

DE SACCHAROSEVORMING IN
AARDAPPELEN
TIJDENS HET DROGEN

1020 2/15

DE SACCHAROSEVORMING IN
AARDAPPELEN
TIJDENS HET DROGEN

PROEFSCHRIFT TER VERKRIJGING VAN DEN
GRAAD VAN DOCTOR IN DE TECHNISCHE
WETENSCHAP AAN DE TECHNISCHE HOOG-
SCHOOL TE DELFT, OP GEZAG VAN DEN REC-
TOR MAGNIFICUS Dr. Ir. G. VAN ITERS ON Jr.,
HOOGLEERAAR IN DE AFDEELING DER
SCHEIKUNDIGE TECHNOLOGIE, VOOR EEN
COMMISSIE UIT DEN SENAAAT TE VERDEDI-
GEN OP VRIJDAG 25 JUNI 1926, DES NAMID-
DAGS DRIE UUR

DOOR

CHARLES JOHANNES DE WOLFF,

SCHEIKUNDIG INGENIEUR,
GEBOREN TE MIDDELBURG.

H. J. PARIS
AMSTERDAM — MCMXXVI



Bij de voltooiing van mijn proefschrift zij het mij vergund, mijn dank te betuigen aan de Hoogleraren in de Afdeeling der Scheikundige Technologie, van wie ik mijne opleiding mocht ontvangen.

In het bijzonder denk ik met dankbaarheid terug aan de colleges der Hoogleraren BÖESEKEN, TER MEULEN en REINDERS, zoowel als aan hunne leiding bij de practische oefeningen.

Ook U, Hooggeleerde WATERMAN, hooggeachte Promotor, ben ik zeer veel dank verschuldigd. Ik leerde U reeds waardeeren tijdens mijn assistentschap op Uw laboratorium, waaraan ik zeer aangename herinneringen heb behouden; later stondt Gij mij het onderwerp voor dit proefschrift af en gedurende de bewerking ervan mocht ik steeds rekenen op Uwe belangstelling en steun.

INHOUD

	Blz.
<p>I DOEL VAN HET ONDERZOEK</p> <p style="padding-left: 2em;">Het vraagstuk der aardappeldrogerij in Duitschland. Berekening der kosten van de gevormde saccharose in vergelijking met die in den beetwortel.</p>	I
<p>II KOOLHYDRAATOMZETTINGEN IN DEN AARDAPPEL . . .</p> <p style="padding-left: 2em;">Bespreking van de resultaten en van de verklaringen van MÜLLER-THURGAU en WATERMAN.</p>	3
<p>III DE HEDENDAAGSCHE OPVATTINGEN OVER DEN BOUW VAN HET ZETMEEL.</p> <p style="padding-left: 2em;">Oude opvatting. Amylose en amylopectine. Ketenformule. De polyamylosen. Denkbeelden van PRINGSHEIM, IRVINE en KARRER.</p>	II
<p>IV DE GEBRUIKTE METHODES VAN ONDERZOEK</p> <p style="padding-left: 2em;">Bepaling der droge stof. Bepaling der saccharose. Correctie voor het onoplosbare deel. Invloed van lood op de bepaling volgens SCHOORL. Wijze van inversie. Jodiumbindend vermogen van aardappelextract. Voorbeeld van berekening. De gebruikte aardappelen.</p>	28
<p>V DE IN DEN AARDAPPEL AANWEZIGE SUIKERS</p> <p style="padding-left: 2em;">Afscheiding van de saccharose. Bewijs, dat alle inverteerbare suiker saccharose is. Het aantonen der fructose.</p>	40
<p>VI HERHALING DER PROEVEN VAN WATERMAN</p> <p style="padding-left: 2em;">Grootendeels bevestiging van WATERMAN's resultaten. Het maximum der saccharosevorming ligt niet bij 35°.</p>	45
<p>VII EIGEN ONDERZOEK</p> <p style="padding-left: 2em;">Invloed van verwonding, temperatuur en waterverlies, elk afzonderlijk. Aardappelbrij vormt geene saccharose. Verloop der suikervorming tijdens het drogen. De reactie schrijdt voort, ook als niet verder wordt uitgedroogd. Invloed van de grootte van het gewonde oppervlak. Grens van het waterverlies waarboven geene suikervorming optreedt. Saccharosevorming door wateronttrekking met glucoseoplossing. Daling van het saccharosegehalte door opzuigen van water.</p>	49

	Blz.
VIII BESPREKING DER IN HET VORIGE HOOFDSTUK VERKREGEN RESULTATEN	73
IX HET VERLOOP VAN DE SACCHAROSEVORMING BIJ CONSTANTE TEMPERATUUR EN CONSTANT WATERGEHALTE	76
Groot verschil in het gedrag van de saccharose en van de reducerende suiker. De berekening der eindwaarde.	
X INVLOED VAN HET DROGE STOFGEHALTE OP DE EINDWAARDE EN DE SNELHEID DER SACCHAROSEVORMING	84
Verband tusschen droge stof en saccharose is vrijwel lineair. Gemiddelde suikervorming per procent stijging van het droge stofgehalte. Berekening van de maximale suikervorming in den gemiddelden aardappel.	
XI INVLOED VAN DE TEMPERATUUR OP DE EINDWAARDE . . .	96
Tusschen 10° en 25° weinig of geen invloed.	
XII INVLOED VAN DE TEMPERATUUR OP DE SNELHEID DER SACCHAROSEVORMING	99
Invloed is van dezelfde grootte als bij vele enzymereacties.	
XIII DE SACCHAROSEVERBRUIKENDE REACTIE IN AARDAPPELEN WAARVAN HET WATERGEHALTE IS VERHOOGD	104
Langzaam verloop. Na voorafgaand drogen wordt door water opzuigen de oorspronkelijke eindwaarde niet meer bereikt.	
XIV SLOTBESCHOUWING	109
Een of twee enzymen? Verklaring der saccharosevorming. Resultaten van TOLLENAAR. Wijze waarop saccharose uit zetmeel ontstaat. Practische toepassing is niet mogelijk.	
XV AANHANGSEL	116
Proeven met bataten.	

HOOFDSTUK I

DOEL VAN HET ONDERZOEK

In de laatste jaren der vorige en in het begin van deze eeuw is in Duitschland veel propaganda gemaakt voor het drogen van aardappelen, teneinde vooral bij overvloedige oogsten het overschot te conserveeren, voornamelijk voor gebruik als veevoeder. In zijn „Handbuch der Kartoffeltrocknerei” deelt PAROW mede ¹⁾, dat in Duitschland omstreeks dien tijd jaarlijks gemiddeld 4300 mill. kg aardappelen door bederf verloren ging, zijnde ongeveer 10 % van den geheelen oogst en in 1903 berekende ALBERT ²⁾, dat indien deze hoeveelheid werd geconserveerd, de geheele maïs-invoer van Duitschland overbodig zou worden, waarna nog „ein reines Geschenk” van 115 mill. Mark zou overblijven.

Ondanks deze schoone beloften bedroeg in 1907 de gezamenlijke capaciteit der Deutsche aardappeldrogerijen slechts 100 mill. kg per campagne, dus nog geen $2\frac{1}{2}$ % van de benoodigde ³⁾. Sindsdien werd het bedrijf voortdurend ook van staatswege aangemoedigd, met het resultaat dat van 1908 tot 1916 de capaciteit steeg tot 400 à 500 mill. kg of ongeveer 10 % ⁴⁾.

Uit deze gegevens en uit het feit, dat ondanks de ervaring, die men in de laatste oorlogsjaren op dit gebied in Duitschland moet hebben opgedaan, het nog steeds noodig is het proces te propageeren ⁴⁾, blijkt wel dat het drogen van aardappelen voor gebruik als veevoeder tot nog toe niet winstgevend is. Men krijgt echter den indruk, dat slechts eene kleine verbetering noodig is om het bedrijf loonend te maken.

¹⁾ Berlin, Verlag Paul Parey, blz. 1 (1907).

²⁾ PAROW, als boven blz. 138.

³⁾ PAROW, als boven blz. 142.

⁴⁾ Die Deutsche Zuckerind. 50, 779 (1925).

Deze verbetering zou misschien kunnen bestaan in het winnen van de saccharose, die volgens WATERMAN ¹⁾ tijdens het drogen van aardappelen ontstaat, waardoor men een belangrijk bijproduct zou verkrijgen. Het was dan ook op voorstel van Prof. WATERMAN, dat ik in Mei 1922 aan het onderzoek begon, dat in de volgende bladzijden beschreven is.

Eene voorloopige berekening geeft een denkbeeld van de richting waarin het onderzoek zal moeten worden geleid. In plaats van éénmaal, krijgen we te maken met tweemaal drogen, nl. eerst om de saccharose te doen ontstaan, dan om, na het onttrekken van de suiker, het materiaal in een soortgelijk veevoeder te veranderen als thans uit aardappelen door éénmaal drogen wordt verkregen. Nemen we aan, dat de kosten van het drogen in beide gevallen even hoog zijn, dan wordt de saccharose die in 50 kg aardappelen ontstaat, dus betaald met den droogprijs van 50 kg aardappelen. Deze wordt in Duitschland op het oogenblik op 0.35—0.55 Mark per „Zentner” aangenomen ²⁾ dus gemiddeld op 27 cent per 50 kg. Gaan we thans eens na wat de suiker in den beetwortel kost ³⁾. Gemiddeld betaalt men voor 1000 kg bieten, aan de fabriek geleverd, f 20.—. Voor pulp en melasse krijgt de fabriek per 1000 kg biet f 2.50 terug. Het suikergehalte der bieten op 17% stellende, kost 170 kg suiker in de biet dus f 17.50. Voor 27 cent koopt de fabriek dus $\pm 2\frac{1}{2}$ kg suiker in de biet. Als de kosten voor het verwerken der aardappelen gelijk zouden zijn aan die voor het verwerken van bieten, zou dus in 50 kg aardappelen tijdens het drogen $2\frac{1}{2}$ kg saccharose moeten ontstaan, d.i. 5%. Daar nu bij de proeven van WATERMAN nooit meer dan 3% saccharose werd gevormd, zal dus getracht moeten worden dit percentage te verhoogen.

De aangewezen weg hiervoor leek mij het zoeken naar de oorzaak en het bestudeeren van het verloop der suikervormende reactie.

¹⁾ Chem. Weekbl. 11, 332 (1914).

²⁾ Die Deutsche Zuckerind. 50, 780 (1925).

³⁾ De volgende gegevens, geldende voor een witsuikerprijs van f 19.— per 100 kg, werden mij welwillend verstrekt door den directeur van eene Nederlandsche beetwortelsuikerfabriek.

HOOFDSTUK II

KOOLHYDRAATOMZETTINGEN IN DEN AARDAPPEL

Het is een reeds lang bekend feit, dat in aardappelknollen naast de reservestof zetmeel andere, oplosbare koolhydraten voorkomen ¹⁾, die we in twee groepen kunnen splitsen, nl. die welke FEHLING's proefvocht reduceeren en welker aard niet met zekerheid bekend is, en die welke eerst reduceerend werken na splitsing onder invloed van een zuur en doorgaans worden aangenomen uit saccharose te bestaan.

Gedurende de rustperiode der aardappelen, d.i. de tijd die verloopt tusschen het oogsten en het uitloopen, bedraagt het gehalte aan oplosbare koolhydraten, te zamen als glucose berekend, in den regel niet meer dan enkele tiende procenten; in hun ontwikkelingsstadium bevatten zij veel grootere hoeveelheden ²⁾ en ook tegen den tijd, dat de knollen gaan uitloopen ziet men hun gehalte aan suiker belangrijk stijgen ³⁾.

Met het oog op de rol die zetmeel en suikers in het leven van de plant spelen, is dit verschijnsel verklaarbaar. Immers gedurende den groei van den aardappel wordt van uit de bovengrondsche stengeldeelen voortdurend suiker naar den knol gevoerd, om daar in de reservestof zetmeel te worden omgezet. Bij het uitloopen daarentegen worden groote hoeveelheden zetmeel in suiker veranderd om naar de spruiten te worden gevoerd. Welke rol de saccharose bij deze omzettingen speelt, is niet opgehelderd. Hoewel MÜLLER-THURGAU ⁴⁾ de saccharose als een tusschenproduct tus-

¹⁾ Zie b.v. O. SAARE, Fabr. d. Kartoffelstärke, blz. 50 (1897).

²⁾ GIRARD, C. r. 108, 602 (1889).

³⁾ MÜLLER-THURGAU, Landw. Jahresber. 14, 879 (1885).

⁴⁾ Z. f. wissensch. Landw. 11, 792 (1882); 14, 863 (1885).

schen zetmeel en reduceerende suiker beschouwde, en ook SCHULZE en SELIWANOFF ¹⁾ zich in dien zin uitspraken, meenen HASSELBRING en HAWKINS ²⁾, op grond van proeven betreffende de koolhydraatomzettingen in bataten, de reduceerende suiker als tusschenproduct tusschen zetmeel en saccharose te moeten beschouwen.

Zooals reeds gezegd spelen zich dergelijke omzettingen slechts aan het begin en het einde van de rustperiode duidelijk merkbaar in den aardappel af. Men kan echter gedurende die periode op twee manieren langs kunstmatigen weg in de knollen suikervorming teweegbrengen in zulk eene mate, dat het suikergehalte ver boven het bedrag stijgt, dat tijdens het uitloopen wordt bereikt. De eerste methode is het gedurende langen tijd blootstellen der aardappelen aan eene temperatuur tusschen 0° en 10°, de tweede is het drogen der in schijven gesneden knollen bij 30°—40°.

Hoewel het verschijnsel van het „zoet worden” van aardappelen bij lage temperatuur wel haast evenlang bekend zal zijn als de aardappel zelf, heeft men eerst een duidelijk begrip gekregen van het proces, dat zich tengevolge van de afkoeling afspeelt, door de fraaie onderzoekingen van MÜLLER-THURGAU ³⁾. De resultaten, die deze onderzoeker bij zijne proefnemingen kreeg, komen op het volgende neer:

Als aardappelen gedurende de rustperiode bij eene temperatuur, tusschen 0° en 10° gelegen, bewaard worden, dan stijgt zoowel het gehalte aan reduceerende suiker als dat aan saccharose, doch het eerste in veel sterkere mate. Deze suikervorming gaat zoo langzaam, dat weken noodig zijn om het totale suikergehalte met enkele procenten te verhoogen. Hoe lager de temperatuur is, des te sneller heeft de suikervorming plaats; naarmate echter het suikergehalte van den aardappel hooger wordt, gaat de reactie langzamer, totdat bij een gehalte van gemiddeld 3 % aan reduceerende suiker een eindtoestand wordt bereikt.

MÜLLER-THURGAU toonde aan, dat met de suikervorming eene

¹⁾ Landw. Versuchsstat. 34, 403 (1888).

²⁾ J. Agr. Res. 5, 543 (1915—1916).

³⁾ Z. f. wissensch. Landw. 11, 751—828 (1882).

evenredige daling van het zetmeelgehalte gepaard gaat en gaf van het verschijnsel de volgende verklaring:

Tijdens de rustperiode verbruikt de aardappel voortdurend suiker voor de ademhaling. Aangezien men nu gedurende het bewaren bij temperaturen even boven 10° het suikergehalte vrijwel constant ziet blijven, moet men aannemen dat in dat geval in den aardappel evenveel suiker uit zetmeel wordt gevormd als door de ademhaling wordt verbruikt. Er heeft dus voortdurend suikervorming plaats, alleen, zij komt niet aan het licht. Verlaagt men nu de temperatuur tot eenige graden boven het vriespunt, dan neemt de intensiteit der ademhaling sterk af, terwijl op de snelheid der reactie zetmeel \rightarrow suiker de temperatuur niet zulk een grooten invloed uitoefent. Het gevolg is, dat dan meer suiker wordt gevormd dan door de ademhaling wordt verbruikt, zoodat het gehalte van den knol aan suiker langzaam gaat stijgen. Nu heeft echter een hooger suikergehalte eene verhoogde ademhaling tengevolge, zooals door proeven werd aangetoond; tijdens de stijging van het suikergehalte zal dus het suikerverbruik door de ademhaling steeds grooter worden en ten slotte zulk eene hoogte bereiken, dat de ademhaling weer juist in staat is de voortdurend gevormde suiker te verbruiken, waardoor de toestand weer stationnair wordt. Uit deze verklaring volgt, dat bij het blootstellen van op deze wijze zoetgemaakte aardappelen aan hoogere temperatuur, b.v. 20° , het suikergehalte zal moeten dalen tengevolge van de door de temperatuurstijging verhoogde ademhaling. Inderdaad kon MÜLLER-THURGAU bij 20° het verdwijnen van de overmaat suiker aantonen; echter bleek dat de achteruitgang in suikergehalte veel sneller plaats had, dan overeenkwam met de versterking der ademhaling. Een nader onderzoek maakte uit, dat slechts $\frac{1}{5}$ van de verdwenen suiker door de ademhaling was verbruikt, terwijl $\frac{4}{5}$ weer in zetmeel was overgegaan. Hij besloot hieruit dat de reactie zetmeel \rightarrow suiker omkeerbaar is en nam aan, dat onder normale omstandigheden tijdens den rusttoestand het suikergehalte constant blijft, doordat zetmeelvorming + ademhaling gelijk zijn aan de suikervorming. Hoe deze drie reacties volgens MÜLLER-THURGAU met de temperatuur veranderen, met de boven-

6 Koolhydraatomzettingen in den aardappel

omschreven gevolgen, blijkt uit de grafische voorstelling in fig. 1, die ik uit het artikel van MÜLLER-THURGAU overneem.

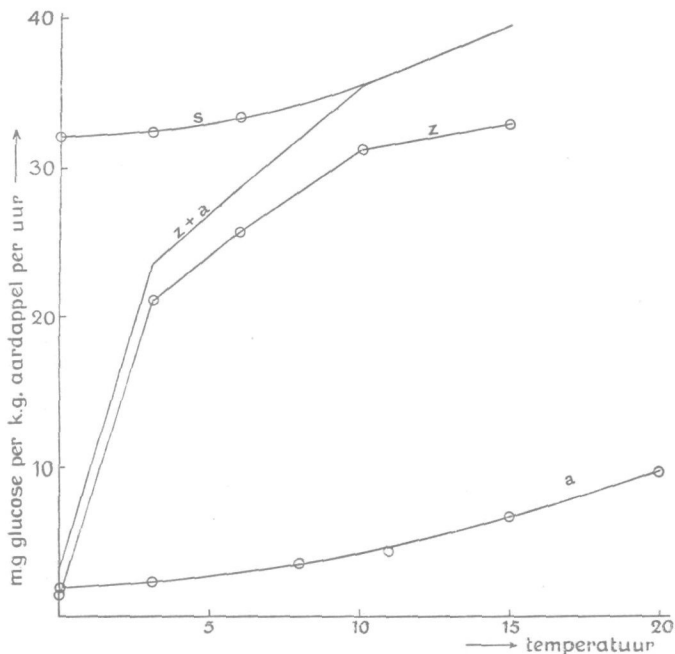


FIG. 1
 s = suikervorming
 a = suikerverbruik door ademhaling
 z = " " zetmeelvorming
 z + a = " " ademhaling en zetmeelvorming

We zien hierin dat het suikergehalte zal stijgen bij eene temperatuur beneden 10° , omdat de lijn s dan boven de lijn z + a ligt. Boven 10° vallen s en z + a samen, hetgeen overeenkomt met het constant blijven van het suikergehalte boven die temperatuur. Het is verder normaal, dat alle reactiesnelheden met de temperatuur toenemen. De voorstelling is opgebouwd uit de gemiddelden van een groot aantal waarnemingen en geldt alleen voor normale aardappelen tijdens de rustperiode; die dus weinig suiker bevatten. Voor een aardappel b.v. die bij 5° is zoet geworden en zijn eindtoestand heeft bereikt, zal lijn a ongeveer liggen als in de figuur, doch z zoo-veel hooger, dat z + a de lijn s bij 5° snijdt en bij hoogere tempera-

turen boven s ligt, hetgeen dan het verdwijnen van de suiker uit zoo'n aardappel bij hogere temperatuur verklaart.

Suikervorming in aardappelen tijdens het drogen is het eerst gevonden door MARCACCI ¹⁾, die in schijfjes aardappel, gedroogd bij $\pm 45^\circ$ of „in de zon”, saccharose kon aantoonen, terwijl deze suiker in den oorspronkelijken aardappel niet aanwezig was. Hij liet het echter bij eene enkele mededeeling, die in het vergeetboek raakte.

WATERMAN, die onafhankelijk van hem het verschijnsel in 1914 weer waarnam ²⁾, deed verdere proefnemingen, waarvan de resultaten op het volgende neer komen ³⁾:

Bij het drogen van in schijven gesneden aardappelen neemt alleen het gehalte aan saccharose toe en wel zeer snel, vergeleken met de suikervorming bij lage temperatuur. De grootste suikervorming heeft plaats indien gedroogd wordt bij $\pm 35^\circ$; bij hogere temperaturen wordt de saccharosevermeerdering geringer, om bij 100° geheel uit te blijven. In het gunstigste geval nam het saccharosegehalte, op den oorspronkelijken aardappel berekend, met 3 % toe. Bij het drogen onder gelijke omstandigheden wordt in jonge (pas geogoste) aardappelen minder saccharose gevormd, dan in oude. Aardappelen, die gedood zijn door blootstellen aan de temperatuur van vloeibare lucht of aan de inwerking van alcohol van 50 %, vertoonen tijdens het drogen geene suikervorming meer.

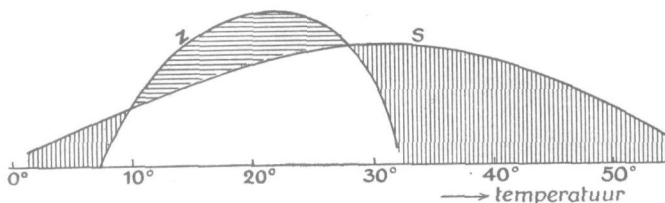
WATERMAN trachtte de suikervorming, die bij lage temperatuur en die bij het drogen optreedt van uit één gezichtspunt te verklaren. Hij stelde zich daartoe op het standpunt, dat zich in den aardappel gelijktijdig de twee reacties zetmeel \rightarrow saccharose en saccharose \rightarrow zetmeel afspelen en nam aan, dat de eerste reactie met de grootste snelheid zal verlopen bij 35° — 40° , terwijl die snelheid zoowel bij hogere als bij lagere temperatuur langzaam zal dalen; het gewone beeld dus, dat de snelheid eener onder invloed van een enzyme verloopende

¹⁾ P. V. Pisa 7, 28; uittreksel in Just's Jahresber. 1, 47 (1891).

²⁾ Chem. Weekbl. 11, 332 (1914).

³⁾ Chem. Weekbl. 12, 48, 552, 924 (1915); 13, 122, 578 (1916); 16, 1230 (1919).

reactie vertoont. De tweede reactie zal echter de grootste snelheid hebben bij de temperatuur waarbij de ontwikkeling van den aardappel snel geschiedt, dus tusschen 15° en 20° , terwijl deze snelheid zoowel bij hogere als bij lagere temperatuur zeer sterk zal vermindern. Ter illustratie van deze opvatting geeft hij eene grafische voorstelling ¹⁾, die hier is opgenomen in fig. 2.



s = suikervorming
z = zetmeelvorming

FIG. 2

Hierin is dus uitgedrukt, dat tusschen 10° en 30° de zetmeelvormende reactie de grootste snelheid heeft, zoodat het zetmeelgehalte zal stijgen, als aardappelen aan eene temperatuur van 10° — 30° worden blootgesteld; zoowel beneden als boven dit temperatuurgebied zal het saccharosegehalte echter toenemen, omdat hier de snelheid van de reactie zetmeel \rightarrow saccharose het grootst is. Zonder de ademhaling er in te betrekken, wordt dus ook van de door MÜLLER-THURGAU bestudeerde verschijnselen eene verklaring gegeven.

Naar aanleiding van deze theorie valt op te merken, dat eene dergelijke voorstelling als de bovenstaande slechts kan gelden voor een aardappel onder bepaalde omstandigheden, vooral wat zijn suikergehalte betreft. Immers de snelheid van zetmeel- en van suikervorming hangt niet alleen af van de temperatuur, doch ook van het suikergehalte, dat de aardappel bezit. B.v. zal de suikervorming beneden 10° slechts zoolang grooter blijven dan de zetmeelvorming, als een bepaald suikergehalte nog niet bereikt is; was dit niet zoo, dan zou ten slotte al het zetmeel bij lage temperatuur in suiker moeten overgaan, hetgeen in strijd is met de waarnemingen van MÜLLER-THURGAU.

¹⁾ Chem. Weekbl. 13, 579 (1916).

Zoo is ook de overwegende zetmeelvorming in aardappelen, die in het ontwikkelingsstadium zijn, niet alleen te danken aan de temperatuur waarbij zij zich ontwikkelen, doch vooral aan hun hoog suikergehalte, het gevolg van den voortdurenden toevoer van deze stof. Eveneens heeft het door WATERMAN aangehaalde geval ¹⁾, dat MÜLLER-THURGAU bij 20°—30° domineerende zetmeelvorming constateerde, betrekking op aardappelen, waarvan het suikergehalte door voorafgaande afkoeling sterk gestegen was. In normale aardappelen, dus in die met gering suikergehalte, zien we tusschen 10° en 20° noch overheerschende suiker-, noch zetmeelvorming; er heerscht blijkbaar evenwicht. Wil de boven aangehaalde grafische voorstelling dus gelden voor een normalen aardappel, dan zou zij er moeten uitzien als die in fig. 3.

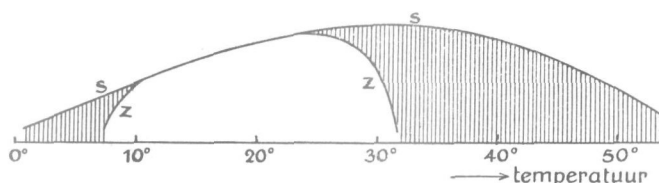


FIG. 3

Door deze wijziging wordt echter niets aan het feit veranderd, dat de verklaring de feiten omvat, waarover WATERMAN bij hare opstelling beschikte. We zullen in de volgende bladzijden zien, dat zij evenwel reeds spoedig wordt tegengesproken door de resultaten van verdere proeven. Wil men trachten eene verklaring te geven, die zoowel de suikervorming bij lage als bij hoogere temperatuur omvat, dan lijkt het mij de aangewezen weg, aansluiting te zoeken bij en voort te bouwen op de verklaring van MÜLLER-THURGAU, waarmede geen enkel feit in tegenspraak is. Het is echter de vraag of eene dergelijke theorie noodig is, daar toch de aard der gevormde suikers in beide gevallen verschillend is en de snelheidsverhouding der beide suikervormingen, bij een verschil in temperatuur van slechts enkele

¹⁾ Chem. Weekbl. 11, 332 (1914).

tientallen graden, zóó groot is (blz. 4 en 7), dat men betwijfelen moet of men in beide gevallen met dezelfde reactie te doen heeft.

Op het feit, dat uit de studie van MÜLLER-THURGAU niet volgt, dat bij lage temperatuur hoofdzakelijk saccharose wordt gevormd — ook CZAPEK schijnt dit zoo te hebben gelezen ¹⁾ — werd reeds de aandacht gevestigd in een artikel van Mej. HUIZINGA en DE VRIES ²⁾. Deze onderzoekers herhaalden ook enkele proeven van WATERMAN zonder dat zij toeneming van het saccharosegehalte konden waarnemen. Naar aanleiding hiervan zij er reeds thans op gewezen, dat ik, na gedurende drie jaren eenige honderden aardappelen van diverse soort in dit opzicht te hebben onderzocht, geene enkele maal het uitblijven van saccharosevorming heb kunnen constateeren.

¹⁾ Biochemie der Pflanzen, 3e druk, deel I, blz. 465.

²⁾ Chem. Weekbl. 12, 268 (1915).

HOOFDSTUK III

DE HEDENDAAGSCHE OPVATTINGEN OVER DEN BOUW VAN HET ZETMEEL

Het is aan geen twijfel onderhevig, dat we het zetmeel, dat in den aardappel is opgehoopt, moeten beschouwen als de bron van de saccharosevorming. Dit volgt uit het feit, dat geen ander bestanddeel in den aardappel in zoo hooge mate voorkomt, dat het eene saccharosevorming van 3 % zou kunnen verklaren.

Teneinde deze laatste bewering met cijfers te staven is hieronder de gemiddelde samenstelling van den aardappel opgenomen, terwijl tevens is vermeld het hoogste gehalte van eenige bestanddeelen dat bij 38 analyses gevonden werd ¹⁾.

	Gemiddeld:	Maximum:
Water	76.0 %	—
Stikstof × 6.25	2.1 „	3.0 %
Vet	0.2 „	—
Zetmeel	18.7 „	24.3 „
Totale suiker als glucose.	1.0 „	1.4 „
Vezel	0.8 „	—
Asch	1.2 „	—
	100.0	

Het is daarom voor de latere beschouwingen van belang, reeds hier een overzicht te geven van de voorstelling, die men tegenwoordig van zetmeel en zetmeelmolecule heeft, vooral ook, omdat de laatste jaren ons op dit gebied grooten vooruitgang hebben gebracht.

¹⁾ O. SAARE, als voren, blz. 50.

Het zetmeel komt in de planten hoofdzakelijk voor als reservestof. Vele planten vervoeren een groot gedeelte van de koolhydraten, die zij onder medewerking van het zonlicht hebben gemaakt, naar knollen, wortels of zaden en bewaren hen daar in den vorm van zetmeelkorrels, die bestemd zijn om als voedsel voor de volgende generatie te dienen. Hoewel grootte, gedaante en uiterlijk van deze korrels bij verschillende plantensoorten dermate van elkander afwijken, dat men door microscopische beschouwing de herkomst van het meel kan herkennen, is hunne scheikundige samenstelling, voor zoover wij met onze gebrekkige kennis van dit onderwerp kunnen beoordeelen, vrijwel dezelfde.

In den vorm waarin het zetmeel in de plant voorkomt, en daaruit gewonnen wordt, is het in koud water onoplosbaar. In aanraking met water van hoogere temperatuur, die al naar de zetmeelsoort verschillend is en die voor aardappelzetmeel minstens 72° bedraagt, gaan de korrels zwellen en barsten ten slotte, waarbij ze overgaan in de bekende stijfselpap, eene opaliseerende vloeistof.

Door behandeling met sommige chemicaliën kan zetmeel echter in zgn. oplosbaar zetmeel worden veranderd, dat met heet water eene heldere oplossing geeft. De methode van „oplosbaar maken” waarbij de eigenschappen van het oorspronkelijke zetmeel het minste worden veranderd, schijnt de verhitting in glycerine te zijn ¹⁾.

Reeds lang is men de meening toegedaan, dat de zetmeelkorrel uit verschillende bestanddeelen is opgebouwd (NÄGELI) en dat deze bestanddeelen bij het ontstaan der stijfselpap eene verschillende rol spelen (MEYER ²⁾). Eerst de onderzoekingen van MAQUENNE en zijne medewerkers hebben echter tot eene duidelijke beschrijving van deze bestanddeelen geleid ³⁾.

MAQUENNE onderscheidt in de stijfselpap twee stoffen, nl.

1^e. de amylopectine, die de opalescentie veroorzaakt en die colloïdaal is opgelost.

¹⁾ ZULKOWSKY, B. 13, 1398 (1880).

²⁾ O. SAARE, als voren, biz. 34.

³⁾ C. r. 137, 797, 1266 (1903); 138, 49, 231, 375 (1904); 140, 1303 (1905); 142, 95, 124, 1059 (1906); Bull. soc. chim. III 29, 1218 (1903); III 33, 723 (1905); Ann. chim. phys. VIII 9, 179 (1906).

2°. de amylose, die in heet water helder oplost.

BEYERINCK vestigde er het eerst de aandacht op, dat de amylose het binnenste deel van den korrel vormt, terwijl de buitenste laag uit amylopectine bestaat ¹⁾.

Wanneer verdunde stijfselpap bij lage temperatuur wordt bewaard, slaat de amylose in den vorm van korrels neer (retrogradatie). Omdat deze korrels door moutextract (diastase) weinig worden aangetast kan men, na de retrogradatie, de amylopectine met dit enzyme versuikeren en de amylose kan, voorzoover zij niet is aangetast, worden afgefiltreerd. Door herhaalde oplossing, retrogradatie en behandeling met diastase kan zij zuiver worden verkregen als een wit poeder, dat in heet water en verdunde alkaliën heldere oplossingen geeft, die door jodium zuiver blauw worden gekleurd.

De amylopectine werd afgezonderd ²⁾ door zetmeel te behandelen met 1 % natronloog. De amylose lost op en blijft opgelost na neutralisatie met azijnzuur. De amylopectinehuidjes worden dan door centrifugeeren gewonnen. Deze stof zwelt met warm water op tot eene troebele gelei, die met jodium eene roodvioletten kleur geeft.

Het gehalte van zetmeel aan deze beide bestanddeelen wordt zeer verschillend opgegeven. De laatste opgave is van SAMEC, die in aardappelzetmeel 17 % amylose en 83 % amylopectine vond ³⁾. Deze onderzoeker toonde ook aan, dat nog een verschil tusschen de twee stoffen is gelegen in hun fosforzuur gehalte. Amylose laat zich door dialyse geheel van anorganische bestanddeelen bevrijden, amylopectine niet; dit behoudt een gehalte van 0.175 % P_2O_5 ⁴⁾. Uit den osmotischen druk van de oplossingen berekenden SAMEC en MAYER ⁵⁾ het moleculair gewicht („Molatgewicht”) van amylopectine op 113.000, dat van amylose op 80.000.

Hieruit volgt, dat het verschil tusschen deze twee stoffen niet alleen door het fosforzuur gehalte wordt veroorzaakt.

¹⁾ Versl. Kon. Ak. A'dam, 20 (2), 1252 (1911/12).

²⁾ GATIN-GRUZEWSKA, C. r. 146, 540 (1908).

³⁾ Koll. ch. Beih. 13, 287 (1921).

⁴⁾ Koll. ch. Beih. 5, 141 (1913).

⁵⁾ Koll. ch. Beih. 16, 89 (1922).

De elementaire samenstelling van zetmeel wordt uitgedrukt door $C_6H_{10}O_5$. In 1811 ontdekte KIRCHHOFF ¹⁾ de vorming van glucose door koken met verdund zwavelzuur, eene omzetting, die later vrijwel quantitatief bleek te kunnen plaats vinden ²⁾. Ook het feit, dat onder invloed van diastase maltose ontstaat, was reeds vroeg bekend ³⁾. Deze beide omzettingen leidden er toe, in verband met de elementaire samenstelling, dat men het zetmeelmolecule ging opvatten als eene aaneenschakeling van glucosemoleculen. Wegens de mogelijkheid van hydrolyse moest de binding dezer glucoseresten door zuurstofatomen tot stand komen; verder wist men dat de aldehyde-koolstofatomen dezer glucoseresten alle aan de binding mede moesten doen, omdat zetmeel zelf FEHLING's vloeistof bij kookhitte niet reduceert; ten slotte achtte men het aantal glucosemoleculen, dat aan den bouw van een zetmeelmolecule medewerkt zeer groot; ten eerste omdat bij pogingen om het moleculair gewicht van zetmeel te bepalen zeer hooge uitkomsten waren verkregen, ten tweede omdat voor groote waarden van n de uitdrukking $n(C_6H_{12}O_6) - (n - 1)H_2O$ nadert tot de experimenteel bepaalde $(C_6H_{10}O_5)_n$. Deze voorstelling van het zetmeelmolecule wordt b.v. door het volgende schema uitgedrukt ⁴⁾:



Tegen deze „ketenformule” waren vele bezwaren in te brengen; zij verklaart niet, waarom bij afbraak van zetmeel door diastase steeds slechts ± 70 % maltose en voor de rest „dextrine” gevormd wordt (blz. 17), en waarom daarbij geene glucose ontstaat. Ook de vorming van dergelijke dextrinen zonder gelijktijdige suikervorming, door een in diastase aanwezig enzyme ⁵⁾ is niet met haar in overeenstemming te brengen, omdat dextrinevorming uit zetmeel toch ongetwijfeld ook afbraak is. Het is dan ook alleen bij gebrek aan beter geweest, dat de formule zich langen tijd heeft kunnen handhaven.

¹⁾ J. d. pharm. 74, 199.

²⁾ Ost, Ch. Z. 19, 1501 (1895).

³⁾ DUBRUNFAUT, Ann. chim. phys. III 21, 178 (1847).

⁴⁾ HOLLEMAN, Leerb. d. org. chemie, 5e druk, blz. 328.

⁵⁾ POTTEVIN, Ann. Inst. Pasteur, 13, 665 (1899).

Een belangrijke stap in de goede richting werd gedaan door PRINGSHEIM met zijne medewerkers, die eene studie maakten van de producten, die uit zetmeel onder invloed van *Bacillus macerans* ontstaan. Reeds de ontdekker van dit micro-organisme, SCHARDINGER, had gevonden, dat de bacterie stijfselpap in eenige dagen omzet in eene oplossing, waaruit gekristalliseerde polysacchariden zijn te winnen, die FEHLING's vloeistof niet reduceeren¹⁾. Hij noemde deze „gekristalliseerde dextrinen” en onderscheidde: een hoofdproduct: α -dextrine, een bijproduct: β -dextrine en eene niet nader onderzochte rest: „Schlamm”. PRINGSHEIM toonde aan²⁾, dat aan het eerste de formule $(C_6H_{10}O_5)_4$ en aan het tweede de formule $(C_6H_{10}O_5)_6$ toekomt. Door acetyleren van deze twee stoffen met zinkchloride als katalysator verkreeg hij de acetylverbindingen van een disaccharide $(C_6H_{10}O_5)_2$ en van een trisaccharide $(C_6H_{10}O_5)_3$; in plaats van „gekristalliseerde dextrinen” stelde hij den naam „polyamylosen” voor, zoodat de bovenbeschreven vier stoffen respectievelijk α -tetra-, β -hexa-, α -di- en β -triamylose werden genoemd. De splitsing tijdens het acetyleren had niet plaats bij gebruik van pyridine als katalysator³⁾; toen dus voor het op deze wijze geacetyleerde „Schlamm” een moleculairgewicht werd gevonden, eveneens overeenkomende met $(C_6H_{10}O_5)_6$ ⁴⁾, mocht bewezen worden geacht, dat men ook hier met eene hexamylose te doen had, die ter onderscheiding van de vorige, α -hexamylose werd genoemd.

PRINGSHEIM vat de β -hexamylose op als een polymeer van de triamylose, de α -hexa- en α -tetramylose als polymeren van de diamylose⁵⁾. Hij drukt dit op de volgende wijze in de formules uit:



¹⁾ C. bl. f. Bakt. II 14, 772 (1905); 19, 161 (1907); 22, 98 (1909); 29, 188 (1911).

²⁾ B. 45, 2533 (1912); BILTZ, B. 46, 1377 (1913).

³⁾ B. 55, 1433 (1922).

⁴⁾ B. 55, 1428 (1922).

⁵⁾ B. 46, 2959 (1913).

In de polymeren zijn de samenstellende moleculen door restvalenties verbonden.

Deze opvatting wordt gesteund door het feit, dat de polyamylosen gemakkelijk in elkander overgaan; b.v. gaat diamylose, in aanraking met water zijnde, over in α -hexamylose¹⁾. Minder in overeenstemming, eerder in tegenspraak ermede lijkt mij het feit, dat ook de α -reeks gemakkelijk in de β -reeks overgaat, nl. door verhitten in water²⁾ of in glycerine³⁾.

Het vinden van twee verschillende reeksen van afbraakproducten van zetmeel, die òf uit di- òf uit trisacchariden zijn opgebouwd, herinnert aan het feit, dat in zetmeel twee bestanddeelen, amylose en amylopectine zijn aangetoond. Nu worden bij de afbraak van aardappelzetmeel door *Bacillus macerans* de α -tetramylose en de β -hexamylose in eene steeds vrij constante verhouding verkregen²⁾. Neemt men in plaats van zetmeel, het daaruit bereide amylopectine, dan verandert de verhouding ten gunste van de β -hexamylose; biedt men der bacterie echter amylose, dan wordt meer α -tetramylose gewonnen⁴⁾. Daarom nam PRINGSHEIM aan, dat de polyamylosen der α -reeks de bouwstenen zijn der amylose, terwijl amylopectine uit de polyamylosen der β -reeks is opgebouwd, en wel zoodanig, dat door polymerisatie der polyamylosen zetmeelmoleculen ontstaan, waarin de onderdeelen door restvalenties worden bijeengehouden. Deze zetmeelmoleculen leveren dan door associatie de groote moleculecomplexen, waarvan SAMEC het „Molat“-gewicht bepaalde (blz. 13).

Behalve de bovenstaande, wist PRINGSHEIM nog vele feiten aan te voeren om zijne opvatting te steunen; de voornaamste laat ik hier volgen:

1^e. de verschillende verkleuring, die amylose en amylopectine met jodium (blz. 13) geven, vindt men ook bij de polyamylosen der α - en β -reeks.

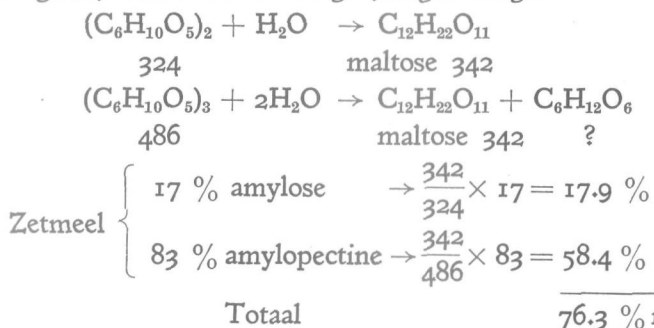
¹⁾ KALB, B. 55, 1445 (1922).

²⁾ PRINGSHEIM en EISSLER, B. 46, 2959 (1913).

³⁾ PRINGSHEIM en EISSLER, B. 47, 2565 (1914).

⁴⁾ PRINGSHEIM en GOLDSTEIN, B. 55, 1446 (1922).

- 2^e. voegt men bij een mengsel van amylose en amylopectine stijgende hoeveelheden jodium, dan blijkt deze stof pas door amylopectine te worden opgenomen, wanneer de amylose verzadigd is ¹⁾. Hetzelfde zien we gebeuren bij een mengsel van α - en β -polyamylosen; in dat geval gaat de α -reeks voor, wat de binding van jodium betreft ²⁾.
- 3^e. het feit, dat zetmeel door diastase niet voor 100 % in maltose wordt omgezet, is door de theorie te verklaren. Hoewel MAQUENNE en ROUX ³⁾ de volledige omzetting meenden te hebben aangetoond, is door onderzoekingen ⁴⁾ van later datum bewezen, dat ook bij de gunstigste waterstofionenconcentratie, door de meeste moutextracten niet meer dan 75—80 % maltose wordt gevormd. Nu kan volgens de opvatting van PRINGSHEIM amylopectine voor $\frac{2}{3}$, amylose echter geheel in maltose worden omgezet, zooals uit de vergelijkingen volgt:



Al deze bewijzen kunnen echter het feit niet ongedaan maken, dat geene der polyamylosen zelf door diastase in maltose wordt omgezet ⁵⁾, wat het geval zou moeten zijn, als het zetmeelmolecule alleen door polymerisatie uit deze verbindingen was opgebouwd.

Langs geheel anderen weg kwam ook IRVINE tot het resultaat, dat

¹⁾ SAMEC en MAYER, Koll. ch. Beih. 13, 282 (1921).

²⁾ PRINGSHEIM en GOLDSTEIN, B. 55, 1446 (1922).

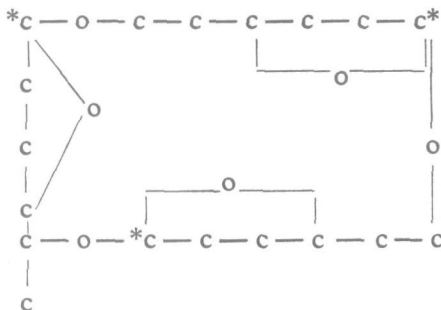
³⁾ C. r. 142, 124 (1906); Bull. soc.chim. France, III 35, 1 (1906).

⁴⁾ EULER en SVANBERG, H.-S. Z. physiol. Ch. 112, 193 (1920); 115, 179 (1921); DE HOOP EN VAN LAER, Bioch. Z. 155, 235 (1925).

⁵⁾ PRINGSHEIM en EISSLER, B. 46, 2959 (1913).

in zetmeel een trisaccharide als eenheid moet worden aangenomen, en wel door toepassing der methyleeringsmethode, die op het gebied der constitutie bepaling van polysacchariden reeds zoovele successen had te boeken ¹⁾. De weerstand tegen het inbrengen van methylgroepen wordt als het zetmeel $\pm 32\%$ methoxyl bevat zeer groot. Slechts door herhaaldelijk methyleeren gelukte het, dit gehalte tot 37% op te drijven. Dit komt overeen met het methoxylgehalte van een anhydro-trisaccharide, bestaande uit hexoseres ten, waarvan er ééne drie methylgroepen bevat, de beide andere twee methylgroepen bezitten. Bij de hydrolyse van het gemethyleerde product werden tri-methyl- en di-methylglucoside werkelijk in de verhouding 1 : 2 verkregen, naast eene hoeveelheid gemethyleerd, gedepolymeriseerd zetmeel, waarvan alleen het methoxylgehalte wordt vermeld (37%). Daar de beide verkregen glucosiden bij voortgezette methyleering 2. 3. 5. 6.-tetramethylglucoside geven, zijn alle glucoseres ten in zetmeel in het bezit van een 5-ring.

Uit het bovengenoemde trimethylglucoside werd 2.3.6.-trimethylglucose verkregen; dit wijst tegen verwachting op de aanwezigheid van eene cellobiosebinding in zetmeel. IRVINE nam aan, dat minstens eene der beide andere bindingen in het anhydrotrisaccharide eene maltosebinding is en kwam zoodoende tot drie mogelijke formules. Wegens de groote maltose opbrengst, die uit zetmeel verkregen kan worden, acht hij de onderstaande de meest waarschijnlijke,



waarin alleen de bindingswijze en de plaats van den zuurstofring der glucosemoleculen zijn aangegeven.

¹⁾ Overzicht: Trans. Chem. Soc. 123, 898 (1923).

PRINGSHEIM ziet in de opvatting van IRVINE eene bevestiging van zijne theorie. Daar immers zetmeel grootendeels uit amylopectine bestaat, vindt hij het zeer begrijpelijk, dat uit het gemethyleerde zetmeel wel een trisaccharide, doch niet een disaccharide (uit de amylose afkomstig) kon worden afgezonderd.

Intusschen was het vraagstuk der constitutie van zetmeel nog op eene andere wijze aangevat.

Gedurende de jaren 1920—1923 heeft KARRER in eene reeks interessante publicaties zijne meening over den bouw van hoogere polysacchariden uiteengezet.

Deze onderzoeker hecht geene waarde aan het hooge moleculairgewicht, dat voor zetmeel is gevonden; hij wijt dit aan het feit, dat we niet in staat zijn deze onoplosbare stof in hare kleinste deeltjes te verdeelen, en vergelijkt de zetmeeloplossing met eene colloïdale zilveroplossing, waarin het in water onoplosbare zilver wel zeer fijn verdeeld is, doch nog ver van den moleculairen toestand verwijderd. Evenals nu zilver door veranderen in zilvernitraat wel in moleculaire oplossing kan worden verkregen, kan men ook zetmeel, b.v. door methyleeren, in verbindingen veranderen, die in verscheidene oplosmiddelen moleculair oplossen ¹⁾.

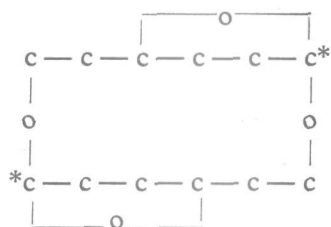
Moleculairgewichtsbepalingen, door hem met dimethylzetmeel verricht, gaven 900—1200 tot uitkomst. In alle oplosmiddelen werd niet hetzelfde moleculairgewicht gevonden; KARRER schrijft dit toe aan een verschillenden associatiegraad. Ook in het zetmeel zelf neemt hij associatie der moleculen aan; deze is door het inbrengen van methylgroepen sterk te verminderen ²⁾, evenals dit het geval is bij water (methylalcohol—dimethylaether).

Ter bepaling van de constitutie der zetmeelmoleculen behandelde KARRER zoowel α -tetrylose als „oplosbaar zetmeel” gedurende vijf dagen bij lage temperatuur met acetylbromide en een weinig ijszijn. In beide gevallen verkreeg hij evenveel heptacetobroom-

¹⁾ Helv. 3, 620 (1920).

²⁾ Helv. 4, 185 (1921).

cose, doch wel triaceto-1.6. dibroomglucose gevonden werd, besloot KARRER tot het laatste en koos C-atoom no. 12, omdat dan twee maltosebindingen in het maltose-anhydride voorkomen, hetgeen de gemakkelijke vorming van maltose verklaart ¹⁾:



Al heeft KARRER door bovengenoemd onderzoek deze formule voor diamylose wel aannemelijk weten te maken, wat het zetmeel zelf betreft kan men haar niet zonder meer accepteren. Volgens zijne redeneering zouden de polymeren van bovenstaand molecule, de α -tetra- of de α -hexamylose, eigenlijk zetmeel zijn, althans daarvan alleen door den associatiegraad verschillen. Hij toont echter niet aan, dat door associatie dezer polyamylosen werkelijk zetmeel wordt gevormd. Verder geldt ook voor zijne formule weer het bezwaar, dat diamylose door diastase niet in maltose wordt omgezet.

Het spreekt vanzelf, dat zoowel IRVINE ²⁾ als PRINGSHEIM ³⁾ zich tegen KARRER's opvatting hebben gekant, omdat in zijne theorie voor hun trisaccharide geene plaats is. Zij zijn o.a. geenszins overtuigd door zijn bewijs (blz. 20) voor de aanwezigheid van 100 % maltose-anhydride in zetmeel.

KARRER daarentegen, opperde bezwaren tegen hunne zienswijze. De formule van IRVINE eischt, dat zoowel bij hydrolyse door zuren, als bij KARRER's acetylbromidebehandeling gedeeltelijk cellobiose of eene iso-cellobiose wordt gevormd, terwijl in het tweede geval tevens glucose zou moeten ontstaan. Niets van dit alles is echter gebleken. KARRER meent dan ook, dat de door IRVINE gevonden

¹⁾ Helv. 5, 187 (1922).

²⁾ Address to the British Association in Hull (1922), blz. 17.

³⁾ B. 55, 1433 (1922); Z. angew. Ch. 35, 345 (1922).

2. 3. 6.-trimethylglucose ontstaan is, doordat tijdens het dagenlang methyleeren afbraak van zetmeel heeft plaats gehad ¹⁾).

Wat het trisaccharide van PRINGSHEIM betreft, tracht hij aan te toonen ²⁾, dat de β -hexamylose en de daaruit verkregen triamylose (blz. 15) identiek zijn. Daar hij uit beide verbindingen bij behandeling met acetylbromide weer 80 % van de theoretische opbrengst aan heptacetobroommaltose kreeg, acht hij niet bewezen, dat β -hexamylose een trisaccharide bevat. Wat de identiteit dezer twee verbindingen betreft, heeft echter PRINGSHEIM later bewezen, dat zijne opvatting de juiste is ³⁾.

Met dit laatste is evenwel de theorie van KARRER aangaande het zetmeelmolecule niet weerlegd; de vorming van een trisaccharide uit zetmeel onder invloed van een micro-organisme bewijst geenszins, dat dit trisaccharide in zetmeel zelf reeds voorkomt. Het voorbeeld dat we hebben in het ontstaan van alcohol en melkzuur uit glucose, laat zien hoe weinig dergelijke omzettingsproducten ons zeggen kunnen betreffende den bouw der oorspronkelijke stof ⁴⁾.

Het is dan ook eerst door PRINGSHEIM's onderzoekingen der laatste jaren, waarbij hij er in slaagde ook langs zuiver chemischen weg disacchariden uit amylose en trisacchariden uit amylopectine te verkrijgen, dat zijne opvatting de voorkeur verdient. Bij de resultaten hiervan dienen we dus nog even stil te staan.

Nadat reeds PICTET en JAHN ⁵⁾ door verhitting van zetmeel in glycerine op 200°—210° een anhydrotrisaccharide hadden verkregen, door hen trihexosaan genoemd, toonden PRINGSHEIM en WOLFSOHN ⁶⁾ aan, dat bij deze bewerking uit amylose een niet-reduceerend dihexosaan, uit amylopectine een trihexosaan wordt gevormd. Bovendien verkreeg PRINGSHEIM ⁷⁾ door tezamenwrijven met koud sterk zoutzuur, gevolgd door verdampen in vacuo, uit

¹⁾ Helv. 6, 402 (1923).

²⁾ Helv. 5, 181 (1922).

³⁾ B. 56, 1520 (1923).

⁴⁾ BÖESEKEN, The Configuration of the Saccharides II, blz. 48.

⁵⁾ Helv. 5, 640 (1922).

⁶⁾ B. 57, 887 (1924).

⁷⁾ B. 57, 1581 (1924).

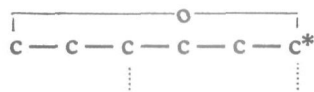
amylose een reduceerend disaccharide $C_{12}H_{22}O_{11}$, amylobiose, en uit amylopectine een reduceerend trisaccharide $C_{18}H_{32}O_{16}$, amylotriose.

Ook op het gebied der enzymatische zetmeelsplitsing wist PRINGSHEIM in de laatste jaren aan zijne theorie steun te verschaffen ¹⁾. In overeenstemming met zijne reeds vroeger ontwikkelde opvatting (blz. 17) verkreeg hij met behulp van moutextract uit amylose 100 % maltose, uit amylopectine echter slechts ± 65 %; de daarbij overblijvende rest, door hem „Grenzextrin” genoemd, kon door moutextract wel volledig in maltose worden omgezet, als een extract van gist die door toluol gedood was, werd toegevoegd. In de gist is dus een co-enzyme of een activator aanwezig, die hij „amylasenkompement” noemt. Met behulp van dit complement kon nu ook zetmeel zelf door moutextract quantitatief in maltose worden veranderd; eveneens was dit het geval met de zoeven genoemde hexosanen, amylobiose en amylotriose ²⁾.

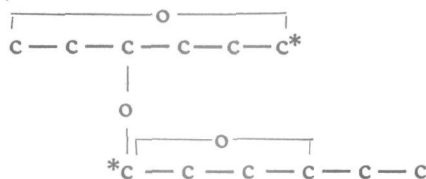
Bij deze laatste verbindingen zien we dus onder invloed van een(ige) enzyme(n) twee belangwekkende reacties zich afspelen:

- 1^o. een disaccharide wordt volledig in maltose veranderd.
- 2^o. uit een trisaccharide wordt maltose gevormd en de overblijvende glucoseresten vereenigen zich twee aan twee eveneens tot maltose.

Om deze reacties verklaarbaar te maken ontwerpt PRINGSHEIM voor de vier bovengenoemde suikers formules, in elk waarvan de glucoserest



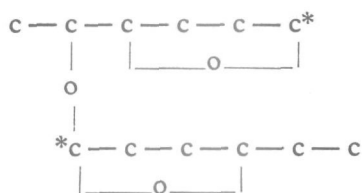
voorkomt ³⁾, b.v. geeft hij de volgende formule aan amylobiose:



¹⁾ PRINGSHEIM, FUCHS, SCHMALZ en BEISER, B. 56, 1762 (1923); Bioch. Z. 142, 108 (1923); 148, 336 (1924).

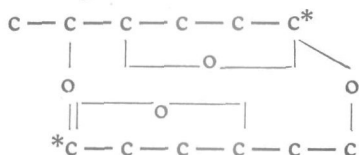
²⁾ B. 57, 887, (1924).

³⁾ B. 57, 1581 (1924).



Een voordeel van deze formuleering van amylobiose is, dat deze suiker dan eene iso-cellobiose zou zijn, waardoor een van de bezwaren (blz. 21) van KARRER tegen de formule van IRVINE vervalt.

Echter is de amylobiose door PRINGSHEIM en LEIBOWITZ ¹⁾ ook gemaakt uit α -tetramylose met koud sterk zoutzuur. Vatten we tetramylose op als een dimeer van α -diamylose, dan zou deze laatste verbinding dus een anhyride zijn van amylobiose, waaraan we de volgende formule kunnen geven:



die de vorming van 80 % heptacetobroommaltose bij KARRER's acetylbromidebehandeling en tevens de door KARRER gevonden splitsing door fosforpentabromide verklaart (blz. 20).

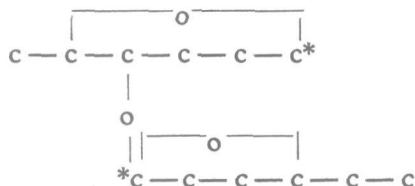
Men zou hiertegen kunnen inbrengen, dat aangezien maltose veel gemakkelijker door zuren te hydrolyseeren is dan cellobiose, de maltosebinding in bovenstaand molecule ook zwakker zal zijn dan de cellobiosebinding, zoodat bij de behandeling met acetylbromide heptacetobroomcellobiose of een isomeer daarvan zou moeten ontstaan. Deze redeneering heeft ook waarschijnlijk KARRER er toe gebracht, in het diamylosemolecule twee maltosebindingen aan te nemen (blz. 21). Het lijkt mij echter niet geoorloofd op deze wijze te analogiseeren; ten eerste, omdat de binding geene echte cellobiosebinding is, doch die van een isomeer daarvan (immers amylobiose is niet identiek met cellobiose); ten tweede, omdat zelfs saccharose niet door KARRER's acetylbromidebehandeling wordt gesplitst ²⁾,

¹⁾ B. 57, 884 (1924).

²⁾ Helv. 4, 263 (1921).

hetgeen bewijst, dat men splitsing langs dezen weg niet op eene lijn mag stellen met hydrolyse door zuren.

Wat nu de door PRINGSHEIM voorgestelde amylobioseformule betreft (blz. 23), de hierboven uit zuiver chemische omzettingen afgeleide formule is met haar in strijd. Dit behoeft echter geene redenen te zijn, haar geheel te verwerpen. Geen der bewijzen, die voor de algemeen aangenomen cellobioseformule zijn gegeven¹⁾ sluit m.i. de mogelijkheid uit, dat aan deze suiker de volgende formule toekomt



welk schema dan volgens het voorgaande ook voor amylobiose zou gelden. In dat geval is het eenige verschil met de formule van PRINGSHEIM gelegen in de plaats van den zuurstofring in eene der glucoseresten.

Indien blijkt, dat de vier suikers, die PRINGSHEIM door chemische methodes uit de zetmeelcomponenten wist te winnen, steeds met dezelfde eigenschappen worden verkregen, dan zal de constitutie-bepaling dezer verbindingen door middel van de methyleeringsmethode waarschijnlijk weer een tipje van den sluier oplichten, die den bouw van amylose en amylopectine, en daarmee dien van zetmeel voor ons verborgen houdt. Bij den huidigen stand van het onderzoek kunnen we met eenige zekerheid alleen zeggen: *zetmeel bevat twee bestanddeelen, die respectievelijk uit anhydrodisacchariden en uit anhydrotrisacchariden, elk met minstens ééne cellobiosebinding, zijn opgebouwd.*

NASCHRIFT

Na het schrijven van dit hoofdstuk verscheen eene publicatie

¹⁾ HAWORTH en HIRST, J. Chem. Soc. 119, 194 (1921); KARRER en WIDMER, Helv. 4, 174, 296 (1921); BERGMANN en SCHOTTE, B. 54, 1568 (1921).

van HAWORTH en medewerkers ¹⁾, waarin zij bewijzen, dat normale glucose een zes-ring bevat. Hoewel de feiten die zij hiervoor aanvoeren mij zeer overtuigend lijken, meende ik, teneinde verwarring te voorkomen, geene veranderingen meer in het hoofdstuk te moeten aanbrengen, ook niet wat betreft de er uit voortvloeiende nieuwe formule voor cellobiose. Principieel zouden trouwens de hierboven beschreven opvattingen er niet door worden gewijzigd.

¹⁾ J. Chem. Soc. 129, 89 (1926).

HOOFDSTUK IV

DE GEBRUIKTE METHODES VAN ONDERZOEK

HET GEHALTE AAN DROGE STOF

Teneinde het gehalte aan droge stof te bepalen werden gewogen aardappelschijven bij 40° — 50° gedroogd tot een gewichtsverlies van 50—60 %¹⁾. Nadat ze een dag aan de lucht hadden gelegen werd het gewichtsverlies bepaald en werden de schijven fijngestampt, tot het poeder eene zeef met 500 mazen per cm^2 kon passeeren. Van dit poeder werd door drogen bij 103° — 105° het watergehalte bepaald, waarna het droge stofgehalte der oorspronkelijke aardappelen kon worden berekend. Het droge stofgehalte wordt zooals algemeen bekend is, in dergelijke zetmeelhoudende producten door eene eenvoudige droogmethode niet nauwkeurig gevonden, echter zal later blijken, dat groote nauwkeurigheid in de droge stofbepaling niet noodig is. Ter vergelijking werd het droge stofgehalte eenige malen bepaald volgens de xyloldestillatiemethode, zooals deze voor de waterbepaling in vetten wordt gebruikt (MARCUSSON):

	Monster no. 1	Monster no. 2
Volgens de droogmethode	19.2 % en 19.3 %	21.4 % en 21.4 %
Volgens de xyloldestillatiemethode	19.7 % en 19.8 %	21.6 % en 21.8 %

HET SACCHAROSEGEHALTE

Ter bepaling van het gehalte aan saccharose moeten de aardappelen worden fijngemaakt, zoodanig, dat bij uittrekken met water alle

¹⁾ KÖNIG, Chemie d. menschl. Nahr. u. Genussm. 4e druk, afd. III, deel I, blz. 23.

suiker in de oplossing terecht komt, waarna in die oplossing, na klaring, de saccharose kan worden bepaald. Indien de aardappelen bij de proef geheel gedroogd zijn geworden, dan kunnen ze, zooals boven bij de droge stofbepaling beschreven is, worden fijngestampt. Lastiger is het fijnmaken, wanneer het aardappelen betreft, die niet of slechts gedeeltelijk zijn gedroogd. Van eene rasp kan daartoe geen gebruik worden gemaakt, omdat dan een deel van de te onderzoeken portie verloren gaat, wat met het oog op het toch al geringe gewicht der monsters vermeden moet worden. Ook is de suiker niet gelijkelijk over het monster verdeeld, zoodat bij onderzoek van slechts een gedeelte niet het gemiddelde suikergehalte gevonden wordt. In dergelijke gevallen bleek het ten slotte het beste, de monsters in een hoogen koperen vijzel voorzichtig tot moes te stampen, waardoor het mogelijk werd, de porties zonder verlies in eene kolf over te spoelen. Om de suiker uit de brij te extraheeren perste WATERMAN ¹⁾ haar eenige malen uit, na mengen met ijswater; dit laatste waarschijnlijk om inversie door enzymen te beletten. Met het oog op het groote aantal analyses, dat zou moeten worden verricht, leek het mij eenvoudiger, de brij in eene kolf van 100 cm³ over te spoelen met water van kamertemperatuur, tot \pm 80 cm³ aan te vullen, en onder af en toe omschudden eenigen tijd te laten staan. Daartoe moest echter worden nagegaan:

- 1^e. of de suiker op deze manier volledig wordt geëxtraheerd;
- 2^e. hoelang de extractie moet duren om volledig te zijn;
- 3^e. of bij kamertemperatuur tijdens de extractie inversie plaats heeft.

Daartoe werd eene groote hoeveelheid aardappelbrij gemaakt en hiervan 4×20 gram afgewogen. Drie porties werden als boven beschreven bij kamertemperatuur geëxtraheerd gedurende 1, 2 en 5 uur. De 4e portie werd, ook in eene kolf van 100 cm³ geëxtraheerd met alcohol van 80 % bij 80° gedurende één uur. Na de extractie werd geklaard met loodacetaat, aangevuld en gefiltreerd. In de filtraten werd het gehalte aan reduceerende suiker vóór en na inversie

¹⁾ Chem. Weekbl. 11, 336 (1914); 13, 122 (1916).

bepaald (in no. 4 na verdampen van den alcohol) en het gehalte van den aardappel aan reduceerende suiker vóór en na inversie werd berekend. De resultaten zijn in onderstaand overzicht opgenomen.

No. van de proef	1	2	3	4
Duur der extractie	1 uur	2 uur	5 uur	1 uur (alc.)
Red. suiker vóór inversie in % (als glucose)	0.143	0.145	0.141	— ¹⁾
Red. suiker na inversie in % (als glucose)	0.634	0.640	0.638	0.636

Daar we naar analogie met de alcoholische digestiemethode voor de saccharosebepaling in beetwortelen zeker kunnen zijn, dat door extractie met alcohol alle suiker gevonden wordt, blijkt uit de cijfers, dat de waterextractie voldoende is, en wel na twee uur volledig. Verder volgt uit het gelijk blijven van het gehalte aan reduceerende suiker vóór inversie bij de proeven 1, 2 en 3, dat tijdens de extractie zelfs na 5 uur nog geene inversie plaats vindt.

Op grond hiervan werd bij alle bepalingen de extractieduur op twee uur gesteld, waarna geklaard werd met eene oplossing van 300 g neutraal loodacetaat per liter. Van dit klaarmiddel werd zooveel toegevoegd als overeenkwam met 0.05 cm³ per gram oorspronkelijken aardappel; bij aardappelen met hoog droge stofgehalte iets meer. De kolf werd dan aangevuld, de inhoud gefiltreerd, waarna de oplossing voor de bepaling van de suiker gereed was.

Bij deze manier van extraheeren is de suiker na het aanvullen van de kolf niet tot 100 cm³ opgelost, daar een zeker volumen wordt ingenomen door de onoplosbare stoffen uit den aardappel en door het neerslag, dat bij de klaring is ontstaan. Wanneer dit volumen bekend is kan echter eene correctie worden aangebracht. Teneinde de grootte van het volumen te bepalen, werd eene hoeveelheid aardappelbrij als boven na klaring tot 100 cm³ aangevuld, gefiltreerd door een bij 103°—105° gedroogd en daarna gewogen filter, uitgewasschen en gedroogd, eerst bij 40°—50°, daarna bij 103°—105°

¹⁾ Dit gehalte werd niet bepaald, wegens de mogelijkheid van inversie tijdens het verdampen van den alcohol.

tot constant gewicht. Van het gedroogde neerslag werd het soortelijk gewicht bepaald, door het fijngepoederd in een pyknometer met petroleum te wegen. Tevens werd van de oorspronkelijke brij het gehalte aan droge stof bepaald. Het onderstaande overzicht geeft de resultaten, verkregen met verschillende aardappelen:

Datum van onderzoek en herkomst v/d aardappel	Merk v/d aardappel	Gew. v/h neerslag in % v.d. aardappel	Soort. Gew. v/h neerslag	Droge stof i/d aardappel in %	Vol. v/h neerslag per gram aardappel	Vol. v/h neerslag per gram aardappel per proc. droge stof in deze
8/5 '22 oogst '21	Zeeuwsche	23.2	1.54	24.6	0.151 cm ³	0.00614 cm ³
12/8 '23 oogst '22	Blauwen	28.1	1.62	30.8	0.173 "	0.00564 "
12/8 '23 oogst '23	Eigenheimers	20.3	1.65	21.2	0.123 "	0.00580 "
25/8 '23 oogst '22	Zws. Blauwen	29.7	1.58	34.0	0.188 "	0.00554 "
25/8 '23 oogst '23	Bravo's	23.6	1.57	24.6	0.150 "	0.00610 "
15/11 '23 oogst '23	Red Star	21.8	1.55	23.1	0.140 "	0.00607 "

Hieruit volgt, dat het volumen van het neerslag gemiddeld kan worden gesteld op 0.006 cm³ per gram aardappel per procent droge stof, met als grootste afwijking 0.00046 cm³, hetgeen bij eene proef met 15 g aardappel met een droge stofgehalte van 30 % (dus een ongunstig geval) slechts neerkomt op eene fout van $15 \times 30 \times 0.00046 = 0.2$ cm³ of bij gebruik van eene kolf van 100 cm³ op eene relatieve fout van 0.2 %.

De op deze manier berekende correctie werd aangebracht, door de hoeveelheid oorspronkelijke aardappel, die bij de proef in bewerking was genomen met een aan de correctie evenredig bedrag te verhoogen.

Bij het kiezen van de methode volgens welke de saccharose in het extract zal worden bepaald, moet eerst worden beslist of eene polarimetrische dan wel eene chemische methode zal worden gevolgd. Van deze twee principieel verschillende manieren van suikerbepaling kan in het algemeen worden gezegd, dat de eerste de nauwkeurigste uitkomsten geeft als men beschikt over eene geconcentreerde oplossing, terwijl de tweede wat nauwkeurigheid betreft de voorkeur verdient als de te onderzoeken vloeistof slechts weinig

suiker bevat. De oorzaak hiervan ligt in het feit, dat bij polarimetrische bepalingen eene constante instellingsfout wordt gemaakt, die relatief des te kleiner is naarmate de aflezing grooter is. Bij aflezingen in de buurt van 1° Ventzke b.v. zal deze fout tot eenige procenten van de uitkomst stijgen. De chemische methodes echter kunnen, ook al zijn geconcentreerde oplossingen beschikbaar, slechts met eene geringe hoeveelheid suiker worden uitgevoerd. De relatieve fout bij deze methode is daarom onafhankelijk van de voor het onderzoek beschikbare hoeveelheid suiker en blijft beneden 1 %.

Bij het onderzoek der aardappelmonsters komen meestal oplossingen voor, die slechts enkele honderden milligrammen saccharose per 100 cm³ bevatten. Daarom koos ik voor de suikerbepaling eene chemische methode, waartoe eene keuze moest worden gedaan uit de vele modificaties der suikerbepaling door middel van FEHLING'S proefvocht. De methode van WILLSTÄTTER en SCHUDEL¹⁾, voor de bepaling van glucose naast fructose en saccharose, die ook in aanmerking leek te komen, gaf bij vergelijking met eene FEHLING-methode in vele gevallen te hooge uitkomsten, waarschijnlijk te wijten aan de oxydatie van organische niet-suikers door het gebruikte hypojodiet. Dit komt overeen met de uitspraak van KOLTHOFF²⁾ aan het einde van eene studie over deze methode: „Im allgemeinen ist also zu bemerken, dass man bei der Anwendung der jodometrischen Aldosebestimmung den Einfluss sonstigen vorhandenen organischen Stoffe in Rechnung zu ziehen hat.”

Van deze FEHLING-methodes nu, is volgens mijne meening de nauwkeurigste de oude titratiemethode van SOXLETH, zooals die in de laatste jaren door invoering van methyleenblauw³⁾ als indicator is verbeterd, en wel om de volgende redenen⁴⁾:

1^e. het neerslag komt zoo weinig mogelijk in aanraking met de lucht, zoodat de fout, door oxydatie van het neerslag ontstaan, zoo klein mogelijk is.

¹⁾ B. 51, 780 (1918).

²⁾ Z. N. u. G. 45, 140 (1923).

³⁾ LANE en EYNON, J. Soc. Chem. Ind. 42, 32 (1923).

⁴⁾ DE WOLFF, de Suikerindustrie, 22, 282 (1924).

2^o. men kan bij deze methode zelf den titer van de oplossing van FEHLING stellen met zuivere suiker en dan later bij de bepaling geheel op dezelfde wijze als bij de titerstelling tewerk gaan, wat kookduur, volumen, enz. betreft. Echter zijn bij deze methode vrij groote hoeveelheden vloeistof noodig, omdat men de titratie eenige malen moet uitvoeren, alvorens het juiste resultaat te vinden. Zij kan daarom hier niet worden toegepast.

Bij alle andere wijzen van werken met FEHLING's vloeistof is men gebonden aan een voorschrift met eene daarbij behoorende tabel; het gevolg is dat elke, zij het ook nog zoo kleine afwijking van het voorschrift invloed op de uitkomst heeft. Omdat echter deze foutjes gemaakt worden tijdens het koken, heeft de manier, waarop men daarna het koper gaat bepalen, geen invloed meer op de uitkomst, mits men natuurlijk eene als juist erkende koperbepaling kiest. Nog vrij algemeen is de meening verbreid, dat eene suikerbepaling door middel van FEHLING's vloeistof het nauwkeurigst geschiedt, door het neergeslagen koper, na reductie in waterstof, als metaal te wegen. Men vergeet dan echter, dat de fout reeds gemaakt is voordat men aan de koperbepaling toe is. Zonder aan de juistheid van de uitkomst iets te kort te doen, kan men die koperbepaling kiezen, die de snelste uitvoering toelaat. Deze is ongetwijfeld de jodometrische, waarom ik dan ook steeds de suikerbepaling volgens SCHOORL heb toegepast, en wel in den door SCHOORL en KOLTHOFF gewijzigden vorm ¹⁾.

SCHOORL zelf geeft als relatieve fout van deze methode $\pm 1\%$ aan ²⁾. Daar echter, zooals boven is uiteengezet, de fout ontstaat door afwijkingen van het kookvoorschrift, en deze afwijkingen voor denzelfden onderzoeker vrij constant zullen zijn, geloof ik wel te mogen aannemen, dat cijfers, door denzelfden onderzoeker verkregen, wel is waar alle $\pm 1\%$ van de waarheid kunnen afwijken, doch dat de verschillen tusschen de bepalingen onderling veel kleiner zullen zijn dan 1% relatief.

Om de reduceerende suiker in de oplossing te bepalen werd steeds

¹⁾ Pharm. Weekbl. 55, 344, 1338 (1918).

²⁾ Chem. Weekbl. 9, 687 (1912).

25 cm³ in behandeling genomen en het resultaat werd in de tabel van SCHOORL als „saccharose” opgezocht.

Doorgaans wordt bij suikerbepalingen met FEHLING's vloeistof de overmaat loodzout, die zich na de klaring in het filtraat bevindt, verwijderd. Teneinde de methode te bekorten werd dit nagelaten, omdat de invloed van de geringe hoeveelheid lood in dit geval verwaarloosd kan worden. Dit volgt uit de onderstaande overweging:

Rekenen we dat 12 gram aardappel wordt onderzocht, en dat dus 0.6 cm³ loodacetaat is gebruikt (blz. 30). Van deze hoeveelheid komt hoogstens 80 % in het filtraat terecht ¹⁾, zoodat bij de bepaling aanwezig is $\frac{25}{100} \times \frac{80}{100} \times 0.6 = 0.12$ cm³ loodacetaatoplossing met 300 g per liter. Om den invloed van deze hoeveelheid lood na te gaan werd eene invertsuikeroplossing gemaakt; met 25 cm³ hiervan werd de bepaling volgens SCHOORL eenige malen uitgevoerd, bij aanwezigheid van verschillende hoeveelheden loodacetaatoplossing. De resultaten zijn in onderstaand tabelletje verzameld:

Toegevoegde cm ³ loodacetaatopl. (300 g per l)	Teruggetitreerd met cm ³ thio 0.0966 n	Verbruik in cm ³ thio 0.0966 n	Relatieve fout
geen	6.92; 6.85; 6.90	21.72	—
0.10	6.92; 6.89; 6.94	21.69	0.15 %
0.20	7.00; 6.95; 7.00	21.63	0.45 %
	Blanco proef 28.61		

De genoemde hoeveelheid loodzout oefent dus een invloed uit, die te verwaarloozen is; bovendien wordt bij de reductie na inversie eene dergelijke fout gemaakt, zoodat in het verschil der reducties vóór en na inversie (waaruit de saccharose wordt berekend) de invloed van het lood zeer klein zal zijn.

Teneinde de reduceerende suiker na inversie te bepalen invertteert men gewoonlijk een deel van de oplossing volgens het voorschrift van CLERGET of van HERZFELD met 5 cm³ sterk zoutzuur, waarna men

¹⁾ Sucrierie belge, 32, 3 (1913).

neutraliseert. Dit brengt eene verdunning van de oplossing mede, die in dit geval, waar de oplossing reeds zoo weinig suiker bevat, ongewenscht is. Om de verdunning zooveel mogelijk te beperken zou men de neutralisatie kunnen uitvoeren met sterke loog, hetgeen weer het bezwaar heeft dat de vloeistof warm wordt, en dat de invertsuiker onder invloed van de loog veranderen kan. Ik trachtte daarom de inversie met minder zoutzuur uit te voeren, en het daarbij zoo in te richten, dat de oplossing bij deze bewerking en de daaropvolgende neutralisatie zoo weinig mogelijk werd verdund. Afgaande op eene mededeeling van BISHOP ¹⁾, die aangeeft, dat 0.5 % zoutzuur bij 10 minuten lange verwarming op 95°—100° volledige inversie in eene saccharoseoplossing teweegbrengt, zette ik in duplo de volgende proeven in met eene oplossing, verkregen door 50 g aardappelbrij te extraheeren en, na klaring met 2.50 cm³ loodacetaatoplossing, tot 250 cm³ aan te vullen:

1^e. 25 cm³ oplossing + 5 cm³ water + 2 cm³ sterk zoutzuur geïnverteerd volgens HERZFELD, geneutraliseerd en tot 50 cm³ aangevuld.

2^e. 25 cm³ oplossing + 5 cm³ zoutzuur 0.37 n

3^e. 25 „ „ + 5 „ „ 0.74 n

4^e. 25 „ „ + 5 „ „ 1.11 n

In kolfjes van 50 cm³ in een koud waterbad geplaatst en dit, na aan de kook brengen, gedurende 10 min. zacht gekookt. Daarna geneutraliseerd en aangevuld tot 50 cm³.

Alle oplossingen waren dus na de inversie en neutralisatie tot de helft verdund. In 25 cm³ van elke oplossing werd nu eene bepaling volgens SCHOORL verricht. De hoeveelheden thio, voor het terugtitreeren noodig, waren de volgende:

1^e. 12.70 en 12.74 cm³ 0.1265 n

2^e. 12.78 „ 12.80 „ 0.1265 n

3^e. 12.70 „ 12.68 „ 0.1265 n

4^e. 12.72 „ 12.74 „ 0.1265 n

Wanneer we de inversie volgens HERZFELD (no. 1) als juist aannemen, dan wordt dus in 10 minuten volledige inversie teweeggebracht

¹⁾ LIPPMANN, *Chemie der Zuckerarten*, 3e druk, blz. 911.

door 5 cm³ 0.74 n zoutzuur, d.i. 3.7 mg aeq. per 30 cm³ oplossing. Men bereikt dezelfde concentratie ongeveer, door bij 25 cm³ oplossing te voegen 2 cm³ 1½ n zoutzuur. De inversie werd nu voortaan als volgt uitgevoerd:

In een erlenmeyer van 300 cm³ werd 25 cm³ van het extract afgemeten ¹⁾ en 2 cm³ 1½ n zoutzuur toegevoegd. De erlenmeyer werd in een koud waterbad geplaatst, dit laatste aan de kook gebracht en gedurende 10 min. zacht gekookt. Dan werd afgekoeld, 5 cm³ 3/5 n loog toegevoegd en zooveel water als noodig om het volumen op 30 cm³ te brengen; de hoeveelheid water kan door weging bepaald worden, als het gewicht van den drogen erlenmeyer bekend is. Deze inversiemethode heeft niet alleen het voordeel, dat de vloeistof onverdund blijft en de bepaling dus bij slappe oplossingen nauwkeuriger uitvalt, zij geeft tevens eene groote tijdsbesparing.

? 25+2+5
is al 32.

De bepaling volgens SCHOORL werd nu uitgevoerd in denzelfden erlenmeyer en het resultaat in de tabel van SCHOORL als saccharose opgezocht. Na aftrek van de vóór inversie gevonden „saccharose” kon dan het gehalte der aardappelen aan deze suiker worden berekend, onder toepassing der vroeger besproken correctie (blz. 31). Nog eene andere correctie moest echter worden aangebracht. Daar de tabel van SCHOORL slechts geldt voor oplossingen, die alleen reduceerende suiker bevatten, wordt deze suiker vóór inversie te hoog gevonden, omdat in dit geval tevens saccharose aanwezig is. Het berekende saccharosegehalte wordt daardoor te laag. Op grond van eenige proeven werd voor deze correctie een tabelletje opgesteld, waarvan de cijfers geene aanspraak maken op groote nauwkeurigheid, doch voor het beoogde doel voldoende zijn (zie de tabel op blz. 37).

Eindelijk moest nog worden nagegaan, of in het aardappelextract jodiumbindende stoffen aanwezig zijn, die dus op de bepaling volgens SCHOORL invloed zouden kunnen uitoefenen. Hiertoe werd een extract gemaakt van 50 gram aardappelbrij en tot 200 cm³ aan-

¹⁾ Indien meer dan 80 mg suiker per 25 cm³ te verwachten was, werd natuurlijk minder genomen en met water tot 25 cm³ aangevuld.

Invloed van saccharose op invertsuikerbepalingen van 0—20 mg volgens de methode van SCHOORL.

Aanwezige saccharose tijdens de proef:	De reduceerende suiker, berekend als saccharose wordt te hoog gevonden:
10 mg	—
20 mg	0.1 mg
30 mg	0.2 mg
40 mg	0.25 mg
50 mg	0.35 mg
60 mg	0.4 mg
70 mg	0.45 mg
80 mg	0.5 mg

gevuld, na klaring met 2.50 cm³ loodacetaatoplossing. De invloed van 25 cm³ hiervan (6.25 gram aardappel) op de blanco proef werd zoowel vóór als na inversie vastgesteld:

Datum v/d proef en herkomst v/d aardappel	Merk v/d aardappel	Blanco proef (niet gekookt) cm ³ 0.1 n thio	Als voren met 25 cm ³ extract	Als voren met 25 cm ³ geïnverteerd extract
20/5 '22 oogst '21	Zws. Blauwen	27.62	27.51	27.60
10/8 '23 oogst '23	Bravo's	27.54	27.48	27.60

De hoeveelheid gebonden jodium is bij gebruik van 6.25 g brij hoogstens $0.1 \text{ cm}^3 \frac{n}{10}$, zoodat de invloed te verwaarlozen is bij de bepalingen, waarbij gewoonlijk slechts ± 3 gram brij werd verwerkt.

Ten slotte volgt hieronder een voorbeeld van de berekening van het saccharosegehalte uit de uitkomsten der titraties:

Voor de saccharosebepaling fijngestampt 12.35 gram aardappel. Droge stof 26.8 %. Het gecorrigeerde gewicht (blz. 31) is dus:

$$12.35 \times \frac{100}{100 - 12.35 \times 26.8 \times 0.006} = 12.60 \text{ gram.}$$

De brij is tot 100 cm³ opgevuld na klaring met 0.6 cm³ loodace-

taatoplossing. Van het filtraat hiervan verbruikten 25 cm³ bij de terugtitratie volgens SCHOORL:

	Vòòr inversie:	Na inversie:
	25.83 cm ³ 0.1022 n thio	14.15 cm ³ 0.1022 n thio
Blanco proef	27.08 " " "	27.08 " "
Verbruik in cm ³ 0.1022 n thio	1.25 " " "	12.93 " "
Verbruik in cm ³ $\frac{n}{10}$ thio	1.28 " " "	13.21 " "
Overeenkomend met	3.97 mg saccharose	42.29 mg saccharose
Correctie volgens blz. 37	0.25 " " "	
	3.72 " " "	→ 3.72 " "
Vershil in reductie vòòr en na inversie		38.57 " "
Aanwezig in 12.60 gram aardappel	4 × 38.57 = 154.3 mg saccharose.	
	Percentage 1.22%.	

DE GEBRUIKTE AARDAPPELEN

Voor de proeven werden steeds gezonde, onbeschadigde en regelmatig gevormde aardappelen uitgezocht. Zij werden vòòr het snijden niet geschild, doch met een droog borsteltje van aanhangend vuil ontdaan.

In Mei 1922 werd het onderzoek begonnen met Zeeuwsche Blauwen (pootaardappelen); teneinde aardappelen van dezelfde soort te houden werd een deel van deze op 1 Mei 1922 gepoot op een stuk kleigrond in den Haarlemmermeerpolder en geoogst op 2 Sept. 1922. Het bleek echter al spoedig, dat de nakomelingen met hunne stamvaders geene grootere overeenkomst vertoonden, dan met exemplaren uit nieuw aangeschafte partijen. Trouwens ook het verschil tusschen exemplaren van dezelfde partij aardappelen is, wat suikergehalte en suikervormend vermogen betreft reeds zoo groot, dat men uit kleine verschillen in suikervorming bij verschillende behandeling alleen dan eene conclusie mag trekken, als de verschillen zijn geconstateerd in deelen van één en denzelfden aardappel, waarbij dan nog bovendien het snijden der porties op eene bepaalde manier moet plaats hebben (blz. 66). Ik heb dan ook de verder benoodigde aardappelen niet meer zelf verbouwd. Later werden ook andere soorten in het onderzoek betrokken. In de volgende bladzijden is bij elke proef de datum vermeld, alsmede de soort en het oogstjaar van den aardappel.

Nog kan worden opgemerkt, dat tegen den tijd van het uitloopen (Maart) de later te beschrijven algemeene eigenschappen zich niet meer met zekerheid lieten constateeren wegens de sterke toeneming van het gehalte aan reduceerende suiker, die dan meestal tijdens de proef plaats vond en die den indruk maakte, ten koste van de saccharosevorming te geschieden. Eene uitzondering hierop maakte de eerste partij poot aardappelen. In verband hiermede kon slechts van September tot Maart aan het onderzoek worden gewerkt.

HOOFDSTUK V

DE IN DEN AARDAPPEL AANWEZIGE SUIKERS

DE SACCHAROSE

Hoewel reeds door verscheidene onderzoekers saccharose uit aardappelen is verkregen ¹⁾, leek het mij bij dit onderzoek gewenscht, de afscheiding van deze suiker zelf te beproeven. Hiertoe werd ± 100 gram poeder van bij ongeveer 35° gedroogde aardappelen met water bij kamertemperatuur gedrenkt, de verkregen brij uitgeperst, en deze bewerking eenige malen herhaald. De verkregen extracten werden, na zwak alkalisch maken met soda, tot ± 100 cm³ uitgedampt. Daarna werd 400 cm³ alcohol van 96 % toegevoegd en na een dag gefiltreerd. Het filtraat werd in eene kolf met terugvloeikoeler aan de kook gebracht waarna bij gedeelten 100 cm³ van eene warme verzadigde oplossing van strontiumhydroxyde werd toegevoegd. Na nog $\frac{1}{2}$ uur koken werd het ontstane neerslag warm afgefiltreerd en zooveel mogelijk droog gezogen. Het neerslag werd dan verdeeld in 200 cm³ kokende verzadigde strontiumhydroxyde-oplossing en na 5 min. koken weer gefiltreerd. Nadat het door persen tusschen filtreerpapier zooveel mogelijk van de aanhangende vloeistof was bevrijd, werd het neerslag in 300 cm³ water gesuspendeerd, waarna de vloeistof met oxaalzuuroplossing bijna werd geneutraliseerd t.o.v. fenolftaleïne. Hierop werd gefiltreerd, het filtraat uitgedampt tot een klein volumen, geheel geneutraliseerd met oxaalzuuroplossing, één gram „Norit” toegevoegd, gekookt en gefiltreerd. Nu was eene lichtgeel gekleurde vloeistof verkregen, die in een exsiccator werd bewaard. Nadat ze hierin in eene stroop

¹⁾ WATERMAN, Chem. Weekbl. 11, 336 (1914); SCHULZE en SELIWANOFF, Landw. Versuchsst. 34, 403 (1888).

was overgegaan werd met een korreltje saccharose geënt. Na eenige weken konden uit de stroop kristallen van enkele mm doorsnede worden verkregen, die met alcohol werden gewasschen en daarna in een exsiccator gedroogd. Het gewicht dezer geel getinte kristallen was 0.5 gram. Uit de rest der stroop scheidden zich na langer verblijf in den exsiccator opnieuw kristallen af, geler van kleur dan de eerste. Na drogen bedroeg het gewicht hiervan 1.52 gram. Deze werden opgelost tot 50 cm³ en de oplossing werd in eene 2 dm lange buis gepolariseerd. Uit de draaiing van 11°.4 Ventzke volgt een saccharosegehalte van 97.5 %.

We mogen hierdoor bewezen achten dat in de gedroogde aardappelen saccharose aanwezig is; echter is geenszins het bewijs geleverd, dat *alle* suiker, die door het verschil in reductie van FEHLING's proefvocht vòòr en na inversie gevonden wordt, uit saccharose bestaat. Als bewijs hiervoor mag m.i. worden aangenomen het feit, dat het percentage saccharose, gevonden uit het verschil in reductie vòòr en na inversie, overeenstemt met het percentage saccharose, dat berekend kan worden uit de polarisatie vòòr en na inversie. Ik trachtte daarom aan te toonen, dat deze percentages gelijk zijn en bepaalde bij eenige proeven in het volgens Hoofdstuk IV verkregen aardappelextract de saccharose ook door de dubbele polarisatiemethode, als volgt: Van het extract werd in eene buis van 2 dm de polarisatie in graden Ventzke bepaald, door het gemiddelde van vijf aflezingen te nemen. Elke aflezing geschiedde tot in honderdste graden nauwkeurig. Op dezelfde wijze werd de polarisatie bepaald in de oplossing, verkregen door 50 cm³ extract na invertieren volgens HERZFELD tot 100 cm³ op te vullen. Het

saccharosegehalte werd dan berekend uit de formule:
$$S = \frac{P_v - 2 P_n}{142 - \frac{1}{2}t}$$

$\times 100 \times \frac{26}{g}$ waarin g = aantal grammen aardappel.

Daar de temperatuur bij alle proeven in de buurt van 18° lag, werd

de formule:
$$\frac{P_v - 2 P_n}{0.0512 g} = S.$$

De uitkomsten bleken echter in geenen deele overeen te komen

met die volgens de methode van SCHOORL verkregen, en wel werd volgens de polarimetrische methode steeds een lager bedrag gevonden dan volgens SCHOORL. Ook het gebruik van andere klaarmiddelen dan neutraal loodacetaat, zoals basisch loodacetaat, basisch mercurinitraat, gaf geene verbetering. WATERMAN vond bij zijne proeven tamelijk goede overeenstemming tusschen de beide methodes, al is ook bij hem het saccharosegehalte, berekend uit de polarisatiemethode, lager ¹⁾. Het klaarmiddel wordt door hem niet genoemd. Het verschil in resultaat zal moeten worden toegeschreven aan de verschillende aardappelen, die werden gebruikt en waarschijnlijk aan de hoeveelheid optisch actieve niet-suikers in deze. Het is een bekend feit, dat ook in de melasse der suikerindustrie de methode der dubbele polarisatie faalt, omdat niet aan de grondgedachte der methode is voldaan, nl. dat de niet-suikers vòòr en na de inversie dezelfde draaiing moeten vertoonen. In deze melasse schijnen het vooral aminozuren te zijn, die door hunne draaiingsverandering in zure oplossing niet aan dezen eisch voldoen. Het was deze kwestie, die STANEK er toe bracht zijne gewijzigde methode van dubbele polarisatie uit te werken, waarbij met broomwater wordt geklaard en beide polarisaties geschieden in vloeistoffen van gelijken zuurgraad ²⁾. Ik heb daarom ook de methode van STANEK op de aardappelextracten toegepast en geef in de volgende tabel de uitkomsten, vergeleken met die volgens HERZFELD en volgens SCHOORL:

Hoeveelheid oorspronk. aardappel, tot 100 cm ³ geëxtraheerd	Klaarmiddel bij de methode van HERZFELD	Polarisatie vòòr inver- sie volgens		Polarisatie na inversie volgens		Saccharosegehalte der aardappelen volgens		
		HERZ- FELD	STANEK	HERZ- FELD	STANEK	HERZ- FELD	STANEK	SCHOORL
29.7g	neutr. lood	2.16	2.24	0.00	— 0.22	1.42	1.76	1.70
25.8g	id. id.	1.80	1.94	— 0.14	— 0.30	1.58	1.92	1.87
26.6g	id. id.	2.58	3.02	— 0.11	— 0.24	2.06	2.57	2.51
26.8g	bas. lood	1.83	2.02	— 0.12	— 0.26	1.51	1.85	1.89
zelfde monster	20.9g bas. kwiknitr.	1.08	—	— 0.12	—	1.23	—	1.44
	29.2g neutr. lood	1.70	1.90	— 0.04	— 0.10	1.19	1.41	

¹⁾ Chem Weekbl. 11, 334 (1914).

²⁾ Z. Böhmen, 39, 421 (1914/15).

De resultaten, volgens STANEK's methode verkregen, stemmen dus zeer goed overeen met die volgens SCHOORL. Hieruit mogen we met vrij groote zekerheid besluiten, dat inderdaad alle inverteerbare suiker in den aardappel uit saccharose bestaat.

DE REDUCEERENDE SUIKER

Daar glucose het bekende splitsingsproduct van zetmeel is, ligt het voor de hand, dat de reduceerende suiker in den aardappel geheel of gedeeltelijk uit deze hexose bestaat. In verband met het voorkomen van saccharose leek het mij van belang naar de aanwezigheid van fructose te zoeken.

Voor het kwalitatief aantonen van deze suiker naast saccharose en glucose werd gebruik gemaakt van twee door KOLTHOFF ¹⁾ aangegeven methodes. De eerste berust op de grootere gevoeligheid van fructose ten opzichte van het reagens van STANLEY-BENEDICT; bij de tweede wordt eerst de glucose door natriumhypoiodiet geoxydeerd, waarna de reductie die de oplossing met FEHLING's vloeistof geeft, beoordeeld wordt.

De proef werd als volgt uitgevoerd:

Het door uitpersen van aardappelbrij verkregen sap werd met neutraal loodacetaat geklaard en gefiltreerd. De overmaat lood werd met zoo weinig mogelijk soda neergeslagen en het neerslag door filtratie verwijderd. 2 cm³ van het filtraat bevatten, volgens de methode van SCHOORL, 14 mg invertsuiker.

Bij 2 cm³ van dezelfde vloeistof werd nu gevoegd 4 cm³ $\frac{n}{10}$ jodium en 5 cm³ 2n soda. Na 1½ uur werd bij het mengsel normaal thiosulfaat gedruppeld totdat een druppel van de vloeistof met zoutzuur en stijfseloplossing geene blauwkleuring meer gaf. Nu werd 4 cm³ FEHLING's vloeistof toegevoegd en het mengsel in eene reageerbuis in een kokend waterbad verwarmd. Reeds na ééne minuut ontstond een duidelijk neerslag, hetgeen wijst op de aanwezigheid van fructose. Om een denkbeeld te krijgen van de hoeveelheid van deze suiker, die in de oplossing aanwezig was, werd nogmaals als boven

¹⁾ Chem. Weekbl. 13, 888 (1916); 19, 1 (1922).

de glucose in 2 cm³ van het geklaarde sap geoxydeerd. Van de 11 cm³ die na de behandeling aanwezig zijn, werden nu verschillende gedeelten met water tot 11 cm³ aangevuld en weer met 4 cm³ FEHLING's vloeistof in het waterbad verhit. De resultaten waren als volgt:

0.3 cm ³	+	10.7 cm ³	water	+	4 cm ³	FEHLING:	geene reductie na 5 min.
0.6 "	+	10.4 "	"	+	4 "	"	" " " 5 "
1.2 "	+	9.8 "	"	+	4 "	"	zwakke reductie na 5 min.
2.4 "	+	8.6 "	"	+	4 "	"	duidelijke reductie na 4 min.

Nemen we de grens der reactie volgens KOLTHOFF aan op 0.2 mg fructose, dan bevat dus 2 cm³ geklaard sap: $\frac{11}{1.2} \times 0.2 = \pm 2$ mg fructose. Volgens de methode van SCHOORL werd in 2 cm³ 14 mg invert gevonden, zoodat het grootste deel der reduceerende suiker in den aardappel uit glucose zou bestaan.

Bij eene herhaling van bovenstaande proef met andere aardappelen werd in het geklaarde sap per cm³ 2 mg invert volgens SCHOORL gevonden, terwijl uit de grensreactie als boven een fructosegehalte volgde van 0.1 mg per cm³. Met dit sap werd ook de andere reactie op fructose uitgevoerd:

Bij 1 cm³ van het geklaarde sap werd 5 cm³ reagens van STANLEY-BENEDICT gevoegd en het mengsel werd $\frac{1}{2}$ uur lang in een waterbad op 37°—40° verwarmd. Het resultaat was twijfelachtig. Met 2 cm³ sap en 5 cm³ reagens werd de reactie duidelijker.

We mogen uit deze proeven besluiten, dat doorgaans een deel der reduceerende suiker in den aardappel uit fructose zal bestaan, zooals ook te verwachten was door de aanwezigheid van saccharose. De fructose schijnt echter wel het kleinste deel der reduceerende suiker uit te maken, als men afgaat op de boven beschreven schattingen bij de kwalitatieve fructose-reactie. Dat de methode van WILLSTÄTTER en SCHUDEL ter quantitative bepaling van de fructose (door aftrek van glucose van de invertsuiker) niet werd toegepast, zal na hetgeen op blz. 32 over deze methode gezegd is duidelijk zijn.

HOOFDSTUK VI

HERHALING DER PROEVEN VAN WATERMAN

Bij den aanvang van het onderzoek, in Mei 1922, trachtte ik allereerst de door WATERMAN verkregen resultaten te bevestigen. Als materiaal hiervoor werd gekozen eene partij Zeeuwsche Blauwen, pootaardappelen, afkomstig van oogst 1921. Nadat door eenige voorloopige proeven gebleken was, dat deze aardappelen bij drogen sterk in saccharosegehalte vooruitgingen, werden twaalf stuks uitgezocht met een gewicht van 40—45 gram. Elk dezer knollen werd, door middel van sneden volgens de lengteas, in acht gelijke deelen verdeeld, waarna acht monsters werden gemaakt, zoodanig dat in elk daarvan elke aardappel vertegenwoordigd was. Door deze wijze van snijden hoopte ik te bereiken, dat de monsters zooveel mogelijk gelijk in samenstelling en eigenschappen zouden zijn. Van elk monster werd een deel genomen voor de bepaling van het droge stof- en het oorspronkelijke saccharosegehalte. De andere monsters werden, nadat ze in schijfjes van enkele mm dikte waren gesneden, gedroogd bij verschillende temperaturen, tot ze broos waren geworden. Het drogen bij temperaturen, gelegen tusschen 30° en 50° geschiedde, om de omstandigheden geheel gelijk te houden, in dezelfde droogstoof met watermantel, waarin de temperatuur met behulp van een thermoreguleur tot op 0°.2 constant kon worden gehouden. In de stoof lagen de schijfjes op een net van paardenhaar. Door deze regeling moesten enkele monsters voordat ze aan de beurt kwamen eenige dagen worden bewaard, hetgeen geschiedde in vochtige stopflesschen op eene koele plaats. Ze bleken daarbij niet noemenswaard uit te drogen. Het drogen bij temperaturen tusschen 50° en 100° had plaats in andere droogstoven; bij kamertemperatuur gebeurde het in een exsiccator boven sterk zwavelzuur.

Het resultaat der proef is weergegeven in de volgende tabel. Bij deze en bij alle verdere proeven zijn de gehalten aan reduceerende suiker en aan saccharose uitgedrukt in procenten van den oorspronkelijken aardappel.

Datum van de proef: 8 Mei 1922.

Zeeuwsche Blauwen, oogst 1921.

Droge stofgehalte 28.2 %

No.	Gewicht vóór het drogen in grammen	Gewichtsverlies tijdens het drogen in %	Temperatuur waarbij gedroogd is	Duur van het drogen in uren	Gehalte in % aan		Toeneming van het saccharosegehalte in %
					reduceerende suiker	saccharose	
1	63.16	71.9	16°—18°	280	0.93	1.70	1.39
2	67.96	71.1	30°.5	32	0.65	1.64	1.33
3	55.60	71.6	35°.0	24	0.50	1.57	1.26
4	60.60	71.5	40°.8	22	0.63	1.44	1.13
5	51.60	71.4	45°.5	20	0.39	1.17	0.86
6	55.37	72.0	46°.0	20	0.79	1.16	0.85
7	69.46	70.3	59°.0	14½	0.68	0.86	0.55
8	63.82	69.4	98°—100°	6	0.80	0.52	0.21
9	Oorspronkelijke aardappel			—	0.62	0.31	—

Eene herhaling van de proef op dezelfde manier gaf de volgende cijfers:

Datum van de proef: 20 Mei 1922.

Zeeuwsche Blauwen, oogst 1921.

Droge stofgehalte 27.9 %

No.	Gewicht vóór het drogen in grammen	Gewichtsverlies tijdens het drogen in %	Temperatuur waarbij gedroogd is	Duur van het drogen in uren	Gehalte in % aan		Toeneming van het saccharosegehalte in %
					reduceerende suiker	saccharose	
1	74.41	68.6	36°.0	34	0.65	2.12	1.51
2	78.73	67.4	40°.5	20	0.75	2.07	1.46
3	69.26	67.8	47°.1	23	0.57	1.77	1.16
4	72.53	67.7	66°.5	8½	0.69	1.13	0.52
5	73.64	69.4	94°.0	6	0.84	0.82	0.21
	Oorspronkelijke aardappel			—	0.80	0.61	—

Geheel in overeenstemming met de resultaten van WATERMAN wordt de saccharosevorming des te grooter gevonden, naarmate bij lagere temperatuur is gedroogd. Echter ligt, zooals de eerste tabel laat zien, het maximum der suikervorming niet tusschen 30° en 40° . We krijgen den indruk, dat de regelmatigheid „hoe lagere droogtemperatuur, hoe meer saccharose” voor het geheele temperatuurgebied van 16° tot 100° geldt. Dit zou reeds in tegenspraak zijn met de op blz. 8 genoemde verklaring.

Door drogen bij 100° vond WATERMAN geene saccharosevorming; de thans gevonden cijfers wijzen op eene geringe vooruitgang, die echter wel zal te wijten zijn aan het feit, dat de schijfjes niet snel genoeg de temperatuur van de stoof aannemen, zoodat reeds saccharose is gevormd voordat 100° is bereikt.

Merkwaardig is het onregelmatige verloop van het gehalte aan reduceerende suiker. Dit blijkt van geheel andere omstandigheden afhankelijk te zijn dan het saccharosegehalte, zooals duidelijk te zien is aan de nos. 5 en 6 van de eerste tabel, die, op gelijke manier gedroogd zijnde, een gelijk saccharosegehalte vertoonen, terwijl het gehalte aan reduceerende suiker bij no. 6 tweemaal zoo groot is als bij no. 5 ¹⁾.

Over het verloop van het saccharosevormend vermogen in verband met den ouderdom van den aardappel geven de proeven, waarvan de resultaten in de tabel op blz. 48 zijn vermeld, een denkbeeld:

Gedurende eenige maanden werden droogproeven verricht bij 35° — 40° met de in Mei 1922 aangeschafte pootaardappelen en met hunne nakomelingen. Van deze laatste werden eenige in onrijpen toestand (als het loof van de plant nog niet was verdord) voor het onderzoek gebruikt.

We vinden hier de waarnemingen van WATERMAN bevestigd, dat oude aardappelen (8 Mei en 27 Mei) grooter saccharosevormend vermogen hebben dan jonge, pas geoogste (2 Sept.) en dat gedurende de rustperiode dit vermogen toeneemt (vgl. 2 Sept. en 25 Oct.). De onrijpe knollen van 29 Juli maken echter de meeste suiker en gedu-

¹⁾ Deze analyses werden in duplo verricht.

Zeeuwsche Blauwen, gedroogd bij 35°—40°.

Datum van de proef	Oogstjaar	% droge stof	Gehalte aan suiker in %				Toene- ming v/h sac- charo- sege- halte
			Oorspronk. aard- appel		Na het drogen		
			Reduc. suiker	Saccha- rose	Reduc. suiker	Saccha- rose	
8 Mei '22	1921	28.2	0.62	0.31	0.50	1.57	1.26
27 Mei '22	1921	32.1	0.40	0.93	0.45	2.80	1.87
29 Juli '22	'22 (onrijp)	20.3	0.38	0.82	0.26	3.11	2.29
4 Aug. '22	'22 id.	20.5	0.58	0.58	0.37	2.50	1.92
10 Aug. '22	'22 id.	21.2	0.38	0.31	0.28	1.51	1.20
2 Sept. '22	'22 (rijp)	23.2	0.03	0.44	0.06	1.38	0.94
25 Oct. '22	'22 id.	22.3	0.21	0.15	0.18	1.34	1.19

rende het ontwikkelingsproces zien we de hoeveelheid saccharose, die tijdens het drogen gevormd wordt, geleidelijk afnemen. Deze waarneming leek mij van groot belang om de volgende reden:

Als men aanneemt, dat zich in den aardappel de beide reacties zetmeel→saccharose en saccharose→zetmeel afspeelen, dan rijst de vraag of deze reacties door hetzelfde, dan wel door verschillende enzymen veroorzaakt worden ¹⁾. Neemt men een oogenblik het laatste aan, dan zal men dus in een rijpenden aardappel, wegens de noodzakelijkheid van zetmeelvorming, veel van het zetmeelopbouwende enzyme verwachten; in een aardappel die aan het einde van zijne rustperiode is gekomen zal echter, omdat nu suikervorming noodig is, veel van het zetmeelafbrekende enzyme moeten voorkomen. Indien nu blijkt, dat een rijpende aardappel tijdens het drogen minstens evenveel saccharose vormt als een aardappel, die op het punt staat uit te loopen, dan zou het voor de hand liggen, beide enzymen identiek te verklaren, en dus slechts één enzyme voor beide reacties aan te nemen.

In de volgende jaren heb ik dan ook gepoogd de groote saccharosevorming in onrijpe aardappelen nogmaals te constateeren. Bij deze proeven bleef echter de vermeerdering van het saccharosegehalte vrij sterk ten achter bij die, welke in oude aardappelen plaats vindt.

¹⁾ Chem. Weekbl. 13, 583 (1916).

HOOFDSTUK VII

EIGEN ONDERZOEK

Wanneer we de oorzaak der saccharosevorming, die tijdens het drogen van aardappelschijven plaats vindt, willen opsporen, dan dienen we er ons rekenschap van te geven, dat bij de droogproeven steeds drie veranderingen met den aardappel hebben plaats gevonden, nl.

- 1^e. het snijden in schijven, dus verwonden.
- 2^e. het blootstellen aan hooge temperatuur.
- 3^e. het verliezen van water.

Elk dezer veranderingen kan geheel of gedeeltelijk de oorzaak zijn van het verschijnsel; om van elk den invloed te leeren kennen werd de saccharosevorming bestudeerd, die door de factoren afzonderlijk, d.w.z. onder zooveel mogelijke uitsluiting der beide andere, wordt teweeggebracht.

Deze invloeden zullen hieronder één voor één worden behandeld.

INVLOED VAN HET VERWONDEN

Van een aardappel, die bij 10° bewaard was, werden vier porties gesneden op de reeds beschreven manier. Eéne daarvan werd direct na het snijden onderzocht, ééne werd voor de droge stofbepaling gebruikt, de beide andere werden in vochtige stopflesschen bij 10° bewaard en na verloop van eenigen tijd onderzocht. De resultaten van deze proef zijn op de volgende bladzijde in eene tabel opgenomen.

Datum van de proef: 12 Sept. 1922.

Zeeuwsche Blauwen, oogst 1922.

Droge stof 24.2 %

No.	Gewicht der porties in grammen	Gewichtsverlies tijdens het bewaren in %	Duur van het bewaren in uren	Gehalte aan suiker in %	
				Reduc. suiker	Saccharose
1	12.28	—	0	0.06	0.28
2	12.28	0.2	24	0.09	0.36
3	12.49	2.3	24	0.14	0.45

De proef werd herhaald met 5 porties. Hierbij werd de flesch, waarin zich monster no. 4 bevond, na 52 uur geopend (zoodat vanaf dit moment de schijfjes begonnen uit te drogen) om te constateeren, dat bij waterverlies saccharosevorming in veel sterkere mate plaats vindt. De resultaten van deze proef zijn:

Datum van de proef: 6 Jan. 1923.

Zeeuwsche Blauwen, oogst 1922.

Droge stof 25.2 %

No.	Gewicht der porties in grammen	Gewichtsverlies tijdens het bewaren in %	Duur van het bewaren in uren	Temperatuur tijdens het bewaren	Gehalte aan suiker in %	
					Reduc. suiker	Saccharose
1	14.61	—	0	10°	0.09	0.10
2	14.82	0.3	25	10°	0.11	0.29
3	15.14	0.2	52	10°	0.23	0.27
4	14.90	11.6	126	10°	0.48	0.70

Ondanks het bewaren in vochtige flesschen, zijn bij beide proeven de aardappelen een weinig uitgedroogd. Bij de eerste proef is echter het verschil in saccharosegehalte der nos. 2 en 3 0.09 %, bij een verschil in waterverlies van 2.1 %. Daaruit berekent men, dat zonder

uitdroging na 24 uur het saccharosegehalte $0.36 - \frac{0.2}{2.1} \times 0.09 =$

0.35 % zou zijn geweest. Op rekening van de verwonding moet dus eene toeneming van $0.35 - 0.28 = 0.07$ % worden gesteld. Bij de tweede proef is door de verwonding het gehalte met ± 0.2 %

toegenomen; uit deze proef blijkt tevens, dat de toeneming na \pm 24 uur tot stilstand komt (nos. 2 en 3), terwijl no. 4 het bewijs levert, dat bij wateronttrekking het saccharosegehalte veel meer stijgt. De verwonding is dus niet geheel zonder invloed; van den grooten vooruitgang in saccharosegehalte, die bij de droogproeven binnen korten tijd wordt waargenomen, kan zij echter niet de oorzaak zijn.

Dat verwonding alleen reeds suikervorming in de hand kan werken is niet vreemd. Daar toch door verwonding de ademhaling intensiever wordt ¹⁾ is het zeer wel denkbaar, dat er een prikkel tot verhooging van het suikergehalte van uit gaat, teneinde het grootere suikerverbruik te dekken. Dan rijst echter de vraag of het tot stilstand komen der suikervorming na 24 uur niet te wijten kan zijn aan het bewaren in gesloten flesschen, dus aan zuurstofgebrek, en of bij bewaren, zonder uitdrogen, onder voortdurenden toevoer van frissche lucht de stijging van het suikergehalte niet langer zal aanhouden. Daarom werd later nog eene proef ingezet, waarbij tijdens het bewaren lucht, die met waterdamp verzadigd was, door de flesschen werd geleid. De resultaten van deze proef volgen hieronder; er blijkt uit, dat ook bij het bewaren onder voortdurenden toevoer van frissche lucht de saccharosevorming tengevolge van verwonding spoedig tot stilstand komt.

Datum van de proef: 7 Oct. 1925.

Zeeuwsche Blauwen, oogst 1925.

No.	Gewicht der porties in grammen	Gewichtsverlies tijdens het bewaren in %	Duur van het bewaren in uren	Temperatuur tijdens het bewaren	Suikergehalte in %	
					Reduc. suiker	Saccharose
1	13.91	—	0	12°	0.12	0.24
2	14.46	0.3	24	12°	0.12	0.35
3	14.85	0.3	50	12°	0.13	0.37
4	14.08	0.4	24 (lucht)	12°	0.13	0.35
5	14.25	0.5	50 (lucht)	12°	0.13	0.35

¹⁾ CZAPEK, Biochemie der Pflanzen, 2e druk, deel III, blz. 41.

INVLOED VAN DE TEMPERATUUR EN VAN HET WATERVERLIES

Reeds de proeven, vermeld op blz. 46 wekten den indruk, dat hogere temperatuur niet bevorderend op de saccharosevorming werkt. De volgende proeven bevestigen dit vermoeden.

Van drie porties, afkomstig van vijf aardappelen, werd ééne direct onderzocht, ééne bij 35° in de droogstoof gedroogd, terwijl de derde evenlang als de tweede in de stoof werd gelaten, doch in eene vochtige flesch, zoodat uitdrogen niet mogelijk was.

Datum van de proef: 28 Mei 1922.

Zeeuwsche Blauwen, oogst 1921.

No.	Gewicht der porties in grammen	Gewichtsverlies tijdens de behandeling in %	Duur van de behandeling in uren	Temperatuur tijdens de behandeling	Gehalte aan suiker in %	
					Reduc. suiker	Saccharose
1	32.46	oorspronkelijke aardappel			0.83	1.22
2	35.38	67.8	24	35°	0.76	2.80
3	33.92	0.9	24	35°	0.44	1.12

Eene dergelijke proef gaf de volgende cijfers:

Datum van de proef: 25 Nov. 1922.

Zeeuwsche Blauwen, oogst 1922.

Droge stof 24.8 %

No.	Gewicht der porties in grammen	Gewichtsverlies tijdens de behandeling in %	Duur van de behandeling in uren	Temperatuur tijdens de behandeling	Gehalte aan suiker in %	
					Reduc. suiker	Saccharose
1	12.38	oorspronkelijke aardappel			0.12	0.21
2	12.75	1.0	10	40°	0.12	0.24
3	13.14	0.5	24	40°	0.09	0.11
4	13.20	70.8	24	40°	0.09	1.42

Bij eene andere proef werd als volgt tewerk gegaan:

Van vier monsters werd no. 1 direct onderzocht; nos. 2, 3 en 4 werden bij 36° gedurende 5 uur gedroogd; na verloop van dezen tijd werd no. 2 onderzocht, no. 3 in eene flesch gedaan, en weer in de

stoom geplaatst, zoodat verder uitdrogen niet mogelijk was, terwijl no. 4 in de stoom werd gelaten tot volkomen uitdroging.

Datum van de proef: 6 Juni 1922.

Zeeuwsche Blauwen, oogst 1921.

Droge stof 31.6 %

No.	Gewicht der porties in grammen	Gewichtsverlies tijdens de behandeling in %	Duur van de behandeling in uren	Temperatuur tijdens de behandeling	Gehalte aan suiker in %	
					Reduc. suiker	Saccharose
1	35.75	oorspronkelijke	aardappel		0.47	1.55
2	36.48	13.3	5	36°	0.34	2.04
3	37.80	13.2	5 + 31	36°	0.19	1.55
4	37.75	63.6	36	36°	0.29	2.53

Uit deze drie proeven volgt, dat verblijf bij hooge temperatuur zonder gelijktijdige uitdroging het saccharosegehalte doet dalen. Vooral de laatste serie toont dit duidelijk aan. Terwijl no. 2 (en dus ook nos. 3 en 4) na 5 uur drogen $2.04 - 1.55 = 0.49$ % saccharose had gevormd, verdwijnt deze hoeveelheid door 31 uur verblijf bij dezelfde temperatuur als men het uitdrogen stopzet (no. 3); laat men de uitdroging echter doorgaan, dan wordt in 31 uur nog eens $2.53 - 2.04 = 0.49$ % saccharose gevormd.

We komen dus tot het resultaat, dat de derde der factoren, die boven werden genoemd, het waterverlies, hoofdzakelijk de aanleiding is tot vorming der saccharose bij de proeven van WATERMAN.

PROEVEN MET TOT MOES GESTAMPTE AARDAPPELEN

Een van de groote bezwaren bij het verrichten van vergelijkende proeven met aardappelen is gelegen in het feit, dat men niet zeker is, dat de porties, met hoeveel overleg ook gesneden, gelijk in samenstelling en eigenschappen zijn. Dit bezwaar zou vervallen, indien het verschijnsel der saccharosevorming ook in tot moes.gestampde aardappelen zou optreden, omdat dan een gemiddeld monster der brij gemakkelijk te maken zou zijn. Bij de volgende proef werd daarom

het saccharosevormend vermogen van schijfjes en brij van denzelfden aardappel onder gelijke omstandigheden vergeleken:

Datum van de proef: 8 Aug. 1922.

Zeeuwsche Blauwen, oogst 1922 (onrijp).

No.	Gewicht der porties in grammen	Toestand waarin gedroogd	Gewichtsverlies tijdens het drogen in %	Duur van het drogen in uren	Temperatuur waarbij gedroogd is	Suikergehalte in %	
						Red. suiker	Saccharose
1	25.38	brij	73.0	28	35°	0.36	0.40
2	29.38	schijfjes	73.1	28	35°	0.49	2.08
3	oorspronkelijke aardappel			—	—	0.54	0.55

De gebruikte aardappel is zeer goed in staat, saccharose te maken, dit blijkt uit no. 2. Toch is in den tot brij gestampten knol het saccharosegehalte zelfs afgenomen.

Om de mogelijkheid uit te sluiten, dat in de brij door vreemde organismen suiker wordt verbruikt, werd de proef later nog eens herhaald onder toevoeging van 1% toluol aan de brij. Deze koolwaterstof werkt desinfecteerend zonder dat enzymen verlamd worden ¹⁾. Bij deze proef werd alleen het gehalte aan reduceerende suiker na inversie bepaald in den oorspronkelijken aardappel en in de brij, nadat deze gedroogd was:

Datum van de proef: 7 Nov. 1923.

Bravo's, oogst 1923.

Gehalte van den oorspronkelijken aardappel 0.40 %

Gehalte van de brij (+ 1 % toluol) na het drogen bij 35° 0.40 %

Door aardappelbrij wordt dus tijdens het drogen geene saccharose gevormd. Dit werd later nog eenige malen bevestigd.

HET VERLOOP DER SACCHAROSEVORMING

Om een indruk te krijgen van de snelheid der saccharosevorming tijdens het drogen, werden eenige proeven gedaan als volgt:

Eenige aardappelen werden weer in gelijke deelen gesneden en hieruit werden eenige zooveel mogelijk gelijksoortige porties ge-

¹⁾ E. FISCHER, B. 27, 2985 (1894).

vormd. Deze werden tegelijk in de droogstoof gebracht; na verloop van verschillende tijden werd telkens eene portie onderzocht. De resultaten zijn in de volgende tabellen opgenomen:

Datum van de proef: 24 Sept. 1922.

Zeeuwsche Blauwen, oogst 1922.

No.	Gewicht der porties in grammen	Gewichtsverlies tijdens het droogen in %	Duur van het droogen in uren	Temperatuur waarbij gedroogd is	Gehalte aan suiker in %		Toenem. v/h sacch. geh. in % p. uur sinds beg. v/d proef	Toenem. v/h sacch. geh. in % per % waterverl. sinds beg. v/d proef
					Red. suiker	Saccharose		
1	28.17	—	0	—	0.32	0.38	—	—
2	26.90	6.0	1	40°	0.32	0.40	0.02	0.003
3	26.47	12.3	2	40°	0.29	0.46	0.04	0.0065
4	27.28	18.6	3	40°	0.30	0.52	0.05	0.0075

Datum van de proef: 30 Sept. 1922.

Zeeuwsche Blauwen, oogst 1922.

1	28.58	—	0	—	0.34	0.31	—	—
2	27.48	8.5	1½	40°	0.30	0.40	0.06	0.0106
3	27.26	16.6	3	40°	0.27	0.46	0.05	0.009
4	27.71	27.2	4½	40°	0.23	0.62	0.07	0.0115

Datum van de proef: 2 Oct. 1922.

Zeeuwsche Blauwen, oogst 1922.

Droge stof 21.9 %

1	19.70	—	0	—	0.30	0.23	—	—
2	24.95	17.2	4½	40°	0.27	0.45	0.05	0.013
3	24.47	31.7	6	40°	0.24	0.56	0.055	0.0105
4	24.00	37.0	7½	40°	0.23	0.68	0.06	0.012
5	24.38	39.0	9	40°	0.22	0.68	0.05	0.0115

De saccharosevorming begint dus direct als de monsters in de stoof zijn geplaatst en het gehalte blijft stijgen, naarmate de uitdroging verder gaat; de saccharosevorming per uur en per % waterverlies vertoont echter in de drie tabellen een verschillend verloop.

Deze onregelmatigheid trad ook op bij verdere dergelijke proeven.

De verklaring ervan vond ik ten slotte in het feit, dat de uitdroging der verschillende monsters in de stoof niet even snel geschiedt, ten deele doordat hun oppervlak niet precies gelijk is, ten deele ook doordat de temperatuur en de ventilatie in de stoof niet op alle plaatsen dezelfde is. Als gevolg hiervan gaat ook de saccharosevorming in de verschillende porties niet parallel, zoodat dus b.v. de porties no. 3, 4 en 5 op het moment dat no. 2 uit de stoof wordt genomen om te worden onderzocht, niet hetzelfde saccharosegehalte hebben als no. 2. In dat geval geven de verkregen cijfers natuurlijk geen juist beeld van het verloop der suikervorming.

Om den invloed na te gaan, die verschillend waterverlies op het saccharosegehalte uitoefent bij drogen gedurende denzelfden tijd, werden eenige proeven gedaan, waarbij de monsters evenlang in de stoof werden gelaten; het onderzoek had plaats voordat ze volkomen waren uitgedroogd. Door de schijven van verschillende dikte te snijden werd het onregelmatig uitdrogen bij deze proeven bevorderd. De volgende cijfers werden verkregen:

Datum van de proef: 5 Oct. 1922.

Zeeuwsche Blauwen, oogst 1922.

No.	Gewicht der porties in grammen	Gewichtsverlies tijdens het drogen in %	Duur van het drogen in uren	Temperatuur waarbij gedroogd is	Gehalte aan suiker in %	
					Reduc. suiker	Saccharose
1	20.21	—	—	—	0.24	0.22
2	19.76	43.9	8	40°	0.20	0.83
3	19.47	41.0	8	40°	0.12	0.78
4	19.76	39.3	8	40°	0.10	0.78

Datum van de proef: 25 Oct. 1922.

Zeeuwsche Blauwen, oogst 1922.

1	29.94	—	—	—	0.20	0.15
2	25.82	75.3	21	36°	0.19	0.94
3	25.05	73.3	21	36°	0.19	1.06
4	26.75	65.2	21	36°	0.17	1.34

Datum van de proef: 28 Oct. 1922.

Zeeuwsche Blauwen, oogst 1922.

No.	Gewicht der porties in grammen	Gewichtsverlies tijdens het drogen in %	Duur van het drogen in uren	Temperatuur waar bij gedroogd is	Gehalte aan suiker in %	
					Reduc. suiker	Saccharose
1	21.42	—	—	—	0.04	0.20
2	20.29	38.9	10	34°	0.04	0.87
3	20.74	48.7	10	34°	0.05	1.01
4	21.01	52.5	10	34°	0.05	0.91

Datum van de proef: 2 Nov. 1922.

Zeeuwsche Blauwen, oogst 1922.

1	20.40	—	—	—	0.08	0.26
2	21.33	39.5	9	35°	0.07	0.98
3	20.86	48.4	9	35°	0.07	1.31
4	20.57	58.0	9	35°	0.08	1.04

De bij deze proeven verkregen saccharosegehalten zijn in fig. 4 ten opzichte van het erbij behorende waterverlies grafisch voorgesteld (zie blz. 58).

Beziet men deze voorstelling, dan lijkt het op het eerste gezicht alsof het saccharosegehalte bij toenemen van het waterverlies stijgt, totdat dit laatste ± 50 % heeft bereikt, om bij verder uitdrogen weer te dalen. Dit is niet zeer aannemelijk. Nog vreemder is het echter, dat blijkens de proef op 25 Oct. deze daling ook nog zou plaats vinden als het waterverlies stijgt van 65 % tot 75 %, omdat immers een aardappel die 65 % water heeft verloren zóóver is uitgedroogd, dat zetmeelvorming zoowel als zetmeelsplitsing onmogelijk moet zijn. Om deze reden zou men veeleer verwachten, dat het saccharosegehalte bij 65 %, 73 % en 75 % waterverlies gelijk zou worden gevonden.

Houden we vast aan deze veronderstelling, dat bij eene uitdroging boven 65 % geene verandering in saccharosegehalte meer mogelijk is, dan komen we tot de conclusie, dat bij de proef op 25 Oct. de monsters 2 en 3 op het moment dat ze 65 % water hadden verloren

reeds het bij het onderzoek geconstateerde saccharosegehalte hadden van respectievelijk 0.94 % en 1.06 %. Nemen we nu nog in aan-

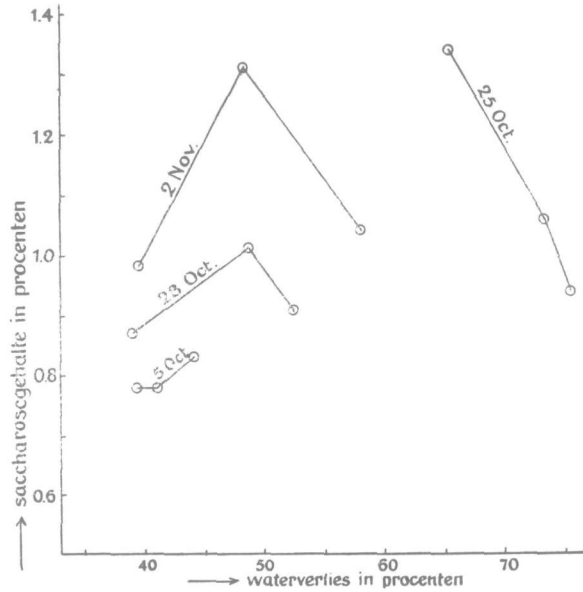


FIG. 4

merking, dat monster no. 4 bij een waterverlies van 65 % een saccharosegehalte van 1.34 % vertoont, dan zien we dat het saccharosegehalte in deze drie monsters, op het moment dat ze 65 % water hadden afgestaan, omgekeerd evenredig was met de snelheid waarmee ze zijn uitgedroogd. Dit is te verklaren, door aan te nemen, dat het waterverlies de saccharosevorming heeft achterhaald: hoe eerder het punt bereikt is, waarbij wegens te sterke uitdroging omzettingen onmogelijk worden, hoe lager het saccharosegehalte gevonden wordt.

Door deze opvatting vindt tevens het beloop der lijnen, die de proeven van 28 Oct. en 2 Nov. voorstellen, eene bevredigende verklaring. Alleen moeten we daartoe het „doode punt” van 65 % naar ± 50 % waterverlies verplaatsen, wat zeer goed mogelijk is; immers een normale aardappel heeft, na 50 % water te hebben verloren, reeds een droge stofgehalte van ± 50 %.

Ook de resultaten, verkregen bij het drogen van aardappelen bij

verschillende temperaturen zijn met de bovenstaande verklaring in overeenstemming. Hoe lager de temperatuur tijdens het drogen is, des te langzamer schrijdt het waterverlies voort, en des te meer saccharose kan dus worden gevormd voordat het doode punt is bereikt. Bij de proeven van WATERMAN was de temperatuur dus van secundairen invloed, hoewel natuurlijk in de buurt van 40° ook de invloed van de temperatuur op de enzymen eene rol zal gaan spelen.

Dat dit laatste wel degelijk het geval is, blijkt als we een aardappel langer dan gewoonlijk bij het drogen gebeurt, aan deze temperatuur blootstellen:

Van twee aardappelen werden door halveeren twee porties gemaakt. De eerste portie werd, in schijfjes gesneden, op de gewone manier bij 35° gedroogd. De tweede werd in haar geheel in de stoof geplaatst bij 40°. Naarmate het drogen voortschreed, werd van de beide helften, die de laatste portie vormden, telkens een schijfje weggesneden, totdat volkomen uitdroging bereikt was. Hoewel nu monster no. 1 natuurlijk veel sneller droog was dan no. 2 werd toch in no. 1 meer saccharose gevonden dan in no. 2, hetgeen bewijst, dat de temperatuur van 40° op den duur ongunstig op de saccharosevorming werkt, zooals trouwens op blz. 53 reeds werd geconstateerd.

Datum van de proef: 14 Aug. 1922.

Zeeuwsche Blauwen, oogst 1922.

No.	Gewicht der porties in grammen	Gewichtsverlies tijdens het drogen in %	Duur van het drogen in uren	Temperatuur waarbij gedroogd is	Gehalte aan suiker in %	
					Reduc. suiker	Saccharose
1	41.02	75.3	23	35°	0.50	1.69
2	43.43	75.2	78	40°	0.61	1.41

Het doel van deze proef was eigenlijk, het bewijs te leveren, dat de zoeven ontwikkelde opvatting juist was; ik hoopte nl., ondanks de hogere droogtemperatuur, in monster no. 2 meer saccharose te zullen vinden dan in no. 1, hetgeen in strijd zou zijn met de bevindingen van WATERMAN, doch dat verklaard zou kunnen worden door het feit, dat monster no. 2 veel meer tijd voor de saccharose-

vorming heeft gehad. Nu de proef niet het verwachte resultaat opleverde moest een andere weg worden ingeslagen.

Uit de onderstelling, dat bij de gewone droogmethode de saccharosevormende reactie achterblijft bij het waterverlies, of m. a. w. dat op elk moment tijdens het uitdrogen het maximale saccharosegehalte nog niet is bereikt, dat krachtens het waterverlies op dat moment in den aardappel aanwezig zou kunnen zijn, volgt, dat eene aardappelschijf, die slechts gedeeltelijk is uitgedroogd, in staat moet zijn nog saccharose te vormen, ook al wordt niet meer water onttrokken. Wel is waar werd reeds bij de op blz. 53 beschreven proef een gedeeltelijk gedroogde aardappel in eene gesloten flesch bij 36° bewaard en werd hierbij achteruitgang van het saccharosegehalte gevonden, doch in verband met de zoeven beschreven proef kan men deze vermindering op rekening stellen van de betrekkelijk hoge temperatuur. De vraag is dus of een gedeeltelijk gedroogde aardappel bij kamertemperatuur voortgaat saccharose te maken, ook al blijft verder uitdrogen achterwege. Om deze te beantwoorden werd de volgende proef gedaan:

Vier porties, afkomstig van één aardappel werden, in schijfjes gesneden, bij 45° in de stoof geplaatst. Na drie uur werden er drie uitgenomen, waarvan er eene direct werd onderzocht, terwijl de beide andere bij kamertemperatuur in vochtige flesschen eenigen tijd werden bewaard alvorens te worden geanalyseerd. Het vierde monster werd tot volkomen uitdroging bij 45° in de stoof gelaten. De resultaten waren als volgt:

Datum van de proef: 13 Nov. 1922.

Zeeuwsche Blauwen, oogst 1922.

No.	Gewicht der porties in grammen	Gewichtsverlies tijdens het drogen in %	Duur der behandeling in uren bij		Gehalte aan suiker in %	
			45°	16°	Reduc. suiker	Saccharose
1	20.24	24.5	3	0	0.14	0.49
2	19.81	24.4	3	10	0.13	0.73
3	20.00	24.5	3	20	0.12	0.89
4	20.07	73.4	11	0	0.16	0.94

De hierboven gestelde vraag is dus bevestigend beantwoord. Het gehalte dat na 20 uur bewaren bij 16° bereikt is, is bijna even groot als dat door volledige droging bij 45° is verkregen en de cijfers doen vermoeden dat dit laatste gehalte overschreden zou zijn, als nog langer bij 16° was bewaard. Verder blijkt, dat ook in dit geval het suikergehalte naar eene bepaalde eindwaarde streeft, want gedurende de eerste 10 uur bij 16° is 0.24 % gevormd, in de tweede 10 uur slechts 0.16 %.

Door deze eindwaarde bij porties van denzelfden aardappel, die langs verschillende wegen hetzelfde waterverlies hebben bereikt, te bepalen, kan men nu eene betere voorstelling krijgen van den invloed die sommige factoren op de suikervorming uitoefenen, dan tot dusver het geval was. Zooals we op blz. 56 zagen, is het practisch niet mogelijk een aantal porties tegelijk zoodanig te drogen, dat het waterverlies en dus ook de saccharosevorming in alle gelijken tred houdt. Twee gelijke monsters, *a* en *b*, die men op geheel dezelfde manier tracht te drogen, kunnen daardoor reeds na eenige uren een vrij groot verschil in saccharosegehalte vertoonen. Bijgevolg mag men verschillen, die bij het drogen onder *niet* gelijke omstandigheden worden geconstateerd, niet alleen aan deze ongelijke omstandigheden toeschrijven, zoodat het trekken van eene conclusie bemoeilijkt wordt.

Laat men echter de bovengenoemde monsters *a* en *b*, alvorens hen te onderzoeken eenige dagen liggen, dan zullen, mits hun waterverlies gelijk is, hunne saccharosegehalten elkander meer en meer naderen, omdat beide naar eindwaarden streven, die wegens de zooveel mogelijk gelijke behandeling bijna gelijk zullen zijn. Bij het drogen onder gelijke omstandigheden zullen dus verschillen in saccharosegehalte, die tijdens het drogen mochten zijn ontstaan, na eenige dagen bewaren verdwijnen, mits natuurlijk het „doode punt” niet bereikt was. Droogt men onder *niet* gelijke omstandigheden, teneinde den invloed van ééne hunner op de saccharosevorming te leeren kennen, dan zal men dus ook goed doen het saccharosegehalte niet tijdens het drogen, doch eerst na eenige dagen te bepalen, omdat onwillekeurige verschillen dan zijn uitgewischt, terwijl

de ongelijke factoren (indien zij invloed op de saccharosevorming uitoefenen) natuurlijk ook in de eindwaarde tot uiting zullen komen.

De volgende proeven toonden de juistheid van deze redeneering aan: twee porties, van denzelfden aardappel afkomstig, werden gedeeltelijk gedroogd, en wel eerst samen gedurende 4 uur bij 40°, daarna no. 1 gedurende 2 uur bij 30° en no. 2 bij kamertemperatuur, totdat het gewichtsverlies gelijk was aan dat van no. 1. Beide werden daarna gedurende drie dagen naast elkaar in vochtige flesschen bewaard.

Datum van de proef: 2 Dec. 1922.

Zeeuwsche blauwen, oogst 1922.

No.	Gewicht der porties in grammen	Gewichtsverlies tijdens het drogen in %	Gehalte aan suiker in %	
			Reduc. suiker	Saccharose
1	17.85	25.6	0.42	1.18
2	18.00	25.4	0.38	1.15

De proef werd herhaald als volgt:

No. 1 gedroogd: 3 uur bij 40°.

No. 2 gedroogd: 3 uur bij kamertemp., 3 uur bij 30°, 2½ uur bij kamertemp.

Datum van de proef: 6 Dec. 1922.

Zeeuwsche Blauwen, oogst 1922.

1	14.09	25.8	0.15	1.15
2	14.08	25.6	0.15	1.19

Bij eene volgende proef op 20 Dec. 1922 was de manier, waarop gedroogd werd bij beide monsters geheel gelijk; toch werd ook nu een gering verschil gevonden, nl. 0.96 % en 1.01 %. Daar dit verschil van dezelfde grootte is als bij de vorige proeven, mogen we de conclusie trekken, dat de verschillende manier van drogen, die daarbij werd toegepast, zonder invloed is gebleven op de eindwaarde van het saccharosegehalte. Later bleek, dat de gevonden verschillen bij deze proeven moeten worden toegeschreven aan het feit, dat de monsters aardappel niet geheel gelijk in eigenschappen waren. Het gelukte nl. door eene verbeterde methode van mon-

stersnijding toe te passen (blz. 66) de verschillen tot binnen de analysefout te verkleinen. Dit blijkt uit de volgende proef, die eene herhaling is van die van 20 Dec. 1922.

Datum van de proef: 22 Dec. 1922.

Zeeuwsche Blauwen, oogst 1922.

No.	Gewicht der porties in grammen	Gewichtsverlies tijdens het drogen in %	Gehalte aan suiker in %	
			Reduc. suiker	Saccharose
1	12.37	21.9	0.19	1.38
2	12.47	21.9	0.19	1.37

INVLOED VAN DE GROOTTE VAN HET GEWONDE OPPERVLAK OP DE SACCHAROSEVORMING

Tot nu toe waren bij het snijden der monsters voor vergelijkende proeven de schijfjes wel van ongeveer gelijke dikte gesneden, zoodat bij het vrijwel gelijke gewicht ook het oppervlak ongeveer gelijk was, doch op dit laatste was niet angstvallig gelet. Omdat in verband met de betrekking tusschen verwonding en ademhaling (blz. 51) groote invloed van het gewonde oppervlak niet buitengesloten is, leek mij eene bepaling van dezen invloed, voordat verdere proeven werden gedaan, wenschelijk. Tot nu toe kon dit niet, omdat een groot oppervlak bij gelijke behandeling snellere uitdroging en dus anderen invloed op de suikervorming tengevolge heeft dan een klein. Zoowel tijdens het drogen als na volkomen uitdroging zal men daarom in zulke monsters verschillend saccharosegehalte vinden. De eindwaarde, die bij gedeeltelijk uitdrogen tot gelijk waterverlies en daaropvolgend bewaren wordt bereikt, zal echter indien het oppervlak geen invloed op de saccharosevorming heeft, gelijk moeten zijn.

Van een aardappel werden uit het midden drie porties gesneden als volgt:

1. ééne schijf \pm 4 mm dik.
2. twee schijven \pm 2 mm dik.
3. drie schijven \pm $1\frac{1}{3}$ mm dik.

Nadat de porties bij kamertemperatuur waren bewaard tot ze elk 12 % water hadden verloren, werden ze in stopflesschen gedaan, om verder uitdrogen te beletten, en na zes dagen onderzocht.

Datum van de proef: 8 Dec. 1922.

Bravo's, oogst 1922.

No.	Gewicht der porties in grammen	Gewichtsverlies op het oogenblik van onderzoek in %	Dikte der schijven in mm	Gehalte aan suiker in %	
				Reduc. suiker	Saccharose
1	10.39	12.2	4	0.17	0.46
2	10.56	12.8	2	0.34	0.80
3	10.64	13.5	1 $\frac{1}{3}$	0.45	1.20

Het resultaat schijnt te wijzen op een zeer grooten invloed van het oppervlak. Wel is waar is het waterverlies na het bewaren niet meer geheel gelijk, doch het is duidelijk, dat het verschil van 1.3 % water der monsters 1 en 3 niet alleen oorzaak kan zijn van het verschil in saccharosegehalte, dat 0.74 % bedraagt. Daar echter de porties in de volgorde 1—2—3 uit den aardappel waren genomen (zie fig. 5) kunnen de verschillen ook veroorzaakt zijn, doordat de aardappel in die richting eene toeneming van het saccharosevormend vermogen

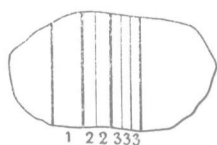


FIG. 5

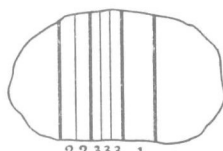


FIG. 6

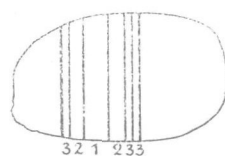


FIG. 7

vertoont. Bij herhaling van de proef werden daarom de porties gesneden in de volgorde 2—3—1 (zie fig. 6), met de volgende resultaten:

Datum van de proef: 15 Dec. 1922.

Bravo's, oogst 1922.

1	9.16	14.2	4	0.24	0.97
2	9.23	14.1	2	0.21	1.34
3	9.13	14.2	1 $\frac{1}{3}$	0.20	1.11

Inderdaad zien we, dat de grootte der saccharosevorming wederom verandert in ééne richting, wat de volgorde van het snijden betreft, niet wat betreft de grootte van het oppervlak.

Een dergelijk resultaat leverde eene proef op, waarbij de monsters werden gesneden zooals in fig. 7 is aangegeven:

Datum van de proef: 15 Dec. 1922.

Bravo's, oogst 1922.

No.	Gewicht der porties in grammen	Gewichtsverlies op het oogenblik van onderzoek in %	Dikte der schijven in mm	Gehalte aan suiker in %	
				Reduc. suiker	Saccharose
1	14.30	15.6	4	0.18	1.19
2	14.36	16.0	2	0.17	1.18
3	14.41	15.7	1½	0.16	0.93

Portie no. 1, die in hare eigenschappen, door de manier van snijden, ongeveer het gemiddelde van de twee schijven die no. 2 vormen zal zijn, heeft evenveel saccharose gemaakt als deze. No. 3 wijkt echter weer af.

Door deze proeven komt vast te staan, dat schijven, uit denzelfden aardappel gesneden, verschil in eigenschappen kunnen vertoonen, van eene grootte waar we tot dusver geen denkbeeld van hadden. Wel is waar was bekend, dat deelen van dezelfde vrucht zich bij dergelijke proeven zeer ongelijk kunnen gedragen. Zoo vonden HASSELBRING en HAWKINS ¹⁾, dat bij bataten tijdens het bewaren bij 30° hoogstens 16 % relatief verschil in de suikervorming der twee helften kan optreden.

De veel grootere afwijkingen, die hier worden geconstateerd doen ons inzien, dat we bij het snijden van porties aardappel voor vergelijkende proeven geene voorzorgen genoeg kunnen treffen, om te maken, dat de eigenschappen dezer porties gelijk zijn. Daarom

¹⁾ Carbohydrate transformations in sweet potatoes, J. Agr. Res. 5, 543 (1915/16).

gebruikte ik voor dergelijke proeven voortaan telkens slechts één aardappel, waaruit de porties op de volgende wijze werden gesneden:

Om n porties te snijden werden uit het middelste gedeelte van den aardappel n naar schatting evenzware schijven gesneden, waarna elke schijf in n gelijke sectoren werd verdeeld. De porties werden dan gevormd, door voor elke portie één sector van elke schijf te nemen, zoodanig dat de sectoren, die elke portie vormden, volgens eene schroeflijn in den oorspronkelijke aardappel hadden gezeten (blz. 63).

Op deze wijze werd nu de proef herhaald, die den invloed van de grootte der verwonde oppervlakte moest laten zien. Eerst werden vier porties gemaakt, bestaande uit sectoren van 4 mm dikte. Daarna werden de sectoren van de porties no. 2 en no. 4 respectievelijk in 2 en 3 plakjes gesneden. De verdere inrichting van de proef was als bij de vorige.

Datum van de proef: 25 Dec. 1922.

Bravo's, oogst 1922.

No.	Gewicht der porties in grammen	Gewichtsverlies op het oogenblik van onderzoek in %	Dikte der schijven in mm	Gehalte aan suiker in %		Gehalte aan saccharose, berekend voor een waterverlies van 15.1 %
				Reduc. suiker	Saccharose	
1	17.27	15.4	4	0.20	1.15	1.10
2	16.28	15.6	2	0.20	1.22	1.14
3	16.52	15.1	4	0.21	1.10	1.10
4	16.11	15.1	1 $\frac{1}{3}$	0.22	1.13	1.13

In de laatste kolom is, gebruikmakende van het verschil der monsters no. 1 en 3, die bij gelijke dikte der schijven, voor 0.3 % verschil in waterverlies, een verschil in saccharose van 0.05 % vertoonen, voor alle monsters berekend wat het saccharosegehalte zou zijn bij een waterverlies van 15.1 %. Van een invloed van de grootte van het gewonde oppervlak is dan weinig meer te bemerken.

Bij de monstersnijding behoeft er dus geene bijzondere aandacht aan te worden geschonken.

GRENS VAN HET WATERVERLIES WAARBOVEN GEENE SACCHAROSEVORMING
OPTREEDT

Het feit, dat een aardappel na uitdrogen met de suikervorming doorgaat, tijdens het bewaren bij kamertemperatuur, stelt ons nu ook in staat het op blz. 58 genoemde punt te vinden waarop de saccharosevorming wegens te groote uitdroging onmogelijk wordt, of onmerkbaar langzaam gaat verlopen.

Hiertoe werden uit een aardappel zes schijven genomen. De eerste en de zesde werden vereenigd tot eene portie voor de droge stofbepaling. De andere vier schijven werden gedroogd bij $\pm 40^\circ$ tot verschillend waterverlies, varierende van $\pm 44\%$ tot 50% . Nadat de gedroogde schijven waren gewogen, om het gewichtsverlies nauwkeurig te bepalen, werden ze elk in acht sectoren gesneden. Elke schijf werd dan in twee deelen verdeeld, a en b, door de acht sectoren vier aan vier samen te voegen op de manier die door fig. 8 verduidelijkt wordt. Uit het gewicht van a en b kon nu met behulp van het waterverlies en het oorspronkelijke gewicht van de schijf het gewicht worden berekend van de hoeveelheid oorspronkelijke aardappel, die met a en b overeenkwam. Alle porties a werden nu onderzocht. De porties b echter werden eenige dagen onder eene vochtige stolp bewaard en daarna geanalyseerd. Zoowel in a als in b werd alleen het totale suikergehalte na inversie bepaald, daar het alleen te doen was om te constateeren, dat nog eene verandering in het suikergehalte had plaats gevonden tijdens het bewaren. De resultaten van eenige op deze manier ingerichte proeven zijn in de tabellen op de volgende bladzijde opgenomen.

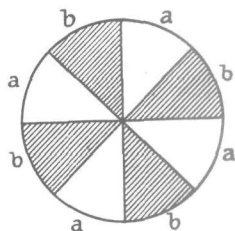


FIG. 8

Datum van de proef: 18 Sept. 1924.

Bravo's, oogst 1924.

Droge stofgehalte 26.2 %

No.	Gewicht der schijven in grammen	Gewicht der porties na het drogen in grammen	Gewichtsverlies tijdens het drogen in %	Droge stofgehalte der gedroogde porties in %	Totaal suikergehalte na inversie in %, berekend als saccharose
1	15.23	7.79 { a 3.77 b 4.02	48.9	51.3	a 1.89 b 1.97
2	14.14	7.44 { a 3.51 b 3.93	47.4	49.8	a 1.78 b 1.86
3	12.98	7.28 { a 3.36 b 3.92	43.9	46.7	a 1.61 b 1.72
4	12.95	6.42 { a 3.52 b 2.90	50.4	52.8	a 1.75 b 1.76

Datum van de proef: 2 Dec. 1924.

Zeeuwsche Borgers, oogst 1924.

Droge stofgehalte 24.5 %

1	28.49	13.48 { a 6.35 b 7.13	52.7	51.8	a 1.18 b 1.25
2	27.35	12.53 { a 6.07 b 6.46	54.2	53.5	a 1.16 b 1.18
3	22.96	10.35 { a 4.64 b 5.71	54.9	54.3	a 1.28 b 1.26

Datum van de proef: 4 Oct. 1924.

Zandaardappel, oogst 1924.

Droge stofgehalte 22.5 %

1	12.95	5.64 { a 2.73 b 2.91	56.5	51.7	a 0.95 b 0.95
2	12.41	5.26 { a 2.61 b 2.65	57.6	53.1	a 0.81 b 0.78
3	11.13	4.98 { a 2.53 b 2.45	55.3	50.3	a 0.84 b 0.91

Bij de laatste proef was tijdens het bewaren schimmelvorming opgetreden. Deze verklaart den achteruitgang in suikergehalte van

0.81 % tot 0.78 % bij monster no. 2. Nemen we aan dat eene dergelijke daling ook bij de monsters 1 en 3 heeft plaats gehad, dan is dus in no. 1 nog suiker gevormd tijdens het bewaren, zoodat de grens der suikervorming ligt bij 52—53 % droge stof. Uit de eerste twee tabellen volgt voor deze grens respectievelijk 53 % en 53—54 %. We komen dus tot het besluit, dat een aardappel, die zoover is uitgedroogd, dat zijn drogestofgehalte gestegen is tot ± 53 %, niet meer in staat is saccharose te maken.

SACCHAROSEVORMING DOOR WATERONTTREKKING LANGS ANDEREN WEG

Door de proeven, die aan het begin van dit hoofdstuk zijn beschreven, kwamen we tot het besluit, dat de groote saccharosevorming, die bij het drogen van aardappelen optreedt, moet worden toegeschreven aan het waterverlies. Door de latere onderzoekingen heeft de juistheid van deze opvatting nog aan waarschijnlijkheid gewonnen, immers bleek de eindwaarde, die het saccharosegehalte van gedeeltelijk gedroogde aardappelen tijdens het bewaren bij kamertemperatuur bereikt, alleen af te hangen van het waterverlies, niet van de wijze waarop gedroogd is. Nog vaster zou de opvatting komen te staan, als we konden aantoonen, dat een aardappel saccharose maakt als het water er *niet door drogen* aan wordt onttrokken, en dat de eindwaarde in zoo'n geval dezelfde is, als wanneer hetzelfde waterverlies door drogen is tot stand gebracht.

Ik probeerde daartoe eerst of het mogelijk was, aan schijfjes aardappel, door hen met eene geconcentreerde oplossing in aanraking te laten, water te onttrekken. Na een uur in eene 3 % keukenzoutoplossing te hebben gelegen bleek het gewicht met 12 % te zijn verminderd. Toen echter een aantal schijven gedurende een uur in oplossingen met stijgend zoutgehalte werd gelaten, zoodat de gewichtsverminderingen varieerden van 1 % tot 13 %, bleek het, dat geene van hen in staat was tijdens eenige dagen bewaren saccharose te vormen. Hoewel de schijven na het verblijf in de oplossingen met water waren afgespoeld, vertoonden toch de extracten veel

sterkere chloride-reactie, dan een extract uit den oorspronkelijken aardappel. De mogelijkheid bestond dus, dat keukenzout was binnengedrongen en dat daardoor de saccharosevorming uitbleef. Ik besloot daarom de proef te herhalen met oplossing van glucose, eene stof die, omdat zij in den aardappel soms in groote hoeveelheid optreedt, bij het binnendringen minder ernstigen invloed op de omzettingen zal uitoefenen.

Van een aardappel werden drie porties gesneden. No. 1 werd direct onderzocht, de twee andere werden gedurende een uur in eene 12 % glucoseoplossing gelegd, daarna afgespoeld met water en afgedroogd met filtreerpapier. No. 2 werd nu in eene gesloten flesch bewaard tot den volgenden dag en toen onderzocht. No. 3 werd verder bij kamertemperatuur gedroogd en onderzocht na eenige dagen. Dit laatste, om te controleeren of, indien saccharosevorming in no. 2 uitbleef, dit ook bij no. 3 het geval zou zijn, hetgeen zou bewijzen, dat door de behandeling met glucose ook saccharosevorming door drogen onmogelijk is geworden. De resultaten volgen hieronder:

Datum van de proef: 15 Oct. 1923.

Zeeuwsche Blauwen, oogst 1923.

No.	Gewicht der porties in grammen	Gewichtsverlies tijdens de behan- deling in %	Gehalte aan suiker in %	
			Reduc. suiker	Saccharose
1	10.73	—	0.00	0.25
2	11.20	9.0	0.07	0.54
3	10.83	68.2	0.19	0.99

Er is dus saccharose gevormd tengevolge van de wateronttrekking door glucoseoplossing. Men zou hier tegen kunnen inbrengen, dat de saccharose misschien uit binnengedrongen glucose is gemaakt, in welk geval de proef geen bewijs zou zijn, dat wateronttrekking de oorzaak der saccharosevorming is. Tegen deze veronderstelling pleit echter het gehalte aan reduceerende suiker, dat we in de beide met glucose behandelde monsters aantreffen. No. 3, die de meeste saccharose heeft gemaakt, bevat tevens de meeste glucose. De ver-

schillende gehalten aan deze suiker in de monsters no. 2 en 3, vergeleken met no. 1, maken eer den indruk, dat het hier geene binnengedrongen glucose betreft, doch dat we te maken hebben met aanhangende glucose, die door het afspoelen der schijfjes met water niet volledig is verwijderd.

Teneinde te onderzoeken of de eindwaarde overeenstemt, als men aan een aardappel water onttrekt door drogen of langs osmotischen weg, werden de volgende proeven gedaan:

Van een aardappel werden twee porties gesneden. Alvorens het oorspronkelijke gewicht hiervan te bepalen werden ze met water afgespoeld en met filtreerpapier afgedroogd. (Dit afspoelen geschiedde bij alle proeven waarbij glucose werd gebruikt, omdat tijdens het behandelen met de oplossing de inhoud der door het snijden geopende cellen verloren gaat en ten onrechte als „waterverlies” in rekening zou worden gebracht). De eene portie werd in 12 % glucoseoplossing gelegd tot ± 18 % water was afgestaan, daarna afgespoeld en afgedroogd; de tweede werd bij 30° gedroogd tot een evengroot gewichtsverlies. Na eene week naast elkaar in gesloten flesschen te zijn bewaard, werden beide onderzocht.

Datum van de proef: 6 Dec. 1924.

Zeeuwsche Borgers, oogst 1924.

No.	Gewicht der porties in grammen	Gewichtsverlies op het oog-blik van onderzoek in %	Manier waarop het water onttrokken is	Gehalte aan suiker in %	
				Reduc. suiker	Saccharose
1	15.05	18.5	met glucoseopl.	0.43	1.22
2	14.94	18.7	door drogen	0.32	1.23

Datum van de proef: 6 Dec. 1924.

Zandaardappel, oogst 1924.

1	18.28	18.7	met glucoseopl.	0.42	0.88
2	18.17	19.0	door drogen	0.40	0.87

Het gehalte wordt dus gelijk gevonden; nadat hierdoor een bewijs

te meer geleverd is voor de opvatting dat de hoeveelheid saccharose, die in een aardappel aanwezig is, wordt bepaald door het watergehalte, werpt zich de vraag op of het mogelijk is het saccharosegehalte te doen dalen, door het watergehalte te vergrooten. Dit laatste is mogelijk door de schijfjes in gedestilleerd water te leggen. Ze nemen dan in eenige uren 10—12 % van hun gewicht aan water op, zonder aan het water, waarin ze liggen, saccharose af te staan. Wordt in een zoodanig behandelde aardappel na eenigen tijd vermindering van het saccharosegehalte gevonden, dan is deze dus te wijten aan de vergroting van het watergehalte.

Van een aardappel werden twee porties gesneden, met water afgespoeld, met filtreerpapier afgedroogd en gewogen. De eerste werd niet behandeld, de tweede eenigen tijd in water gelegd en afgedroogd. Beide werden, na een dag bewaren in gesloten flesschen, onderzocht.

Datum van de proef: 22 Nov. 1923.

Red Star, oogst 1923.

Droge stofgehalte 28.8 %

No.	Gewicht der porties in grammen	Gewichtsvermeerdering op het oogenblik van onderzoek in %	Gehalte aan suiker in %	
			Reduc. suiker	Saccharose
1	11.57	0	0.23	0.32
2	11.97	5.2	0.22	0.20

Datum van de proef: 23 Jan. 1924.

Eigenheimers, oogst 1923.

Droge stofgehalte 23.7 %

1	12.90	— 0.2	1.01	0.39
2	12.70	11.2	1.00	0.21

Hiermede is het bewijs geleverd, dat het saccharosegehalte van een aardappel daalt, als het watergehalte stijgt.

HOOFDSTUK VIII

BESPREKING DER IN HET VORIGE HOOFDSTUK VERKREGEN RESULTATEN

De in hoofdstuk VII verkregen resultaten kunnen in de volgende punten worden samengevat:

- 1^e. als aan aardappelschijven water wordt onttrokken, hetzij dat dit door drogen of langs anderen weg geschiedt, stijgt hun saccharosegehalte, en wel is de grootte van de stijging binnen zekere grenzen onafhankelijk van de wijze waarop de wateronttrekking heeft plaats gehad. De groote saccharosevorming, die bij het drogen van aardappelen door WATERMAN is gevonden, moet dan ook aan het waterverlies, niet aan den invloed van de temperatuur, worden toegeschreven.
- 2^e. de vorming van saccharose is niet mogelijk in aardappelen waarvan het droge stofgehalte hooger is dan ± 53 %.
- 3^e. de saccharosevorming heeft betrekkelijk langzaam plaats, zoodat het mogelijk is de uitdroging zoo snel te doen geschieden, dat bovengenoemd droge stofgehalte bereikt wordt, voordat de maximale hoeveelheid saccharose is gevormd. Dit is hoofdzakelijk de reden waarom tijdens het drogen bij lage temperatuur (dus langzamer) meer saccharose ontstaat, dan bij hooge.
- 4^e. onttrekt men snel water, doch minder dan noodig is om 53 % droge stof te bereiken, dan gaat de saccharosevorming nog door, nadat de wateronttrekking gestaakt is. Het saccharosegehalte bereikt dan na zekeren tijd eene eindwaarde.
- 5^e. in tot moes gestampde aardappelen wordt tijdens het drogen geene saccharose gevormd.
- 6^e. het saccharosegehalte van een aardappel daalt, als het watergehalte wordt verhoogd.

Voor de verdere bestudeering van het verschijnsel zijn vooral de punten 4, 5 en 6 van belang. Het feit, dat aardappelbrij bij drogen geene saccharosevorming vertoont, bewijst, òf dat deze gebonden is aan de levende cel, òf dat door het fijnstampen het enzyme, dat de omzetting bewerkstelligt onwerkzaam is gemaakt. In het eerste geval is natuurlijk de studie buiten de cel onmogelijk. In het tweede geval zou men kunnen denken aan paralytoren, die zich door het fijnstampen met den celinhoud hebben gemengd. De aanwezigheid in plantendeelen van dergelijke stoffen wordt waarschijnlijk gemaakt door de gecompliceerde natuur der enzymen. Hierdoor is het n.l. moeilijk aan te nemen, dat deze laatste telkens zouden worden opgebouwd of afgebroken op het moment waarop zij noodig zijn, dan wel gemist kunnen worden. Daar de eischen die de plant aan de werkzaamheid van een enzyme stelt van oogenblik tot oogenblik veranderen, ligt het voor de hand, dat zij voor de regeling daarvan zich zal bedienen van stoffen, die zich met het enzyme tot eene onwerkzame verbinding kunnen vereenigen, doch die indien noodig, gemakkelijk weer uiteen kan vallen. Eene dergelijke regeling is ook op eenvoudiger wijze denkbaar, b.v. door veranderen van de waterstof-ionenconcentratie.

In deze gevallen is de mogelijkheid het verschijnsel in vitro te bestudeeren niet buitengesloten, echter lijkt het mij niet zeer waarschijnlijk, dat we er in zouden slagen het enzyme af te scheiden en de combinatie van factoren te vinden, die voor het verloop der saccharosevormende reactie noodig is.

We zijn dus wel gedwongen, den weg te bewandelen, die door de punten 4 en 6 wordt geopend. Vragen, die zich naar aanleiding van deze punten voordoen zijn:

- 1^e. hoe verloopt de saccharosevormende reactie in gedeeltelijk gedroogde aardappelschijven, bij constante temperatuur en constant watergehalte.
- 2^e. welk verband bestaat tusschen het droge stofgehalte en de eindwaarde van het saccharosegehalte.
- 3^e. welk verband bestaat tusschen het droge stofgehalte en de snelheid der saccharosevorming.

- 4^e. welken invloed heeft de temperatuur op de grootte der eindwaarde.
- 5^e. welken invloed heeft de temperatuur op de snelheid der saccharosevorming.
- 6^e. hoe verloopt de saccharoseverbruikende reactie in aardappelschijven, waarvan het watergehalte is verhoogd.

In de volgende hoofdstukken zal worden getracht deze vragen te beantwoorden.

HOOFDSTUK IX

HET VERLOOP VAN DE SACCHAROSEVORMING BIJ CONSTANTE TEMPERATUUR EN CONSTANT WATERGEHALTE

Teneinde de saccharosevorming, die onder de bovengenoemde omstandigheden in gedeeltelijk gedroogde aardappelschijven optreedt, te bestudeeren, was het noodig een aantal monsters te maken, waaraan evenveel water was onttrokken en die ook verder in alle opzichten gelijk waren. Daar dit zooals vroeger gebleken is (blz. 56) door drogen der reeds gesneden monsters niet is te bereiken, werd als volgt te werk gegaan:

Van een aardappel werden eenige schijven genomen, waarvan het totale gewicht werd bepaald. De schijven werden uitgespreid op een gaas, dat zich ± 15 cm boven eene metalen plaat bevond, die door een groot aantal gasvlammetjes gelijkmatig verwarmd werd. Als droogtemperatuur werd genoteerd de temperatuur van de lucht boven de plaat ter hoogte van het gaas.

Na afkoeling der gedeeltelijk gedroogde schijven gedurende één uur, werden op de op blz. 66 beschreven manier evenveel porties gesneden als het aantal schijven bedroeg, waarna elke portie werd gewogen. Uit het totale gewicht dezer porties was dan, in verband met het gewicht der schijven vóór het drogen, het oorspronkelijke gewicht van elke portie te berekenen. Alle monsters werden daarna in vochtige stopflesschen van 250 cm³ inhoud bij constante temperatuur bewaard, om na verloop van tijd één voor één te worden onderzocht. Vóór het onderzoek werden ze nogmaals gewogen om te constateeren of tijdens het bewaren nog verder uitdrogen had plaats gehad. In de onderstaande tabellen zijn de uitkomsten van een aantal van zulke proeven opgenomen.

Saccharosevorming bij constant watergehalte 77

Voor den tijd waarop het eerste monster werd onderzocht is in alle tabellen nul ingevuld. Het tijdsverloop tusschen het snijden der monsters en het onderzoek van no. 1 is echter bij elke tabel vermeld. Het suikergehalte is, als steeds, betrokken op den oorspronkelijken aardappel.

TABEL 1

Datum: 25 Dec. 1922. Gedroogd bij 40°; bewaard bij 9°.4—10°.0
Zeeuwsche Blauwen, oogst 1922. Droge stofgehalte 25.9 %
Monster no. 1 werd direct na het snijden onderzocht.

No.	Gewicht der porties in grammen (berekend)	Gewichtsverlies op het oogenblik van onderzoek in %	Tijd waarop de portie onderzocht is in uren	Gehalte aan suiker in %	
				Reduc. suiker	Saccharose
1	20.13	22.6	0	0.07	0.50
2	20.83	23.0	2½	0.05	0.59
3	22.28	23.0	10½	0.05	0.76
4	20.35	23.0	14	0.08	0.84
5	21.35	23.0	20	0.10	1.07
6	20.72	23.2	39	0.15	1.30
7	21.87	24.1	67	0.15	1.42

TABEL 2

Datum: 28 Dec. 1922. Gedroogd bij 41°; bewaard bij 9°.8—10°.6
Zeeuwsche Blauwen, oogst 1922. Droge stofgehalte 24.2 %
Monster no. 1 werd 4 uur na het snijden onderzocht.

1	18.62	24.6	0	0.14	0.44
2	19.72	24.6	9⅔	0.12	0.66
3	18.80	24.6	19⅓	0.14	0.87
4	19.32	24.6	33⅓	0.23	1.11
5	18.89	25.0	61	0.23	1.33
6	19.91	25.1	114	0.23	1.48
7	18.33	43.7	114	0.13	1.60

Bij deze proef werd portie no. 7 na 61 uur verblijf in de flesch, verder bij kamertemperatuur gedroogd.

TABEL 3

Datum: 21 Dec. 1924. Gedroogd bij 35°-38°; bewaard bij 14.°8-15.°3
 Zeeuwsche Borgers, oogst 1924. Droge stofgehalte 24.8 %
 Monster no. 1 werd 4 uur na het snijden onderzocht.

No.	Gewicht der porties in grammen (berekend)	Gewichtsverlies op het oogenblik van onderzoek in %	Tijd waarop de portie onderzocht is in uren	Gehalte aan suiker in %	
				Reduc. suiker	Saccharose
1	17.90	15.4	0	0.68	0.32
2	17.62	15.4	5	0.67	0.54
3	16.91	15.4	15½	0.76	0.79
4	17.68	15.5	28	0.76	0.92
5	17.70	15.5	39	0.85	0.95
6	18.46	15.5	48	0.83	0.97

TABEL 4

Datum: 9 Jan. 1925. Gedroogd bij 35°; bewaard bij 13.°5-14.°0
 Zeeuwsche Borgers, oogst 1924. Droge stofgehalte 28.3 %
 Monster no. 1 werd 2 uur na het snijden onderzocht.

1	14.30	14.0	0	0.63	0.31
2	14.25	14.0	3	0.65	0.41
3	14.27	14.1	6⅔	0.66	0.56
4	14.11	14.1	12¼	0.70	0.77
5	13.81	14.1	17	0.70	0.92
6	13.76	14.2	24½	0.75	1.10
7	13.76	14.3	39	0.70	1.32

TABEL 5

Datum: 16 Jan. 1925. Gedroogd bij 36°; bewaard bij 13.°3-13.°6
 Eigenheimers, oogst 1924. Droge stofgehalte 24.0 %
 Monster no. 1 werd 5 uur na het snijden onderzocht.

1	16.06	19.0	0	0.58	0.48
2	16.42	19.0	9	0.57	0.76
3	16.21	19.0	13	0.58	0.84
4	16.13	19.0	18	0.59	0.92
5	15.51	19.0	24	0.64	0.99
6	15.38	19.0	35	0.58	1.06
7	15.69	19.0	44	0.57	1.10

In fig. 9 zijn de gehalten aan saccharose en aan reduceerende suiker tegenover den tijd uitgezet; de cijfers bij de lijnen verwijzen naar de tabellen.

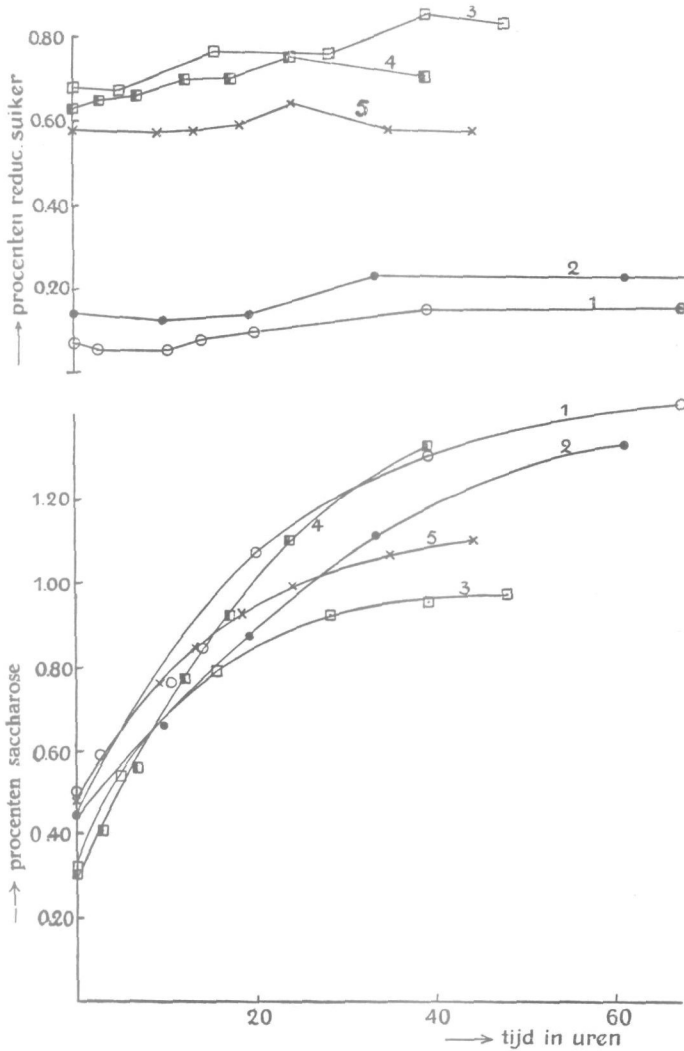


FIG. 9

Wat in deze voorstelling vooral in het oog springt, is het verschil in het verloop van het gehalte aan saccharose en aan reducee-

rende suiker, tijdens het bewaren der aardappelen. Terwijl het eerste eene geleidelijke toeneming vertoont en langzamerhand eene eindwaarde nadert, kan men van het tweede niet meer zeggen, dan dat in het algemeen eerst eene kleine daling plaats heeft, gevolgd door eene grootere stijging. Dat het grillige verloop der lijnen, die het gehalte aan reduceerende suiker voorstellen niet het gevolg kan zijn van analysefouten, volgt uit het feit, dat de cijfers, die dit gehalte aangeven, zijn gebruikt bij de berekening van de saccharosegehalten, die een zeer regelmatig verloop vertoonen.

Deze afwezigheid van verband tusschen de gehalten aan beide suikers, die we ook vroeger (blz. 47) reeds opmerkten, lijkt mij eene belangrijke factor voor het vormen van eene meening omtrent de wijze, waarop de saccharose uit het zetmeel ontstaat. Ik kom hierop later terug.

Wat den loop der saccharosevorming betreft zou men kunnen denken, dat deze veroorzaakt wordt, doordat de levensverschijnselen tijdens het bewaren langzamerhand verdwijnen. Met het oog op deze mogelijkheid werd de proef (blz. 77) met monster no. 7 uit tabel 2 gedaan, waaruit blijkt, dat bij grootere uitdroging de suikervorming weer in sterkere mate optreedt. Ook kon later worden aangetoond, dat zelfs na het bereiken van de eindwaarde, verder uitdrogen hernieuwde saccharosevorming tengevolge heeft. Het sterfen, dat vooral wat de binnenste cellen der schijven betreft, ook niet waarschijnlijk lijkt, is dus niet de oorzaak van het tot stilstand komen der suikervorming.

Bij pogingen om het regelmatige verloop der lijnen in eene wiskundige formule vast te leggen, bleken de gevonden cijfers zeer goed te voldoen aan de vergelijking:

$$kt = e^{\log \frac{x_e - x_0}{x_e - x}}$$

waarin k eene constante voorstelt, t den tijd in uren, x het saccharosegehalte op het tijdstip t , x_0 het saccharosegehalte op het tijdstip $t = 0$, en x_e de eindwaarde.

Teneinde dit te demonstreeren worden hieronder de door berekening gevonden waarden van x vergeleken met die uit de tabellen.

TABEL 1

	Monster no.	t	x (gevonden)	(x berekend)
$x_0 = 0.50$ $x_e = 1.48$ $k = 0.0424$	1	0	0.50	0.50
	2	$2\frac{1}{2}$	0.59	0.60
	3	$10\frac{1}{2}$	0.76	0.85
	4	14	0.84	0.94
	5	20	1.07	1.06
	6	39	1.30	1.29
	7	67	1.42	1.42

TABEL 2

	Monster no.	t	x (gevonden)	(x berekend)
$x_0 = 0.37^1)$ $x_e = 1.52$ $k = 0.0298$	1	0	0.44	0.37
	2	$9\frac{2}{3}$	0.66	0.66
	3	$19\frac{1}{3}$	0.87	0.87
	4	$33\frac{1}{3}$	1.11	1.09
	5	61	1.33	1.33
	6	114	1.48	1.48

TABEL 3

	Monster no.	t	x (gevonden)	(x berekend)
$x_0 = 0.32$ $x_e = 0.99$ $k = 0.0770$	1	0	0.32	0.32
	2	5	0.54	0.53
	3	$15\frac{1}{2}$	0.79	0.79
	4	28	0.92	0.91
	5	39	0.95	0.96
	6	48	0.97	0.97

TABEL 4

	Monster no.	t	x (gevonden)	(x berekend)
$x_0 = 0.26^1)$ $x_e = 1.60$ $k = 0.0403$	1	0	0.31	0.26
	2	3	0.41	0.41
	3	$6\frac{2}{3}$	0.56	0.57
	4	$12\frac{1}{4}$	0.77	0.78
	5	17	0.92	0.92
	6	$24\frac{1}{2}$	1.10	1.10
	7	39	1.32	1.32

¹⁾ Voor de waarde van x_0 is in dit geval genomen: de door berekening uit de overige waarnemingen afgeleide, niet de gevonden waarde.

TABEL 5

	Monster no.	t	x (gevonden)	x (berekend)
$x_0 = 0.48$	1	0	0.48	0.48
$x_e = 1.15$	2	9	0.76	0.76
$k = 0.0599$	3	13	0.84	0.84
	4	18	0.92	0.92
	5	24	0.99	0.99
	6	35	1.06	1.07
	7	44	1.10	1.10

Uit de vergelijking volgt:

$$kt = {}^e\log (x_e - x_0) - {}^e\log (x_e - x)$$

$$\text{dus } k \, dt = \frac{1}{x_e - x} \, dx$$

$$\text{of } \frac{dx}{dt} = k (x_e - x)$$

De snelheid der saccharosevorming is dus op elk moment evenredig met de hoeveelheid saccharose die nog hoogstens gemaakt kan worden.

Ondanks de goede overeenstemming tusschen de berekende en de gevonden waarden, zou het zeer gewaagd zijn uit de vergelijking eene conclusie te trekken omtrent het mechanisme der saccharosevormende reactie. Als we bedenken, dat ook voor eene eenvoudige enzymatische splitsing, als de inversie van saccharose door invertase, cijfers zijn gevonden, die op eene monomoleculaire reactie wijzen ¹⁾, terwijl we thans weten, dat zij een veel ingewikkelder verloop heeft ²⁾, dan behoeven we ons bij de zeer zeker nog gecompliceerdere saccharosevorming uit zetmeel in deze richting geene illusies te maken.

Het lijkt mij echter wel geoorloofd, de vergelijking te gebruiken bij de beantwoording der vragen, die op blz. 74 zijn gesteld. In haar bezitten wij een middel om de eindwaarde, waarnaar bij constant watergehalte wordt gestreefd, uit eenige waarnemingen te

¹⁾ HUDSON, J. Am. Chem. Soc. 30, 1160 (1908).

²⁾ MICHAELIS en MENTEN, Bioch. Z. 49, 333 (1913).

berekenen, in die gevallen, waar de eindwaarde zelf niet bepaald kan worden, omdat men daartoe de aardappelen zóó lang zou moeten bewaren, dat rotting intreedt. Verder hebben we in de constante k eene grootheid, die ons in staat stelt de snelheden der saccharosevorming onder verschillende omstandigheden te vergelijken.

Deze twee toepassingen der vergelijking maken de behandeling der volgende hoofdstukken mogelijk.

HOOFDSTUK X

INVLOED VAN HET DROGE STOFGEHALTE OP DE EINDWAARDE EN DE SNELHEID DER SACCHAROSEVORMING

Wanneer men een aantal aardappelporties in series van b.v. drie stuks verdeelt, aan deze series verschillende hoeveelheden water onttrekt en hen daarna bij dezelfde temperatuur bewaart, dan krijgt men door de porties op verschillende tijden te onderzoeken, voor elke serie een stel waarnemingen, waaruit met behulp van de op blz. 80 gegeven vergelijking de eindwaarde is te berekenen, die bij het droge stofgehalte van elke serie behoort. Men vindt dan tevens voor iedere serie eene waarde van k , die kan dienen om de snelheden der saccharosevorming bij verschillende droge stofgehalten te vergelijken. Vandaar dat de beide vragen, die in de punten 2 en 3 op blz. 74 zijn gesteld, in dit hoofdstuk tegelijk kunnen worden beantwoord.

Het spreekt van zelf, dat om de resultaten te mogen vergelijken, alle porties van origine in elk opzicht gelijk moeten zijn, dus van denzelfden aardappel afkomstig; dit heeft tengevolge, dat het aantal nummers van elke serie niet zoo groot kan zijn als men voor eene nauwkeurige berekening der eindwaarde zou wenschen; het is nl. niet mogelijk uit één aardappel meer dan twaalf gemiddelde monsters te snijden. Verder moet het water aan de porties die eene serie vormen op geheel dezelfde wijze zijn onttrokken. De methode die op blz. 76 is beschreven, kunnen we in dit geval niet toepassen, omdat niet alle porties een gelijk waterverlies vereischen. De eenige manier is, de monsters eerst te snijden op de op blz. 66 beschreven wijze, en daarna het water te onttrekken door kortere of langere aanraking met glucoseoplossing van ± 14 %, hetgeen snel en gelijkmatig geschiedt. In verband hiermede werd het oorspronkelijke

gewicht der porties bepaald na afspoelen met water en afdrogen met filtreerpapier (blz. 71); deze bewerking had ook na de behandeling met glucoseoplossing plaats. Gedurende een uur na het afdrogen der met glucose behandelde stukjes, scheidden zij aan hunne oppervlakte vocht af. Deze vochtafscheiding moest doorgaans eenige malen met filtreerpapier worden weggenomen alvorens de porties in flesschen (250 cm³) werden gedaan.

In de volgende tabel vindt men de resultaten van zulk eene proef. Het gehalte aan reduceerende suiker is daarin niet vermeld, omdat door de behandeling met glucose de gevonden cijfers niet het gehalte van den aardappel aan deze suiker voorstellen (blz. 71). Het saccharosegehalte is weer betrokken op den oorspronkelijken aardappel. De uit de gehalten van elke serie berekende eindwaarden ¹⁾ zijn echter tevens opgegeven in procenten van het droge stofgehalte, teneinde deze eindwaarden straks te kunnen vergelijken met die van andere proeven.

TABEL I

Datum: 9 Nov. 1923.

Bewaard bij 10° 0

Zeeuwsche Blauwen, oogst 1923.

Droge stofgehalte 28.9 %

No.	Gewicht der porties in grammen	Gewichtsverlies op het oogmerk van onderzoek in %	Tijd waarop onderzocht is in uren	Serie no.	Saccharosegehalte in %	Eindwaarde uit de saccharosegehalten berekend in %	Snelheidsconstante _k	Droge stofgehalte der behandelde aardappelen in %	Eindwaarde in % van de droge stof
1	12.13	niet behandeld	0	—	0.27	—	—	—	—
2	13.62	10.2	0	I II III	0.27	—	—	—	—
3	12.34	7.4	20½	I	0.48	0.50	0.12	31.2	1.7
4	11.64	7.5	41½	I	0.50		—		
5	11.55	11.8	21	II	0.58	0.71	0.058	32.7	2.5
6	11.54	11.6	42	II	0.67		0.057		
7	12.64	16.5	21½	III	0.60	0.91	0.034	34.6	3.2
8	12.83	16.6	42	III	0.76		0.035		

¹⁾ De berekening der eindwaarden geschiedde met behulp van de vergelijking $(x_e - x_0)(x_e - x_2) = (x_e - x_1)^2$, afgeleid uit die op blz. 80 en waarin x_1 en x_2 saccharosegehalten voorstellen, behoorende bij de tijden t_1 en $t_2 = 2t_1$. x_1 en x_2 werden, indien noodig uit eene grafische voorstelling afgelezen.

Als toelichting bij deze tabel dient nog het volgende te worden vermeld: portie no. 1 werd niet behandeld; aan portie no. 2 werd met glucoseoplossing, tegelijk met de andere, water onttrokken (10.2 %). Toch is op het tijdstip 0 het saccharosegehalte in 1 en 2 gelijk (0.27 %). Op grond daarvan werd in alle series op het tijdstip 0 een gehalte van 0.27 % aangenomen bij de berekening der eindwaarde.

In de volgende tabel, die de uitkomsten van eene dergelijke proef geeft, is om dezelfde reden uit het saccharosegehalte van het niet behandelde monster no. 1 (0.38 %) en dat van het wel behandelde monster no. 6 (0.39 %) besloten, dat op het tijdstip 0 het gehalte van serie I en II gelijk aan 0.38 moet zijn geweest.

TABEL 2

Datum: 13 Nov. 1923.

Bewaard bij 11° 5

Zeeuwsche Blauwen, oogst 1923.

Droge stofgehalte 29.5 %

No.	Gewicht der porties in grammen	Gewichtsverlies op het oogeblik van onderzoek in %	Tijd waarop onderzocht is in uren	Serie no.	Saccharosegehalte in %	Eindwaarde uit de saccharosegehalten berekend in %	Snelheidsconstante k	Droge stofgehalte der behandelde aardappelen in %	Eindwaarde in % van de droge stof
1	10.59	niet behandeld	0	I II	0.38	—	—	—	—
2	11.05	5.2	16 ³⁰	I	0.55	} 0.58	0.11	31.1	2.0
3	11.33	5.2	40 ³⁰	I	0.57		—		
4	10.87	10.0	25 ³⁰	II	0.76	} 0.77	—	32.8	2.6
5	11.23	10.1	49 ³⁰	II	0.77		—		
6	11.28	14.4	0	III	0.39	} 1.04	—	34.3	3.5
7	10.97	14.0	24	III	0.74		0.032		
8	11.46	14.1	48 ¹⁵	III	0.90		0.039		

Uit beide proevenreeksen volgt, dat de eindwaarde bij eene wateronttrekking beneden 10 % reeds na 2×24 uur bereikt is. Bij eene volgende proef werd de eindwaarde voor een dergelijk waterverlies dan ook vastgesteld door middel van slechts één monster, dat na 35 uur werd onderzocht. Tevens werd de eindwaarde bepaald in eene portie, die water had opgenomen, en bovendien in den oorspronkelijken aardappel.

TABEL 3

Datum: 23 Jan. 1924.

Bewaard bij 12°.0

Eigenheimers, oogst 1923.

Droge stofgehalte 23.7%

No.	Gewicht der porties in grammen	Gewichtsverlies op het oogmerk van onderzoek in %	Tijd waarop onderzocht is in uren	Serie no.	Saccharosegehalte in %	Eindwaarde uit de saccharosegehalten berekend in %	Snelheidsconstante k	Droge stofgehalte der behandelde aardappelen in %	Eindwaarde in % van de droge stof	
1	12.90	0.2 (niet behandeld)	35	I	0.39	0.39	—	23.7	1.7	
2	12.70	— 11.2	35	II	0.21	0.21	—	21.3	0.9	
3	13.43	5.5	35	III	0.51	0.51	—	25.1	2.2	
4	14.12	16.0	1 1/2	IV	0.50	0.80	0.115 0.085	0.10	28.2	3.4
5	13.61	16.0	1 1/4	IV	0.70					
6	13.66	16.0	20 1/4	IV	0.74	1.09	0.044 0.038	30.4	4.6	
7	12.67	16.0	37 1/4	IV	0.79					
8	13.21	21.9	0	V	0.39	0.038	0.04	30.4	4.6	
9	13.55	21.9	9 1/2	V	0.63					
10	13.61	21.9	18 1/2	V	0.75	0.039	0.04	30.4	4.6	
11	13.08	21.9	36	V	0.92					

Hieronder volgen nog eenige tabellen over proeven, waarbij alleen met kleine wateronttrekking is gewerkt. Deze had plaats door uitdrogen, behalve in tabel 4, waarvoor glucose werd gebruikt.

TABEL 4

Datum: 15 Febr. 1923.

Bewaard bij 18°.0

Zeeuwsche Blauwen, oogst 1922.

Droge stofgehalte 31.8%

No.	Gewicht der porties in grammen	Gewichtsverlies op het oogmerk van onderzoek in %	Tijd waarop onderzocht is in uren	Saccharosegehalte in %; tevens eindwaarde	Droge stofgehalte der behandelde aardappelen in %	Eindwaarde in % van de droge stof
1	15.77	1.1	42	0.63	32.2	2.0
2	13.35	6.3	42	0.80	33.9	2.5
3	13.34	— 6.7	42	0.43	29.8	1.4

TABEL 5

Datum: 17 Nov. 1923.

Bewaard bij 11°.5

Zeeuwsche Blauwen, oogst 1923.

Droge stofgehalte 25.7 %

No.	Gewicht der porties in grammen	Gewichtsverlies op het oogeblik van onderzoek in %	Tijd waarop onderzoek is in uren	Saccharosegehalte in %; tevens eindwaarde	Droge stofgehalte der behandelde aardappelen in %	Eindwaarde in % van de droge stof
1	12.48	0	24	0.37	25.7	1.4
2	13.46	3.5	24	0.53	26.6	2.1
3	13.47	— 2.7	24	0.33	25.0	1.3

TABEL 6

Datum: 17 Nov. 1923.

Bewaard bij 11°.5

Red Star, oogst 1923.

Droge stofgehalte 22.1 %

I	13.79	0	24	0.41	22.1	1.9
2	14.00	4.4	24	0.56	23.1	2.5
3	14.11	— 2.3	24	0.34	21.6	1.5

TABEL 7

Datum: 22 Nov. 1923.

Bewaard bij 8°.5

Red Star, oogst 1923.

Droge stofgehalte 28.8 %

I	11.57	0	45	0.32	28.8	1.1
2	11.53	5.7	45	0.51	30.6	1.8
3	11.97	— 5.2	45	0.21	27.4	0.7

TABEL 8

Datum: 3 Feb. 1925.

Bewaard bij 10°.0

Zeeuwsche Borgers, oogst 1924.

Droge stofgehalte 27.4 %

I	12.59	0	24	0.36	27.4	1.3
2	13.21	5.0	24	0.43	28.9	1.6
3	12.82	— 11.0	24	0.27	24.7	1.0

TABEL 9

Datum: 5 Feb. 1925.

Bewaard bij 9°.0

Zeeuwsche Borgers, oogst 1924.

Droge stofgehalte 26.3 %

No.	Gewicht der porties in grammen	Gewichtsverlies op het oogenblik van onderzoek in %	Tijd waarop onderzoek is in uren	Saccharosegehalte in %; tevens eindwaarde	Droge stofgehalte der behandelde aardappelen in %	Eindwaarde in % van de droge stof
1	16.52	0	45	0.49	26.3	1.8
2	16.14	4.7	60	0.62	27.6	2.4
3	15.67	-9.0	48	0.31	24.1	1.2

De grafische voorstelling in fig. 10 laat het verband zien tusschen het droge stofgehalte en de eindwaarde in procenten van de droge stof. Tevens toont zij hoe de snelheidsconstante k met het droge stofgehalte verandert. De bij de lijnen geplaatste nummers verwijzen naar de tabellen.

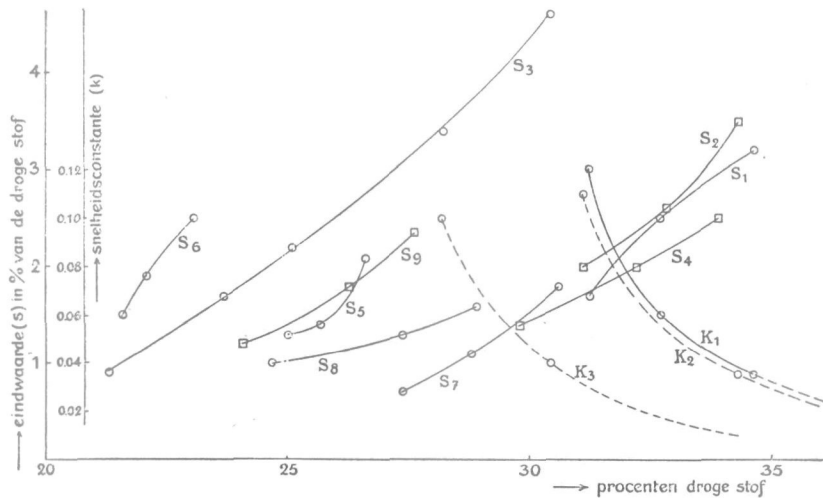


FIG. 10

De lijnen, die in deze voorstelling het verband tusschen eindwaarde en droge stof aangeven, vertoonen grootendeels eene zwakke

kromming met de convexe zijde naar beneden. Bij enkele (s_1 en s_2) ligt de convexe zijde naar boven. Zonder ons er in te verdiepen of analysefouten, dan wel verschil in eigenschappen der gebruikte aardappelen de oorzaak zijn van dit verschil, kunnen we uit den loop der krommen besluiten, dat de lijn voor den gemiddelden aardappel weinig van eene rechte zal afwijken, met de convexe zijde naar beneden gewend.

Dat deze afwijking van eene rechte bij de bovenbeschreven proeven geprononceerder voor den dag komt, dan zij in werkelijkheid is, volgt uit onderstaande redeneering:

We kunnen er zeker van zijn, dat bij deze proeven niet alle stukjes aardappel, die eene portie vormen, evenver zijn uitgedroogd, al was ook het gemiddelde waterverlies van de porties eener serie gelijk.

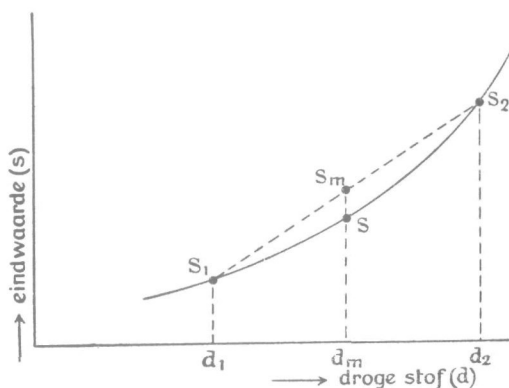


FIG. 11

Stellen we ons voor, dat de kromme lijn in fig. 11 het werkelijke verband geeft, dat in een aardappel tusschen droge stof en eindwaarde der saccharosevorming bestaat en dat we van dezen aardappel eene portie analyseeren, bestaande uit twee gelijke gedeelten, die respectievelijk tot een droge stofgehalte d_1 en d_2 zijn gedroogd. De eindwaarden, die de twee helften bereiken, zullen dus zijn: s_1 en s_2 . Het resultaat van de analyse zal dus worden, dat een droge stofgehalte wordt geconstateerd d_m , met eene daarbij behoorende eindwaarde s_m , die hooger is dan de eindwaarde s , die werkelijk bij d_m behoort.

Daar nu, zooals eene eenvoudige berekening leert, eene verschillende wateronttrekking des te meer invloed op het droge stofgehalte heeft naarmate dit laatste hooger is, zal het verschil tusschen s_m en s steeds grooter worden, naarmate de proef een hooger droge

stofgehalte betreft, met als gevolg eene steeds grooter wordende afwijking tusschen de gevonden kromme lijn en de ware.

Dat een verschil in waterverlies niet beperkt blijft tot verschillende stukjes eener portie, doch dat dit ook in deelen van hetzelfde stuk aardappel zal bestaan, wordt door de volgende proef aangetoond: van een regelmatig gevormden aardappel werd eene punt afgesneden, waarna hij gedurende 10 dagen bij kamertemperatuur werd bewaard. Het gewicht was toen van 94.54 gram op 84.10 gram gedaald. Op de manier, die figuur 12 laat

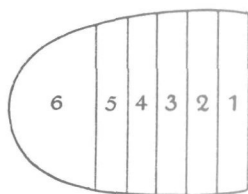


FIG. 12

zien, werden er nu zes porties van gesneden, in elk waarvan het droge stofgehalte werd bepaald. De groote en de kleine as van de elliptische schijven werden gemeten en het oppervlak werd berekend. Daar in eene tabel ¹⁾ het bij het droge stofgehalte behorende soortelijk gewicht kon worden opgezocht, kon de gemiddelde dikte van elke schijf worden gevonden. De resultaten waren als volgt:

No.	Gewicht van de porties in grammen	Afmeting in cm	Oppervlak in cm ²	Droge stofgehalte in %	Soortelijk gewicht	Gemiddelde dikte in cm (berekend)
1	8.48	5.6 × 3.8	16.7	37.7	1.16	0.44
2	9.93	5.7 × 3.8	17.0	32.6	1.14	0.51
3	12.20	5.9 × 3.9	18.1	30.4	1.13	0.60
4	12.51	5.9 × 4.0	18.5	28.3	1.12	0.60
5	14.81	5.7 × 3.9	17.4	27.7	1.12	0.76
6	26.05	—	—	25.7	—	—
	83.98					

Het droge stofgehalte van den oorspronkelijken aardappel kan uit de droge stofcijfers der porties en uit het oorspronkelijk gewicht berekend worden op 26.0 %.

¹⁾ O. SAARE, als voren, blz. 496.

In fig. 13 krijgen we een beeld van het verloop van het droge stofgehalte in dezen aardappel na het drogen.

Hoewel de uitdroging in dit geval zeer langzaam heeft plaats gehad, is het waterverlies der dicht bij het snijvlak gelegen cellen niet van uit verder afgelegene aangevuld. Dit zal dus zeker ook

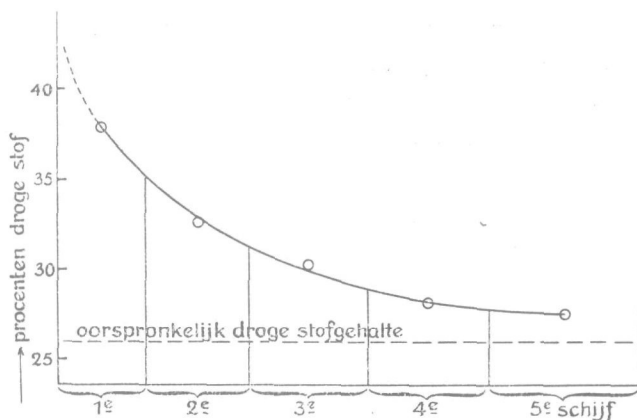


FIG. 13

het geval zijn bij de proeven, waarbij het water zeer snel werd onttrokken. In de gedroogde schijven kunnen we dus ook vanaf de snijvlakken naar het midden eene afneming van het droge stofgehalte verwachten. Naar aanleiding van hetgeen zoeven werd opgemerkt over den invloed daarvan op den loop der lijnen uit de grafische voorstelling op blz. 89, hebben we eene reden te meer om aan te nemen, dat deze lijnen voor gemiddelde aardappelen slechts weinig van eene rechte zullen afwijken.

Eene andere gevolgtrekking, die we uit den loop dezer lijnen kunnen maken is deze, dat de eindwaarden, die in *verschillende* aardappelen worden bereikt, niet zoo zeer bepaald worden door het droge stofgehalte, dat na de droging aanwezig is, als wel door de stijging die het droge stofgehalte tijdens de droging heeft ondergaan. Vandaar dat de lijnen veel dichter bij elkander komen te liggen, als we de grafische voorstelling zoodanig inrichten, dat de droge stofgehalten der oorspronkelijke aardappelen samenvallen, zooals in fig. 14

geschied is. In deze voorstelling zijn tevens opgenomen (de punten a t/m h) de eindwaarden der proeven uit het vorige en ook uit latere hoofdstukken. Het tabelletje geeft aan, waar deze waarden te vinden zijn.

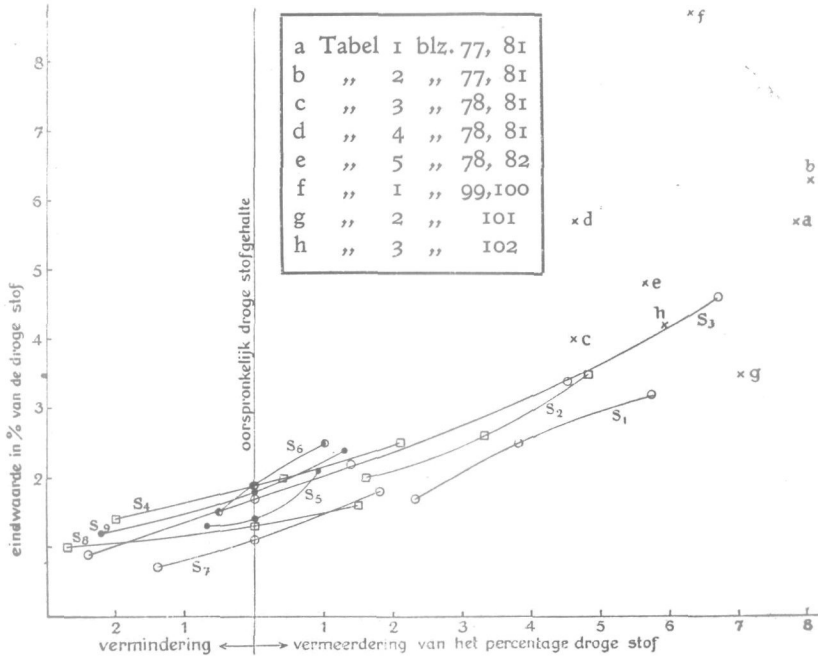


FIG. 14

De overeenkomstige loop dezer lijnen stelt ons nu in staat, een indruk te krijgen van de hoeveelheid saccharose, die in den gemiddelden aardappel hoogstens kan worden gevormd. In de tabel op de volgende blz. is berekend de toeneming der eindwaarde, die bij de proeven uit dit hoofdstuk gemiddeld optrad per procent stijging van het droge stofgehalte.

Wanneer we nu een oogenblik aannemen, dat de lijn die voor den gemiddelden aardappel geldt eene rechte is, dan wordt dus de eindwaarde die het saccharosegehalte bereiken kan telkens met 0.4 % verhoogd, als het droge stofgehalte met 1% stijgt. Daar

Tabel no.	Stijging droge stof in %	Stijging eindwaar- de in %v/d droge stof	Stijging eindwaarde in % van de droge stof per pro- cent stijging van de droge stof
1	3.4	1.4	0.41
2	3.2	1.5	0.47
3	9.1	3.7	0.41
4	4.2	1.1	0.26
5	1.6	0.8	0.50
6	1.5	1.0	0.67
7	3.2	1.1	0.34
8	4.2	0.6	0.14
9	3.5	1.2	0.34
			Gemiddeld 0.4

echter bij een droge stofgehalte boven 53 % (blz. 69) de saccharosevorming onmogelijk is, wordt de hoeveelheid suiker, die hoogstens in een aardappel kan bestaan, bepaald door de eindwaarde die bij dat droge stofpercentage behoort. Voor den gemiddelden aardappel, met 24 % droge stof (blz. 11) is de grootst mogelijke stijging dus: $(53 - 24) \times 0.4 = \pm 11.6 \%$, berekend in procenten van de droge stof, of $0.24 \times 11.6 = \pm 2.8 \%$, betrokken op den oorspronkelijken aardappel. Nemen we in aanmerking dat door den zwak gebogen loop van de lijn de mogelijke stijging nog wat grooter zal zijn, dan zien we dat WATERMAN bij zijne proeven, waarbij hij eenige malen 3 % saccharosevorming constateerde, dicht bij het gemiddeld te behalen maximum is gekomen.

Natuurlijk zullen er aardappelen zijn, die eene veel grootere saccharosevorming kunnen geven. We berekenen uit de cijfers van den aardappel uit tabel 6 dan ook eene maximale saccharosevorming van 4.6 %. De grafische voorstelling op blz. 89 toont ons echter in den loop der lijnen, die de snelheidsconstante k voorstellen, dat de hoogste saccharosegehalten in de practijk moeilijk zullen zijn te bereiken. De snelheidsconstante neemt bij stijging van het droge stofgehalte zeer snel af en nadert bij 53 % droge stof tot nul (blz. 69). Uit de gestippelde krommen, die dit weergeven, is af te leiden, dat reeds bij 40 % droge stof de waarde van

k zòd gering zal zijn, dat weken vereischt worden om dicht bij het maximale saccharosegehalte te komen. Laten we aannemen, dat (zie fig. 10) de gemiddelde waarde van k bij 40 % droge stofgehalte 0.005 is en dat we een aardappel hebben, waarvan het droge stofgehalte tot 40 % is gestegen en die nog 5 % saccharose kan maken alvorens zijne eindwaarde te hebben bereikt. De tijd, die noodig is om het gehalte met 4.5 % te doen stijgen, is dan te berekenen op de volgende wijze:

$$t = \frac{I}{k} e^{\log \frac{x_e - x_0}{x_e - x}} \text{ (zie blz. 80)}$$

$$\text{dus } t = \frac{I}{0.005} e^{\log \frac{(x_0 + 5) - x_0}{(x_0 + 5) - (x_0 + 4.5)}} =$$

$$\frac{I}{0.005} \times 2.303 \log \frac{5}{0.5} = \frac{2.303}{0.005}.$$

We vinden voor t de waarde: 460 uren of bijna 3 weken. Het spreekt vanzelf, dat vòòr het verstrijken van dien tijd reeds rotting zal intreden. Daar de hier beschreven proeven alle bij $\pm 10^\circ$ plaats hadden geldt deze berekening alleen voor die temperatuur. Zooals we in hoofdstuk XII zullen zien neemt de waarde van k met de temperatuur snel toe. Hierin ligt dan ook waarschijnlijk de oorzaak van het feit, dat WATERMAN, die bij veel hogere temperatuur werkte, in eenige dagen dicht bij het gemiddelde maximum wist te komen.

HOOFDSTUK XI

INVLOED VAN DE TEMPERATUUR OP DE EINDWAARDE

Teneinde dezen invloed te vinden, bepaalde ik na bewaren bij de temperatuur t_1° de eindwaarde in drie porties van een aardappel, precies op dezelfde manier als dit was geschied voor de tabellen 4 t/m 9 uit het vorige hoofdstuk. Tegelijkertijd werd in eenige porties van denzelfden aardappel de eindwaarde bepaald, na bewaren bij de temperatuur t_2° . Evenals vroeger werd aangenomen, dat de eindwaarde bij een waterverlies kleiner dan 10% na twee dagen bereikt is.

Uit de eindwaarden, die bij t_1° waren gevonden, kon door interpolatie worden afgeleid, welke eindwaarde bij t_1° correspondeert met het waterverlies der porties, die bij t_2° waren bewaard. Zoo doende was eene vergelijking der eindwaarden bij hetzelfde waterverlies, doch verschillende temperaturen mogelijk.

In de onderstaande tabellen zijn de uitkomsten vermeld; de door

TABEL I

Datum: 15 Febr. 1923.

Zeeuwsche Blauwen, ogst 1922.

Droge stofgehalte 31.8 %

No.	Gewicht der porties in grammen	Gewichtsverlies op het oogenblik van onderzoek in %	Temperatuur waarbij bewaard is	Tijd op het oogenblik van onderzoek in uren	Suikergehalte in %		
					Reduc. suiker	Saccharose, gevonden door	
						analyse	interpolatie
1	12.75	5.7	5°	42	(glucose)	0.81	0.78
2	12.35	— 6.6	5°	42	0.21	0.43	0.43
3	13.35	6.3	18°	42	(glucose)	0.80	—
4	15.77	1.1	18°	42	0.33	0.63	—
5	13.34	— 6.7	18°	42	0.31	0.43	—

interpolatie gevonden waarden zijn ter vergelijking naast de door analyse gevondene geplaatst. De suikergehalten zijn berekend in procenten van den oorspronkelijken aardappel. Als het water door glucoseoplossing is onttrokken, is het reduceerende suikergehalte niet vermeld.

TABEL 2

Datum: 20 Nov. 1923.

Bravo's, oogst 1923.

No.	Gewicht der porties in grammen	Gewichtsverlies op het oogenblik van onderzoek in %	Temperatuur waarbij be-waard is	Tijd op het oogenblik van onderzoek in uren	Suikergehalte in %		
					Reduc. suiker	Saccharose, gevonden door	
						analyse	interpolatie
1	12.28	0.2	10°	24	0.09	0.35	—
2	12.51	— 2.7	10°	24	0.08	0.30	—
3	12.49	2.3	14°	24	0.14	0.35	0.39

TABEL 3

Datum: 13 Dec. 1923.

Red Star, oogst 1923.

1	15.32	0.3	6°	40	0.22	0.51	0.54
2	14.17	— 7.8	6°	40	0.21	0.41	0.34
3	15.10	6.4	18°	40	(glucose)	0.82	—
4	16.46	1.3	18°	40	0.38	0.57	—
5	15.54	— 7.3	18°	40	0.34	0.35	—

TABEL 4

Datum: 11 Febr. 1924.

Bravo's, oogst 1923.

1	11.07	10.0	5°	40	(glucose)	0.92	—
2	11.05	0.9	5°	40	0.07	0.58	—
3	11.15	— 6.3	5°	40	0.11	0.49	—
4	10.39	9.0	18°	40	(glucose)	0.79	0.88
5	10.14	1.5	18°	40	0.17	0.62	0.59
6	10.29	— 6.6	18°	40	0.22	0.44	0.48

TABEL 5

Datum: 3 Feb. 1925.

Zeeuwsche Borgers, oogst 1924.

Droge stofgehalte 27.4 %

No.	Gewicht der porties in grammen	Gewichtsverlies op het oogeblik van onderzoek in %	Temperatuur waarbij bewaard is	Tijd op het oogeblik van onderzoek in uren	Suikergehalte in %		
					Reduc. suiker	Saccharose, gevonden door	
						analyse	interpolatie
1	13.21	5.0	10°	24	0.78	0.43	—
2	12.59	0.0	10°	24	0.70	0.36	—
3	12.82	— 11.0	10°	24	0.71	0.27	—
4	12.75	5.5	24°	24	0.79	0.51	0.44
5	12.88	0.5	24°	24	0.73	0.43	0.36
6	13.03	— 9.7	24°	24	0.79	0.31	0.29

TABEL 6

Datum: 5 Febr. 1925.

Zeeuwsche Borgers, oogst 1924.

Droge stofgehalte 26.3 %

1	16.14	4.7	9°	60	0.83	0.62	—
2	16.52	0.0	9°	45	0.67	0.49	—
3	15.67	— 9.0	9°	48	0.76	0.31	—
4	15.97	5.1	22°	40	0.87	0.69	0.64
5	16.78	0.6	22°	40	0.76	0.56	0.51
6	16.18	— 7.9	22°	40	0.84	0.35	0.33

Van de veertien malen vinden we dus in één geval de eindwaarde bij beide temperaturen gelijk; in acht gevallen ligt bij hooge temperatuur de eindwaarde het hoogst en vijf malen is het omgekeerde het geval. Daar de verschillen niet groot zijn en ook later (hoofdstuk XII tabel 3) bij de berekening van de eindwaarden uit een aantal waarnemingen, bij verschillende temperaturen slechts een gering onderscheid werd geconstateerd (nl. 1.14 en 1.19 bij resp. 25° en 11°), mogen we de conclusie trekken, dat de temperatuur weinig of geen invloed op de grootte der eindwaarde heeft. In het volgende hoofdstuk zullen we hiervan gebruik maken.

HOOFDSTUK XII

INVLOED VAN DE TEMPERATUUR OP DE SNELHEID DER SACCHAROSEVORMING

Een aantal aardappelmonsters waaraan evenveel water onttrokken was, werd in eenige series verdeeld; deze series werden bij verschillende temperaturen bewaard, waarna door de monsters één voor één te onderzoeken, evenals in hoofdstuk X voor elke serie eene waarde van k werd gevonden. De monsters voor deze proeven werden op twee manieren verkregen, óf door van den oorspronkelijken aardappel porties te snijden en aan deze het water met glucoseoplossing te onttrekken, óf door zooals in hoofdstuk IX beschreven is, eerst een aantal schijven te drogen, hieruit de monsters te snijden en het oorspronkelijke gewicht dezer monsters te berekenen. In de onderstaande tabellen vindt men de resultaten

TABEL I

Datum: 15 Nov. 1924. Water is onttrokken met glucoseoplossing.
Zeeuwsche Borgers, oogst 1924. Droge stofgehalte 25.2 %

No.	Gewicht der porties in grammen	Gewichtsverlies op het oogenblik van onderzoek in %	Temperatuur waarbij bewaard is	Tijd op het oogenblik van onderzoek in uren	Saccharose in %
1	13.52	19.4	—	0	0.16
2	13.53	20.1	8°	11 $\frac{3}{4}$	0.31
3	13.55	20.0	8°	42 $\frac{1}{2}$	0.75
4	13.94	20.0	8°	66 $\frac{1}{2}$	0.99
5	11.99	20.2	30°	10 $\frac{1}{2}$	0.53
6	14.37	20.7	30°	33 $\frac{3}{4}$	0.40
7	11.54	20.2	49°	10 $\frac{1}{4}$	0.33

van eenige dergelijke proeven. De suikergehalten zijn berekend in procenten van den oorspronkelijken aardappel; als het water door glucoseoplossing is onttrokken, is het gehalte aan reduceerende suiker niet vermeld.

Bij beschouwing der cijfers in tabel 1 zien we reeds dadelijk, dat de saccharosevorming bij 30° sneller gaat dan bij 8°, doch ook dat langer verblijf bij deze temperatuur schadelijk is. Bij 49° is deze schadelijke invloed reeds na 10 uur zeer duidelijk merkbaar.

Voor de berekening van de eindwaarde beschikken we over vier waarnemingen bij 8°, die echter niet goed voldoen aan de op blz. 80 gegeven vergelijking. Gemiddeld vinden we voor de eindwaarde ongeveer 2.2 %. Natuurlijk zal eene fout in de eindwaarde vrij grooten invloed uitoefenen op de berekening van k bij 8°. Op de verhouding tusschen k_8 en k_{30} is deze invloed echter niet groot, zooals de volgende berekeningen aantonen, waarbij voor de eindwaarde respectievelijk 2.50 % en 2.00 % is genomen.

No. uit de tabel	x_0	x_e	x	k		k_{30}/k_8
2	0.16	2.50	0.31	0.00565	} $k_8 = 0.00636$	} 2.58
3	0.16	2.50	0.75	0.00685		
4	0.16	2.50	0.99	0.00659		
5	0.16	2.50	0.53	0.0164		
<hr/>						
2	0.16	2.00	0.31	0.00724	} $k_8 = 0.00846$	} 2.53
3	0.16	2.00	0.75	0.00910		
4	0.16	2.00	0.99	0.00903		
5	0.16	2.00	0.53	0.0214		

De snelheid der saccharosevorming is dus bij 30° ongeveer 2.55 maal zoo groot als bij 8°; gezien den schadelijken invloed van de eerste temperatuur (nos. 5 en 6), zal deze verhouding waarschijnlijk te klein zijn gevonden.

TABEL 2

Datum: 22 Nov. 1924. Water is onttrokken door drogen.
Zeeuwsche Borgers, oogst 1924. Droge stofgehalte 26.9 %

No.	Gewicht der porties in grammen	Gewichtsverlies op het oogenblik van onderzoek in %	Temperatuur waarbij bewaard is	Tijd op het oogenblik van onderzoek in uren	Suikergehalte in %	
					Reduc. suiker	Saccharose
1	13.14	20.6	12°	24	0.57	0.66
2	12.98	20.6	12°	46	0.64	0.85
3	12.79	20.5	12°	78	0.54	0.93
4	14.41	20.5	30°	2½	0.50	0.56
5	14.31	20.6	30°	7½	0.46	0.72
6	14.14	20.8	30°	12	0.49	0.72
7	13.75	20.5	40°	2	0.48	0.65
8	12.83	20.7	40°	6½	0.54	0.81
9	13.20	22.3	40°	11½	0.66	0.92

We kunnen k_{12} als volgt berekenen:

No. uit de tabel	x_0	x_e	x	tijd (verschil)	k_{12}
2	0.66	0.95	0.85	22	0.0483
3	0.66	0.95	0.93	54	0.0495

} $k_{12} = 0.049$

Voor de berekening van k_{40} hebben we de nos. 7 en 8 uit de tabel, daar no. 9 te groot waterverlies heeft:

No. uit de tabel	x_0	x_e	x	tijd (verschil)	k_{40}
8	0.65	0.95	0.81	4½	0.17

In het saccharosegehalte van een der nummers 5 en 6 (die beide 0.72 % bevatten) schuilt blijkbaar eene fout. Berekenen we uit beide cijfers k_{30} , gebruik makende van no. 4, dan vinden we:

No. uit de tabel	x_0	x_e	x	tijd (verschil)	k_{30}
5	0.56	0.95	0.72	5	0.106
6	0.56	0.95	0.72	9½	0.056

Hieruit blijkt in verband met de voor k_{12} en k_{40} gevonden cijfers, dat $k_{30} = 0.106$ de meest waarschijnlijke waarde is, zoodat het saccharosegehalte van no. 6 als fout moet worden aangenomen.

We vinden dus:

$$\frac{k_{40}}{k_{12}} = 3.46 \quad \frac{k_{30}}{k_{12}} = 2.16 \quad \frac{k_{40}}{k_{30}} = 1.60$$

TABEL 3

Datum: 21 Febr. 1925.

Water is onttrokken door drogen.

Zandaardappel, oogst 1924.

Droge stofgehalte 26.5 %

No.	Gewicht der porties in grammen	Gewichtsverlies op het oogenblik van onderzoek in %	Temperatuur waarbij bewaard is	Tijd op het oogenblik van onderzoek in uren	Suikergehalte in %	
					Reduc. suiker	Saccharose
1	13.24	18.0	11°	3¼	0.58	0.34
2	13.39	18.1	11°	13¼	0.59	0.58
3	13.46	18.1	11°	30¾	0.58	0.84
4	13.34	18.1	11°	47¼	0.77	1.00
5	13.68	18.1	25°	3	0.60	0.38
6	13.19	18.1	25°	8	0.60	0.57
7	13.02	18.1	25°	14	0.57	0.73
8	12.70	18.2	25°	31	0.73	0.98

Berekening van k_{11} :

No. uit de tabel	x_0	x_e	x	tijd (verschil)	k_{11}
2	0.34	1.19	0.58	10	0.0331
3	0.34	1.19	0.84	27½	0.0322
4	0.34	1.19	1.00	44	0.0340

} 0.033

Berekening van k_{25} :

No. uit de tabel	x_0	x_e	x	tijd (verschil)	k_{25}
6	0.38	1.14	0.57	5	0.0575
7	0.38	1.14	0.73	11	0.0561
8	0.38	1.14	0.98	28	0.0556

} 0.056

Hieruit volgt: $\frac{k_{25}}{k_{11}} = 1.70$.

Teneinde de verhouding der waarden van k bij t_1° en t_2° beter te kunnen vergelijken, zullen we het quotient berekenen voor 10° temperatuurverschil: ${}_{t_1}^{t_2}Q_{10}$.

We stellen daartoe tusschen de temperaturen t_1 en t_2 de reactieconstante voor door de formule $k = ca^t$

dus $k_1 = ca^{t_1}$ en $k_2 = ca^{t_2}$

of $\frac{k_2}{k_1} = a^{t_2-t_1}$ en ${}_{t_1}^{t_2}Q_{10} = a^{10}$.

Nu is hierboven $\frac{k_2}{k_1}$ reeds voor verschillende waarden van t_1 en t_2 berekend, dus $a^{t_2-t_1}$ is bekend, en ${}_{t_1}^{t_2}Q_{10}$ kan worden berekend. We vinden daarvoor:

$${}_{20}^{30}Q_{10} = 1.60$$

$${}_{10}^{20}Q_{10} = 1.56$$

$${}_{30}^{40}Q_{10} = 1.53$$

$${}_{40}^{50}Q_{10} = 1.53$$

$${}_{50}^{60}Q_{10} = 1.46$$

Dergelijke waarden voor Q_{10} zijn meermalen gevonden voor reacties, die onder invloed van enzymen verlopen ¹⁾.

¹⁾ H. EULER, *Chemie der Enzyme*, 1e deel, 2e druk, blz. 192—193.

HOOFDSTUK XIII

DE SACCHAROSEVERBRUIKENDE REACTIE IN AARDAPPELEN WAARVAN HET WATERGEHALTE IS VERHOOGD

Reeds vele malen hebben we in de voorgaande hoofdstukken gezien, dat het saccharosegehalte van den oorspronkelijken aardappel daalt als men de schijfjes water laat opzuigen.

Daar we in hoofdstuk X een verband tusschen eindwaarde en droge stofgehalte hebben gevonden, rijst de vraag of ook in aardappelen, die door drogen saccharose hebben gemaakt, het suikergehalte weer vermindert als men hun watergehalte verhoogt en of zij daarbij weer den eindtoestand bereiken, die bij dit nieuwe watergehalte behoort. Hieronder volgt de beschrijving van eenige proeven, die werden verricht om deze vraag te beantwoorden.

1. Datum van de proef: 17 Oct. 1923.

Zeeuwsche Blauwen, oogst 1923.

Bewaard bij 14°

No.	Gewicht der porties in grammen	Gewichtsverlies op het oogenblik van onderzoek in %	Tijd waarop onderzocht is in uren	Saccharosegehalte in %
1	12.99	19.1	23	0.58
2	13.79	19.7	67	0.92
3	11.75	4.6	23 + 67 = 90	0.52
4	13.13 niet behandeld		0	0.26

Aan drie monsters werd water onttrokken door middel van glucose-oplossing. Ze werden hierna in flesschen bewaard; de nos. 1 en 2 werden na verloop van tijd onderzocht. Op het moment dat no. 1

werd geanalyseerd, werd no. 3 in water geplaatst, zoodat weer water werd opgezogen. Daarna werd ook no. 3 weer in eene flesch bewaard gedurende ± 3 dagen en toen onderzocht.

Uit de nos. 4, 1 en 2 volgt, dat de eindwaarde in den gedroogden aardappel bij 19.4 % waterverlies is 1.20 %. De eindwaarde bij 4.6 % waterverlies (no. 3) zal dus zijn: $0.26 + \frac{4.6}{19.4} (1.20 - 0.26) = 0.48 \%$.

Na 23 uur was het saccharosegehalte van no. 3 evenals dat van no. 1 gelijk aan 0.58 %. Door de behandeling met water is dus het saccharosegehalte gaan dalen (tot 0.52 %); echter was de eindwaarde na 67 uur nog niet bereikt (0.48 %).

2. Datum van de proef: 13 Dec. 1923.

Zeeuwsche Borgers, oogst 1923.

Bewaard bij 14°

Deze proef werd geheel als de vorige ingericht. Alleen werd de niet behandelde aardappel eenige dagen bewaard alvorens te worden onderzocht.

No.	Gewicht der porties in grammen	Gewichtsverlies op het oogenblik van onderzoek in %	Tijd waarop onderzocht is in uren	Saccharosegehalte in %
1	14.53	14.4	72	1.02
2	14.44	14.4	144	1.20
3	14.37	1.8	72 + 72 = 144	0.76
4	15.36	0.5	72	0.40
	niet behandeld			

Uit de nos. 4, 1 en 2 berekenen we hier de eindwaarde voor 14.4 % waterverlies op $\pm 1.27 \%$. Dus zal de eindwaarde bij 1.8 % waterverlies zijn: $0.40 + \frac{1.8 - 0.5}{14.4 - 0.5} (1.27 - 0.40) = 0.48 \%$.

No. 3 had na 72 uur hetzelfde suikergehalte als no. 1, d.i. 1.02 %. Tengevolge van de waterbehandeling is dus het saccharosegehalte gedaald (tot 0.76 %); echter was de eindwaarde na 72 uur nog lang niet bereikt (0.48 %).

Duidelijker dan bij de eerste proef zien we hier, dat de saccharose-

106 *Saccharosevermindering door opnemen van water*

verbruikende reactie veel langzamer verloopt dan de saccharosevormende; we weten immers van vorige proeven (hoofdstuk X), dat bij een gering waterverlies als waarvan hierboven sprake was (4.6 % en 1.8%), de saccharosevormende reactie zòd snel verloopt, dat de eindwaarde na 48 uur bereikt is.

3. Datum van de proef: 1 April 1925.

Zeeuwsche Blauwen, oogst 1924.

Bewaard bij 13°

Van een aardappel werden zes schrijven gedroogd bij 36° tot 22 % gewichtsverlies. Daarna werden er zooals op blz. 76 beschreven is zes porties van gemaakt, die in flesschen 60 uur werden bewaard. Toen werden de monsters in water gelaten tot het gewicht niet meer toenam, weer in de flesschen gedaan en na verloop van tijd één voor één onderzocht.

No.	Gewicht der porties in grammen	Opgenomen water op het oogenblik van onderzoek in %	Tijd op het oogenblik v. onderzoek in uren	Suikergehalte in %	
				Reduc. suiker	Saccharose
1	14.39	5.7	0	0.61	0.88
2	14.14	5.7	1	0.63	0.88
3	14.41	5.0	7	0.65	0.85
4	14.34	4.3	20	0.72	0.83
5	13.90	4.6	51	0.95	0.67
6	14.44	4.4	99	1.10	0.64
7	16.44	oorspronk.	aardappel	0.60	0.37

Ook hier verloopt de saccharoseverbruikende reactie zeer langzaam, het groote watergehalte in aanmerking genomen; de cijfers maken echter den indruk, dat de eindwaarde, die bij $\pm 0.35\%$ zal liggen, niet zal worden bereikt.

Zooals fig. 15 laat zien, zal het saccharosegehalte niet verder dalen dan tot $\pm 0.60\%$.

4. Datum van de proef: 4 Nov. 1925.

Zeeuwsche Blauwen, oogst 1925.

Bewaard bij 13°

Vijf gedeeltelijk gedroogde aardappelmonsters, verkregen als bij de vorige proef, werden in flesschen bewaard. Gedurende de eerste

28 uur werden drie monsters één voor één onderzocht. Na 33 uur

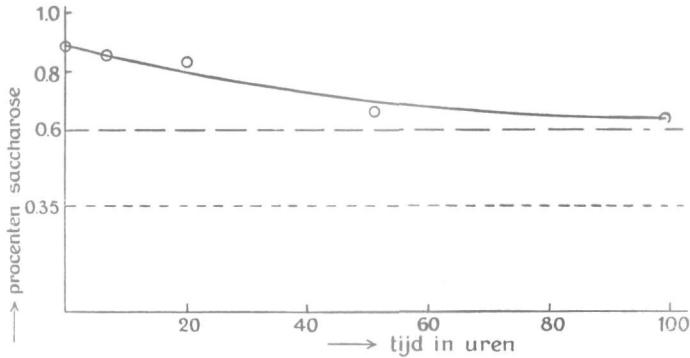


FIG. 15

werden de beide overige gedurende twee uur in water gelaten, daarna weer in de flesschen gedaan en later onderzocht.

No.	Gewicht der porties in grammen	Gewichtsverlies op het oogenblik van onderzoek in %	Tijd op het oogenblik van onderzoek in uren	Suikergehalte in %	
				Reduc. suiker	Saccharose
1	12.73	15.8	0	0.15	0.65
2	12.18	16.0	12½	0.13	0.89
3	11.73	15.9	28	0.14	1.00
4	12.42	1.3	33 + 17 = 50	0.11	0.96
5	11.73	1.2	33 + 40½ = 73½	0.16	0.99

Ook hier krijgen we den indruk, dat de bereikte eindwaarde ver boven de theoretische zal liggen, die lager dan 0.65 zal zijn.

Opmerkelijk is, dat bij de volgende proef, waarbij niet zoo ver werd uitgedroogd, de reactie veel sneller gaat en ook de eindwaarde veel meer in de buurt van de theoretische komt te liggen:

5. Datum van de proef: 9 Jan. 1926.

Zeeuwsche Blauwen, oogst 1925.

Bewaard bij 16°

Van vier porties werd ééne in water gelaten tot 12% gewichtsvermeerdering; no. 2 werd niet behandeld; nos. 3 en 4 werden naast elkaar aan de lucht gedroogd bij kamertemperatuur tot ± 8% ge-

108 *Saccharosevermindering door opnemen van water*

wichtsverlies. Alle monsters werden daarna in flesschen bewaard. Na ± 15 uur werden no. 3 en no. 4 in water geplaatst tot weer ± 17 % water was opgenomen. Hierop werd no. 3 onderzocht en no. 4 weer in de flesch gedaan en later tegelijk met de nos. 1 en 2 onderzocht.

No.	Gewicht der porties in grammen	Opgenomen water op het oogenblik van onderzoek in %	Tijd op het oogenblik van onderzoek in uren	Suikergehalte in %	
				Reduc. suiker	Saccharose
1	9.06	12.0	40	0.32	0.23
2	11.57	— 0.4	40	0.38	0.35
3	9.16	9.2	16 $\frac{1}{4}$	0.18	0.54
4	8.95	9.1	40 $\frac{1}{4}$	0.32	0.33

Uit de eindwaarden der nos. 1 en 2 berekenen we de eindwaarde voor no. 4 op $0.23 + \frac{12.0 - 9.1}{12.0 + 0.4} (0.35 - 0.23) = 0.26$ %. Na 16 $\frac{1}{4}$ uur was het gehalte van no. 4 gelijk aan dat van no. 3, dus 0.54 %. Dit gehalte is in 24 uur sterk gedaald (tot 0.33) en in de buurt van de theoretische eindwaarde (0.26) gekomen.

De verdere bespreking van de hier verkregen resultaten wil ik tot het volgende hoofdstuk uitstellen.

HOOFDSTUK XIV

SLOTBESCHOUWING

Nadat we in de vorige hoofdstukken den invloed van eenige factoren op de saccharosevorming door drogen hebben bestudeerd, komen we tot de bespreking van de volgende vragen:

- 1^e. hoe moet het verschijnsel verklaard worden.
- 2^e. hoe moeten we ons de saccharosevorming uit zetmeel voorstellen.
- 3^e. kunnen we er in slagen de saccharosevorming zòò groot te maken, dat winning van deze suiker loonend is.

We zullen deze vragen nader beschouwen.

1^e. Bij het zoeken naar eene verklaring van het verschijnsel mogen we volgens mijne meening aannemen, dat de aardappel in staat is zoowel zetmeel uit saccharose als saccharose uit zetmeel te maken; de proeven van MÜLLER-THURGAU (zie blz. 5) toonden dit aan, ook WATERMAN plaatste zich op dit standpunt (zie blz. 7), en de resultaten der in de vorige hoofdstukken beschreven proeven zijn er niet mede in tegenspraak. In den normalen aardappel blijft het saccharosegehalte constant, zoodat de zetmeelvorming en de saccharosevorming met elkaar in evenwicht kunnen zijn. Dat dit evenwicht echter geen zuiver chemisch evenwicht kan zijn, dat voor te stellen is door de reactie



volgt uit het feit, dat wateronttrekking het saccharosegehalte doet stijgen, d.w.z. verschuiving bewerkt in de richting tegengesteld aan die, welke men bij een zuiver chemisch evenwicht zou verwachten. Wanneer we verder bedenken, dat saccharosevorming noch zetmeelvorming optreden in fijngestampde aardappelen, dan worden we

genoodzaakt aan te nemen, dat bij beide reacties invloeden in het spel zijn, dicht bij het leven staande, de werking van enzymen of van de levende cel. We zullen bij de verdere bespreking hiertusschen geen onderscheid maken en steeds spreken van enzymen, waarmede dus in dit geval niet bedoeld is, dat het leven voor de omzettingen gemist kan worden.

Moeten we ons nu voorstellen dat de beide reacties door hetzelfde, dan wel door verschillende enzymen veroorzaakt worden? Om de volgende reden meen ik dat het laatste waarschijnlijk is.

Bij de proef op 4 Nov. 1925 (zie het vorige hoofdstuk) zagen we, dat een aardappel, die na het drogen een normaal saccharosevormend vermogen bleek te bezitten, bijna niet in staat was zetmeel te maken, ook al maakten wij de omstandigheden voor zetmeelvorming gunstig door vergrooing van het watergehalte. Indien de beide reacties door hetzelfde enzyme werden veroorzaakt, dan zou eene zoover gaande vernietiging van het zetmeelvormende vermogen door het drogen, moeten gepaard gaan met eene geringe saccharosevorming.

Wanneer een evenwicht door twee enzymen wordt beheerscht, dan kunnen we in het algemeen de verschuiving van dit evenwicht, die bij wijziging der omstandigheden optreedt, op twee manieren denken tot stand te komen:

- 1^e. het eene enzyme wordt door de wijziging der omstandigheden sterker beschadigd dan het andere. Een voorbeeld hiervan hebben we in den invloed van betrekkelijk hooge temperatuur.
- 2^e. de nieuwe omstandigheden oefenen op de werking van het eene enzyme een gunstiger (of minder ongunstigen) invloed uit dan op de werking van het andere. Een voorbeeld hiervan is wijziging van temperatuur of zuurgraad (p_H)¹⁾.

¹⁾ In den aardappel heeft de p_H van het sap in dit opzicht geen invloed; deze grootte werd af en toe bepaald en steeds voor en na het drogen gelijk gevonden. De bepaling had plaats door met het uitgeperste sap stippen te maken op methylroodpapier en op broomkresolpurperpapier en de kleur hiervan te vergelijken met die, welke door oplossingen van bekende p_H werden teweeggebracht. De resultaten lagen steeds dicht bij 6.0 en komen dus overeen met de uitkomsten van COHN, GROSS en JOHNSON, J. of Gener. Physiol. 2, 149 (1919).

*deeft niet!
niet op het
pH dan in de oorspronkelijke*

In het eerste geval keert bij herstelling van den vroegeren toestand het oude evenwicht niet terug, in het tweede geval wel.

De verschijnselen in den aardappel bij verlaging en verhooging van het watergehalte worden nu verklaarbaar als we aannemen, dat:

- 1^e. het zetmeelvormende enzyme door wateronttrekking sterker wordt beschadigd, dan het saccharosevormende enzyme.
- 2^e. vermindering van het watergehalte een minder gunstigen invloed uitoefent op de werking van het zetmeelvormende enzyme, dan op die van het saccharosevormende enzyme.

Van deze beide veronderstellingen uitgaande, kunnen we het gedrag van den aardappel als volgt verklaren:

Onttrekken we weinig water, dan zal krachtens de tweede veronderstelling de saccharosevorming grooter worden dan de zetmeelvorming en het saccharosegehalte zal gaan stijgen, totdat een nieuwe eindtoestand is bereikt. Laten we den aardappel dan water opzuigen totdat het oorspronkelijke watergehalte is bereikt, dan zal zich de vroegere toestand ten naastenbij weer instellen, omdat het zetmeelvormende enzyme zo goed als niet is beledigd (vgl. de proef op 9 Jan. 1926, beschreven in het vorige hoofdstuk).

Onttrekken we aan een aardappel meer water, dan wordt tevens de invloed merkbaar van de beschadiging van het zetmeelvormende enzyme; daardoor zal in dat geval het saccharosegehalte stijgen met een grooter bedrag dan evenredig is met de grootere wateronttrekking (dit zou den zwak gebogen loop der lijnen in de grafische voorstelling op blz. 89 kunnen verklaren). Laten we ook nu weer water opzuigen totdat het oorspronkelijke watergehalte is bereikt, dan zal het saccharosegehalte wel dalen, doch niet de oorspronkelijke waarde bereiken, omdat de beschadiging van het enzyme blijft bestaan (vgl. de proeven, beschreven in het vorige hoofdstuk).

Laat men een niet gedroogden aardappel water opzuigen, dan zal de zetmeelvorming grooter worden dan de saccharosevorming; het gehalte aan saccharose zal dus dalen, totdat een nieuwe toestand is bereikt. De daling van het gehalte per procent opgenomen water zal echter kleiner zijn, dan de stijging per procent onttrokken water bij het drogen, omdat in het laatste geval ook de invloed van de

beschadiging van het zetmeelvormende enzyme merkbaar zal zijn. (vgl. de tabellen in hoofdstuk X).

Ook uit een oogpunt van doelmatigheid is de afbraak en opbouw van zetmeel in den aardappel begrijpelijk. Immers, door suiker te vormen verhoogt de cel haar osmotischen druk en verzet zich dus tegen wateronttrekking. Al brengt zulk eene doelmatigheidsbeschouwing ons niet verder wat de verklaring van het verschijnsel betreft, zij geeft ons toch eenig houvast, vooral omdat het mogelijk is, dat ook de suikervorming bij lage temperatuur eene dergelijke rol speelt (verlaging van het vriespunt van den celinhoud), en omdat we hierdoor op het terrein komen van een algemeener voorkomend verschijnsel, het vormen van oplosbare stoffen uit onoplosbare door plantencellen, die in eene hypertoonische oplossing worden gedompeld (anatonose)¹⁾.

In het bijzonder is de saccharosevorming uit zetmeel tijdens het drogen een algemeen verbreid geval; WATERMAN²⁾ vond haar in tal van andere knollen, TOLLENAAR³⁾ in tabaksbladeren en ik kon haar aantoonen in bataten (zie aanhangsel).

TOLLENAAR vond, dat in tabaksbladeren de zetmeelopbouwende eigenschap door wateronttrekking verloren ging, want bij hernieuwde wateropneming werd geen zetmeel teruggevormd. Echter bleek deze eigenschap na eenige dagen verblijf in eene vochtige atmosfeer te worden hersteld. Indien we dit laatste zoo moeten opvatten, dat de zetmeelvorming pas na eenige dagen merkbaar wordt, doordat het proces zeer langzaam verloopt, dan stemt dit resultaat geheel overeen met hetgeen bij de proeven in hoofdstuk XIII werd gevonden. De verklaring, die hij voor de saccharosevorming geeft, berust alleen op eene beschadiging van het zetmeelvormende enzyme, zooals uit de volgende aanhalingen blijkt:

„bij het uitdrogen der bladen treedt zeer spoedig afsterven van het zetmeelopbouwende enzym op, het hydrolyseerende enzym is

¹⁾ R. HÖBER, Phys. Ch. d. Zelle u. d. Gewebe. 5e druk 393.

²⁾ Particuliere mededeeling.

³⁾ D. TOLLENAAR. Omzettingen van koolhydraten in het blad van *Nicotiana Tabacum* L. Proefschrift Wageningen (1925).

voor uitdrogen minder gevoelig... Bij het naderen der levensgrenzen is 't de opbouwreactie, die als endotherm proces het gevoeligste is; de hydrolyseerende functie, als proces, waarbij warmte vrij komt, sterft eerst later af... In dit overgangsgebied tusschen leven en dood is het koolhydratenevenwicht in de richting van saccharose geheel eenzijdig verschoven, zonder dat de desorganisatie van de plantenstructuur echter reeds zoover is voortgeschreden, dat ontleding der suiker intreedt."

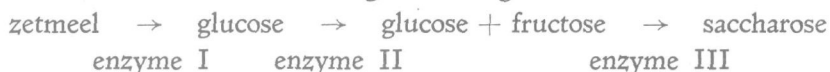
Op deze wijze verklaart TOLLENAAR ook de suikervorming in aardappelen bij drogen en bij lage temperatuur, alsook die, welke bij het rijpen van vruchten optreedt.

Het verdwijnen van saccharose bij water opzuigen na het drogen wordt echter door deze opvatting niet begrijpelijk gemaakt, omdat we daartoe zouden moeten aannemen, dat het zetmeelvormende enzyme zich door toevoegen van water van de beschadiging herstelde, hetgeen niet waarschijnlijk is. De achteruitgang van het saccharosegehalte bij wateropzuiging door oorspronkelijke aardappelen (eene proef, die TOLLENAAR met zijne bladeren wegens het geringe suikergehalte waarschijnlijk niet kon doen) bewijst dan ook, dat mijne tweede veronderstelling (blz. 111) voor de verklaring niet kan worden gemist.

2^e. We zagen in hoofdstuk III, dat, al hebben de opvattingen omtrent den bouw van het zetmeel zich in de laatste jaren gewijzigd, we van de zetmeelformule nog altijd niet veel meer weten, dan dat er uitsluitend glucose-eenheden in voorkomen. Willen we trachten ons eene voorstelling te vormen van de wijze waarop de saccharose uit het zetmeel ontstaat, dan is daarom onze eerste gedachte, dat het zetmeel wordt afgebroken tot glucose; dat die dan gedeeltelijk in fructose wordt omgezet en dat ten slotte de saccharose uit glucose en fructose wordt opgebouwd.

Al is deze manier voor ons gevoel misschien de meest bevredigende, omdat de omzettingen die hier worden verondersteld grootendeels ook in het laboratorium zijn te bewerkstelligen, zelfs zonder medewerking van enzymen, bij nadere beschouwing rijzen vele bezwaren tegen eene dergelijke opvatting:

Er zullen minstens drie enzymen noodig zijn (als we nl. aannemen, dat de omzetting van zetmeel in glucose door één enzyme kan geschieden, hetgeen niet waarschijnlijk is); de saccharosevorming uit zetmeel moet dan dus als volgt worden geformuleerd:



Nu zagen we in hoofdstuk IX, dat onafhankelijk van de grootte der wateronttrekking, en dus van de snelheid der saccharosevorming, het gehalte aan reduceerende suiker tijdens de saccharosevorming vrijwel niet verandert. Dit zou er op wijzen, dat de enzymen II en III steeds instaat zijn, de door enzyme I gevormde hoeveelheid glucose onmiddellijk volledig in saccharose te veranderen, ongeacht de mate van uitdroging en de snelheid waarmede deze glucose wordt gemaakt. Deze conclusie is echter niet in overeenstemming met het feit, dat de aardappel toch reduceerende suiker blijft bevatten en dat deze niet voor de helft uit fructose bestaat (hoofdstuk V).

De snelheid der saccharosevorming zou volgens deze opvatting dus uitsluitend bepaald worden door de snelheid der reactie zetmeel \rightarrow glucose. Als nu de glucose voortdurend door omzetting in saccharose wordt verbruikt, is niet in te zien waarom de snelheid der reactie zou verminderen, naarmate meer saccharose aanwezig is.

Uit een oogpunt van doelmatigheid (zie blz. 112) is niet in te zien waarom de aardappel, die in staat is glucose te maken, uit twee moleculen van deze suiker één molecule saccharose zou opbouwen.

Er is met TOLLENAAR (zie blz. 113) veel voor te zeggen, dat onder abnormale omstandigheden, in de plant het eerst de opbouwende functie zal verdwijnen; men zou daarom in den gedroogden aardappel eer afbraak dan opbouw van saccharose verwachten.

Hoe we ons het mechanisme der saccharosevorming dan wel moeten voorstellen? Bij de geringe kennis, die wij bezitten aangaande omzettingen in het levende organisme, lijkt het mij verstandig, geene poging te wagen hieromtrent eene hypothese op te stellen, daar zij toch grootendeels op gissingen zou berusten. Wel meen ik er op te mogen wijzen, dat geen enkel feit gevonden is, dat het ont-

staan van de saccharose direct uit zetmeel tegenspreekt, zoodat het voorshands niet noodig is een ingewikkelder weg aan te nemen.

3^e. Wat de derde der op blz. 109 gestelde vragen betreft, kunnen we met de beantwoording kort zijn. Immers reeds in hoofdstuk X werd aangetoond, dat de door WATERMAN geconstateerde saccharosevorming van $\pm 3\%$ dicht bij het gemiddeld te behalen maximum ligt, en dat veel hoogere saccharosevorming slechts bij uitzondering zal voorkomen. In verband met de berekening, die we in het eerste hoofdstuk maakten over de vereischte suikervorming, komen we dus tot het resultaat, dat *winning van de saccharose uit gedroogde aardappelen niet loonend is.*

AANHANGSEL

PROEVEN MET BATATEN

Bataten (*Ipomoea batatas*) worden in alle tropische landen verbouwd ¹⁾ om de eetbare knollen, die evenals bij den aardappel uit verdikkingen van de wortels bestaan. Hoewel deze knollen wel eenigszins aan aardappelen doen denken (de Engelsche naam is: sweet potatoes) zijn zij meestal meer langwerpiger van vorm. De zoete smaak wordt veroorzaakt door een hoog gehalte aan oplosbare koolhydraten, zooals de volgende gemiddelde analyse der koolhydraten laat zien ²⁾: zetmeel 15.2 %, saccharose 4.9 %, reduc. suiker 1.2 %.

Dus reeds onder normale omstandigheden is het koolhydratenevenwicht in den bataat veel verder naar den kant van saccharose verschoven, dan in den aardappel, hetgeen de vraag doet rijzen of ook de saccharosevorming, die bij drogen zal optreden, hier veel grooter zal zijn, dan in den aardappel het geval is. Ik besloot daarom eenige proeven met bataten te doen.

Door de welwillende tusschenkomst van het „Koloniaal Instituut” kreeg ik de beschikking over twee zendingen bataten, van Java afkomstig; de eene werd per postpakket verzonden, terwijl de andere door de Stoomvaart Maatschappij „Nederland” belangeloos in eene koelruimte (temp. 3°—4° C.) werd vervoerd. Aan beide lichamen wensch ik hier ter plaatse mijn hartelijken dank te betuigen voor de ondervonden medewerking.

Datum: 26 Juli 1925.

Bataten, vervoerd in koelruimte.

Droge stofgehalte 35.2 %

No.	Gewicht der porties in grammen	Gewichtsverlies op het oogeblik van onderzoek in %	Tijd waarop onderzocht is in uren	Temperatuur waarbij bewaard is	Suikergehalte in %	
					Reduc. suiker	Saccharose
1	11.93	15.1	0	20°.3	1.09	5.04
2	11.83	15.0	6	20°.3	1.09	5.07
3	12.84	15.0	28	20°.3	0.91	5.72
4	12.29	15.1	51½	20°.3	1.04	6.23

¹⁾ Zie b.v. VAN GORKOM, Oost-Indische Cultures, 2e deel, blz. 791 (1918).

²⁾ J. Agr. Res. 3, 331 (1914/15).

De proeven werden als volgt gedaan: van een knol werd een aantal schijven gesneden. Deze werden gedurende twee uur bij $\pm 40^\circ$ gedroogd en dan in gelijke porties verdeeld. De porties werden in gesloten stopflesschen bewaard en op verschillende tijden onderzocht.

Datum: 29 Juli 1925.

Bataten, vervoerd per postpakket.

Droge stofgehalte 34.3 %

No.	Gewicht der porties in grammen	Gewichtsverlies op het oogenblik van onderzoek in %	Tijd waarop onderzocht is in uren	Temperatuur waar- bij bewaard is	Suikergehalte in %	
					Reduc. suiker	Saccharose
1	10.16	20.5	0	19°.0	0.26	5.31
2	9.77	21.3	23	19°.0	0.27	5.43
3	10.38	22.0	119	19°.0	0.34	5.67
4	10.41	22.4	167	19°.0	0.58	5.50

De cijfers voor het saccharosegehalte in beide tabellen bewijzen, dat evenals in den aardappel, in den bataat saccharosevorming optreedt tijdens het drogen, en dat deze saccharosevorming nog doorgaat bij bewaren van de gedeeltelijk gedroogde schijven. De cijfers wekken echter niet den indruk, dat de suikervorming in bataten grooter is dan in aardappelen.

STELLINGEN

I

De plaats van de binding tusschen monosacchariden is niet met zekerheid af te leiden uit de splitsingsproducten, die ontstaan bij hydrolyse van het volkomen gemethyleerde polysaccharide.

II

De plaats van de hydroxylgroep aan het tweede koolstofatoom, volgend op de carbonylgroep, in de FISCHER-projectie van aldosen en ketosen $C_nH_{2n}O_n$, kan met vrij groote zekerheid worden afgeleid uit de draaiingsrichting van het α - β -evenwichtsmengsel van de suiker, opgelost in water.

III

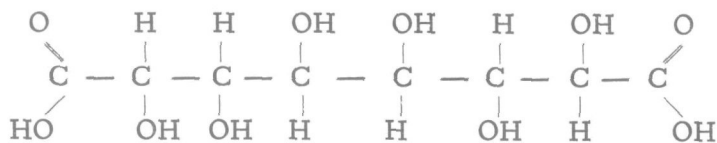
Het feit, dat bij eenige suikers voor de draaiing van de α - β -evenwichtsmengsels der optische antipoden niet dezelfde numerieke waarde is gevonden, mag niet leiden tot het aannemen van verschillende evenwichtsconstanten [PRINGSHEIM, Zuckerchemie, blz. 299 (1925)].

IV

De eigenschappen van de door LA FORGE verkregen α -guloheptose, benevens die der beide guloheptieten [J. Biol. Ch. 41, 251 (1920)], wekken het vermoeden, dat genoemde onderzoeker deze heptose niet, zooals hij opgeeft, bereidde uit d-gulose, doch uit l-gulose (nomenclatuur van FISCHER).

V

Aan het door PEIRCE bereide hexa-oxykurkzuur [J. Biol. Ch. 23, 329 (1915)] moet de volgende formule worden gegeven:



VI

THIEL heeft niet bewezen, dat het langzame verloop der neutralisatie van bases door kooldioxyde, wordt veroorzaakt door de reactie

$$\text{CO}_2 + \text{OH}' \rightarrow \text{HCO}'_3 \quad [\text{B. 47, 1061 (1914)}].$$

VII

Het optreden van een maximum in de lijn, die de reductie van FEHLING's vloeistof door stijgende hoeveelheden saccharose voorstelt [VAN SCHERPENBERG c.s. Chem. Weekbl. 21, 578 (1924); DE WOLFF, Chem. Weekbl. 22, 78 (1925)], wordt grotendeels veroorzaakt door de binding van alkali door de saccharose.

VIII

Het vermelden van de zgn. normale temperatuur op maatkolven en pipetten is onwetenschappelijk.

IX

Bij het reageeren op kaliumzouten door middel van de vorming van kaliumpikraat verdient natriumpikraat als reagens de voorkeur boven pikrinezuur.

X

De nauwkeurigste methode voor de quantitative bepaling van reductorische suikers is die, welke berust op totale reductie van FEHLING's vloeistof.

XI

De „droge klaring” volgens HORNE [J. Am. Ch. Soc. 25, 186

(1903)] van onzuivere suikeroplossingen leidt niet tot het beoogde doel en verdient niet, als standaardmethode te worden aangeprezen [Noël DEERR, Cane Sugar, blz. 507 (1921)].

XII

De „Warenwet” dient voor de saccharosebepaling in chocolade, in plaats van de polarimetrische methode, de bepaling der reductie ten opzichte van FEHLING's vloeistof vóór en na inversie voor te schrijven (Staatsblad 1924, no. 478).

XIII

De verklaring, door TAMMANN gegeven, voor de daling van het maximum der kristallisatiesnelheid van onderkoelde vloeistoffen door toevoeging van vreemde stoffen, is onhoudbaar [Z. phys. Ch. 81, 171 (1912/13)].

XIV

De verdeling door de „Warenwet” van een levensmiddel in verschillende kwaliteiten, met toegestaan maximum- of minimumgehalte aan een zeker bestanddeel, zal wat haar gevolgen betreft, niet in alle opzichten aan de bedoeling van deze wet beantwoorden.

XV

Oefeningen in kwalitatieve anorganische analyse hebben voor den laborant de meeste waarde, als de te onderzoeken mengsels van één bestanddeel veel, van de overige bestanddeelen zeer weinig bevatten.

XVI

Het verdient aanbeveling, aan practische oefeningen in organische scheikunde te verbinden: het afscheiden en identificeren van eene karakteristieke, den laborant onbekende organische stof uit een mengsel van organische stoffen.
