

Afd. Akkerbouw 1982-04-22
VERSLAG 82.32 Pr.nr. 404.4100

Onderwerp: Literatuuronderzoek over
 toepassing en analyse van
 polysacchariden in levens-
 middelen.

Verzendlijst: directeur, sektorhoofd (3x), direktie VKA, afd.
 Akkerbouw (4x), afd. Normalisatie (Humme),
 Projektbeheer, Projektleider.

Projekt: Onderzoek naar de kwaliteit van akkerbouwprodukten.

Onderwerp: Literatuuronderzoek over toepassing en analyse van polysacchariden in levensmiddelen.

Doel:

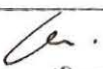
Verkrijgen van inzicht in de toepassingen en de bepalingsmethoden van polysacchariden in levensmiddelen, teneinde de verschillende verdikkingsmiddelen te kunnen bepalen.

Samenvatting:

Bestudeerd werden de wettelijke regelingen in Nederland, toepassingen in levensmiddelen en de analytiek van polysacchariden in levensmiddelen.

Conclusie:

- De toepassingen van polysacchariden in levensmiddelen zijn groot.
- In de warenwet wordt vermeld welke polysacchariden zijn toegestaan.
- Er zijn echter geen wettelijke bepalingsmethoden.
- De kwantitatieve bepaling biedt vele moeilijkheden. Er zal nog het nodige ontwikkelwerk verricht moeten worden indien wij polysacchariden in levensmiddelen moeten analyseren.

Verantwoordelijk: drs B.G. Muuse 

Medewerker/samensteller: M.L. Essers 

Projectleider: drs B.G. Muuse 

Inhoud

	Blz.
I Inleiding	1
II Natuurlijke polysacchariden	1
III Gemodificeerd zetmeel	5
IV Wettelijke regelingen in Nederland	10
V Analyse van polysacchariden toegevoegd aan levensmiddelen	10
VI Overzichtsartikelen over technologie, toe- passingen e.d.	14
VII Literatuur	16

I Inleiding

In dit literatuuronderzoek wordt een overzicht gegeven van het gebruik en de analytiek van polysacchariden in levensmiddelen. Dit onderzoek werd verricht met behulp van de Chemical Abstracts v.a. 1978.

Polysacchariden worden als verdikkingsmiddel, emulgator of geleermiddel in de voedingsmiddelenindustrie veelvuldig gebruikt.

Ze kunnen worden verdeeld in a) natuurlijke en b) industrieel gemodificeerde zetmelen.

De natuurlijke polysacchariden worden uitgewerkt in hoofdstuk II.

In hoofdstuk III worden de gemodificeerde zetmelen behandeld, voornamelijk op basis van een artikel van Harsveldt en Swinkels werkzaam bij de Avebe (2).

II Natuurlijke polysacchariden

Voor wat betreft specificaties, identiteit en zuiverheid van de natuurlijke polysacchariden kan verwezen worden naar FAO Food and Nutrition Paper nr. 4 (1).

De meest bekende zullen hieronder in het kort beschreven worden op basis van het Additievenboekje (30).

Agar-Agar

Agar-Agar wordt gewonnen uit Rhodophyceae algen en bestaat uit polygalactosides, gedeeltelijk veresterd met zure alkali- en aardalkalisulfaten.

Alginaten

Alginaten zijn polymannuronaten, zowel het vrije zuur als de Ca-, K-, Na- en NH₄-zouten, gewonnen uit Phaeophyceae wieren.

Arabische gom

Arabische gom is een produkt van Acacia bomen, bestaande uit polysacchariden en hun Ca-, K- en Mg-zouten.

Carrageen

Carrageen is het ekstrakt van roodwieren (o.a. Chondrus, Gigartina, Furcellaria - uit de laatste wordt "furcelleran" bereid), bestaande uit alkali-, aardalkali-zouten van polysaccharidesulfaten.

Cellulose-verbindingen

Dit zijn cellulosen waarbij een deel van de hydroxylgroepen vervangen is door b.v. methoxy (methylcellulose E 461) of ethoxy (ethylcellulose E 462).

Karayagom

Karayagom is het produkt van Sterculia en Cochlospermum planten, in hoofdzaak bestaande uit polysacchariden.

Pektine

Pektines zijn gedeeltelijke methyl-esters van polygalacturonzuur en zijn zouten, gewonnen uit appel- en citroenresten.

Tragacant

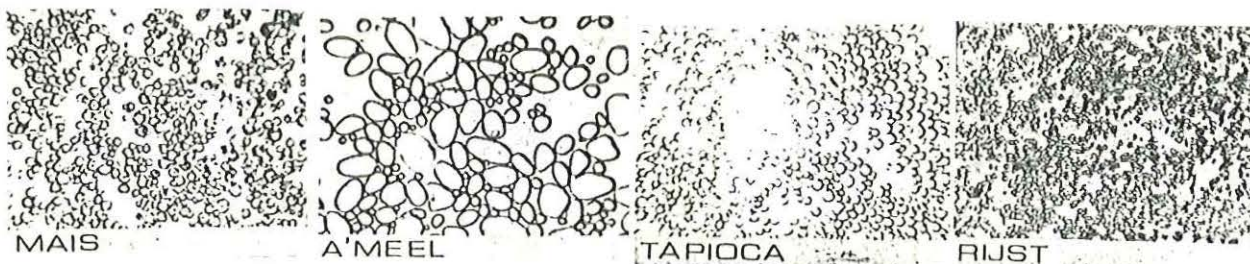
Tragacant is een produkt van Astragalus-planten, in hoofdzaak bestaande uit polysacchariden.

Zetmeel

Daar in hoofdstuk III de gemodificeerde zetmelen verder uitgewerkt worden, zal de basis hiervan het natuurlijke polysaccharide zetmeel, hieronder wat nader uitgewerkt worden.

1. Inleiding (31)

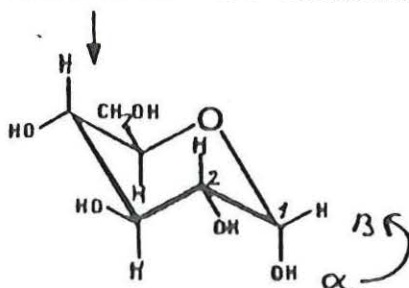
Zetmeel komt in nagenoeg alle planten voor. Het bevindt zich als zodanig, in korrelvorm, in de cellen. Enkele belangrijke bronnen van zetmeel voor de industrie zijn mais, aardappel, tapioca en rijst. De korrels, waarvan vorm, grootte en eigenschappen van soort tot soort of van herkomst verschillen, kunnen microscopisch bekeken worden. Hierdoor is het mogelijk de herkomst van het zetmeel te bepalen (zie afbeelding).



2. Chemische structuur (2)

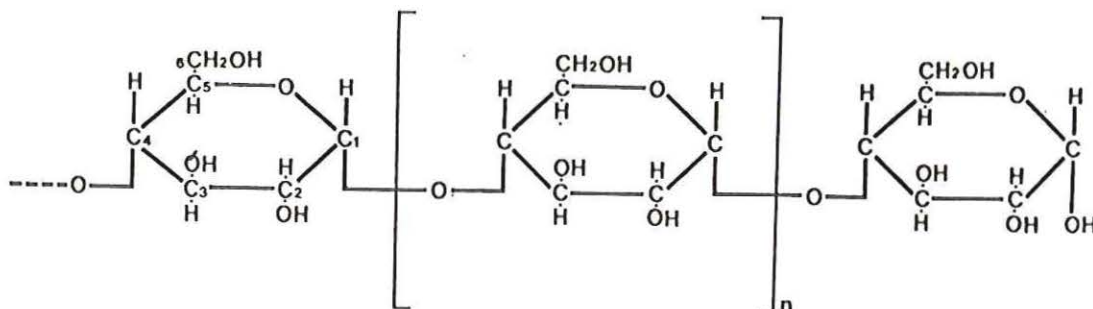
De bouwsteen van zetmeel is glucose en komt in de natuur hoofdzakelijk voor in de pyranose-vorm.

Stoelvorm C1 conformatie



Zetmeel is een polymeer van α -D-glucosebouwstenen. Dit polymeer is echter een mengsel van twee structureel verschillende componenten namelijk amylose en amylopectine.

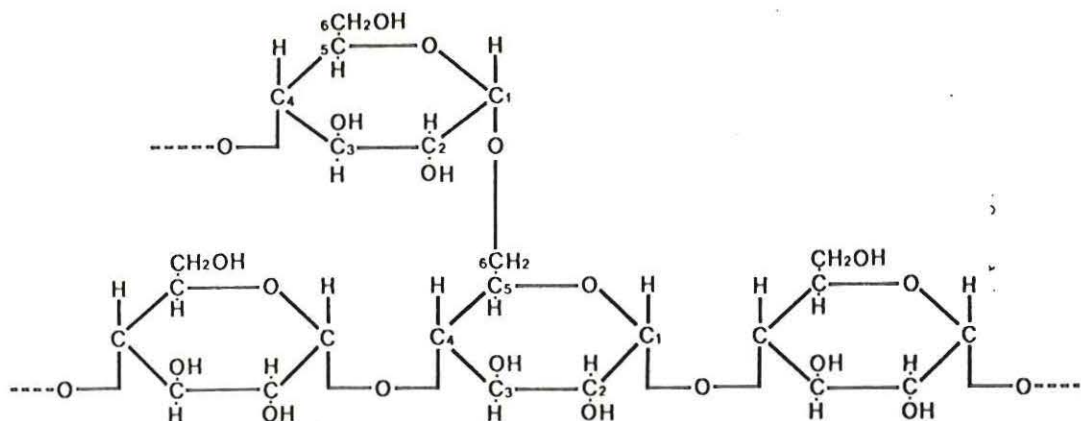
Amylose is een α -1,4 glucaan.



De gemiddelde polymerisatiegraad, dit is het aantal glucose-eenheden per molecuul amylose, varieert naar de oorsprong van het zetmeel en ligt tussen 500 en 2000. Dit getal heeft een grootte die karakteristiek is voor het zetmeel van een bepaalde plantensoort.

Amylopectine is een vertakt α -1,4 glucaan waarin de vertakkingen gevormd worden door α -1,6 glycosidische bindingen.

Op de 20 à 24 α -1,4 gebonden glucosebouwstenen komt een α -1,6 glycoside binding voor zodat in tegenstelling tot een gespiraliseerde structuur bij amylose, hier sprake is van een netwerkstructuur (zonder de specifieke jodiumkleuring van amylose).



3. Eigenschappen

De meest gebruikelijke zetmelen bevatten 20-30% amylose en 70-80% amylopektine. Drie voorbeelden zijn: maiszetmeel met $\pm 28\%$ amylose en $\pm 72\%$ amylopektine; aardappelzetmeel met $\pm 21\%$ amylose en $\pm 79\%$ amylopektine en waxymais dat vrijwel uitsluitend uit amylopektine bestaat. Om deze reden hebben ook hieruit bereide oplossingen, resp. stijfsels onderling verschillende eigenschappen.

De karakteristieke verschijnselen, die optreden bij het koken in water van elk natief zetmeel zijn:

- zwellen en verstijfseling onder toename van de viscositeit tot een maximum
- losmaken van de waterstofbruggen bij voortgezet koken, waardoor de viscositeit daalt tot een constante eindwaarde
- het opnieuw ontstaan van waterstofbruggen tijdens afkoelen, waarbij een gel of taaie stijfsel ontstaat.

Terwijl de viscositeit van bijvoorbeeld maiszetmeel door het hogere amylosegehalte tijdens koken minder snel daalt, waarbij tevens stabiele oplossingen worden gevormd, neemt de viscositeit van aardappelzetmeel aanzienlijk sneller af, terwijl bij afkoelen taaie gels ontstaan.

Voor de meeste toepassingen in de moderne voedingsmiddelentechnologie zijn natieve zetmelen dan ook niet bijzonder geschikt. Betere aangepaste grondstoffen voor de voedingsindustrie worden verkregen door modificatie van het natieve zetmeel langs fysische weg of door middel van chemicaliën (gemodificeerde zetmelen).

4. Toepassingen

De natuurlijke polysacchariden worden in de voedingsmiddelenindustrie gebruikt als verdikkingsmiddel, bindmiddel of stabilisator. Enige voorbeelden van levensmiddelen waaraan natuurlijke polysacchariden kunnen zijn toegevoegd zijn mayonaise, slasaus, halvarine, soep en vla. De maximaal toelaatbare hoeveelheid wordt in het desbetreffende warenwetbesluit genoemd.

Zie voor verdere gegevens betreffende toepassingen het Additievenboekje (30).

III Gemodificeerd zetmeel

A) Indien men de gemodificeerde zetmelen, die de voedingsmiddelenindustrie tegenwoordig gebruikt, groepeert naar hun wijze van modificatie dan komt men tot de volgende indeling:

1. modificatie van zetmeel langs fysische weg
2. modificatie van zetmeel m.b.v. zuren
3. modificatie van zetmeel door oxydatie
4. modificatie van zetmeel door verestering, verethering en verknoping.

ad 1

Als voorbeeld van fysisch gemodificeerde zetmelen dienen in het kort de zwelstijfsels te worden behandeld. Zwelstijfsels worden verkregen door zetmeel met relatief weinig water op verhitte walsen tot een dunnelaag te persen waarbij het droogt.

Tijdens deze behandeling verliest het zetmeel zijn korrelstructuur, de zetmeelkorrels worden verstijfseld. Het aldus gemodificeerde zetmeel is nu oplosbaar c.q. zwelbaar geworden in koud water. Het zetmeel kan, alvorens het verstijfeld wordt, natuurlijk vooraf ook nog chemische modificaties hebben ondergaan.

ad 2

Zuur-gemodificeerd zetmeel wordt verkregen door een beperkte hydrolytische afbraak van het zetmeel m.b.v. verdunde zuren. Na opkoken van deze produkten in water worden oplossingen verkregen die afhankelijk van de afbraakgraad een lagere viscositeit hebben dan oplossingen van uitgangszetmelen in overeenkomstige concentraties.

De fabricage van zuur-gemodificeerde zetmelen is beperkt gebleven tot de maïszetmeelindustrie. Deze produkten worden gebruikt bij de fabricage van zacht suikerwerk op zetmeelbasis.

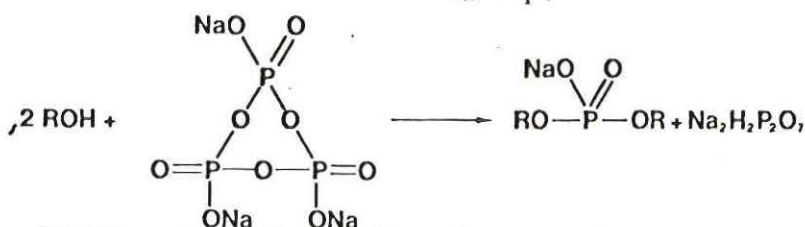
ad 3

Geoxydeerde zetmelen worden verkregen door natieve zetmelen in een waterige suspensie te behandelen met milde oxydatiemiddelen waardoor dunkokende zetmelen ontstaan. Deze hebben een zeer snelle wateroplosbaarheid. Na opkoken van geoxydeerde zetmelen ontstaan transparante oplossingen die vergeleken met de door zure afbraak verkregen zetmelen geen of slechts een zeer geringe neiging tot retrogradatie vertonen. Een tegenwoordig veel gebruikt oxydatiemiddel is natriumhypochloriet waarbij de CH_2OH -groepen aan het C-atoom 5 worden geoxideerd tot carboxyl en carbonyl groepen. Voor toepassing in voedingsmiddelen worden maximaal 4 carboxylgroepen per 100 glucose-eenheden toelaatbaar geacht.

ad 4

Verknoping

Onder verknopen verstaat men het aan elkaar koppelen van twee zetmeelmoleculen door een zogenaamde glycerol- of fosfaatbrug. Indien we zetmeel voorstellen door ROH dan treedt met natriumtrimetafosfaat de volgende reactie op:



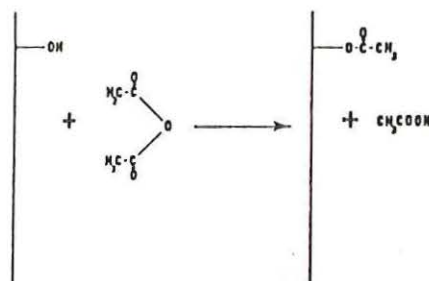
Verknoopte zetmelen worden toegepast in voedingsmiddelen die een korte consistentie dienen te bezitten, die gesteriliseerd of gehomogeniseerd worden of die een zuur karakter hebben.

Verethering en verestering

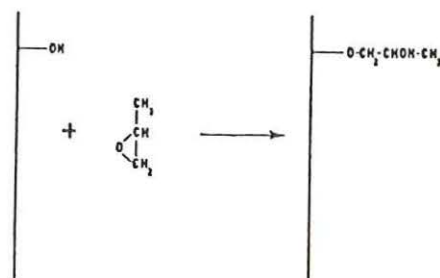
Door invoering van substituenten in een natief zetmeelmolecuul, waarbij ether- of esterbindingen worden gevormd, worden de zetmeelmoleculen eveneens onderling op afstand gehouden en wordt de associatie van de moleculen verhinderd.

De modificatie van zetmeel met behulp van acetaten en hydroxypropylethers is als volgt:

Acetaat:



Hydroxypropylether:



De substitutiegraad (mol per anhydroglucose-eenheid) van zetmeelderivaten, die in de voedingsmiddelen mogen worden verwerkt, is laag en vastgelegd in het Zetmeelbesluit (Warenwet).

B) Gemodificeerde zetmelen en hun toepassingen in de voedingsmiddelenindustrie

Gemodificeerde zetmelen worden in de voedingsmiddelenindustrie toegepast als verdikkingsmiddel, geleermiddel, bindmiddel, stabiliseermiddel en emulgeermiddel.

In de volgende tabel staan enige toepassingen van gemodificeerd zetmeel met hun modificatie (2).

Modificatie

Toepassing

fysisch

- instant puddingpoeders
- bindmiddel in bakkerijgrondstoffen
- sauzen
- droge soepen
- bindmiddel en structuurregelaar voor geëxtrudeerde snacks

zuur

- zacht suikerwerk op zetmeelbasis

geoxydeerd

- verdikkings- en bindmiddel voor soeppoeders en soepen
- gelmiddel in vruchtenbonbons (wine gums) en drop

verknoopt

- continu vlabereiding

veretherd/veresterd

- transparante, vriesdooi bestendige diepvriesprodukten.

Onderstaand een overzicht van de door de grootste fabrikant van aardappelzetmeel in Nederland (Avebe) geproduceerde produkten en hun toepassingen in de verschillende op de Nederlandse markt verkrijgbare levensmiddelen (29).

Produktnamen: Massé

Perfectamyl HVA 35 G

Paselli MD 30

Perfectamyl Gel

Paselli SA 2

Paselli P

Amylogum Cl-S

Amylopectin UG

Dextrose

Paselli BGD.

Toepassingen: Calvé mosterd

AH mayonaise

Nibb-it

Royco pakjes soep

Unox tomatensoep

John Moir instant pudding

Maggi goud vleesbouillon

Completa koffiemelk (poeder)

Drop

Jam

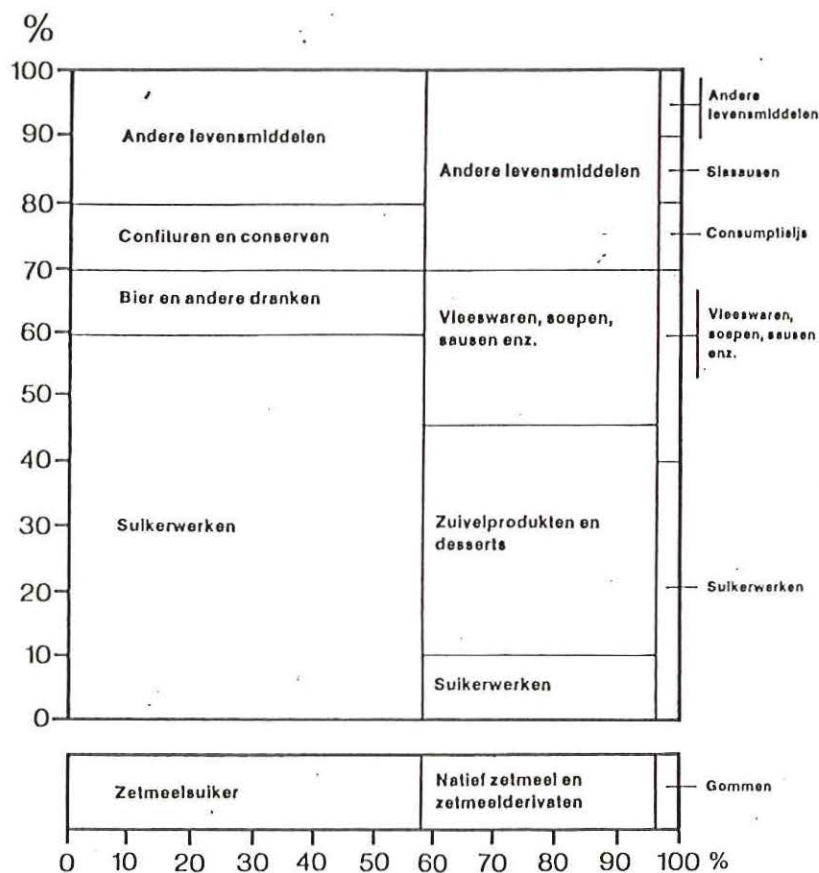
Slagroom (poeder)

Keukenstroop

Vlees in blik

Blikjes koffiemelk

Onderstaande tabel geeft een overzicht van zetmeel en afgeleiden voor wat betreft hun verdeling en toepassing in de Westeuropese voedingsmiddelenindustrie (2):



IV Wettelijke regelingen in Nederland

a) Natuurlijke zetmelen:

In het emulgatorenbesluit (27) van de warenwet staan polysacchariden met hun zuiverheidseisen die in levensmiddelen mogen worden gebruikt: Agar-Agar, alginezuur, ammoniumalginaat, arabische gom, calciumalginaat, carrageen, karayagom, xanthagom e.a. In de produktbesluiten staat vermeld in welke hoeveelheden zij zijn toegestaan in levensmiddelen. Er worden geen bepalingsmethoden voor deze stoffen in levensmiddelen beschreven.

b) Gemodificeerd zetmeel:

In het zetmeelbesluit (26) staan 15 chemisch gemodificeerde zetmelen vermeld met hun productieprocedé en maximaal gehalte aan gesubstitueerde groepen die in Nederland toegestaan zijn. In de produktbesluiten staat vermeld in welke hoeveelheden zij zijn toegestaan in levensmiddelen. Bepalingsmethoden in levensmiddelen worden in de warenwet niet genoemd.

V Analyse van polysacchariden toegevoegd aan levensmiddelen

In dit hoofdstuk wordt een samenvatting gegeven van analysemethoden. Het principe van de meeste bepalingen is als volgt:

1. clean-up van het monster
2. scheiding in componenten
3. detektie van de bouwstenen van het polysaccharide.

De meest gebruikte technieken hierbij zijn:

Scheiding met behulp van een DEAE kolom en detektie door middel van TLC of GC (5 en 14).

Bepaling van polysaccharide als aldonitril-acetaat of gemethyleerd met behulp van GC (6, 7, 8 en 11).

Er werden twee HPLC methoden genoemd waarbij de detektie met RI (10) plaats vindt of de fracties enzymatisch geanalyseerd worden (16).

Analysemethoden:

Een samenvatting van eerder verricht onderzoek tot 1973 naar analyse mogelijkheden van in levensmiddelen voorkomende polysacchariden wordt beschreven door W. Schmolck en E. Mergenthaler (3).

In navolging hierop hebben W. Schmolck en E. Mergenthaler een gaschromatografische identificering beschreven (4). De polysacchariden worden door methanolyse gesplitst en de vrijgekomen methylglykoside na trimethylsilylering met behulp van OV-17 of SE-30 gescheiden. Voor de afzonderlijke TMS-methylglykoside zijn de relatieve retentiewaarden aangegeven. Onderzocht werden Guar, Carubin, Agar, Carrageen, Algin, Pektin, Gummi arabicum, Traganth, Gummi Karya en Methylcellulose. Guar en Carubin kunnen door de Mannose-Galaktose verhouding onderscheiden worden. Een voor Agar en Carrageen specifieke piek werd met hulp van gaschromatografie/massaspektrometrie als 2,4,5-Tri-O-methylsilyl-3,6-anhydrogalaktose-dimethylacetal geïdentificeerd.

Een methode voor de bepaling van wateroplosbare polysacchariden wordt eveneens door dezelfde auteurs beschreven (5).

Het geïsoleerde en gereinigde Polysaccharide mengsel wordt met behulp van een DEAE-Cellulose-kolom (fosfaatvorm) door gefractioneerde elutie met pH-gradiënten in verschillende groepen verdeeld. Na de zuurkatalyserende hydrolyse worden de bouwstenen van elke afzonderlijke fraktie met behulp van dunnelaagchromatografie geïdentificeerd (kwalitatief).

Een andere methode door Eugen Mergenthaler en Heimo Scherz (6) beschreven is de gaschromatografische identificatie en bepaling van neutrale componenten in polysaccharide-hydrolysaten. De bij de hydrolyse van polysaccharidehoudende verdikkingsmiddelen ontstane monosaccharide bouwstenen kunnen gaschromatografisch als aldonitrilacetaat gescheiden worden.

Om dit te bereiken wordt het hydrolysaat na de neutralisatie met een anionenwisselaar tot droog ingedampt, in pyridine met hydroxylamine tot aldoximen en aansluitend met acetanhydrid tot aldonitrilacetaten omgezet, welke in chloroform opgelost, voor gaschromatografische scheiding gebruikt kunnen worden.

Per suiker ontstaat nu een piek in het chromatogram, een groot voordeel ten opzichte van vorige bepalingsmethoden waarbij als gevolg van anomerie tot 5 pieken per suiker konden voorkomen, waardoor bij gekompliceerde suikermengsels de gaschromatogrammen erg onoverzichtelijk waren.

Een verdere bijdrage tot de analyse van polysacchariden in levensmiddelen wordt door Eugen Mergenthaler en Heimo Scherz (7) beschreven met de gaschromatografische identificatie van hydrolyse produkten in uronische zuren bevattende polysacchariden. Alduronzuren, welke onder de bouwstenen van polysaccharidehoudende verdikkingsmiddelen te vinden zijn, kunnen niet direkt als aldonitrilacetaat gaschromatografische gescheiden worden, echter wel met omwegen volgens de beschreven methode. De na methanolysen verkregen 1-0-methyl-uronzuremethylesters worden met boorhydride tot methylglykosiden gereduceerd, deze met zuur gesplitst, de verkregen aldosen en pyridine met hydroxylamine in aldoxime en deze aansluitend met acetanhydrid in aldonitrilacetaat omgezet. Deze kunnen gaschromatografisch zonder problemen gescheiden worden.

De identificatie van polysaccharidemengsels met behulp van methyleringsanalyse wordt beschreven door Eugen Mergenthaler en Heimo Scherz (8). Een mengsel van polysaccharidehoudende verdikkingsmiddelen, die zich in hun bouwsteensamenstelling niet onderscheiden, kan door een methyleringsanalyse goed geïdentificeerd worden, wanneer verschillen in verknoping bij de afzonderlijke componenten bestaan. De vrije hydroxylgroepen in de polysacchariden worden met natriumhydrid en methyljodide in watervrij demethylzwaveloxide gemethyleerd, het gemethyleerde produkt door zuur gehydrolyseerd en de ontstane methylsuikers dunnelaagchromatografisch of gaschromatografisch gescheiden en geïdentificeerd.

Een samenvatting van de analyses van polysacchariden in levensmiddelen, wordt door Heimo Scherz en Eugen Mergenthaler (9) gegeven. De door de beide auteurs uitgevoerde onderzoekingen op het gebied van de analyses van polysaccharidehoudende verdikkingsmiddelen wordt hieronder samengevat.

De hiervoor ontwikkelde analysemethode omvat de volgende stappen: a) isolering van het polysaccharide uit het levensmiddel; b) reiniging van het polysaccharide; c) bousteen analyse door dunnelaag- en gaschromatografie; d) splitsing in neutrale en in zure verbindingsgroepen en e) bepaling van verknopingsstype door de methyleringsanalyse.

Een HPLC met gelpermeatiekolom gekoppeld aan een RI-detektor wordt door H.R. Hunziker en A. Miserez (10) gebruikt voor het aantonen van geleï- en verdikkingsmiddelen. De analyseomstandigheden zijn voor de HPLC:

een μ -Bondagel E 125 (Waters) 4,8 x 300 mm (O-CH₃ Bonded phase) met luchtmantel voor stabiele basislijn. Mobiele phase: 0,05 M Na₂H₂PO₄ 1 ml/min. Detektor: RI.

Er werden 15 geleï- en verdikkingsmiddelen onderzocht waaronder agar, carrageenan en gummi arabicum. De mogelijkheden van een kwantitatieve bepaling worden besproken.

Een kwantitatieve bepaling van enige verdikkingsmiddelen in melkprodukten wordt beschreven door Ulrike Glück en Hans-Peter Thier (11). De overige bestanddelen van het levensmiddel zoals vet, zetmeel, proteïne, suiker en zouten worden verwijderd waarna de geïsoleerde polysacchariden met trifluorazijnzuur gehydrolyseerd worden. De suikerbouwstenen worden daarna gaschromatografisch als aldonitrilacetaat bepaald. Het verdikkingsmiddelgehalte wordt aan de hand van de suikerbouwstenen met behulp van een interne standaard berekend.

Een semi-kwantitatieve bepalingsmethode voor toegevoegde polysacchariden in eiwitrijke levensmiddelen (speciaal in Frischkäse) wordt beschreven door Klostermeyer H. e.a. (28) waarbij de polysacchariden worden neergeslagen.

Een detectie en kwantitatieve bepaling van geleï- en verdikkingsmiddelen wordt beschreven door E. Mergenthaler en H. Scherz (14) die na verwijdering van het vet en de proteïnen de polysacchariden oplost in 0,067 M fosfaatbuffer (pH 7,2) en over een DEAE kolom leidt.

Na hydrolyse van de fracties kan de analyse verder met behulp van dunnelaag- of gaschromatografie afgewerkt worden. Gaschromatografie kan gebruikt worden voor de kwantitatieve bepaling. Tevens kan het type van verknoping bepaald worden met behulp van methylering.

Een kwantitatieve bepaling van totaal en gelatineerd zetmeel met behulp van glucoamylase en o-toluidinereagens wordt beschreven door Chiang B.Y. en Johnson J.A. (15). De bepaling is erop gebaseerd dat glucoamylase gemakkelijk gelatineerd zetmeel afbreekt tot glucose dat dan met behulp van o-toluidine bepaald wordt bij 630 nm. Aan de hand van het totaal zetmeel verkregen door intact zetmeel te gelatineren met behulp van NaOH kan het percentage gelatineerd worden bepaald.

Scheiding van zetmeelmoleculen met behulp van HPLC wordt beschreven door Meuser F., Klinger R.W. en Niedek E.A. (16). Poures glass beads met poriewijde van 85-2941 Å werden gebruikt om de kolom van de HPLC te vullen. Pullulanase, β -amylase en AGS werden gebruikt om de componenten in het eluent te karakteriseren. (Tevens enige chromatogrammen van scheidingen van combinaties van dextran, amylase, glucose, amylopektine en natief en gemodificeerd zetmeel.)

Conclusie:

De bepaling van polysacchariden in levensmiddelen biedt vele moeilijkheden, vooral de kwantitatieve bepaling wordt nog maar vaag beschreven. Er zal nog het nodige ontwikkelwerk verricht moeten worden indien wij hiermee willen doorgaan.

VI Overzichtsartikelen over technologische toepassingen e.d.

Onderstaande artikelen bevatten tientallen literatuurreferenties en kunnen een basis zijn voor verder literatuuronderzoek.

Tegge G. (17) Modified starches in foods and commercial industrial products.

Graefe G. (18) Modified food starches: preparation and properties.

O'Dell J. (19) The use of modified starch in the food industry.

Tegge G. (20) Modified starch in food and industrial products.

Heyns K. e.a. (12) Zur Frage der Anwendung modifizierte Stärken bei der industriellen Herstellung zubereiteter Nahrungsmittel.

- Heyns K. e.a. (13) Zur Frage der Rolle des Phosphats in phosphat-modifizierten Stärken.
- Marrs W.M. (12) The properties and uses of natural and modified starches.
- Harsveldt A. (22) Modified starches and starch sugars as food ingredients.
- Ruf F. (23) Phosphate modified starch in the industrial prep. of food.
- Schierbaum F. (24) Herstellung, Eigenschaften und Anwendung gelbildender Stärkehydrolysenprodukte.

Verder kan nog verwezen worden naar twee boeken van Radley J.A. (25) betreffende onderzoekingen en analyses van zetmeelprodukten en industriële toepassingen van zetmeel en zijn derivaten.

VII Literatuur

- 1) Specifications for identity and purity of thickening agents, anti-caking agents, antimicrobials, antioxidants and emulsifiers. Food and Agriculture organization of the United Nations Rome 1978.
- 2) Harsveldt A. en Swinkels J.J.
Voedingsmiddelentechnologie, (1979) 20, 55-63 en 23, 22-25.
- 3) Schmolck W. en Mergenthaler E., Z. Lebens. Unters. Forsch. (1973) 152, 87-99.
- 4) Schmolck W. en Mergenthaler E., Z. Lebens. Unters. Forsch. (1973) 152, 263-273.
- 5) Mergenthaler E. en Schmolck W., Z. Lebens. Unters. Forsch. (1974) 155, 193-202.
- 6) Mergenthaler E. en Scherz H., Z. Lebens. Unters. Forsch. (1976), 162, 25-29.
- 7) Mergenthaler E. en Scherz H., Z. Lebens. Unters. Forsch. (1976) 162, 159-162.
- 8) Mergenthaler E. en Scherz H., Z. Lebens. Unters. Forsch. (1978) 166, 225-227.
- 9) Scherz H. en Mergenthaler E., Z. Lebens. Unters. Forsch. (1980) 170, 280-286.
- 10) Hunziker H.R. en Miserez A., Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. (1980) 71, 87-94.
- 11) Glück U. en Thier H., Z. Lebensm. Unters. Forsch. (1980) 170, 272-279.
- 12) Heyns K., Graefe G. en Mahlmann H., Deutsche Lebensmittel-Rundschau (1979) 1, 16-24.

- 13) Heyns K. en Mahlmann H., Deutsche Lebensmittel-Rundschau (1981) 4, 127-134.
- 14) Mergenthaler E. en Scherz H., Gelier-Verdickungsm. Lebensm. (1980) 5, 191-211.
- 15) Chiang B.Y. en Johnson J.A., Cereal Chem. (1977) 54 (3) 429-435.
- 16) Meuser F., Klinger R.W. en Niedek E.A., Getreide, Mehl Brot (1979) 33 (11) 295-299.
- 17) Tegge G., Ber. Tag. Getreide Chem. (1979) 30, 34-46.
- 18) Graefe G., Gelier-Verdickungs Lebensm. (1980) 5, 49-66.
- 19) O'Dell J., 1979 27 polysaccharides Food 171-181.
- 20) Tegge G., Getreide, Mehl Brot (1979) 33 (8), 210-216.
- 21) Marrs W.M., Ind. Res. Assoc. (1975) 85, 21 pp.
- 22) Harsveldt A., Gordian (1978) 78 (7-8) 212, 214, 216, 218, 220 en 78 (9) 254, 256, 258, 260 en 262.
- 23) Ruf F., Ernaehr - Umsch. (1980) 27 (1) 3-8.
- 24) Schierbaum F., Richter M., Augustat S, Radosta S., Deutsche Lebensmittel-Rundschau (1977) 12, 390-394.
- 25) Radley J.A., Appl. Sci. Barking, Engl. 1976 - Industrial uses of starch and its Derivates 1976, 268 pp. Examination and analysis of starch products 1976, 220 pp.
- 26) Zetmeelbesluit C I-44 A.
- 27) Emulgatorenbesluit C I-16 A.

- 28) Klostermeyer H., Popp U., Reimerdes E.H., Z. Lebensm. Unters.
Forsch. (1975) 158, 73-75.
- 29) Avebé Stand TFDL Wageningen.
- 30) Het Additievenboekje, Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage 1981.
- 31) Woldendorp P. Conserva (1969) 18 (4), 102-107.