Droge stof/ dry matter			Voedingsvezel/ dietary fibre		Pectine ¹⁾ / pectin	Veresteringsgraad/ degree of esterification		Zetmeel/ starch
			g/100 g produkt						%		g/100 g produkt
Aardappelen, gek.	Potatoes, boiled	2	22		3		0,2			15	
Groenten ²⁾	Vegetables ²⁾	32	10		3		0,6	34			
Peulvruchten, blik of glas ²⁾	Pulses tinned or in jar ²⁾	7	27		7		0,3			10	
Vruchten, vers	Fresh fruits	21	18		2		0,5	60			
Noten	Nuts	4	97		8		0,4				
Volkorenbrood	Wholewheat bread		1		64		10	0,2			
36											

¹⁾ Als polygalacturonzuur/as polygalacturonic acid.

²⁾ Voor deze berekening zijn tuinbonen bij de peulvruchten gerekend/in this calculation garden peas have been counted as pulses.

Tabel 2. Lange-termijn variaties in de samenstelling van een aantal produkten/long-term variations in the composition of some products

Produkt	Product	Droge stof/ dry matter		Voedingsvezel/ dietary fibre		Pectine/ pectin		Veresteringsgraad/ degree of esterification	
		'76 ¹⁾	'77	'76	'77	'76	'77	'76	'77
		g/100 g produkt						%	
Aardappelen, nieuw (gekookt)	Potatoes, new (boiled)	24,0	21,9	3,2	3,0	0,18	0,23		
Andijvie, rauw	Endive, raw	8,8	5,2	3,6	1,9	1,11	0,47	18	11
Groene kool, gekookt	Green cabbage (boiled)	7,4	10,7	2,6	3,4	0,66	0,69	27	25
Sla	Lettuce	3,3	3,5	1,3	1,3	0,31	0,30	8	0
Tomaten (rauw)	Tomatoes (raw)	4,8	5,8	1,3	1,4	0,30	0,28	5	0
Wortelen (rauw)	Carrots (raw)	10,7	10,4	3,2	3,3	0,89	0,65	38	34
Appelen, vruchtvlies	Apples, flesh only	15,5	14,3	2,1	2,2	0,51	0,52	76	70
Appelmoes, blik	Applesauce (canned)	18,8	22,0	1,6	2,4	0,51	0,49	80	74
Bananen	Bananas	25,5	26,6	3,0	2,4	0,67	0,78	58	64
Sinaasappelen	Oranges	7,9	12,4	1,4	2,2	0,42	0,74	58	64
Tarwezemelen ²⁾	Wheat bran ²⁾	98,7	90,8	54,8	34,9				

¹⁾ Het eerste mengmonster werd verzameld en geanalyseerd in 1976 en het tweede in 1977/The first mixture was obtained and analysed in 1976 and the second in 1977.

²⁾ Het eerste monster werd verkregen in het TNO-broodonderzoek (13) en het tweede monster in het IARC/EEG ringonderzoek (8)/Sample '76 is the Dutch bran described in ref. 13 and sample '77 the American Association for Cereal Chemists' bran described in ref. 8.

2. Resultaten van herhaalde analyses

De reproduceerbaarheid van de beschreven methodes binnen een serie was goed. Uit de resultaten van duplobepalingen berekenden wij b.v. een binnen-run variatiecoëfficiënt van 2,7% voor totaal voedingsvezel en van 2,0% voor polygalacturonzuur volgens de carbazolmethode (n=21). Ook bij de kopermethode waren de duplo's goed. De reproduceerbaarheid op lange termijn hebben wij niet systematisch getest. Wel zijn gegevens beschikbaar van een aantal produkten die zowel in 1976 als in 1977/1978 zijn aangekocht en geanalyseerd. Tabel 2 geeft hiervan een aantal willekeurig gekozen voorbeelden. De gevonden verschillen in voedingsvezel- en pectinegehalte waren bescheiden, en werden grotendeels veroorzaakt door verschillen in vochtgehalte. De eenmalige analyse van een mengmonster kan dus een redelijke schatting opleveren van het vezel- en pectinegehalte van een produkt, met name als het resultaat wordt uitgedrukt op droge stof basis.

3. Aardappelen en groenten

Tabel 3 geeft de afzonderlijke analysecijfers voor aardappelen en groenten. Er zijn geen groenten met een opmerke-

lijk hoog vezel- of pectinegehalte aan te wijzen. Bij koken neemt voor sommige groenten het pectinegehalte wat af, maar de effecten zijn niet groot. Opmerkelijk is wel dat de (schijnbare?) veresteringsgraad bij koken vaak toeneemt. Ook bij appelen en peren (tabel 5) werd dit gevonden. Pectines met een hogere veresteringsgraad hebben i.h.a. een hogere geleerkracht; of de geleerkracht van pectines in groenten en fruit toeneemt bij koken, is door ons niet onderzocht, maar het lijkt weinig aannemelijk. Mogelijk raken bij het koken de vrije zuurgroepen in het pectine op andere wijze geblokkeerd.

4. Peulvruchten

Tabel 4 geeft de analysesresultaten van peulvruchten. De onderlinge verschillen in voedingsvezelgehalte worden vooral bepaald door het watergehalte; op droge stof basis bevatten droge en geweekte peulvruchten ongeveer evenveel voedingsvezel. Het pectinegehalte is laag.

5. Vruchten

Tabel 5 geeft analysecijfers voor vruchten, inclusief een aantal gedroogde vruchten en blikvruchten. Van de gemid-

Tabel 3. Aardappelen en groenten/potatoes and vegetables

Produkt	Product		Droge stof/ dry matter	Voedingsvezel/ dietary fibre	Pectine ¹⁾ / pectin ¹⁾	Veresterings- graad/degree of esterification	Zetmeel/ starch
			g/100 g produkt			%	g/100 g produkt
Aardappelen, nieuw (gekookt)	Potatoes, new (boiled)	*	23,0	3,1	0,21		16,6
Aardappelen, oud (gekookt)	Potatoes, old (boiled)		20,5	3,0	0,22		13,7
Andijvie (rauw)	Endive (raw)	*	7,0	2,8	0,79	15	
Andijvie (diepvries) (gekookt)	Endive, frozen (boiled)	*	10,4	4,5	0,88	28	
Augurken, zoetzure (pot)	Gherkins (bottled)		7,2	1,3	0,25	14	
Asperges (blik)	Asparagus (canned)		1,7	0,5	0,04	26	
Bieten, rode (gekookt)	Beets, red (boiled)	*	13,5	2,9	0,45	35	
Bloemkool (rauw)	Cauliflower (raw)		7,6	2,5	0,54	51	
Bloemkool (gekookt)	Cauliflower (boiled)		6,3	1,5	0,37	19	
Groene kool (rauw)	Green cabbage (raw)		10,9	4,2	0,84	35	
Groene kool (gekookt)	Green cabbage (boiled)	*	9,1	3,0	0,68	26	
Komkommers	Cucumbers (raw)	*	3,7	0,7	0,15	30	
Lof, wit (rauw)	Chicory (raw)	*	5,1	1,4	0,39	45	
Paprika, r&g (rauw)	Peppers, r&g (raw)	*	6,2	2,2	0,55	58	0,0
Paprika, r&g (gekookt)	Peppers, r&g (cooked)		6,7	2,3	0,53	65	0,1
Prei (gekookt)	Leek (boiled)		13,1	4,0	0,66	58	
Rabarbermoes (pot)	Rhubarb, bottled (cooked)	*	19,7	2,4	0,40	68	
Rode kool (rauw)	Red cabbage (raw)	*	10,0	3,6	0,64	31	
Rode kool (gekookt)	Red cabbage (boiled)		8,7	2,9	0,59	38	
Sla	Lettuce	*	3,4	1,3	0,31	4	
Snijbonen (diepvries)	Sliced beans (frozen)		11,4	4,1	0,88	44	2,7
Snijbonen, diepvries (gekookt)	Sliced beans, frozen (boiled)		13,6	4,2	0,81	42	2,4
Sperziebonen (diepvries)	French beans (frozen)		11,3	3,8	0,84	59	2,2
Spinazie, diepvries (gekookt)	Spinach, frozen (boiled)		8,4	3,3	0,54	32	
Taugeh (rauw)	Beansprouts (raw)		9,5	3,5	0,34	4	
Taugeh (gekookt)	Beansprouts (boiled)		7,8	3,7	0,38	26	
Tomaten (rauw)	Tomatoes (raw)	*	5,3	1,4	0,29	3	
Tomatenpuree (blik)	Tomato puree (canned)		20,5	2,8	0,67	34	
Tuinbonen (blik)	Garden peas (canned)		25,6	4,7	0,18		10,4
Tuinbonen (glas)	Garden peas (bottled)		19,2	4,7	0,21		7,4
Tuinbonen (diepvries)	Garden peas (frozen)		26,4	7,3	0,38		9,9
Uien (rauw)	Onions (raw)		11,4	2,0	0,47	37	
Sjalotten (rauw)	Shallots (raw)		19,3	3,6	0,84	11	
Witte kool (rauw)	White cabbage (raw)	*	8,0	2,8	0,57	40	
Wortelen (rauw)	Carrots (raw)	*	10,6	3,3	0,77	36	
Wortelen (gekookt)	Carrots (boiled)	*	8,8	2,8	0,78	45	
Zuurkool (gekookt)	Sauerkraut (cooked)		9,9	3,5	0,87	21	

¹⁾ Als polygalacturonzuur/as polygalacturonic acid.

* Meerdere mengsels geanalyseerd/analyses of multiple mixtures.

Tabel 4. Peulvruchten/pulses

Produkt	Product		Droge stof/ dry matter	Voedingsvezel/ dietary fibre	Pectine ¹⁾ / pectin ¹⁾	Veresterings- graad/degree of esterification	Zetmeel/ starch
			g/100 g produkt			%	g/100 g produkt
Bonen, bruin (gedroogd)	Brown beans (dehydrated)		89,5	26,0	0,77		36,4
Bonen, bruin (blik)	Brown beans (canned)		28,2	5,8	0,28		10,2
Bonen, bruin (glas)	Brown beans (bottled)		30,2	8,4	0,40		11,4
Bonen, wit (gedroogd)	White beans (dehydrated)		91,6	31,2	0,86		31,1
Bonen, wit (blik)	White beans (canned)		26,8	8,1	0,40		9,6
Bonen, wit (glas)	White beans (bottled)		29,0	8,2	0,41		11,6
Groene erwten (gedroogd)	Green peas (dehydrated)		91,2	20,4	0,97	44	44,3
Kapucijners (gedroogd)	Brown marrowfatpeas (dehydr.)		91,4	19,9	0,72		42,2
Kapucijners (blik)	Brown marrowfatpeas (canned)		27,5	6,6	0,25		11,9
Linzen (gedroogd)	Lentils (dehydrated)		91,3	18,0	0,42		41,2

¹⁾ Als polygalacturonzuur/as polygalacturonic acid.

Tabel 5. Vruchten, vruchtenconserven en vruchtesappen/fruits: fresh, preserved and juices

Produkt	Product	Droge stof/ dry matter	Voedingsvezel/ dietary fibre	Pectine ¹⁾ / pectin ¹⁾	Veresteringsgraad/ degree of esterification
					g/100 g produkt
Abrikozen (geweekt)	Apricots (steeped)	30,7	4,7	1,45	53
Abrikozen (gedroogd)	Apricots (dehydrated)	76,4	14,4	2,90	57
Ananas (blik)	Pineapple (canned)	21,5	1,1	0,09	51
Appelen, vruchtvlies+schil	Apples, flesh+peel	* 15,2	2,4	0,58	74
Appelen, vruchtvlies	Apples, flesh only	* 14,9	2,2	0,51	73
Appelmoes (blik)	Applesauce (canned)	* 20,4	2,0	0,50	77
Appelen, schil	Applepeel	20,4	5,0	1,09	69
Appelen, klokhuis	Apples, core	14,8	3,6	0,70	51
Appelen, vruchtvlies, gedroogd	Apples, flesh, dried	75,0	9,6	2,64	82
Bananen ²⁾	Bananas ²⁾	* 26,1	2,7	0,73	61
Druiven, wit, met schil	Grapes, white, with peel	24,6	2,0	0,37	57
Druiven, wit, zonder schil	Grapes, white, peeled	24,4	1,8	0,26	49
Druiven, blauw, met schil	Grapes, blue, with peel	18,4	2,4	0,39	51
Druiven, blauw, zonder schil	Grapes, blue, peeled	18,5	1,7	0,28	57
Krenten (gedroogd)	Currants (dried)	* 86,2	9,0	1,22	50
Krenten (geweekt)	Currants (steeped)	37,3	5,3	0,50	
Rozijnen (gedroogd)	Raisins (dried)	* 82,7	6,4	1,11	50
Rozijnen (geweld)	Raisins (stewed)	61,5	5,6	0,98	53
Grapefruit	Grapefruit	* 8,8	1,4	0,55	65
Watermeloen	Water melon	8,8	0,6	0,16	40
Peren, vruchtvlies	Pears, flesh only	* 14,8	2,1	0,37	62
Peren, vruchtvlies, gekookt	Pears, flesh, cooked	* 17,0	3,9	0,63	76
Peren (blik)	Pears (canned)	15,0	2,0	0,33	65
Perziken (blik)	Peaches (canned)	18,7	1,3	0,27	58
Pruimen, blauw, met schil	Prunes, blue+peel	17,8	2,4	0,71	67
Pruimen, blauw, zonder schil	Prunes, blue, peeled	16,3	2,2	0,49	62
Pruimen, geel, met schil	Prunes, yellow+peel	12,4	1,9	0,55	60
Pruimen, geel, zonder schil	Prunes, yellow+peeled	13,3	2,2	0,38	59
Sinaasappelen	Oranges	* 10,2	1,8	0,58	61
Vruchtensla (blik)	Fruit cocktail (canned)	20,3	2,1	0,33	66
Appelsap (pak)	Apple juice (carton)	9,9		0,02	
Bessesap (fles)	Currant juice (bottled)	18,0	0,6	0,39	47
Sinaasappelsap (pak)	Orange juice (carton)	11,2	0,3	0,06	46
Tomatesap (pak)	Tomato juice (carton)	5,7	1,0	0,22	22

¹⁾ Als polygalacturonzuur/as polygalacturonic acid.

²⁾ Zetmeel/starch, 4,8 g/100 g produkt.

* Meerdere mengsels geanalyseerd/analyses of multiple mixtures.

deld 28 g droge stof per 100 g was ruim 23 g oplosbaar in methanol en bestond vermoedelijk grotendeels uit suikers. Het restant is grotendeels voedingsvezel. Het totaal voedingsvezelgehalte hangt wederom voornamelijk af van het watergehalte. Het pectinegehalte is bij appels, druiven en pruimen zonder schil duidelijk lager dan met schil. Zoals te verwachten valt, is het vezelgehalte van vruchtesappen laag.

6. Diverse produkten

Noten (tabel 6) bevatten 7 à 8 gram voedingsvezel per 100 gram; het aandeel van pectine hierin is heel laag. De samenstelling van pinda's en pindaakaas is vrijwel hetzelfde. Cacaopoeder bevat opmerkelijk veel voedingsvezel. MEURSING (27) vermeldt voor cacaopoeders een gehalte aan celwandstoffen van circa 20 g/100 g en van polyhydroxyfenolen van ca. 12 g/100 g. Vermoedelijk worden beide componenten samen in onze methoden gemeten als voedingsvezel. Polyhydroxyfenolen komen in vele voedingsmiddelen voor in kleine hoeveelheden als natuurlijke kleur- en smaakstoffen; cacao is er bijzonder rijk aan. De pectinegehalten voor cacao en chocolade berusten

op de carbazolmethode; de koperbindingsmethode gaf hier ongeveer vier maal zo hoge gehalten te zien, mogelijk t.g.v. binding van koper aan andere vezelcomponenten dan polyuronzuur (gepolymeriseerde polyhydroxyfenolen?).

In jams weerspiegelt het relatief hoge aandeel van pectine in de totale vezelhoeveelheid de bij de jambereiding toegevoegde pectine. Het absolute vezel- en pectinegehalte is echter niet hoog.

7. Brood en andere graanprodukten

Wij vonden in wittebrood een duidelijk hoger voedingsvezelgehalte dan andere auteurs (tabel 7). Ook voor andere granen en graanprodukten vonden wij onverwacht hoge waarden, b.v. in macaroni en spaghetti 8 tot 11 g per 100 g droge stof, in rijst 8 tot 9 g, in beschuit 8, in tarwebloem 12 en in roggebrood 18 (alle op droge stof basis). Voor deze hoge waarden zijn twee verklaringen mogelijk:

In de eerste plaats is het voorstelbaar dat een gedeelte van het aanwezige zetmeel in onze zetmeelbepaling werd gemist, b.v. ten gevolge van onvolledige ontsluiting. Een dergelijke fractie werd dan automatisch tot de voedingsvezel gerekend. Tegen een dergelijke verklaring pleit dat de door

Tabel 6. Diverse producten/miscellaneous products

Produkt	Product	Droge stof/ dry matter	Voedingsvezel/ dietary fibre	Pectine ¹⁾ / pectin ¹⁾	Veresterings- graad/degree of esterification	Zetmeel/ starch
		g/100 g produkt			%	g/100 g produkt
Noten:	Nuts:					
Cashew noten	Cashew nuts	94,7	7,7	0,34		11,3
Hazelnoten	Hazle nuts	96,6	8,2	0,32		0,7
Pinda's (geroosterd)	Peanuts (roasted)	99,3	7,1	0,55		3,7
Walnoten	Walnuts	96,8	7,9	0,36		0,5
Pindakaas	Peanut butter (jar)	99,6	7,1	0,63		4,1
Diversen:	Miscellaneous:					
Cacaopoeder	Cacao powder	97,8	34,0	2,13	7	12,6
Chocolade, bitter	Plain chocolate	99,8	6,6	0,63	12	2,8
Chocolade, melk	Milk chocolate	99,5	3,6	0,60		1,0
Jam, abrikozen	Jam, apricot	61,9	0,9	0,32	70	
Jam, aardbeien	Jam, strawberry	65,9	1,2	0,47	65	
Appelstroop	Apple treacle	69,2	4,0	0,76	31	0,2
Citrus pectine	Citrus pectin	* 96,9	93,8	72,80	73	
Tarwezemelen	Wheat bran	* 94,8	44,9	0,19		17,5

¹⁾ Als polygalacturonzuur/as polygalacturonic acid.

* Meerdere mengsels geanalyseerd/analyses of multiple mixtures.

Tabel 7. Voedingsvezelgehalte van witte- en volkorenbrood bepaald volgens verschillende methoden/dietary fibre content of white and wholemeal bread as determined by various methods

Methode/method	Referentie/ reference	Wittebrood/ white bread	Volkorenbrood/ wholemeal bread
		voedingsvezel/dietary fibre g/100 g	
Component analysis (Southgate)	(16)	2,5 ¹⁾	7,7 ¹⁾
Neutral detergent Fiber (Van Soest)	(14)	1,6	6,7
Indigestible residue (Hellendoorn)	(5)	2,2	9,2
Unavailable carbo- hydrates (this paper)	(9)	5,6	10,3

¹⁾ De oorspronkelijke cijfers waren uitgedrukt als monomere suikers en zijn hier door vermenigvuldigen met 0,9 omgerekend naar polymeerwaarden/ the original figures were expressed in terms of monomeric sugars and have been converted to polymer values here by multiplying them by 0,9.

ons gehanteerde zetmeelmethode nogal rigoreus is (9) en althans voor tarwemeelfracties dezelfde uitkomsten gaf als de klassieke zuurhydrolysemethode (14).

Een andere mogelijke verklaring is dat in sommige andere analysemethoden het voedingsvezelgehalte wordt onderschat. Een aantal voedingsvezelcomponenten is namelijk oplosbaar in water. Deze stoffen worden bij o.a. de neutraal detergens methode van VAN SOEST weggewassen en niet meegerekend als vezel. Voedingsvezelgehaltes volgens VAN SOEST komen dan ook in veel produkten lager uit dan die volgens andere methoden (8). Dit verklaart dus gedeeltelijk het verschil met de neutraaldetergens methode, maar de discrepantie tussen onze cijfers voor graanprodukten en die volgens SOUTHGATE wordt hiermee niet verklaard. Het lijkt dan ook verstandig de hier genoemde cijfers voor wittebrood en andere graanprodukten voorlopig niet toe te passen.

Vergelijkbaarheid met andere methoden

1. Bepaling van totaal vezelgehalte

De door ons gebruikte verschilmethode voor totaal voedingsvezel levert veel hogere getallen op dan de ruwvezelmethode. Enige voorbeelden: andijvie 3,4 tegenover 1 g/100 g, paprika 2,3 tegenover 1,5 en pinda's 7,1 tegenover 2,5 (5). Dit was ook te verwachten, omdat immers hemicelluloses, lignines en pectines, die een aanzienlijk deel van de plantecelwand vormen, in de ruwvezelmethode grotendeels worden weggewassen (5).

De overeenkomst met de som van de vezelcomponenten volgens de Southgatemethode bleek in een recent vergelijkend onderzoek (22) vrij goed te zijn. Ook met het enzymatisch bepaalde vezelgehalte gemodificeerd naar HELLEDOORN (5) kwamen onze resultaten in dit onderzoek goed overeen. Helaas werd bij deze uitwisseling geen wittebrood onderzocht.

De overeenkomst met gehalten volgens de neutraal detergens methode van VAN SOEST bleek voor tarwezemelen uitstekend te zijn. Dit was al eerder gebleken bij uitwisseling van monsters met het Instituut voor Graan, Meel en Brood/TNO en het CIVO/TNO (14). Voor andere tarweprodukten, waaronder brood en voor roggemeel, aardappelen, fruit en gemengde maaltijden was de overeenkomst met de neutraal detergens methode van Van Soest echter slecht: het gehalte volgens de verschilmethode was steeds aanzienlijk hoger dan volgens de Van Soest methode ((22) en BELDEROK, niet gepubliceerd). Zoals boven reeds besproken is dit gedeeltelijk verklaarbaar doordat wateroplosbare vezelbestanddelen in de Van Soest-methode niet worden mee bepaald.

Bij het vergelijken van de vezelconsumptie in verschillende perioden of landen dient men er dus rekening mee te houden dat de gevonden waarden mede bepaald worden door de gebruikte analysemethode. Oudere publicaties berusten vaak op ruwvezelcijfers (ook aangeduid als ruwe celstof,

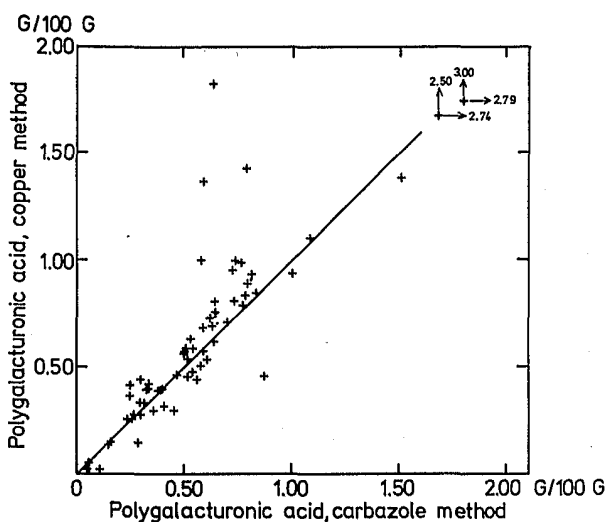
crude fibre of fibre zonder meer). Deze zijn aanzienlijk lager dan de gehalten volgens modernere methoden en zijn er ook niet in om te rekenen. Ook berekeningen gebaseerd op de Van Soest-methode zullen i.h.a. lager uitkomen dan die gebaseerd op de verschilmethode, al is de discrepantie veel minder dan met de ruwvezelmethode.

Het voedingsvezelgehalte van Nederlandse voedingen berekend m.b.v. de tabellen 3 t/m 6 mag wel vergeleken worden met uitkomsten van andere onderzoeken als die gebaseerd zijn op (modificaties van) de methode van Helendoorn (5) of op de methode-Southgate. Cijfers volgens SOUTHGATE, zoals o.a. gebruikt in de Engelse Voedings-middelentabel, moeten wel eerst door vermenigvuldiging met 0,9 worden omgerekend van enkelvoudige suikers naar de polymeervorm. Verder kan aan verschillen tussen onderzoeken van minder dan 10 à 20% weinig betekenis worden gehecht.

2. Bepaling van pectine

De bepaling van pectine (als uronzuur) leverde in het internationale IARC/EEG onderzoek per produkt sterk uiteenlopende waarden op, zelfs voor laboratoria die dezelfde methode gebruikten (17). Daarentegen leverden in eigen laboratorium de twee door ons gebruikte onafhankelijke methoden in de meeste gevallen opmerkelijk dicht bij elkaar liggende waarden op (fig. 2). Waar dat niet het geval was, bleek i.h.a. ook één van de twee methoden duidelijk te falen: zo leverde de koperbindingsmethode veel te hoge schijnbare polygalacturonzuurconcentraties op voor zetmeelrijke produkten als brood, rijst, macaroni, beschuit en peulvruchten; vaak kwam hierbij bovendien de schijnbare veresteringsgraad boven de 100%. Beide afwijkingen zijn verklaarbaar uit specifieke binding van Cu^{2+} ionen. Verwijdering van zetmeel door enzymatische hydrolyse bracht hierin helaas geen verbetering. Voor aardappelen,

Figuur 2. Vergelijking van de bepaling van polygalacturonzuur in voedingsmiddelen door middel van enzymatische afbraak plus colorimetrische uronzuurbepaling (horizontale as) en door binding van koperionen (verticale as). De correlatiecoëfficiënt bedroeg $r = 0,90$ ($n = 64$). Gemiddeld kwamen de uitkomsten volgens de kopermethode 4,2% hoger uit dan volgens de colorimetrische carbazolmethode.



graanprodukten en peulvruchten zijn dan ook alleen cijfers volgens de colorimetrische methode gegeven.

De enzymatisch-colorimetrische methode gaf anderzijds duidelijk te hoge waarden voor suikerrijke produkten, zoals jams, limonades en vruchten uit blik. Oorzaak hiervan was de interferentie van neutrale suikers in de carbazolreactie voor uronzuren; na verwijdering van suikers door isopropanolextractie, kwamen de uitkomsten veel beter overeen. In de tabellen zijn voor ananas in blik, perzik in blik, appelstroop, aardbeien en rode bieten alleen de polygalacturonzuurgehalten volgens de kopermethode vermeld.

Indien deze problematische produkten niet worden meegerekend, vonden wij voor 64 geanalyseerde produkten een gemiddeld verschil van 4% tussen het gehalte volgens de colorimetrische en de koperbindingsmethode. Wij concluderen daarom dat de gegevens uit de tabellen 3 t/m 6 bruikbaar zijn voor het berekenen van het polygalacturonzuurgehalte van voedingen. Het totale pectinegehalte zal 20 à 30% hoger liggen dan het polygalacturonzuurgehalte, omdat immers het pectinecomplex ook nog andere koolhydraten bevat dan alleen uronzuren.

De hier gegeven analysecijfers kunnen b.v. worden gebruikt voor het vergelijken van de pectine-opneming van verschillende groepen Nederlanders. Vergelijkingen met buitenlandse gegevens zijn echter pas mogelijk tegen de tijd dat de methoden voor de bepaling van pectine in voedingsmiddelen beter gestandaardiseerd zijn.

Slotbeschouwing

De hier gepubliceerde cijfers voor totaal voedingsvezel en polygalacturonzuur (pectine) zijn redelijk bruikbaar voor het vergelijken van de opneming door verschillende groepen personen. Bij de interpretatie van dergelijke consumptiecijfers gelden wel enige beperkingen. Niet alleen omdat de gebruikte methoden nog in ontwikkeling zijn, maar vooral ook omdat er geen simpel verband bestaat tussen de hoeveelheid chemisch bepaalde voedingsvezel in een dagmenu en de fysiologische effecten. Zo heeft b.v. het eten van grove tarwezemelen een sterk effect op de darm passagesnelheid en de hoeveelheid en consistentie van de faeces. Maakt men diezelfde zemelen eerst fijn, dan is de hoeveelheid voedingsvezel precies hetzelfde maar de effecten op darmfuncties zijn gedeeltelijk verdwenen (7, 11, 25).

Deze zelfde onvoorspelbaarheid van het effect van een bepaalde hoeveelheid voedingsvezel op de menselijke fysiologie zou kunnen gelden voor allerlei bewerkingen en voor allerlei stoffen die in de analyse in de categorie 'voedingsvezel' terecht komen. Het is dan ook niet juist om uitsluitend op grond van een berekend vezelgehalte te stellen dat een voeding in dit opzicht adequaat is: men dient ook na te gaan door welke produkten deze voedingsvezel is geleverd. Omgekeerd kan men echter wel stellen dat de typen voedingen die door het Voorlichtingsbureau voor de Voeding worden aanbevolen, in elk geval een hoog gehalte hebben aan voedingsvezel en pectine bepaald volgens de hier beschreven methoden.

Dankwoord

Onze dank gaat uit naar Prof. Dr. W. PILNIK (Vakgroep

Levensmiddelentechnologie, Landbouwhogeschool) en zijn medewerkers, Dr. B. BELDEROK (Instituut voor Graan, Meel en Brood/TNO) en Dr. N. A. PIKAAR (CIVO/TNO) voor hun waardevolle adviezen en hulp. Verder danken wij Mevr. J. BOS en Mevr. C. GERMING-NOUWEN voor het uitvoeren van vele analyses en Drs. D. VAN FAASSEN voor haar bijdrage aan de eerste fase van dit onderzoek.

Summary

Analysis of total dietary fibre and pectin in Dutch foodstuffs

This paper describes the results of the analysis of about one hundred Dutch foodstuffs for total dietary fibre and for the pectin fraction, and offers some suggestions for the way in which these figures might be applied. Total dietary fibre was determined by a modification of the method of McCance et al. for unavailable carbohydrates. Pectin was determined as polygalacturonic acid, by two independent methods.

The dietary fibre content varied with the amount of dry matter. As a consequence, it was higher in pulses than in vegetables and fruits. The pectin concentration was highest in vegetables and fruits, but even there it rarely exceeded 1 g per 100 g product. The degree of esterification of the pectin was higher in fruits than in vegetables. The values found for total dietary fibre were much higher than published figures for crude fibre, probably because an appreciable part of the dietary fibre is lost in the crude fibre determination. Comparisons with the methods of Southgate and of Hellendoorn yielded a reasonable agreement, except for bread and other cereal products, for which the unavailable carbohydrate figures turned out higher.

Literatuur

1. **Association of Official Analytical Chemists.** Official methods of analysis. 12e druk. Washington, D.C. 1975, p. 136.
2. **Burkitt, D. P., A. R. P. Walker en N. S. Painter:** Dietary fibre and disease. *J. Amer. med. Ass.* **229** (1974), 1068.
3. **Galambos, J. T.:** The reaction of carbazole with carbohydrates. I. Effect of borate and sulfamate on the carbazole color of sugars. *Anal. Biochem.* **19** (1967), 119.
4. **Hellendoorn, E. W.:** Physiological importance of indigestible carbohydrates in human nutrition. *Voeding* **34** (1973), 618.
5. **Hellendoorn, E. W., M. G. Noordhoff en J. Slagman:** Enzymatic determination of the indigestible residue (dietary fibre) content of human food. *J. Sci. Food Agric.* **26** (1975), 1461.
6. **Hellendoorn, E. W.:** Some critical observations in relation to 'dietary fibre', the methods for its determination and the current hypotheses for the explanation of its physiological action. *Voeding* **39** (1978), 230.
7. **Heller, S. N., L. R. Hackler, J. M. Rivers e.a.:** Dietary fiber: the effect of particle size of wheat bran on colonic function in young adult men. *Amer. J. clin. Nutr.* **33** (1980), 1734.
8. **James, W. P. T. en O. Theander (red.):** The analysis of dietary fibre in food. Uitg. Marcel Dekker Inc. New York 1981.
9. **Katan, M. B. en P. van de Bovenkamp:** Determination of total dietary fibre by difference and of pectin by colorimetry or copper titration. In: (8), p. 217.
10. **Keybets, M. J. H. en W. Pilnik:** Some problems in the analysis of pectin in potato tuber tissue. *Potato Res.* **17** (1974), 169.
11. **Kirwan, W. O., A. N. Smith, A. A. McConnel e.a.:** Action of different bran preparations on colonic function. *Brit. med. J.* **1974**, IV, 187.
12. **McCance, R. A., E. M. Widdowson en L. R. B. Shackleton:** The nutritive value of fruits, vegetables and nuts. MRC special report series no. 213. Uitg. HMSO. London 1936.
13. **Pikaar, N. A.:** Het belang van voedingsvezel en de rol van brood. *Voeding* **42** (1981), 114.
14. **Pikaar, N. A.:** Bepaling van voedingsvezel in voeding en faeces. In: Het belang van brood in de voeding, Deel II: Vezelrijke broodsoorten: Bereiding, analyse, fysiologische effecten en waardering. Rapport Nr. R6406-II, hoofdgroep Voeding en Voedingmiddelen TNO. Zeist 1979.
15. **Southgate, D. A. T.:** Determination of carbohydrates in foods. II. Unavailable carbohydrates. *J. Sci. Fd. Agric.* **20** (1969), 331.
16. **Southgate, D. A. T., B. Baily, E. Collinson e.a.:** A guide to calculating intakes of dietary fibre. *J. hum. Nutr.* **30** (1976), 303.
17. **Southgate, D. A. T. en M. A. White:** Commentary on results obtained by the different laboratories using the Southgate method. In: (8), p. 37.
18. **Stasse-Wolthuis, M., J. G. C. van Jeveren, R. J. J. Hermus e.a.:** Invloed van vezelrijke voedingen op cholesterolstofwisseling en darmfunctie bij gezonde vrijwilligers. *Voeding* **40** (1979), 107.
19. **Stasse-Wolthuis, M., J. G. A. J. Hautvast, R. J. J. Hermus e.a.:** The effect of a natural high-fibre diet on serum lipids, fecal lipids and colonic function. *Amer. J. clin. Nutr.* **32** (1979), 1881.
20. **Stasse-Wolthuis, M., H. F. F. Albers, J. G. C. van Jeveren e.a.:** Influence of dietary fibre from vegetables and fruits, bran or citrus pectin on serum lipids, fecal lipids and colonic function. *Amer. J. clin. Nutr.* **33** (1980), 1745.
21. **Stasse-Wolthuis, M.:** Influence of dietary fibre on cholesterol metabolism and colonic function in healthy subjects. *World Rev. Nutr. Diet.* **36** (1981), 100.
22. **Theander, O.:** Review of the different analytical methods and remaining problems. In: (8), p. 263.
23. **Trowell, H.:** Ischemic heart disease and dietary fiber. *Amer. J. clin. Nutr.* **25** (1972), 926.
24. **Trowell, H.:** Definition of dietary fiber and hypotheses that it is a protective factor in certain diseases. *Amer. J. clin. Nutr.* **29** (1976), 417.
25. **Van Dokkum, W.:** Betekenis van voedingsvezel in brood bij voedingsproeven met mensen. In: (14).
26. **Williams, R. D. en W. H. Olmsted:** A biochemical method for determining indigestible residue (crude fibre) in faeces, lignin, cellulose and non-water soluble hemicelluloses. *J. biol. Chem.* **108** (1925), 653.
27. **Meursing, E. H.:** Cacaopoeders voor industriële verwerking. Cacaofabriek De Zaan B.V. Koog aan de Zaan 1976.