

# Optimalisatie van de kwaliteit van aardappelen door de ontwikkeling van een voorspellend model voor de accumulatie van suikers

Piet Hak  
Michiel van ~~der~~ Hoof  
Koos Oosterhaven

Vertrouwelijk

ato-dlo





ATO-DLO

Projectvoortgang

**Optimalisatie van de kwaliteit van aardappelen door de ontwikkeling van een voorspellend model voor de accumulatie van suikers.**

Rapportage januari 1998, project 16052

**VERTROUWELIJK**

**Agrotechnologisch  
Onderzoek Instituut  
(ATO-DLO)**  
Bornsesteeg 59  
Postbus 17  
6700 AA Wageningen  
tel. 0317 - 475000  
fax. 0317 - 475347

Piet Hak  
Michiel van Hoof  
Koos Oosterhaven

Eigendom van ATO-DLO. Niets uit dit voorstel mag worden gebruikt, vermeerderd of gedistribueerd zonder schriftelijke toestemming van ATO-DLO.

16052/90

<b>Inhoudsopgave</b>	<b>Pagina</b>
1. Inleiding .....	4
1.1 Koudeverzoeting .....	4
1.2 Rijpheid .....	4
1.3 FAVIM-model .....	5
2. Doelstelling .....	6
3. Perspectieven .....	6
4. Opzet oogstijdstippen onderzoek seizoen '97-'98 .....	7
4.1 Materiaal en methoden .....	7
4.2 Koudestootproef .....	8
4.3 Bewaarseizoen '96-'97 .....	9
4.4 Schilzetting-metingen .....	9
4.5 Bakkleurindex en reducerend suikergehalte bepalen met CBA ..	10
5. Planning .....	11

## Voorwoord

Deze rapportage geeft een overzicht over de onderzoeksactiviteiten van seizoen '97-'98 en de resultaten van de twee voorgaande seizoenen. De aardappelen van dit seizoen zijn geteeld en geoogst en de verschillende bewaarvarianten zijn ingezet. De resultaten van seizoen '96-'97 worden op dit moment verder uitgewerkt. Dit betekent dat de relatie oogstmoment-bewaargedrag nu nog niet kan worden gelegd. Het verslag geeft derhalve een overzicht van de lopende en geplande activiteiten.

Dit seizoen ('97-'98) is gekozen voor een oogsttijdstippenproef met meer oogsttijdstippen (in totaal 7) en meer monsternames van aardappelen rond het oogsttijdstip. Deze monsters worden in de loop van 1998 geanalyseerd. Aan de hand van de resultaten kan het volgende seizoen gericht worden ingevuld.

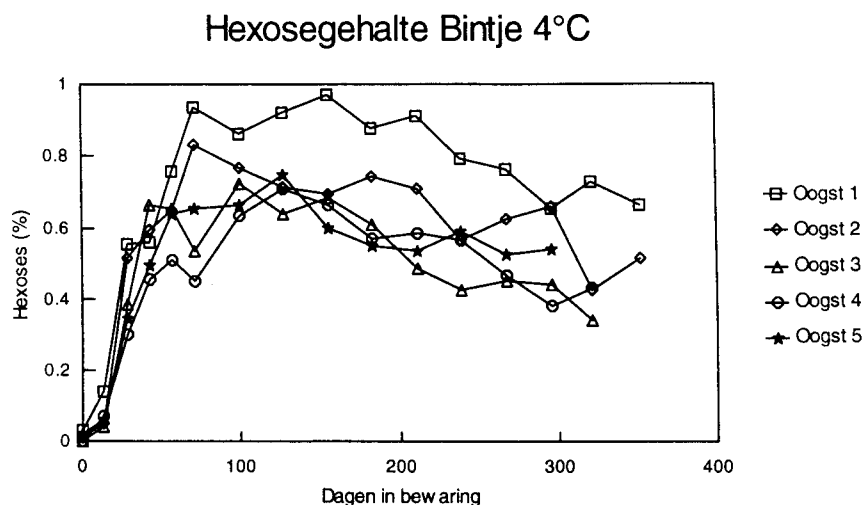
## 1. Inleiding

### 1.1 Koudeverzoeting

Koudeverzoeting is een verschijnsel dat in verschillende delen van hogere planten kan optreden als gevolg van blootstelling aan lage temperaturen. Ook in aardappelen is het een bekend verschijnsel. Door aardappelen na de oogst te bewaren bij lage temperaturen (lager dan 8°C) ontstaan in de knol, als reactie op de kou, vrije suikers. De bron van deze suikers is zetmeel dat wordt afgebroken tot sucrose. Sucrose wordt vervolgens gesplitst in glucose en fructose. Deze laatste twee suikers, ook wel hexoses of reducerende suikers genoemd, zijn verantwoordelijk voor de ongewenste bruinverkleuring van de aardappel tijdens het bakken. De ontwikkeling van een bruine kleur tijdens het bakken is het gevolg van reacties tussen vrije aminozuren en reducerende suikers (Maillard-reactie). De mate van bruinkleuring hangt af van de in de aardappel aanwezige hoeveelheid hexoses en niet van de hoeveelheid aminozuren. De mechanismen verantwoordelijk voor de koudeverzoeting zijn nog niet verklaard op een moleculair niveau. De productie van suikers als gevolg van kou is zeker niet het gevolg van één enkele factor, maar het gevolg van verschillende op elkaar inwerkende metabole gebeurtenissen.

### 1.2 Rijpheid

Uit ATO -DLO onderzoek van de afgelopen jaren is naar voren gekomen dat er grote verschillen bestaan in koudeverzoeting tijdens de bewaring tussen de verschillende jaren. Er zijn duidelijk aanwijzingen verkregen dat deze verschillen in suikeroophoping tijdens de bewaring bepaald worden door de mate van afrijping van de knollen. Dit is goed te zien in figuur 1. Alle aardappelen komen van hetzelfde perceel. De gevormde hoeveelheid hexoses tijdens de bewaring bij 4°C is afhankelijk van het oogstmoment. Vroeg geoogst materiaal kan tot twee keer zo veel hexoses bevatten dan latere oogsten bij 4°C bewaring.



*Figuur 1. Accumulatie van reducerende suikers gedurende de bewaring van Bintje bij 4°C, seizoen '95-'96. Tussen de oogsten zat telkens een periode van 14 dagen.*

### 1.3 FAVIM-model

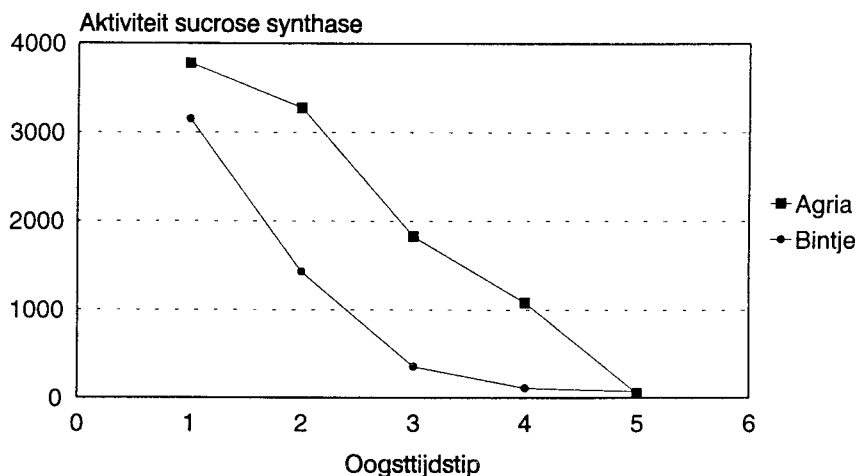
Bij ATO-DLO is een mathematisch model ontwikkeld (FAVIM, Fysiologie AardappelVerzoeting In Model) dat in staat is de verzoeting van aardappelen tijdens de bewaring te beschrijven. Dit model kan 95% van het bewaargedrag van aardappelen achteraf verklaren. Het model gaat uit van het concept dat de staat van rijpheid op het oogsttijdstip het bewaargedrag van aardappelen bepaald. Deze rijpheid of fysiologische leeftijd van aardappelknollen wordt bepaald door omgevingsfactoren (zoals weer en bemesting) en het oogstmoment. Er is een rijpheidsfactor gepostuleerd, die alle factoren betrokken bij de fysiologische rijpheid van de aardappelknol (groeiseizoen, oogstmoment) terugbrengt tot één factor. Als deze seizoens-afhankelijke factor gemeten wordt aan het begin van het bewaarseizoen, dan kan de verzoeting en daarmee de bakkleur van de aardappelen bij iedere temperatuur gedurende het hele bewaarseizoen voorspeld worden.

## 2. Doelstelling

Het doel van dit onderzoek is het vaststellen van een rijheidsparameter in aardappel, waarmee een voorspellend model voor de suikervorming in aardappelen tijdens de bewaring ontwikkeld kan worden.

## 3. Perspectieven

Rond het tijdstip van de verschillende oogsten zijn diverse monsters genomen voor onderzoek naar karakterisering van het afrijpingsstadium. Van deze monsters van voorgaande jaren is de activiteit van een aantal enzymen gemeten. Sucrose synthase is één van die enzymen, betrokken bij de zetmeelsynthese in aardappel. Figuur 2 laat de activiteit van sucrose synthase zien van 5 verschillende oogsttijdstippen. De sucrose synthase activiteit neemt af naarmate het gewas later geoogst wordt en verder is afgerijpt. Met dit resultaat is sucrose synthase een potentiële rijheidsindicator. Verder onderzoek zal moeten uitwijzen of de activiteit van sucrose synthase een voorspellende rol heeft voor het bewaargedrag van aardappelen.



Figuur 2. Aktiviteit van sucrose synthase in relatie tot het oogsttijdstip, seizoen '95-'96. Tussen twee oogsttijdstippen zit telkens 14 dagen.

## 4. Opzet oogsttijdstippen onderzoek seizoen '97-'98

### 4.1 Materiaal en methoden

2 rassen       - Bintje  
                  - Asterix

Deze rassen werden verbouwd op de proefboerderij 'De Eest' in Nagele (NOP). Ieder ras werd op 7 verschillende tijdstippen geoogst met tussenliggende perioden van 1 of 2 weken. Het loof werd 14 dagen voor de oogst vernietigd (loofklappen en doodspuiten). Direct na de oogst volgde een 14-daagse wondheelperiode bij 14°C. Daarna opslag bij de volgende temperaturen:

                                  4°C  
                                  6°C  
                                  8°C  
                                  14°C (om ouderdomsverzoeting te induceren)  
en temperatuurregimes:      14-4-14°C  
                                  14-6-14°C  
                                  14-8-14°C

Op tijdstip van doodspuiten loof, oogst en einde wondheelperiode zijn van ieder oogsttijdstip per ras monsters genomen van de gemiddelde sortering voor:

- vriesdroogmonsters voor enzymatische analyses
- monsters voor moleculair biologische analyses (opslag bij -80°C)
- monsters voor near infrared analysis (NIR)
- onderwatergewicht
- bakkleurindex en suikerbepaling

Gedurende de bewaring wordt de eerste 2 maanden om de 14 dagen de bakkleurindex en het suikergehalte bepaald; daarna eens in de maand.

Van ieder oogsttijdstip per ras werd ook materiaal direct na de oogst (dus zonder wondheelperiode) opgeslagen bij 2°C gedurende 6 weken (koudestootproef). Gedurende deze 6 weken werd het verloop van het gehalte aan reducerende suikers en sucrose gevolgd (2 monsternames per week).

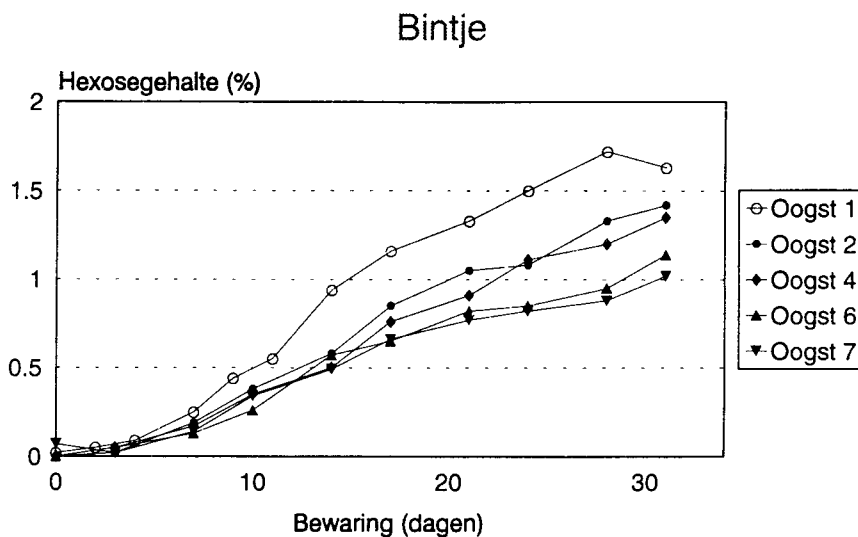
Daarnaast zijn op 10 verschillende bedrijven, verspreid over Nederland identieke monsters genomen op het tijdstip van loofvernietiging en oogst. Het betrof op deze 10 bedrijven, 5 met het ras Asterix en 5 met het ras Bintje, steeds één oogsttijdstip per bedrijfspartij, bepaald door de betreffende teler. Van deze praktijkpartijen werd, na een 14-daagse wondheelperiode, materiaal opgeslagen bij 4°C. Hiervan wordt tijdens de bewaring het verloop van bakkleur en suikergehalte gevolgd. Ook werd van deze praktijkpartijen direct na de oogst materiaal bij 2°C opgeslagen voor een koudestootproef.



## 4.2 Koudestootproef

Een koudebehandeling aan het begin van het bewaarperiode kan een indicatie geven over de accumulatie van suikers gedurende de bewaring van de betreffende partij. Na oogst van een partij aardappelen is een deel van de aardappelen direct bij 2°C gezet en regelmatig is het suikergehalte van deze partij gemeten. Dit is gebeurd voor alle oogsten en de praktijkpartijen.

De temperatuurstootproef laat duidelijk zien dat de koudegevoeligheid van een partij afneemt naarmate er later in het seizoen wordt geoogst (figuur 3). Vroeg geoogst materiaal vormt meer reducerende suikers dan latere oogsten. Verder zijn er rasverschillen te zien tussen Bintje en Asterix. Asterix vormt meer sucrose dan Bintje bij de bewaring bij 2°C.



Figuur 3. Hexoseaccumulatie ten gevolge van de temperatuurstootproef van verschillende oogsten Bintje, seizoen '97-'98.

Kan resultaat uit de temperatuurstootproef een voorspellende waarde hebben voor de lange bewaring van aardappelen? Voor dit seizoen ('97-'98) is aan de hand van de resultaten van de temperatuurstootproef met het FAVIM-model een schatting gemaakt van de rijpheidsindex van het ras Bintje. Van dit ras zijn al voldoende gegevens van voorgaande jaren beschikbaar. Het model kan, met de juiste rijpheidsindex, het bewaargedrag van een partij aardappelen voorspellen. Deze rijpheidsindex kan aan het einde van het bewaarperiode definitief bepaald worden voor dit seizoen. Dan kan ook een vergelijking tussen de gevonden waarden plaatsvinden.

### 4.3 Bewaarseizoen '96-'97

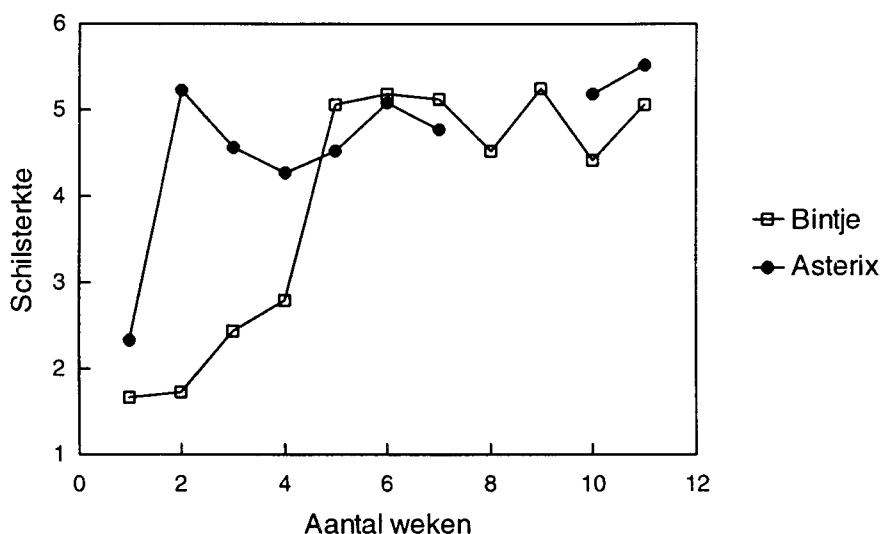
In seizoen '96-'97 zijn 4 rassen geteeld en op 5 verschillende tijdstippen geoogst. De aardappelen werden bewaard tot circa half augustus bij verschillende temperaturen en temperatuurregimes. Tijdens de bewaring is bemonsterd op bakkleur en suikergehalte. Ook is een koudestootproef gedaan en zijn er gevriesdroogde monsters genomen van de verschillende oogsttijdstippen. De suikergehaltes van dit bewaarseizoen zijn bepaald, maar nog niet uitgewerkt.

### 4.4 Schilzetting-metingen

In de zomer van 1997 zijn er ook experimenten gedaan met een in de Verenigde Staten ontwikkelde schilzetting-meter. Deze meter bestaat uit een torsiemeter met daaraan een veer met een rubber tip. De meting bestaat uit het bepalen van de torsiekracht die nodig is om, onder een bepaalde druk, de aardappelschil los te scheuren van het onderliggende weefsel. Zo kan op een objectieve manier de mate van schilzetting bepaald worden.

De schilzetting is afhankelijk van de afrijping van het gewas. Mogelijk is de schilzetting-meter een eenvoudig instrument om een rijpeidsindex bij aardappelen te bepalen.

Er zijn testen gedaan met de schilzetting-meter op de twee verbouwde rassen alsmede op de praktijkpartijen. De metingen vonden wekelijks plaats vanaf het moment van loofvernietiging. Doordat de meter pas enkele dagen voor de eerste metingen arriveerde, kon vooraf geen praktijkervaring met het apparaat worden opgedaan.



Figuur 4. De ontwikkeling van de schilzetting van twee rassen gedurende een aantal weken. De schilzetting is gemeten op het moment van vernietiging van het loof.

Er zijn gedurende de metingen enkele problemen bij de schilzetting-metingen geconstateerd. Zo is de druk op de aardappel tussentijds verhoogd, omdat de rubber tip, naarmate de schil sterker werd, steeds minder grip kreeg op de schil. Een ander probleem vormde de schil van de aardappels (met name Asterix), die steeds meer kleine scheurtjes vertoonde door de droge omstandigheden van afgelopen zomer. Dit beïnvloedde de metingen.

Bij het ras Bintje is op het moment van doodspuiten tot 5 weken een toename te zien van de schilsterkte (figuur 4). Daarna blijft de schilsterkte tussen de 4,5 en 5,5 (arbitraire schaal). Het is niet duidelijk of dit de limitaties zijn van de schilsterktemeter, de methode van meten of dat de schilsterkte vanaf dat moment niet meer toeneemt.

Er is ervaring opgedaan met het gebruik van deze schilzetting-meter. Er zijn, mede door onervarenheid met het apparaat en de meetmethode, nog geen directe resultaten. Uit de resultaten tot nu toe blijkt wel dat de mate van schilzetting bij de vroege oogsten lager is dan de schilzetting bij latere oogsten. Volgend bewaarseizoen zal opnieuw een experiment opgezet worden met de schilsterktemeter.

#### **4.5 Bakkleurindex en reducerend suikergehalte bepalen met CBA**

De bakkleurindex van de lange bewaring wordt met ingang van dit seizoen bepaald met behulp van computer-beeld-analyse (CBA). Dit is een meer objectieve methode om de bakkleurindex te bepalen dan vergelijking met een standaard kleurenkaart.

Er zijn ook experimenten gestart om aan de hand van de gevonden bakkleurindex van een aardappel bepaald met CBA, een uitspraak te doen over het reducerend suikergehalte van die aardappel. Er wordt getracht een snelle en eenvoudige methode te ontwikkelen om het reducerend suikergehalte in (een partij) aardappelen te bepalen. Probleem hierbij is dat bij een bakkleurindex boven 6 geen suikergehalte meer bepaald kan worden. Om het meettraject te vergroten kan de baktijd of de baktemperatuur verlaagd worden. Dit levert minder kleurontwikkeling van de Maillard-reaktie op en dus een meetbare bakkleurindex. Uiteraard blijft de normale bakkleurindex-bepaling 3 minuten bakken op 180°C. Tot nu toe zijn er experimenten uitgevoerd met een verkorte baktijd. Een baktijd van 1 minuut levert wel een lagere bakkleurindex op ten opzichte van een baktijd van 3 minuten, maar het meettraject wordt niet groter. Experimenten met een lagere baktemperatuur dan 180°C moeten nog worden uitgevoerd.

## 5. Planning

Het onderzoek omvat bewaarproeven en strategisch onderzoek naar de knolparameter die het oogsttijdstip goed beschrijft en waarmee een relatie kan worden gelegd met het bewaargedrag. De bewaarproeven zijn ingezet en worden gedurende het seizoen geanalyseerd. Het onderzoek naar de rijpheidsfactor wordt verder uitgevoerd met de volgende aandachtspunten:

- Verder onderzoek naar de relatie oogsttijdstip-enzymactiviteiten van onder andere sucrose synthase.
- Zoeken naar mogelijk nieuwe rijpheidsindicatoren met behulp van moleculair genetische analyse.
- Indicatie of een behandeling met natriumacetaat een gunstig effect heeft op de mate van verzoeting van aardappelen (experiment is ingezet).
- Volgend seizoen verder onderzoek met de schilsterkte-meter.
- Indicatie of de temperatuurstootproef een voorspellende waarde heeft op het bewaargedrag.
- Resultaten bakkleurindex en suikergehaltes van de lange bewaring seizoen '96-'97 (4 rassen).
- Indicatie of computer-beeld analyse (CBA) naast de bakkleurindex ook gebruikt kan worden voor de bepaling van reducerend suiker in aardappel.