

Afd. Akkerbouw 1982-02-12
VERSLAG 82.20 Pr.nr. 404.4100

Onderwerp: Voedingsvezel.
Bijlagen: 3

Verzendlijst: directeur, sektorhoofd (3x), direktie VKA, afd.
Akkerbouw (4x), afd. Normalisatie (Humme),
Projektbeheer, Projektleider, V.Stigt Thans (VKA),
De Jong, Hollman, Overmars, Slangen.

Project: Onderzoek naar de kwaliteit van akkerbouwprodukten

Onderwerp: Voedingsvezel.

Bijlagen: 3

Doel:

Verkrijgen van inzicht in het verschijnsel voedingsvezel en de mogelijkheden om deze chemisch te bepalen.

Samenvatting:


Beschreven worden:


- a) voedingsvezel in het algemeen;
- b) voorkomen van voedingsvezel in levensmiddelen;
- c) analysemogelijkheden van voedingsvezel.


Conclusie:

Voedingsvezel heeft een overwegend positieve dieetwaardering en dient dus in ons voedselpakket aanwezig te zijn, echter ook weer niet in te grote hoeveelheden.

De keuze van de analysemethode is afhankelijk van wat men onder voedingsvezel verstaat. Analyse van de samenstellende bestanddelen is de meest universele benadering. De warenwetmethode geeft daartoe een aanzet.

Verantwoordelijk: drs B.G. Muuse 

Medewerker/samensteller: M.L. Essers 

Projectleider: drs B.G. Muuse 

I Inleiding (1)

In het voedsel van mens en dier komen bestanddelen voor die door het spijsverteringssysteem niet worden afgebroken. Deze bestanddelen zijn in hoofdzaak water onoplosbare koolhydraatpolymeren van plantaardige oorsprong en voor het grootste deel afkomstig van de celwanden. Ook de celinhoud bevat dergelijke onverteerbare stoffen. Deze zijn echter veelal wel in water oplosbaar.

Tot voor enkele jaren bestond er voor deze onverteerbare bestanddelen voornamelijk interesse bij veevoedkundigen; het is namelijk uit economisch oogpunt van belang te weten hoeveel van het veevoeder verteerbaar en daardoor beschikbaar is voor groei en produktie.

Bij de mens werd de interesse pas goed gewekt door het onderzoek van enkele Britse onderzoekers (2,3) in de jaren 70.

Zij signaleerden dat in de westerse landen, waar de voeding in het algemeen sterk geraffineerd is, zogenaamde beschavingsziekten zoals hart- en vaatziekten, galstenen, spataderen, hiatus hernia en aambeien vaker voorkwamen dan in ontwikkelingsgebieden waar de voeding meer onverteerbare bestanddelen bevatte, maar ook in andere opzichten afwijkend was. Algemeen aangenomen wordt tegenwoordig dat er verband bestaat tussen het gebruik van sterk geraffineerd voedsel en het voorkomen van genoemde ziekten.

Ondanks de overwegend positieve waardering van voedingsvezel moet men toch ook bedacht zijn op ongewenste negatieve effecten. Door het gebruik van veel voedingsvezelrijk voedsel kan er een te grote absorptie van mineralen optreden, in het bijzonder van calcium, ijzer en zink. Vezelstoffen kunnen namelijk metaalionen binden waardoor deze minder geresorbeerd worden door de darm.

Er zij op gewezen dat de rol van de wateroplosbare doch onverteerbare polysacchariden zoals pectinen die meestal niet met de voedingsvezel bepaling worden meegeteld een mogelijk nog belangrijkere rol spelen voor onze gezondheid dan de voedingsvezel in onze voeding vanwege hun grote invloed op de resorptie van voedingsbestanddelen.

Meer uitgebreide informatie over voedingsvezel in het algemeen is o.a. te vinden bij Cummings (7), Spiller en Amen (8 en 9), Burkitt en Trowell (10), Hellendoorn (11), De Ruiter, Pikaar en Belderok (21) en Southgate e.a. (24).

II Voedingsvezel (1):

Oorspronkelijk werden alleen de celwanden of de strukturelementen van de cel als onverteerbaar beschouwd, maar later heeft men ingezien dat ook in de celinhoud dergelijke stoffen voorkomen, waarbij het geen verschil maakt of deze wel of niet wateroplosbaar zijn (zie afbeelding 1, 2 en 3).

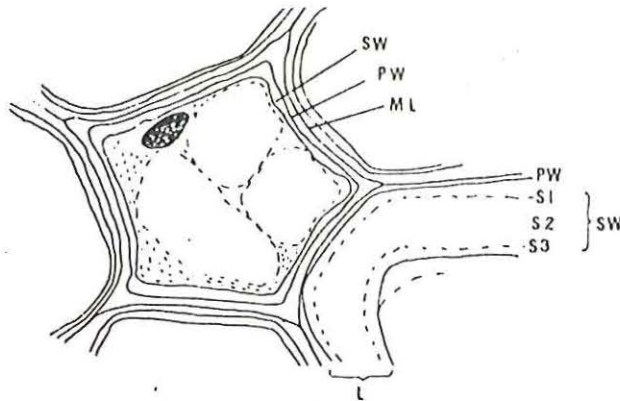


Fig. 1. Idealised section of plant tissue

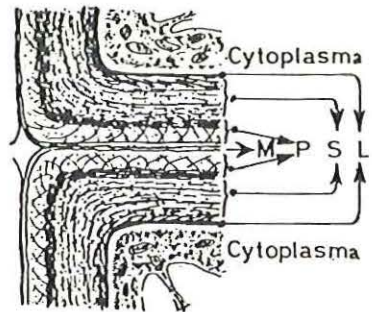
ML: Middle lamella which in the young plant is rich in pectic substances and where lignification starts as the cell matures

PW: Primary wall with a network of cellulose fibrils deposited in a matrix of non-cellulosic polysaccharides

SW: Secondary wall with several layers (S1, S2, S3) containing cellulose fibrils in a parallel arrangement in a matrix of non-cellulose polysaccharides

L: Lignified wall with lignin infiltrated around the other components of the wall and a dead cell

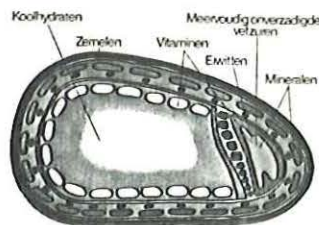
(24)



Modell der Pflanzenzellwand und ihre wichtigsten Inhaltstoffe. M Middlelamella (Pectin), P Primär-Zellwand (Cellulose + Hemicellulose), S Secundär-Zellwand (Hemicellulose + Cellulose + Lignin), L Plasmalemma (Glycoprotein + Lipoprotein)

(4)

Dit zit er allemaal in de volle korrel:
 Vitamines: 90% van alle aanwezige vitamines vinden we in de kiem en de buitenste lagen.
 Onontbeerlijke meervoudig onverzadigde vetzuren: hoofdzakelijk in de kiem.
 Eiwit: in de kiem en de buitenste lagen is het biologisch van betere kwaliteit dan in het meellichaam.
 Mineralen: voornamelijk in de kiem en de buitenste lagen.
 Koolhydraten: in het meellichaam; het zijn belangrijke energieleveranciers.



Ballaststoffen (o.a. zemen): kiem en buitenste lagen: onmisbaar voor een goede spijsvertering.

3. Bron: Verkade Wasa, Zaandam, november 1979.

De definitie is daarom als volgt: "Voedingsvezels zijn de plantaardige polysacchariden en lignine welke bestand zijn tegen afbraak door spijsverteringsenzymen van de mens".

In het volgende schematische overzicht worden de vezelbestanddelen en hun voorkomen weergegeven alsmede de strukturelementen van voedingsvezel (5).

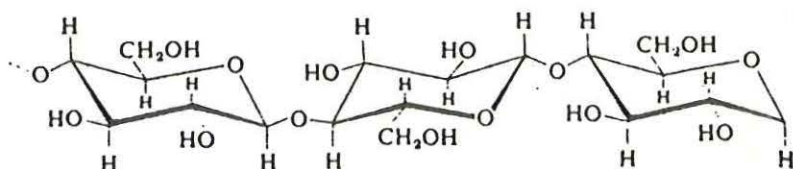
| Vorkomen | Nomenklatur | Strukturelemente | |
|-----------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pflanzenzellwand (Gerüstmaterial) | Kohlenhydrate | Cellulose | β -D-glucan-Ketten |
| | | Hemicellulosen | <ul style="list-style-type: none"> { Arabino-Glucurono- } xylane { Galakto-Gluco- } mannane Arabino- galaktane |
| | | Pektinstoffe (Protopektine) | <ul style="list-style-type: none"> { Galakturonane { Galakturonorhamnane |
| Pflanzenzelle und Lebensmittel-Additive | Nicht-Kohlenhydrate | Lignin | Phenylpropane (polym.) |
| | | Zellwandgebundene Substanzen | <ul style="list-style-type: none"> { Silikate { Proteine { Cutin { Wachse |
| Pflanzenzelle und Lebensmittel-Additive | Kohlenhydrate | Pektine | Galakturonane |
| | | Pflanzen-Exsudate und Schleimstoffe | <ul style="list-style-type: none"> { Carubin { Guaran { Gummi arab. |
| | | Algen- Polysaccharide | <ul style="list-style-type: none"> { Alginate { Carrageenan { Agar |
| | | Modifizierte Cellulosen (z. B. CMC) Modifizierte Stärken | <ul style="list-style-type: none"> { Glycuronane { Galaktan-sulfate { Anhydrogalactane |
| | | | Aether, usw. Ester, Aether |

De hoofdbestanddelen cellulose, hemicellulose, pectine en lignine worden in het kort hieronder besproken.

Cellulose (6):

Cellulose komt het meeste voor van alle organische verbindingen en is de basis voor alle plantaardige vezels.

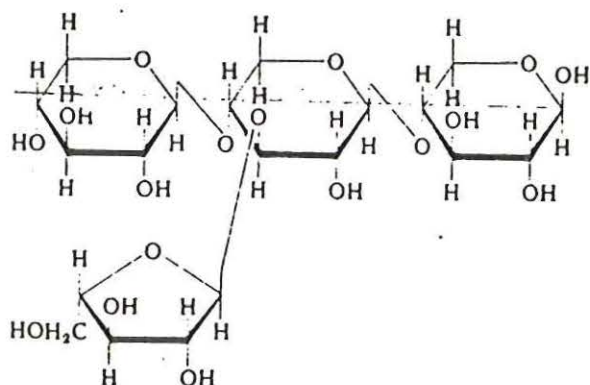
Het is een lineair polymeer van β -D-glucopyranose (enige duizenden per molecuul). (In tegenstelling tot de gespiraliseerde vorm van poly α -D-glucose in zetmeel.)



Cellulose is in water onoplosbaar maar heeft wel een grote affiniteit tot water. Cellulose kan water opnemen onder zwellen, een eigenschap die bijdraagt aan zijn waarde in het verteringsproces.

Hemicellulose (6):

Hemicellulosen zijn complexe polysacchariden die aangetroffen worden in de celwanden van planten. Sommige zijn polymeren van enkelvoudige suikers zoals xylose (xylanen), arabinose (arabanen) of mannose (mannanen), maar de meeste bevatten twee tot vier suiker typen tegelijk. De polymerisatiegraad van hemicellulose ligt meestal rond de honderd. Een voorbeeld van hemicellulose is L-arabino-D xylose. Dit komt voor in tarwemeel.



Pectine (23):

Pectinen zijn wateroplosbare polysacchariden. Ze bestaan in hoofdzaak uit galacturonanen en galacturonorhamnanen. Tevens bestaat de pectine fractie van planten nog uit arabanen, galactanen en arabinogalactanen.

Lignine (6):

Lignine is de enige niet polysaccharide van de vier hoofdbestanddelen van voedingsvezel. Het is een buitengewoon complex materiaal en de collectieve naam voor een groep, hoog moleculaire, systeemloze verbindingen.

De chemische definitie is dan ook moeilijk; het is in hoofdzaak opgebouwd uit phenylpropyl verbindingen.

III Voorkomen van voedingsvezel

Indien men de hoofdbestanddelen van voedingsvezel van verschillende voedingsmiddelen relatief uitdrukt ten opzichte van het totaal gehalte dan kan de volgende indeling gemaakt worden (zie bijlage tabel 1 en 3 t/m 8, Southgate (24)):

granen: rijk aan hemicellulose

fruit : rijk aan lignine

groente en fruit: rijk aan pectine (uronzuren).

Voor absolute gehalten is de waardering "rijk aan voedingsvezel" sterk afhankelijk van de wijze van uitdrukken (d.s. of eetbaar produkt). De tabellen zijn daarvan sprekende voorbeelden (zie bijlage tabel 1, Southgate en tabel 2, Hellendoorn (19)).

Om aan te geven dat de oplosbare onverteerbare koolhydraten een belangrijk gedeelte vormen van de onverteerbare plantaardige vezels, is onderstaande tabel opgenomen. Daarin is duidelijk te zien dat bij de bepaling van alleen de onoplosbare vezelstoffen, vooral bij groente en fruit, het grootste deel van de componenten met "voedingsvezel werking" niet meebepaald wordt (5).

Zusammensetzung von Ballaststoffen aus Getreidekleien

| | | Hafer | Gerste | Roggen | Weizen | Mais |
|----------------------------------|----------------|-------|--------|--------|--------|------|
| Unlösliche (Hauptkomponenten) | Lignocellulose | 54% | 52% | 45% | 38% | 32% |
| | Xylose | 37% | 31% | 31% | 32% | 33% |
| | Arabinose | 4% | 6% | 14% | 20% | 17% |
| Lösliche (relative Anteile) | Xylose | 0,9 | 1,6 | 4,0 | 1,8 | 1,8 |
| | Arabinose | 0,8 | 1,5 | 3,8 | 2,0 | 1,9 |
| | Galaktose | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Merkmale der Ballaststoffe aus Getreiden, Früchten und Gemüsen

| Art | Verhältnis unlösliche: lösliche BS | Lignocellulose in unlöslichen BS | % Galakturon- säure in löslichen BS | WHC der unlöslichen BS* |
|----------------|------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------|
| Getreidekleien | > 10:1 | 30-55% | < 5% | 3-10 |
| Früchte/Gemüse | 5:1-1:1 | 50-80% | 30-70% | 15-40 |

* WHC (water-holding capacity) = Wasserbindungsvermögen in g H₂O/g trockenes Material, gemessen nach der Methode von McConnell et al.

IV Analytiek

De laatste jaren zijn verscheidene analysemethoden gepubliceerd voor de bepaling van voedingsvezel of fracties daarvan. Veel over dit onderwerp werd gepubliceerd door o.a. Southgate, Hellendoorn en Van Soest. De meest belangrijke methoden zullen in het kort besproken worden.

Oplosmiddel methoden (12, 13, 14, 15):

Deze methoden werden door Van Soest ontwikkeld. Ze zijn erop gebaseerd dat bepaalde fracties van de voedingsvezel bij een bepaalde pH geheel of gedeeltelijk oplossen (zie grafiek I).

De ADF (acid detergent fibre) methode (12, 13) is een goede maat voor het gehalte aan cellulose en lignine, maar is voor het totaal gehalte aan voedingsvezel ongeschikt.

De NDF (neutral detergent fibre) methode (13, 14) bepaalt naast cellulose en lignine ook de hemicellulosen. In vele gevallen lukt het echter niet het zetmeel volledig te verwijderen. De methode werd daarom aangepast waaruit de gemodificeerde NDF methode ontstond (15). Deze is geschikt voor graanprodukten maar minder geschikt voor vruchten en groenten omdat de oplosbare hemicellulosen en pektinen niet bepaald worden.

Methoden van Southgate (16, 17):

Deze methode is de eerste die ook de oplosbare vezelstoffen bepaald. Een nadeel is echter dat de proteïnen niet afgebroken worden. Hierdoor kunnen de vezelstoffen alleen na zure hydrolyse met behulp van chromatografie bepaald worden (18) en niet gravimetrisch. Hierdoor is deze methode zeer arbeidsintensief.

Methode van Hellendoorn (19):

Het principe van deze bepaling is dat het zetmeel en de proteïnen m.b.v. enzymen worden afgebroken waardoor na wassen de voedingsvezel achterblijft op een filter. Ook bij deze bepaling wordt het zetmeel echter niet volledig verwijderd. Tevens worden de oplosbare vezelstoffen niet mee bepaald. In Nederland is dit een van de meest ingeburgerde methoden voor voedingsvezel.

Methode van Thomas (4):

Deze enzymatische methode bepaalt na behandeling van de verkregen voedingsvezel met H_2SO_4 ruw hemicellulose, ruw cellulose en ruw lignine. Ook hier worden de oplosbare vezelstoffen niet meebepaald.

Keuringsdienst van Waren, Haarlem (22):

Met deze methode kan het pentosanen gehalte (gemiddelde van arabaan en xyloaan) bepaald worden in graan en graanprodukten.

De pentosanen worden door verhitting met zoutzuur omgezet in furfural en als zodanig overgedestilleerd. In het destillaat wordt furfural met broom geoxideerd. Het verbruik aan broom wordt jodometrisch bepaald, waaruit het pentosanen gehalte kan worden berekend. De voedingsvezel in granen bevat + 40-55% pentosanen. Hierdoor is het pentosanen gehalte een van de criteria ter beoordeling van volkorenbrood op volle tarwe.

Methode van T.F. Schweizer en P. Würsch (20):

Door de voordelen van een enzymatische hydrolyse te combineren met de Southgate methode hebben de onderzoekers een analysemethode ontwikkeld waarbij zowel de onoplosbare als de oplosbare vezelstoffen gravimetrisch bepaald kunnen worden. Hierna kunnen de vezelstoffen op hun samenstelling verder onderzocht worden.

In de onderstaande tabel staat een kruisschema van de beschreven analysemethoden met de hoofdbestanddelen die hiermee bepaald worden.

| | V. Soest | | Southgate | Hellendoorn | Thomas | Schweizer | K.v.W. |
|---------------------------|----------|-----|-----------|-------------|--------|-----------|-----------------|
| | ADF | NDF | | | | | |
| onoplosbaar hemicellulose | | x | x | x | x | x | x ¹⁾ |
| cellulose | x | x | x | x | x | x | |
| lignine | x | x | x | x | x | x | |
| oplosbaar hemicellulose | | | x | | | x | |
| pektine | | | x | | | x | |

1) pentosanen vnl. afkomstig van hemicellulose.

Conclusie:

- Indien men alleen de onoplosbare vezelstoffen wil bepalen staan een aantal routine bepalingen ter beschikking waaronder de methoden van Van Soest (NDF) en Hellendoorn het meest bekend zijn. De methode Hellendoorn zou gemodificeerd moeten worden om het zetmeel volledig te verwijderen. Geautomatiseerde uitvoering van deze methoden met de Fibertec is mogelijk en de ervaring op andere instituten (IGMB, IVVO, Comité v. Graanhandelaren) is goed.
- Indien men echter zowel onoplosbare als oplosbare vezelstoffen wil bepalen kan de methode van T.F. Schweizer en P. Würsch of die van D.A.T. Southgate gebruikt worden. Vooral voor groente en fruit is dit van belang.
Beide systemen dienen in onze praktijk nog getoetst te worden.
- De Warenwettelijke methode is een meer universele benadering waarbij niettemin slechts één van de basisbestanddelen van voedingsvezel wordt bepaald. Deze methode vergt echter veel tijd en onderzoek.
- Doordat voedingsvezel gerelateerd is aan de (on)verteerbaarheid van bepaalde koolhydraten is de voedingsvezelbepaling een vitro verteerbaarheidsproef met alle problemen van definiering en analytiek die daaraan vast zitten. De tijd lijkt nog niet rijp om tot een algemeen erkende conventionele methode te komen.

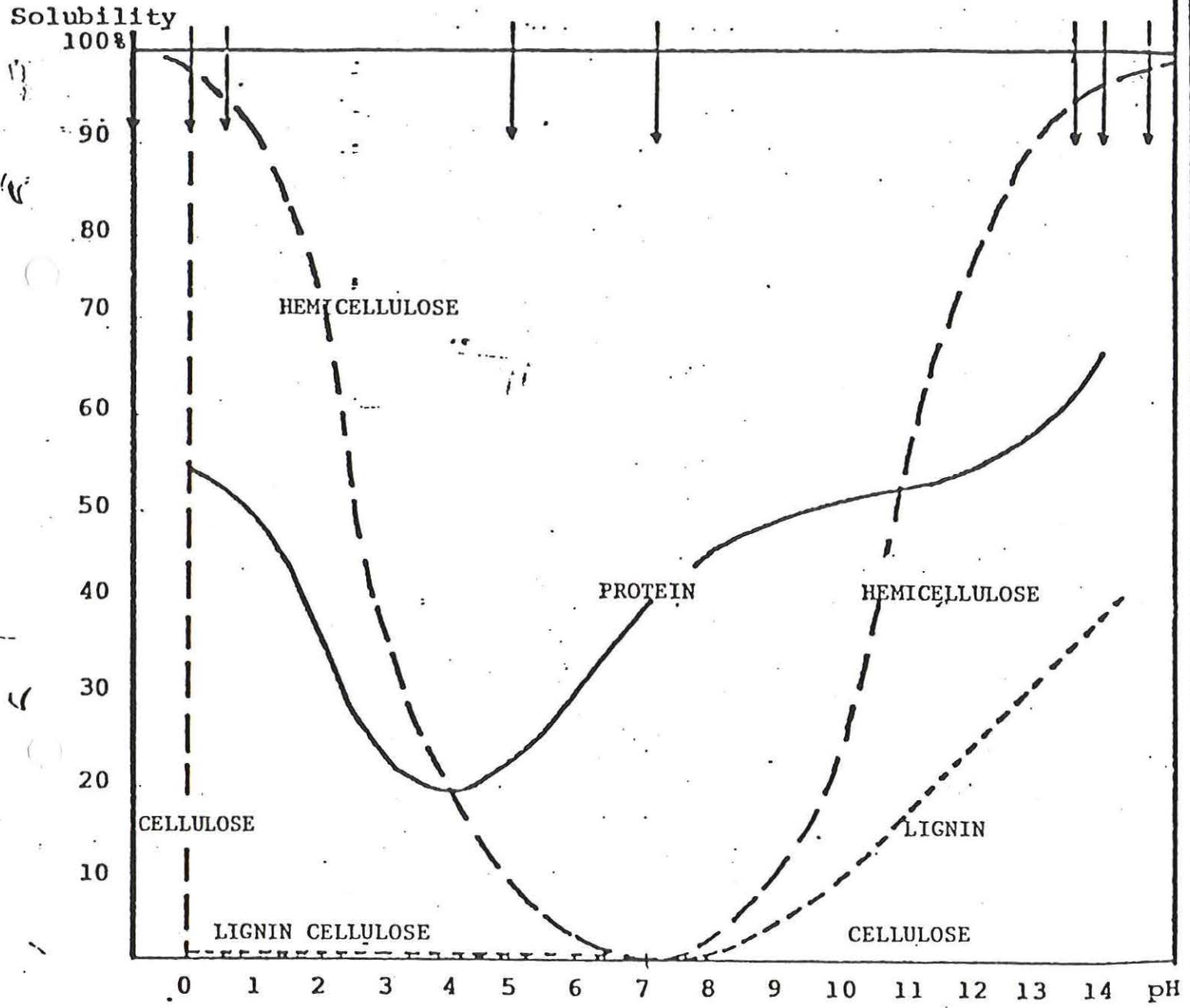
V Literatuur

- 1) Pikaar, N.A.
Het belang van voedingsvezel en de rol van brood.
Voeding 42e jaargang no. 4 (1981).
- 2) Painter, N.S. en Burkitt, D.P.
Diverticular disease of the colon: a deficiency disease of
Western civilization.
Brit. med. J. 11, 450 (1971).
- 3) Burkitt, D.P., Walker, A.R.P. en Painter, N.S.
Dietary fiber and disease.
J. Amer. med. Ass. 229, 1068 (1974).
- 4) Elchazly, M. en Thomas, B.
Über eine biochemische Methode zum Bestimmen der Ballaststoffen
und ihrer Komponenten in pflanzlichen Lebensmitteln.
Z. Lebensm. Unters. Forsch. 162, 329-340 (1976).
- 5) Schweizer, T.F.
Die Bestimmung von Ballaststoffen.
Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 71, 25-37 (1980).
- 6) Baum, H.
Biochemical composition of the wholewheat grain.
Department of Biochemistry. University of London.
- 7) Cummings, J.H.
Progress report Dietary fibre.
Gut 14, 69-81 (1973).
- 8) Spiller, G.A. en Amen, R.J.
Dietary fiber in human nutrition
Crit. Rev. Food. Sci. Nutr 7, 39-70 (1975).
- 9) Spiller, G.A. en Amen, R.J.
Fibre in human nutrition
Plenum Press, New York (1976).

- 10) Burkitt, D.P. en Trowell, H.C.
Refined carbohydrate foods and disease: some implications of dietary fibre.
Acad. Press., London.
- 11) 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, 230-235 (1978).
- 12) Soest, P.J. van
Uses of detergents in the analysis of fibrous feeds II: A rapid method for the determination of fiber and lignin
J. Assoc. Offic. Agr. Chemists 46, 829-835 (1963).
- 13) Goering, H.K. en Soest, P.J. van
Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures and some applications).
Agr. Handbook no. 379 US department of Agriculture, Washington 1970.
- 14) Soest, P.J. van en Wine, R.H.
Use of detergents in the analysis of fibrous feeds IV.
Determination of plant cell-wall constituents.
J. Assoc. Offic. Analyt. Chemists 50, 50-55 (1967).
- 15) Robertson, J.B. en Soest, P.J. van
Dietary fiber estimation in concentrate feedstuffs
J. Anim. Sci 45 (suppl. 1), 254-255 (1977).
- 16) Southgate, D.A.T.
Determination of carbohydrates in foods II: Unavailable carbohydrates
J. Sci Food Agr. 20, 331-335 (1969).

- 17) Southgate, D.A.T.
Determination of food carbohydrates,
p. 137-141 Applied Science London 1976.
- 18) Southgate, D.A.T., Hudson, G.J. en Englyst, H.
The analysis of dietary fibre - the choices for the analyst.
J. Sci Food Agr. 29, 979-988 (1978).
- 19) Hellendoorn, E.W., Noordhoff, M.G. en Slagman, J.
Enzymatic determination of the indigestible residue (dietary
fibre) content of human food.
J. Sci Food Agr. 26, 1461-1468 (1975).
- 20) Schweizer, T.F. en Würsch, P.
Analysis of dietary fibre
J. Sci Food Agric. 30, 613-619 (1979).
- 21) Ruiter, D. de, Pikaar, N.A. en Belderok, B.
Het belang van brood in de voeding
Deel I Samenvattend rapport TNO december 1979.
- 22) Hoevens-v.d.Horst, G.M. en Welboren, J.Th. Keuringsdienst van Waren
te Haarlem
Enkele criteria voor het onderzoek van volkorenbrood.
De Ware(n) Chemicus 9, 174-177 (1979).
- 23) Southgate, D.A.T.
Determination of food carbohydrates, p 66
Applied Science London 1976.
- 24) Southgate, D.A.T., Bailey, B., Collinson, E en Walker, A.F.
A guide to calculating intakes of dietary fibre
Journal of Human Nutrition 30, 303-313 (1976).

72% H₂SO₄ (ADL)
 0.5M H₂SO₄/CTAB (ADF)
 0.15M H₂SO₄ (1st step CF)
 0.2M Acetate (SUGAR)
 Dodecylsulfate (NDF)
 0.31M NaOH (2nd step CF)
 1M KOH (HC-A/HC-B)
 4M KOH (HC-C)



NDF, ADF, ADL: neutral detergent fibre, acid detergent fibre, acid detergent lignin
 CTAB : cetyltrimethylammoniumbromide
 CF : crude fibre
 HC-A, HC-B, HC-C: hemicellulose A, B, C

uit: De Publikatie - The Determination of cell wall constituents for feed evaluation.

| Food | Total Dietary Fiber (g/100g, fresh basis) | Composition of the Dietary Fiber (%) | | | Composition of the Non-cellulosic Fraction (%) | | |
|---------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------|-----------|--------|------------------------------------------------|----------|--------------|
| | | Non-cellulosic Polysaccharides | Cellulose | Lignin | Hexoses | Pentoses | Uronic Acids |
| Cabbage, cooked | 2.83 | 37 | 63 | Tr | 16 | 55 | 28 |
| Carrots, cooked | 3.70 | 60 | 40 | Tr | 20 | 35 | 45 |
| Peas, frozen, raw | 7.75 | 69 | 27 | 2 | 48 | 22 | 30 |
| Tomato, raw | 1.40 | 47 | 32 | 21 | 14 | 42 | 44 |
| Apple, flesh only | 1.42 | 66 | 33 | <1 | 20 | 35 | 40 |
| Banana | 1.75 | 64 | 21 | 15 | 54 | 19 | 27 |
| Pear, flesh only | 2.44 | 54 | 28 | 19 | 20 | 46 | 35 |
| Plum, raw, flesh and skin | 1.52 | 65 | 15 | 19 | 28 | 46 | 25 |
| Strawberry, raw | 2.12 | 46 | 16 | 38 | 22 | 33 | 45 |
| White flour (72%) | 3.45 | 80 | 19 | 1 | 80 | 11 | 9 |
| Brown flour (90-95%) | 8.70 | 72 | 18 | 10 | 44 | 45 | 11 |
| Wholemeal flour | 11.0 | 72 | 20 | 8 | 39 | 48 | 13 |
| Bran | 48.0 | 74 | 18 | 7 | 19 | 60 | 12 |

*Southgate, D. 1976. The analysis of dietary fiber. In "Fiber in Human Nutrition", G.A. Spiller and R. J. Amen. Plenum Publ. Co., New York City.

Table 2. Comparison of crude fibre content (Weende method) and indigestible residue content (proposed method) of various foods

| Food product | Percentages of dry matter | | | | | |
|-------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------|
| | Dry matter content of product ^a (%) | Crude fibre ^b (%) | Indigestible residue ^c (%) | Digestible carbohydrates (starch) ^d (%) | Crude protein (N x 6.25) total (%) | Protein digestibility ^e (%) |
| Legumes: | | | | | | |
| Brown beans, pressure cooked, total | 80.5 | 2.8 | 15.0 | 52.6 | 23.0 | 95.7 |
| White beans | 29.9 | 2.3 | 15.7 | 44.0 | 24.3 | — |
| Dun peas (marrowfat) | 26.2 | 2.3 | 19.6 | 45.4 | 22.5 | — |
| Peas | 24.9 | 2.3 | 13.2 | 42.0 | 21.9 | — |
| Soya beans | 92.7 | 2.4 | 5.1 | 12.1 | 9.3 | 98.5 |
| Soya flour (defatted) | 88.1 | 7.5 | 11.9 | — | — | — |
| Tempeh (sample 1) | 49.8 | 6.0 | 6.8 | <4 | 49.8 | 96.8 |
| Tempeh (sample 2) | 45.8 | — | 6.1 | — | — | 99.6 |
| Peanuts (roasted) | 96.5 | 2.6 | 8.0 | — | — | 99.9 |
| Cereal products: | | | | | | |
| Rolled oats (sample 1) | 89.4 | 1.7 | 7.7 | 69.9 | 11.8 | — |
| Rolled oats (sample 2) | 88.9 | — | 8.5 | — | — | — |
| Rice, polished | 86.5 | 0.7 | 1.6 | — | — | — |
| White bread | 56.2 | 0.8 | 4.0 | — | — | — |
| Whole wheat bread | 59.6 | 2.0 | 15.5 | — | — | — |
| Rye bread | 66.2 | 1.6 | 21.0 | — | — | — |
| Wheat bran | 87.1 | 10.4 | 56.0 | — | — | 92.9 |
| Fruits: | | | | | | |
| Apples | 16.4 | ~4 | ~7 | — | — | — |
| Pears | 13.6 | ~10 | ~8 | 30 | 1.5 | ~100 |
| Vegetables: | | | | | | |
| Potatoes | 20.7 | 2.8 | 9.9 | — | — | — |
| Red cabbage (raw) | 8.4 | ~18 | ~20 | 38.0 | 12.0 | ~100 |
| (cooked) | 8.5 | ~18 | ~20 | 37.8 | 13.0 | ~94 |
| Cabbage (raw) | 9.1 | ~16 | ~18 | 36.4 | 25.3 | ~96 |
| (cooked) | 9.7 | ~16 | ~18 | 34.0 | 23.6 | ~96 |
| Brussels sprout (cooked) | 12.9 | ~11 | ~14 | 22.0 | 30.8 | ~97 |
| Carrots (raw) | 12.6 | ~8 | ~13 | 36.0 | 7.0 | ~93 |
| (cooked) | 12.2 | ~8 | ~12 | 43.0 | 7.0 | ~100 |
| Onions (cooked) | 9.6 | ~10 | ~8 | 43.0 | 17.0 | ~95 |
| Turnips (cooked) | 6.5 | ~15 | ~20 | 32.0 | 17.0 | ~92 |
| Dehydrated vegetables: | | | | | | |
| Endive | 94.2 | 13.0 | 21.7 | 12.5 | 29.3 | — |
| Curled kale | 92.0 | 9.0 | 30.2 | 14.1 | 26.7 | 96.6 |
| Cassava leaves | 95.8 | 10.5 | 34.6 | 7.6 | 39.5 | 85.3 |
| White cabbage | 88.6 | 17.5 | 21.5 | 33.5 | 16.3 | ~99 |
| Carrots | 89.3 | 9.0 | 9.9 | 46.1 | 8.6 | ~100 |
| Onions | 94.1 | 10.0 | 10.5 | — | — | — |

^a AOAC-method.¹

^b Weende crude fibre (rapid procedure¹⁶).

^c Proposed method.

^d With starchy foods as starch; with fruits and vegetables as dextrose-equivalent.⁶

^e Calculated from N-determination of sample or filtrate, and micro-N-determination of residue.

Table 3. Dietary fibre in wheat flours and bread (g/100g)

| | Total dietary fibre | Non-cellulosic polysaccharides* | Cellulose† | Lignin |
|--------------------|---------------------|---------------------------------|------------|--------|
| Flours | | | | |
| White, breadmaking | 3.15 | 2.52 | 0.60 | 0.03 |
| Brown | 7.87 | 5.70 | 1.42 | 0.75 |
| Wholemeal | 9.51 | 6.25 | 2.46* | 0.80 |
| Bran | 44.0 | 32.7 | 8.05 | 3.23 |
| Breads | | | | |
| White | 2.72 | 2.01 | 0.71 | Tr |
| Brown | 5.11 | 3.63 | 1.33 | 0.15 |
| Hovis | 4.54 | 2.99 | 1.01 | 0.04 |
| Wholemeal | 8.50 | 5.95 | 1.31 | 1.24 |

* Expressed as the sum of the component monosaccharides
† Expressed as glucose

Table 4. Dietary fibre in some breakfast cereals (g/100g)

| | Total dietary fibre | Non-cellulosic* polysaccharides | Cellulose** | Lignin† |
|--------------------------------|---------------------|---------------------------------|-------------|---------|
| 'All-bran' | 26.7 | 17.82 | 6.01 | 2.88 |
| Cornflakes | 11.0 | 7.26 | 2.42 | 1.32 |
| 'Grapenuts' | 7.00 | 5.14 | 1.28 | 0.58 |
| 'Readibrek' | 7.60 | 5.39 | 0.99 | 1.22 |
| 'Rice Krispies' | 4.47 | 3.47 | 0.78 | 0.22 |
| 'Puffed Wheat' | 15.41 | 10.35 | 2.59 | 2.47 |
| 'Sugar Puffs' | 6.08 | 4.00 | 0.99 | 1.09 |
| 'Shredded Wheat' | 12.26 | 8.79 | 2.63 | 0.84 |
| 'Special K' | 5.45 | 3.68 | 0.72 | 1.05 |
| Swiss breakfast (mixed brands) | 7.41 | 5.31 | 1.36 | 0.74 |
| 'Weetabix' | 12.72 | 9.18 | 2.35 | 1.19 |

* Expressed as the sum of the component monosaccharides
** Expressed as glucose
† This value may include heat induced artefacts analysing as lignin

Table 5. Dietary fibre in some biscuits (g/100g)

| | Total dietary fibre | Non-cellulosic polysaccharides | Cellulose | Lignin |
|--------------------------------|---------------------|--------------------------------|-----------|--------|
| Chocolate digestive (½ coated) | 3.50 | 2.13 | 0.59 | 0.78 |
| Chocolate (fully coated) | 3.09 | 1.36 | 0.42 | 1.31 |
| Crispbread, rye | 11.73 | 8.33 | 1.66 | 1.74 |
| Crispbread, wheat | 4.83 | 3.34 | 0.94 | 0.55 |
| Ginger biscuits | 1.99 | 1.45 | 0.30 | 0.24 |
| Matzo | 3.85 | 2.72 | 0.70 | 0.43 |
| Oatcakes | 4.00 | 3.16 | 0.40 | 0.44 |
| Semi-sweet | 2.31 | 1.76 | 0.33 | 0.22 |
| Short-sweet | 1.66 | 1.42 | 0.11 | 0.13 |
| Wafers (filled) | 1.62 | 1.08 | 0.47 | 0.07 |

Table 6. Dietary fibre in some vegetables (g/100g edible portion)

| | Total dietary fibre | Non-cellulosic polysaccharides | Cellulose | Lignin |
|---------------------------|---------------------|--------------------------------|-----------|--------|
| Leafy vegetables | | | | |
| Broccoli tops (boiled) | 4.10 | 2.92 | 0.85 | 0.03 |
| Brussels sprouts (boiled) | 2.86 | 1.99 | 0.80 | 0.07 |
| Cabbage (boiled) | 2.83 | 1.76 | 0.69 | 0.38 |
| Cauliflower (boiled) | 1.80 | 0.67 | 1.13 | Tr |
| Lettuce (raw) | 1.53 | 0.47 | 1.06 | Tr |
| Onions (raw) | 2.10 | 1.55 | 0.55 | Tr |
| Legumes | | | | |
| Beans, baked (canned) | 7.27 | 5.67 | 1.41 | 0.19 |
| Beans, runner (boiled) | 3.35 | 1.85 | 1.29 | 0.21 |
| Peas, frozen (raw) | 7.75 | 5.48 | 2.09 | 0.18 |
| garden (canned)* | 6.28 | 3.80 | 2.47 | 0.01 |
| processed (canned)* | 7.85 | 5.20 | 2.30 | 0.35 |
| Root vegetables | | | | |
| Carrots, young (boiled) | 3.70 | 2.22 | 1.48 | Tr |
| Parsnips (raw) | 4.90 | 3.77 | 1.13 | Tr |
| Swedes (raw) | 2.40 | 1.61 | 0.79 | Tr |
| Turnips (raw) | 2.20 | 1.50 | 0.70 | Tr |
| Potato | | | | |
| main crop (raw) | 3.51 | 2.49 | 1.02 | Tr |
| chips (fried) | 3.20 | 2.05 | 1.12 | 0.03 |
| crisps | 11.9 | 10.6 | 1.07 | 0.32 |
| canned* | 2.51 | 2.23 | 0.28 | Tr |
| Peppers (cooked) | 0.93 | 0.59 | 0.24 | Tr |
| Tomato (fresh) | 1.40 | 0.65 | 0.45 | 0.30 |
| (canned)* | 0.85 | 0.45 | 0.37 | 0.03 |
| Sweetcorn (cooked) | 4.74 | 4.31 | 0.31 | 0.12 |
| (canned)* | 5.69 | 4.97 | 0.64 | 0.08 |

* drained

Table 7. Dietary fibre in some fruit and nuts (g/100g edible portion)

| | Total dietary fibre | Non-cellulosic polysaccharides | Cellulose | Lignin |
|----------------------------|---------------------|--------------------------------|-----------|--------|
| Fruits | | | | |
| Apples (flesh only) | 1.42 | 0.94 | 0.48 | 0.01 |
| (peel only) | 3.71 | 2.21 | 1.01 | 0.49 |
| Bananas | 1.75 | 1.12 | 0.37 | 0.26 |
| Cherries (flesh and skin) | 1.24 | 0.92 | 0.25 | 0.07 |
| Grapefruit (canned)* | 0.44 | 0.34 | 0.04 | 0.55 |
| Guavas (canned)* | 3.64 | 1.67 | 1.17 | 0.80 |
| Mandarin oranges (canned)* | 0.29 | 0.22 | 0.04 | 0.03 |
| Mangoes (canned)* | 1.00 | 0.65 | 0.32 | 0.03 |
| Peaches (flesh and skin) | 2.28 | 1.46 | 0.20 | 0.62 |
| Pears (flesh only) | 2.44 | 1.32 | 0.67 | 0.45 |
| (peel only) | 8.59 | 3.72 | 2.18 | 2.67 |
| Plums (flesh and skin) | 1.52 | 0.99 | 0.23 | 0.30 |
| Rhubarb (raw) | 1.78 | 0.93 | 0.70 | 0.15 |
| Strawberries (raw) | 2.12 | 0.98 | 0.33 | 0.81 |
| (canned)* | 1.00 | 0.48 | 0.20 | 0.33 |
| Sultanas | 4.40 | 2.40 | 0.83 | 1.17 |
| Nuts | | | | |
| Brazils | 7.73 | 3.60 | 2.17 | 1.96 |
| Peanuts | 9.30 | 6.40 | 1.89 | 1.21 |

* Fruit and syrup

Table 8. Dietary fibre in some food products (g/100g)

| | Total dietary fibre | Non-cellulosic polysaccharides | Cellulose | Lignin |
|-----------------------------------|---------------------|--------------------------------|-----------|--------|
| Preserves | | | | |
| Jam, plum | 0.96 | 0.80 | 0.14 | 0.03 |
| strawberry | 1.12 | 0.85 | 0.11 | 0.15 |
| Lemon curd | 0.20 | 0.18 | 0.02 | Tr |
| Marmalade | 0.71 | 0.64 | 0.05 | 0.01 |
| Mince meat | 3.19 | 2.09 | 0.60 | 0.50 |
| Peanut butter | 7.55 | 5.64 | 1.91 | Tr |
| Pickle | 1.53 | 0.91 | 0.50 | 0.12 |
| Dried soups (as purchased) | | | | |
| Minestrone | 6.61 | 4.60 | 1.91 | 0.10 |
| Oxtail | 3.84 | 2.89 | 0.94 | 0.01 |
| Tomato | 3.32 | 1.95 | 1.33 | 0.04 |
| Beverages (concentrated) | | | | |
| Cocoa | 43.27 | 11.25 | 4.13 | 27.9 |
| Drinking chocolate | 8.20 | 2.61 | 1.16 | 4.43 |
| Coffee and chicory essence | 0.79 | 0.73 | 0.02 | 0.04 |
| Instant coffee | 16.41 | 15.55 | 0.53 | 0.33 |
| Extracts | | | | |
| Bovril | 0.91 | 0.85 | 0.03 | 0.03 |
| Marmite | 2.69 | 2.60 | 0.03 | 0.06 |