

EEN EN ANDER OVER DE BIOLOGIE EN DE BOUW VAN DE ZETMEELKORREL.

Er valt niet over te twisten, dat zetmeel een van onze belangrijkste voedingsstoffen is. Het zij mij vergund in het onderstaande aan te tonen, dat het ook in ander opzicht belangrijk en nuttig kan zijn.

Laten wij beginnen met een eenvoudig proefje in herinnering te brengen. Rasp een geschildre

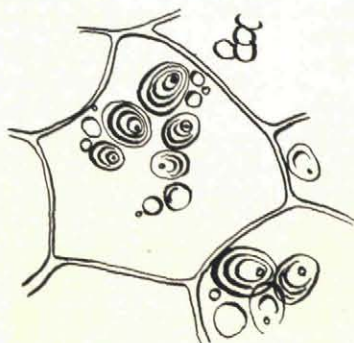


Fig. 1. Cel met zetmeelkorrels van aardappel.

aardappel fijn en wrijf de brei met een borsteltje door een fijnmazige zeef, die zo in een met water gevuld glas gehouden wordt, dat de bodem van de zeef juist onder gedompeld is. Het water wordt eerst troebel, maar na een poos is het weer helder, terwijl zich op de bodem een witte laag heeft afgezet. Men heeft die witte stof daarom „zet”-meel genoemd, en ons product is het bekende aardappelmeel. Verder kennen wij nog een groot aantal meelsoorten, zoals tarwe-meel (bloem noemt men het als het heel zuiver is) rogge-meel, rijstmeel, enz. Kortom, het zetmeel van een groot aantal plantensoorten, waaronder zeer vele tropische, is tot handelsproduct verwerkt en wordt voor verschillende doeleinden gebruikt.

Ongetwijfeld kan de lezer zich geen droger historie voorstellen dan juist dat meel. En toch is die geschiedenis volstrekt niet zo „droog”, als ze wel lijkt. Het volgende moge daarvan blijk geven.

Iedereen weet wel, dat de plant in staat is, om onder invloed van het licht in de groene delen koolzuur en water te binden, onder afscheiding van zuurstof (assimilatie). Het eerst zichtbare product, dat daarbij ontstaat, is zetmeel. Men kan zich daarvan gemakkelijk overtuigen door de volgende bekende proef: de meeste zetmeelsoorten kleuren blauw met een jodiumoplossing (er zijn er ook, die rood kleuren). Zet nu een plant lange tijd in het donker. Plak over een der bladeren met vaseline bladtin, waarin letters zijn uitgesneden en breng de plant in het zonlicht. Op de plaats der letters wordt zetmeel gevormd in het blad. Houd het blad in hete alkohol, tot het groen eruit is getrokken, en overgiet het dan met een jodiumoplossing. De letters komen nu blauwzwart te voorschijn. Men kan zo zelfs foto's „afdrukken” op een blad, door daarop in plaats van bladtin, een negatief te bevestigen en dit met jodium te „ontwikkelen”.

Van dit *assimilatiezetmeel* zal hier echter geen sprake zijn. Het wordt uit de bladeren vervoerd naar wortelstokken, knollen, zaden en dergelijke plantendelen, waar het in de vorm van suiker aankomt; daar wordt het dan weer in zetmeel omgezet. Dit zetmeel dient als reservevoedsel voor de plant en wordt de hele groeitijd door in de genoemde delen opgehoopt. Sterft de plant tegen de winter af, dan blijven alleen de delen met reservezetmeel leven, om in het volgend voorjaar weer het jonge kiemende plantje van voedsel te kunnen voorzien. Nu, dit *reservezetmeel* is het dan, dat wij als meel kennen; het wordt op allerlei wijzen fabriekmatig uit die plantendelen geïsoleerd en gezuiverd en bestaat uit mikroskopisch kleine korreltjes, de *zetmeelkorrels*. Het zijn deze korrels dus, die we eens nader willen beschouwen.

Onder het mikroskoop gezien, blijkt het, dat de cellen uit het weefsel van een aardappelknol vol zetmeelkorreltjes zitten (Fig. 1). Niemand zal ze tegenwoordig meer voor levende elementen aanzien: het zetmeel is een dood afscheidingsproduct van de plant. Vroeger dacht men daar echter wel anders over. Zo beschouwde REISSEK ze in 1847 nog als bijzondere cellen, die in een gewone cel voorkwamen. Volgens hem leefden ze dus. Deze voorstelling werd echter al spoedig in de steek gelaten en men ging er over strijden, hoe die



Fig. 2. Zetmeelkorrel van *Pellionia* met amyloplast (a).

korrels dan wel ontstonden en groeiden. We kunnen veilig aannemen, dat er geen stof is, waarover zoveel geschreven is . . . en waarvan we tenslotte nog zo weinig met zekerheid weten, als dit zetmeel. Bijna elke botanicus uit de vorige eeuw heeft het niet kunnen laten, ook eens iets op dit gebied te presteren. Altijd was daar dat geheimzinnige zetmeel en wat je er ook mee deed, het leverde steeds iets nieuws op. Eigenlijk geldt dit tot op de huidige dag, hetgeen de studie ervan niet gemakkelijker maakt.

In 1858 verscheen er een lijvig boek van den beroemden botanicus CARL NÄGELI, wiens theorie over de bouw van de zetmeelkorrel thans nog in hoofdzaak wordt aanvaard, al berustte ze op vele foutieve waarnemingen. Ook hij meende echter nog, dat de korrels vrij in het protoplasma ontstonden. De juiste opvatting hieromtrent werd gegrondvest door het werk van SCHIMPER (1880) en ten slotte volledig uitgewerkt in het klassieke werk van ARTHUR MEYER (1895). Zij vonden, dat de korrels ontstaan in kleine eiwitachtige lichaampjes, in de cel aanwezig, die ze zetmeelvormers (Stärkebildner, amyloplasten¹⁾) noemden. Deze zetmeelvormers blijven de korrels, zolang deze zich in de intacte cel bevinden, omhullen en scheiden voortdurend nieuwe zetmeellaagjes af om de oude heen (Fig. 2). Volgens A. MEYER werd overdag een steviger laagje afgezet dan 's nachts.

Daar er echter bij voortdurende belichting eveneens lagen ontstaan, zal dit wel niet juist zijn.

We zien zo aan een korrel een kernvlekje (het punt waar de eerste zetmeelafzetting in de amyloplast begon) waaromheen lagen lopen. Recente onderzoeken maken het waarschijnlijk, dat in de korrel een „gegroeide structuur” bestaat en wel zodanig, dat de hele korrel uit kleine blokjes van submikroskopische (d.i. niet met een mikroskoop zichtbare) kristalletjes is opgebouwd, elk omgeven door een meer resistente stof (Fig. 3).

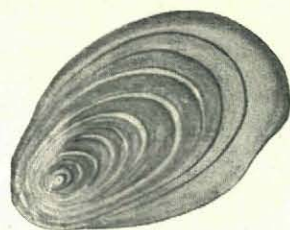


Fig. 4. Zetmeelkorrel van aardappel.

Reeds A. MEYER wees erop, hoe het leven van de cellen en dus eigenlijk van de hele plant, zich in de vorm van de zetmeelkorrel weerspiegelt. Is een zetmeelvormer aan een kant dikker, dan wordt aan die kant meer zetmeel afgezet. Zo ontstaan excentrische korrels (Fig. 4). Is hij echter overal even dik, dan ontstaan concentrische korrels, zoals bij tarwemeel (Fig. 5). Doordat amyloplasten, die aan een kant dikker zijn, soms verschuiven om de korrel, kunnen deze allerlei vormen krijgen (Fig. 6), zoals bijv. bij *Dieffenbachia*, een Aronskelk. Ligt de amyloplast in een dun laagje protoplasma, dan wordt de zetmeelkorrel plat. Worden ten slotte meerdere korrels in één amyloplast aangelegd, dan ontstaan samengestelde of half samengestelde korrels (Fig. 7). De vorm der amyloplasten is dus beslissend voor de vorm der korrels. De eerste echter zijn in hun samenstelling afhankelijk van de groei der cellen, dus in laatste instantie van de levenswijze van de gehele plant.

Maakt men een suspensie van aardappelzetmeel in water en giet men die uit in een glas met kokend water onder flink omroeren, dan ontstaat een doorschijnende taai-vloeibare massa, die, ingedroogd, de stijfsel uit de handel geeft. Onder het mikroskoop blijkt, dat elke korrel bij het verhitten in water tot een blaasje is geworden, dat vele malen groter is dan de korrel oorspronkelijk was. Daarom meende men vroeger (o.a. RASPAIL 1825) dat de zetmeelkorrel bestond uit een glad huidje met een makkelijk oplosbare stof binnenin. De korrel is echter massief, en het blijkt, dat hij bij verstijfseling langzaam vanuit het kernvlekje onder opzwellen uitgehold wordt, tot er een

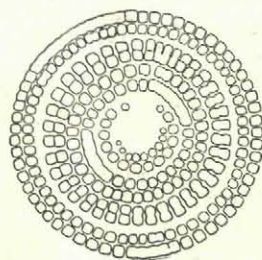


Fig. 3. De gegroeide structuur van een tarwemeelkorrel. (Tekening van E. A. Hanson).

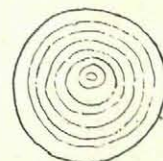


Fig. 5. Tarwemeelkorrel.

1) Amylum = zetmeel, plast = vormer.

blaas over blijft. Dit proces is altijd nog vrij raadselachtig, al bestaat er een mogelijkheid ter verklaring. In de blaas bevindt zich een oplossing, die met jodium blauw kleurt. De blaaswand zelf kleurt anders, zodat blijkt, dat de korrel uit minstens twee bestanddelen is opgebouwd ¹⁾.



Fig. 6. Zetmeelkorrel van *Diefenbachia*.
a. Amyloplast.

Hetzelfde gebeurt b.v. als we aardappels koken. De zetmeelkorrels worden tot blazen, m.a.w. verstijfselen binnen de cellen, terwijl het eiwit stolt. Bovendien laten de cellen van elkaar los en deze factoren samen geven de aardappel het kruimige uiterlijk.

Voor het bakken van brood kan geen aardappelzetmeel gebruikt worden, al werd het er in oorlogstijd veel in gemengd. Men neemt daarvoor tarwemeel, omdat daarbij een eiwitstof voorkomt (die bij aardappelmeel ontbreekt), welke een bindende werking heeft en alles bij elkaar houdt. Daarbij voegt men dan nog gist, waardoor een gas, koolzuur, ontwikkeld wordt, dat het deeg doet „rijzen”. Thans is echter niet zoveel water aanwezig (zoals b.v. bij het koken van aardappelen) dat het zetmeel volledig wordt verstijfseld. Daar wordt slechts een begin mee gemaakt en dat gaat net zover, als de hoeveelheid beschikbaar water toelaat. Het is dus anders voor de korst dan voor het kruim, welke laatste het meeste water bevat. De korrels zien er in brood nog gewoon uit, maar zijn toch veranderd, hetgeen blijkt uit het feit, dat ze nu zijn te kleuren met kleurstoffen, als Congorood, die niet of zeer moeilijk in de normale korrels doordringen. Deze kleurbaarheid is steeds als een begin der verstijfseling te beschouwen. We moeten aannemen, dat op dat moment de bovengenoemde „gegroeide structuur” vernietigd is. De submikroskopische kristalletjes, die eerst keurig evenwijdig met elkaar gerangschikt waren, zijn nu door elkaar gegooit.

Nu is het een eigenaardig feit, dat het half verstijfselde zetmeel in brood weergedeeltelijk naar de oorspronkelijke toestand kan terugkeren. Men zegt dan, dat het brood oudbakken wordt. Door het bij een bepaalde vochtigheidsgraad boven 80° te houden, of het bij lage temperatuur in bevroren toestand te bewaren, kan men dat verhinderen en zo het brood vers houden. Men denke aan de broodjes, die de „Snip” indertijd meenam naar de West.

Merkwaardig is het, dat men dat verstijfselen ook geheel of gedeeltelijk te weeg kan brengen door de korrels te beschadigen, b.v. door mechanische druk. In verband hiermee staat het volgende interessante proefje, dat reeds door HARTIG in 1855 beschreven is, maar waarschijnlijk ook al door RASPAIL gezien is (zie boven). Men maakt een dikke oplossing van Arabische gom in water en kneedt die met aardappelzetmeel tot een dikke brei. Deze laat men indrogen tot alles hard is. Nu haalt men er met een scheermes fijne schilfertjes af en bekijkt die in water onder het mikroskoop. De gom lost in het water op en men houdt talloze doorsneden van zetmeelkorrels over. Vele daarvan vertonen nu een door buitengewoon sierlijke halve maantjes omzoomde rand (Fig. 8), een verschijnsel, dat ook door Nägeli nog als volkomen raadselachtig werd beschouwd. Daar dergelijke doorsneden met Congorood kleuren, heeft hier verstijfseling plaats gevonden. Vermoedelijk gebeurt dit vooral aan de rand, waardoor een huidje wordt afgeworpen, dat zich daarna plooit.

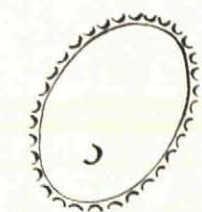


Fig. 8. Doorsnede van een zetmeelkorrel (in water) met halvemaantjes langs de rand.

Verhit nu voorzichtig een aantal korrels (het makkelijkst gebruikt men steeds aardappelmeel)

¹⁾ Het is aan HESS gelukt, de blaaswand met heel fijne naaldjes aan te prikken. Op de film, die hij hiervan gemaakt heeft, zie we heel duidelijk, dat er een enigszins taaie vloeistof aan ontsnapt, waarna zich de blaas plooit als een leeglopende ballon.

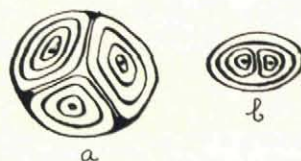


Fig. 7. Samengestelde (a) en half samengestelde (b) aardappelzetmeelkorrel.

op een blikje, tot een gedeelte ervan bruin begint te worden. In water onder het mikroskoop bekeken, zal men nu allermerkwaardigste beelden zien. Bij vele laten bv. de lagen van elkaar los, totdat een aantal elkaar omhullende huidjes is ontstaan (Fig. 9). De substantie daartussen lost eenvoudig op. Dergelijke producten noemt men *dextrinen*, of *British Gums*. Men kan ze, evenals stijf sel gebruiken om te plakken. Op hun vorming berust ook het stijf worden van linnengoed, dat men met stijf sel bewerkt heeft, indien daar met een hete bout over wordt gestreken.

Dat het verstijfselen ook nog anders dan door genoemde oorzaken kan geschieden, n.l. door inwerking van een bepaalde stof, blijkt uit de volgende proef. Men overgiet aardappelzetmeel met formaline uit de handel (een oplossing van 40 % sterkte). Na een dag of drie is alles tot een vaste gelei geworden, die weer vnl. uit blaasjes bestaat. Wacht men nog langer, dan verdwijnen ook deze en ontstaat uit het zetmeel onder invloed van de formaline een andere stof, die uitkristalliseert in ronde lichaampjes (Fig. 10). Ook deze lichaampjes (die met jodium niet meer kleuren) vertonen lagen en een kernvlekje, zoals we dat reeds bij de zetmeelkorrels hebben leren kennen. We moeten ons voorstellen, dat ze bestaan uit heel kleine kristalletjes (niet met het mikroskoop waarneembaar) die straalsgewijze rondom de kern gerangschikt zijn. Men noemt dergelijke lichaampjes *sphaerokristallen*, een onjuiste naam eigenlijk, daar zij reeds een verzameling van kristalletjes voorstellen. De lezer kan zich na het boven gezegde indenken, dat we ook de zetmeelkorrels als dergelijke sphaerokristallen kunnen opvatten.

Deze enkele voorbeelden (het zijn slechts losse grepen) mogen voor het ogenblik voldoende zijn, om te laten zien, hoe ingewikkeld dergelijke plantaardige producten kunnen zijn. We moeten hierbij niet uit het oog verliezen, dat (zoals reeds boven is opgemerkt) het hier besproken product zo nauw met het leven van de hele plant samenhangt. Dit uit zich in de gehele bouw van de zetmeelkorrel en de onderzoeker heeft met deze factor zeer zeker rekening te houden

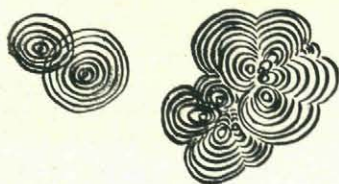


Fig. 10. *Sphaerokristallen van aardappelzetmeel, dat enige dagen in 40% formol bewaard werd.*

Vandaar, dat de bouw van de zetmeelkorrel voor een groot gedeelte een biologisch probleem is. Wij denken o.a. nog aan het feit, dat de korrels in de stengel van één plant er totaal anders kunnen uitzien dan die in de bladstelen en deze weer anders dan bv. die in de wortels. Maar ook in de verschillende cellen en zelfs al in één cel, zijn ze niet aan elkaar gelijk.

En daarnaast hangt dit probleem ten nauwste samen met allerlei technische vraagstukken, zoals reeds boven gebleken is. Beschouwen we tot slot nog één voorbeeld, dat voor ons zelf van direct belang is.

Indien de voedselvoorraad van een plant (dus bv. het reservezetmeel) moet worden aangesproken, omdat de plant het nodig heeft voor de vorming van bepaalde organen, dan werkt er op het zetmeel in de cellen een bepaalde stof in, die het omzet in suiker. Deze stof is ook aanwezig in ons speeksel tot het zelfde doel¹⁾, (n.l. het versuikeren van het zetmeel uit het brood

1) Laat men zetmeelkorrels enige tijd in speeksel liggen (het best bij lichaamstemperatuur) dan kan men zien hoe ze op een bepaalde manier aangetast worden. Makkelijker nog kan men de verschijnselen zien in uitgelopen aardappels.

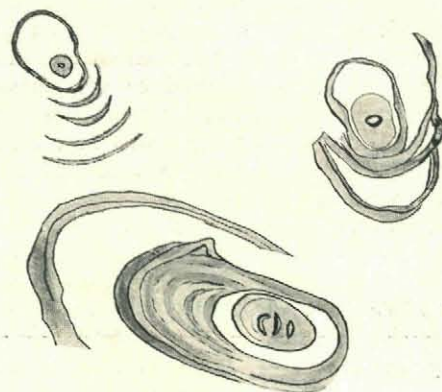


Fig. 9. *Microscopisch beeld van British Gum in water (aardappelzetmeel op 180° droog verhit).*

dat wij kauwen) en eveneens in het sap van de alvleesklier (pancreas). Het laatst genoemde sap liet men nu op verschillende zetmeelsoorten inwerken en toen bleek, dat bv. aardappelmeel veel langzamer versuikerde dan havermeel. Daarom is havermout of een haverkuur (speciaal voor jonge kinderen) zo gezond en is aardappelmeel in vergelijking vrij moeilijk te verteren. Dat het aantal methoden om vervalsingen met aardappelmeel aan te tonen legio is (vooral tijdens de oorlog hielden vele onderzoekers zich hiermee bezig) is dan ook niet zonder reden.

Met deze opmerking willen wij onze korte beschouwing eindigen. Het moge opnieuw gebleken zijn uit dit voorbeeld, dat zustervakken als biologie, schei- en natuurkunde, elkaars hulp steeds dringend behoeven. De chemicus zal zonder de nodige biologische voorkennis de samenstelling van de zetmeelkorrel nooit tot volledige oplossing vermogen te brengen en de bioloog heeft evenzeer de kennis van de chemische samenstelling nodig. Dat men deze noodzaak vroeger en ook tegenwoordig nog vaak niet inzag, heeft meermalen tot gevolg gehad, dat iedere categorie met voorbarige resultaten voor de dag kwam en daardoor de vooruitgang der wetenschap vertraagde.

N. P. BADENHUIZEN JR.





MEIJENDEL-ONDERZOEK.

25ste Mededeeling van de Commissie.

RHIZOPODEN UIT HET MOS VAN MEIJENDEL

II.

EUGLYPHINA.

Euglypha ciliata (EHRENBERG) LEIDY.

Voorkomen: N° 2.

Leidy 1879, p. 215; Pénard 1902, p. 499; Hoogenraad 1908b, p. 413; Heinis 1910, p. 20; Steinecke 1913, p. 311; Cash-Wailes 1915, p. 35; Françoise Verschaffelt 1929, p. 40; van Oye 1933, p. 563.

Lengte 70 μ breedte 45 μ . Deze soort is algemeen bekend als voorkomend in veenmos en mos; ze werd door Wailes en Pénard in brakwater aangetroffen.

Euglypha denticulata BROWN.

Voorkomen: N° 4.

Cash-Wailes 1915, p. 41; van Oye 1933, p. 563.

Lengte 45 μ , breedte 30 μ , diameter mondopening 10 μ .

De opmerking van Cash III, p. 42 is volkomen juist. Ze lijkt veel op *Assulina muscorum*, maar is volledig kleurloos. Ook het feit dat ze in gezelschap van *Assulina muscorum* voorkomt is juist opgemerkt.

De *Euglypha denticulata* Brown komt meer bepaald in mos voor. Het is de eenige soort van het geslacht *Euglypha*, die als bryobiont kan beschouwd worden zonder, daarom haar voorkomen in andere middens, o.a. in veenmos absoluut uit te sluiten.

Euglypha laevis (EHRENBERG) PERTY.

Voorkomen: N° 1, 2, 5, 6, 7.

Pénard 1902, p. 512; Heinis 1908, p. 713; 1910, p. 21; Steinecke 1913, p. 312; Hoogenraad 1914, p. 361; Cash Wailes 1915, p. 33; van Oye 1927, p. 10; 1933, p. 563; Fr. Verschaffelt 1929, p. 40; Kufferath 1932, p. 57.

Lengte 40 μ ; breedte 25 μ .

Zeer algemeene soort in mos en veenmos, werd door alle onderzoekers in sphagnum en mossen aangetroffen; kosmopolitische ubiquiste soort met voorliefde voor sphagnum. Ze werd door Wailes en Pénard ook in brakwatermilieus aangetroffen.