

347c

publikatie 315

Het meten en beïnvloeden van de chipskleur

Ing. J. W. LUDWIG



INSTITUUT VOOR BEWARING EN VERWERKING
VAN LANDBOUWPRODUKTEN WAGENINGEN

OKTOBER 1978

Overdruk uit: Voedingsmiddelentechnologie 14 juni (1978) jaargang 11, nr 24

260491

Het meten en beïnvloeden van de chipskleur

Ing. J. W. Ludwig*

Samenvatting

De kleur van het gebakken aardappelprodukt chips is een uiterst belangrijk kwaliteitskriterium, omdat de smaak van het verse produkt hiermee ten nauwste samenhangt. De kleur wordt gevormd tijdens het bakproces, waarbij de belangrijkste reactie is die tussen de in de aardappel in overmaat aanwezige aminozuren en de reducerende suikers glucose en fructose. Het reactieproduct van deze zgn. Maillard-reactie is bruin tot zwart van kleur en bitter van smaak; zodat de gebakken chips deze organoleptische kenmerken in meerdere mate bezitten naarmate het reducerende suikergehalte van de verwerkte aardappelen hoger is.

In het volgende wordt een overzicht gegeven van de resultaten van diverse in het kader van deze relatie uitgevoerde onderzoeken, en wel achtereenvolgens: methoden om het reducerende suikergehalte te bepalen, methoden om de chipskleur objectief te bepalen en tenslotte in welke mate de chipskleur kan worden beïnvloed door blancheren c.q. dompeling in een bad met chemicaliën.

Inleiding

Reeds in de dertiger jaren verschenen in de USA publicaties, waarin werd gewezen op een slechtere smaak van chips bij het donkerder worden van de kleur en de samenhang met het suikergehalte.

Aanvankelijk werd gedacht dat de bruinkleuring een gevolg was van caramelisatie van de aanwezige suikers (Sweetman, 1930). In 1940 publiceerden Denny en Thornton echter een goede correlatie te hebben gevonden tussen de chipskleur en het reducerende suikergehalte van het aardappelsap en een minder goede correlatie tussen de chipskleur en het totale suikergehalte.

De relatie 'betere smaak, naarmate de kleur lichter (geler) is', is dus al lang bekend; echter niet in een gekwantificeerde vorm. In 1965/66 werd daarom bij het IBVL een onderzoek ingesteld naar deze relatie met behulp van taste-panels (Ludwig, 1966). Het resultaat van dit onderzoek is weergegeven in grafiek 1. In dit onderzoek werd van een groot aantal chipsmonsters zowel de chipskleur, in de toen nog van kracht zijnde schaal 1 t/m 10 (1 = zwart/donkerbruin; 10 = zeer licht geel), als de smaak, in een schaal van -2 (= zeer slecht) via 0 (grenswaarde) tot +2 (= zeer goed), organoleptisch vastgesteld.

Duidelijk is waar te nemen dat de curve te verdelen is in drie delen, t.w. een eerste gedeelte dat nagenoeg horizontaal loopt, met chips van kleurcijfer 1 t/m 4 en waarvan de smaak bijzonder slecht is; een tweede gedeelte van kleurcijfer 4 t/m 8, met chips van betere smaak, naarmate het kleurcijfer hoger is (aanvaardbare chips vanaf kleurcijfer 5½ en hoger) en een derde gedeelte met kleurcijfers 9 en 10 dat een dalend verloop heeft, waarbij de smaak dus minder

wordt, naarmate het kleurcijfer hoger is. In de huidige schaal is kleurcijfer 10 bij 9 gevoegd, waardoor deze uiteraard enigszins gestyleerde kleur-smaakrelatiecurve nog steeds van toepassing is.

Ofschoon naderhand is vastgesteld dat ook nog andere componenten (w.o. andere suikers) in de aardappel kunnen bijdragen tot de bruinkleuring tijdens het bakproces, spelen toch glucose en fructose de hoofdrol. Daarom wordt allereerst ingegaan op de bepalingsmethoden van deze suikers.

De bepaling van het reducerend E-suikergehalte

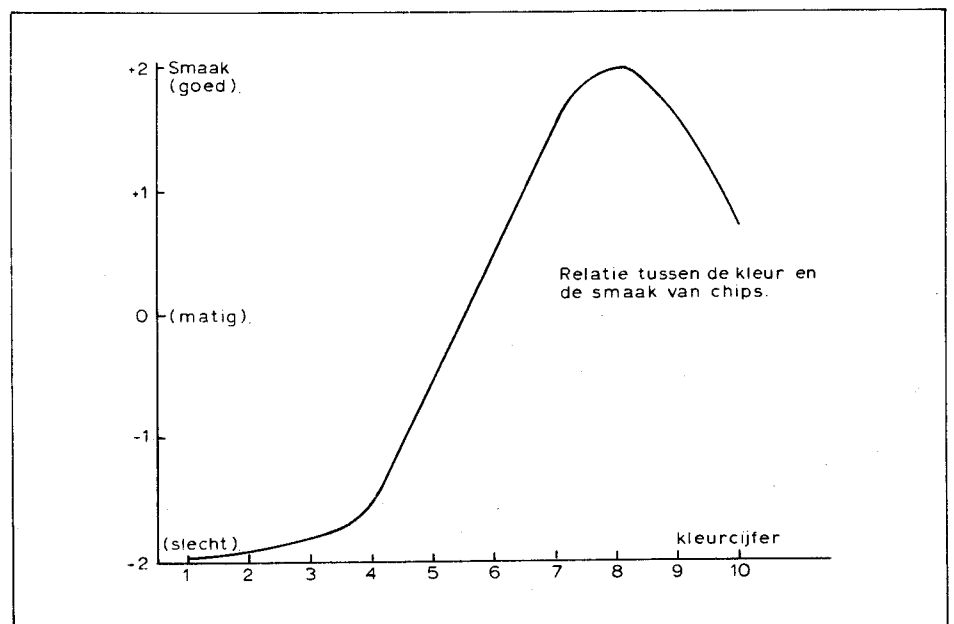
De bekendste en meest toegepaste methode ter bepaling van reducerende suikers is die volgens LUFF-SCHOORL. Een monster aardappelen wordt hierbij geëxtraheerd met alcohol en vervolgens wordt aan het

extract een overmaat Cu^{++} -ionen toegevoegd. Een deel van de Cu^{++} -ionen wordt gereduceerd tot Cu^+ (Cu_2O) door de reducerende bestanddelen in het extract en de overige daarna door een overmaat kaliumjodide. Het als gevolg hiervan ontstane jodium wordt tenslotte getitreerd met een natriumthiosulfaatoplossing. Uit de gebruikte hoeveelheid thio kan met behulp van de Luff-Schoortabel de hoeveelheid reducerende bestanddelen in het extract worden berekend.

Het is duidelijk dat in deze methode niet alleen de reducerende suikers, maar ook andere in de aardappelknol aanwezige componenten het totaal-resultaat mede bepalen.

Voor een exacte bepaling van de beide relevante suikers moet daarom aan een enzymatische bepalingen (bijv. die volgens Boehringer) de voorkeur worden gegeven, omdat deze specifiek is; met andere woorden men bepaalt eerst exact het percentage glucose, vervolgens het percentage fructose en tenslotte (eventueel) het gehalte saccharose.

Bij de methode worden de glucose en fructose in het voorbereide aardappelsap gefosforyleerd tot glucose-6-fosfaat en fructose-6-fosfaat door adenosinetriphosfaat, waarbij het enzyme hexokinase als katalysator fungeert. Het glucose-6-fosfaat wordt vervolgens enzymatisch geoxydeerd (enzyme glucose-6-fosfaat dehydrogenase) tot gluconaat-6-fosfaat in aanwezigheid van nicotinamide-adenine dinucleotide fosfaat (NADP). Hierdoor ontstaat gereduceerd nicotinamide-adenine dinucleotide fosfaat (NADPH). De hoeveelheid NADPH



Grafiek 1

* IBVL, Wageningen

wordt spectrofotometrisch bepaald bij 334, 340 of 366 nm en is equivalent aan de hoeveelheid glucose-6-phosfaat resp. glucose. Na afloop van deze reactie wordt fructose-6-phosfaat enzymatisch omgezet in glucose-6-phosfaat door middel van phosphoglucose-isomerase. Het aldus nieuw gevormde glucose-6-phosfaat doorloopt vervolgens bovenstaande reactie, waarna de ontstane hoeveelheid NADPH wordt gemeten, die nu equivalent is aan de oorspronkelijke hoeveelheid fructose in het sap.

De werkwijze van beide methoden is exact aangegeven in het EAPR-analyseboekje 'Methods of assessment for potatoes and potato products'.* Uit dit boekje is ook grafiek 2 afkomstig, waarin het verschil in bepalingenauwkeurigheid tussen beide methoden duidelijk wordt gedemonstreerd. De samenhang tussen het enzymatisch bepaalde suikergehalte van aardappelen en de kleur van de uit deze aardappelen gebakken chips is afgebeeld in grafiek 3. Het blijkt dat de grenswaarde, voor wat betreft het reducerende-suikergehalte (berekend op vers produkt), bij het bakken van chips $\pm 0.2\%$ bedraagt.

Voor een aardappelverwerkend bedrijf is het van groot belang om, naast een exacte

methode voor de bepaling van het reducerende-suikergehalte tevens de beschikking te hebben over een snelwerkende bepalingmethode, waarmee ten naaste bij de chipskleur kan worden voorspeld.

Voor dit doel werd in het verleden de pikrine zuurmethode ontwikkeld; een methode die op beperkte schaal (met name in het Verenigd Koninkrijk) nog wordt toegepast, maar waarvan de resultaten niet al te betrouwbaar zijn. Daarnaast werd een aantal merken test-tapes (vnl. toegepast in medische kringen) onderzocht op toepasbaarheid in de aardappelverwerkende industrie; overigens zonder enig succes.

Medio 1975 is echter door de firma Boehringer een met enzymen geïmpregneerde test-tape op de markt gebracht (Gluko-Test),** die zoals uitvoerig onderzoek in het IBVL-laboratorium heeft aangetoond, zonder meer goed bruikbaar blijkt te zijn.

De testzone van de tape is geïmpregneerd met zowel de enzymen glucose-oxydase en peroxydase als een kleurindicator. Bij aanwezigheid van atmosferische zuurstof wordt de glucose geoxydeerd tot gluconzuur en waterstofperoxyde. Het waterstofperoxyde oxydeert de kleurindicator, waardoor afhankelijk van de hoeveelheid aanwezige glucose aan meer of minder sterke groene verkleuring van de testzone optreedt.

De bepaling zelf is erg eenvoudig: de test-tape wordt gedoopt in een kleine

hoeveelheid vers aardappelsap en na 30 seconden wordt de mate van verkleuring vergeleken met een op de verpakking aanwezige schaal van geel (negatief) tot donkergroen (+++).

In het onderzoek werden van ruim 1200 aardappelmonsters zowel de (groenverkleuring van de test-tape (in de schaal negatief, +, ++, +++) als de kleur van de van deze monsters gebakken chips (in de schaal 9 t/m 1) bepaald. In de volgende tabel is de samenhang tussen de resultaten van beide bepalingen weergegeven.

verkleuring	aantal monsters	chipskleurcijfer	
		1 t/m 5	>5½
-	281	5%	95%
≤ +	605	13%	87%
≥ ++	387	78%	22%
+++	95	94%	6%

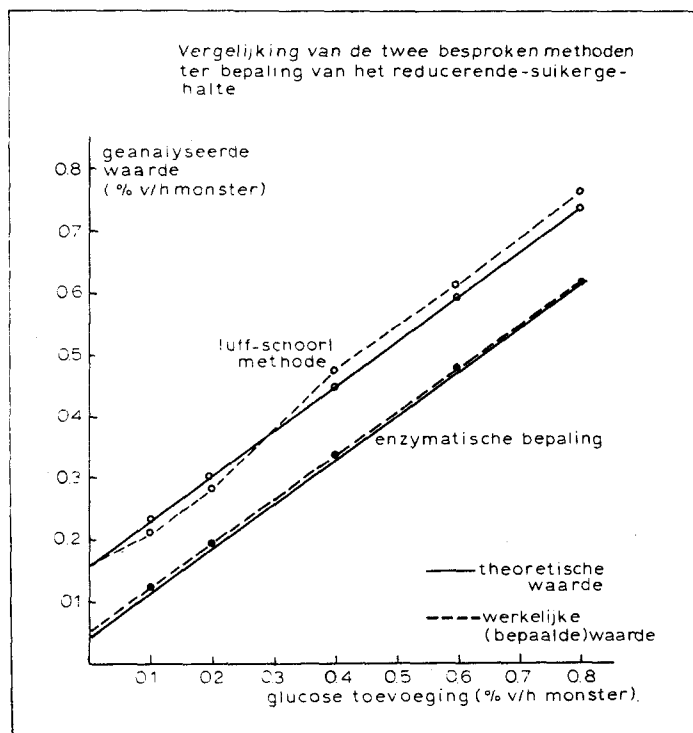
Uit de tabel blijkt duidelijk dat, in het bijzonder wanneer de kleur óf donkergroen (+++) óf negatief is, de betrouwbaarheid van het voorspellend karakter van deze test-tapes groot is!

Het meten van de chipskleur.

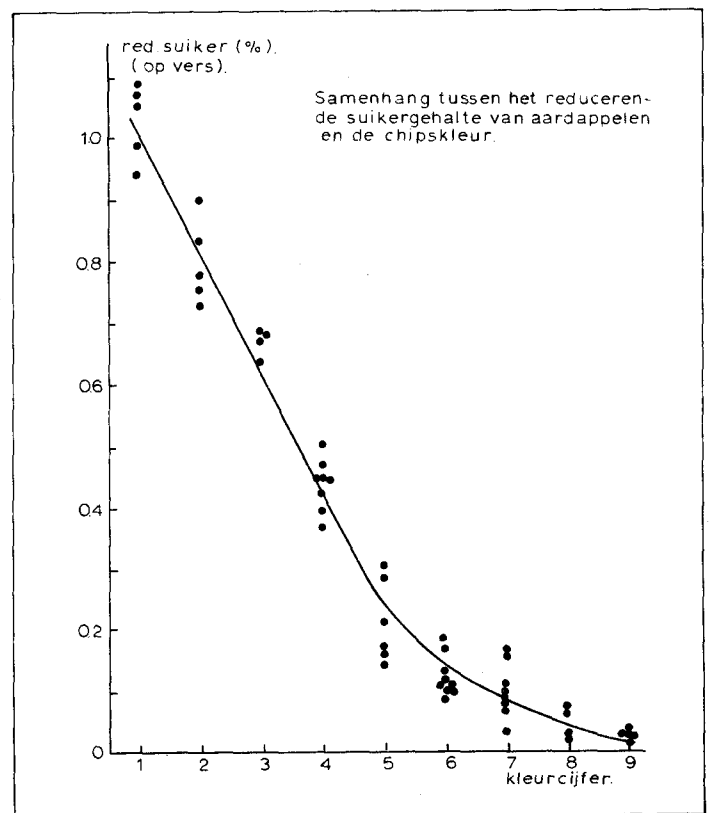
Zoals in de voorbeschouwing reeds is beschreven, kan de chipskleur variëren van zeer bleekgeel via goudgeel en lichtbruin tot donkerbruin/zwart. Vanaf het begin der chipsproductie heeft men getracht deze

* Verkrijgbaar via het secretariaat van de European Association for Potato Research (EAPR) - Postbus 20 - Wageningen

** Verkrijgbaar bij Boehringer Mannheim bv, Donker Curtiusstraat 7-IV B, Amsterdam



Grafiek 2



Grafiek 3

kleurenrange in een schaal onder te brengen. In navolging van het Potato Chip Insitute in de Verenigde Staten introduceerde het IBVL in het midden der vijftiger jaren een (subjectieve) schaal van 1 t/m 10, waarin 1 uiterst donkerbruin en 10 bleekgeel voorstelde (dit in tegenstelling tot de PCI-schaal, waarbij 1 = wit en 10 = erg donker).

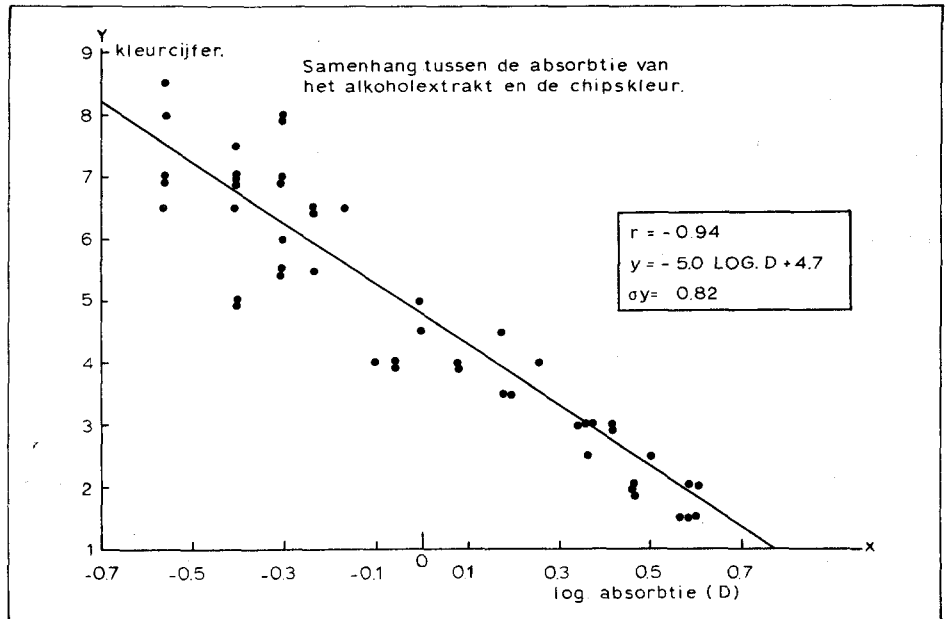
Ter objectivering van de kleurbeoordeling is vervolgens veel aandacht besteed aan een visuele weergave van de kleurschaal in druk, wat uiteindelijk heeft geresulteerd (in 1969) in de EAPR-kleurenkaart *** van 1 t/m 9, waarbij, na samenvoeging van 9 en 10, de oorspronkelijke indeling is gehandhaafd. Naast de weergave in kleurdruk, achtten onderzoek in industrie het van groot belang over een instrumentele meetmethode te kunnen beschikken. Aanvankelijk werd de oplossing gezocht in een indirecte methode, waarbij de kleurveroorzakende Maillard-producten met 55%-ige alcohol uit de chips werden geëxtraheerd, waarna met behulp van een colorimeter de absorptie van het extract werd gemeten bij een golflengte van 430 nm. (v. Vliet; 1963). Ofschoon de relatie tussen de op deze wijze bepaalde absorptie van het extract en het kleurcijfer van de chips (zie grafiek 4) zonder meer goed is te noemen ($r = -0.94$), heeft de bepalingmethode als nadeel de tijdrovende extractieprocedure die de methode als zodanig ongeschikt maakt voor toepassing in de verwerkende industrie.

Directe reflectiemetingen aan het product met behulp van de spectrofotometer bleken niet alleen veel sneller te kunnen worden uitgevoerd, maar tevens een goede reproduceerbare en objectieve methode te zijn voor de vaststelling van de chipskleur.

In eerste instantie werd voor dit doel bij het IBVL een Beckman spectrofotometer met reflectieset gebruikt (zie grafiek 5). Evenals bij een te zelfder tijd in de VS ontwikkelde methode (Isleib, 1963), moeten de chips bij toepassing van dit instrument eerst worden gemalen c.q. tot een blokje geperst, waardoor de kleur essentieel kan afwijken van de oorspronkelijke kleur.

Bij de naderhand op het IBVL ontwikkelde methode met behulp van de Agronspectrofotometer wordt dit laatste bezwaar ondervangen, doordat de 'sample cup' een diameter heeft van 165 mm en tenminste 50 gram product kan bevatten. Voor het product chips dienen voor het ijken bij de rode spectraallijn de ijschijven M12 en M68 te worden gebruikt. Hierna kan door

*** 'Colour cards for quality evaluation of potato chips'. Verkrijgbaar bij: IVBL, Postbus 18, Wageningen



Grafiek 4

het plaatsen van de met chips gevulde cup op de schaal direct de reflectie worden afgelezen en in grafiek 6 de bijbehorende chipskleur.

Ook deze methode is beschreven in het EAPR-analyseboekje.

Het beïnvloeden van de kleur.

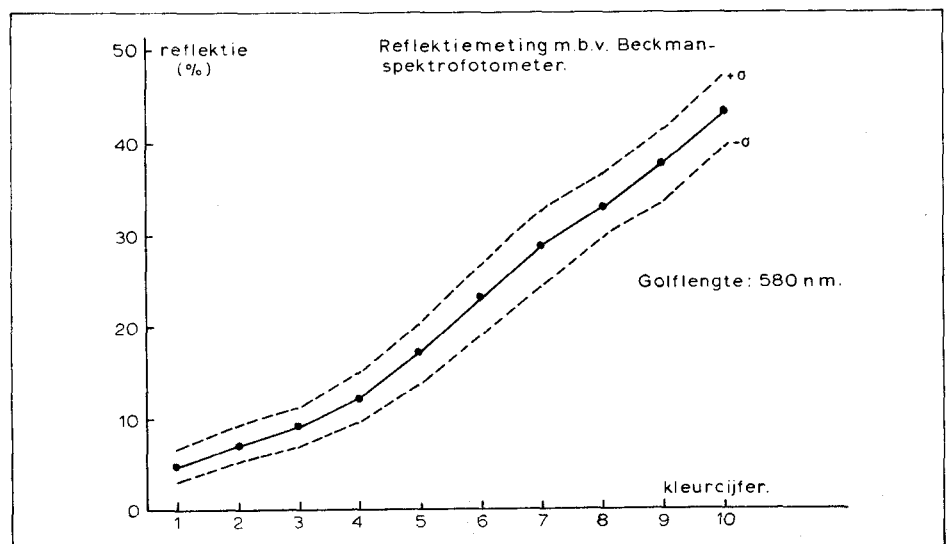
Zoals reeds vermeld, wordt de kleur van het gebakken product gevormd in de laatste fase van het bakproces (vochtgehalte lager dan $\pm 15\%$). Naast de beïnvloeding van de chipskleur door 'behandeling' van de te bakken aardappelen/aardappelschijven, kan gebruik gemaakt worden van bovenstaand feit door de 'voorgebakken schijven' vanaf dit vochtgehalte op een andere wijze te 'drogen' tot het normale vochtgehalte van chips (1 à 2%), waardoor de verkleuringsreactie minder volledig

plaats vindt.

Hiervoor zijn in de zestiger jaren twee systemen ontwikkeld, t.w. *a* het drogen met behulp van de microwave oven (Cryodry Corporation USA) en *b* het bakken met behulp van de vacuüm oven (IBVL).

Ofschoon met beide systemen opmerkelijke kleurverbeteringen t.o.v. de in conventionele ovens gebakken chips kunnen worden verkregen, is er toch een aantal bezwaren/nadelen te noemen, waardoor het eerste systeem in het geheel niet meer en het tweede slechts op beperkte schaal wordt toegepast.

Eenvoudiger en minder kostbaar is de beïnvloeding van de chipskleur door 'behandeling' van de te bakken grondstof aardappel. Allereerst kan worden getracht het reducerende-suikergehalte van de aardappelen te verlagen door enige weken voor de ver-



Grafiek 5

werking de temperatuur in de opslagplaats te verhogen tot $\pm 20^{\circ}\text{C}$. Hierdoor wordt de ademhalingsintensiteit van de aardappelen verhoogd, wat gepaard gaat met een verlaging van het suikergehalte. De resultaten van deze zgn. reconditionering zijn in diverse onderzoekingen echter sterk variërend gebleken en o.a. in hoge mate afhankelijk van het in het onderzoek toegepaste ras (Saturna - goed; Bintje - matig reconditioneerbaar).

Een tweede mogelijkheid in deze reeks om te komen tot een betere schippskleur is het blancheren van de gesneden aardappelschijven. Hierbij worden de schijven in blancheurs geleid door water met temperaturen van $70 - 100^{\circ}\text{C}$ (verblijftijden: 1-5 min.), waardoor een deel van de suikers uit de schijven wordt geëxtraheerd. Aardappelen met een suikergehalte van ongeveer 0.5% kunnen op deze wijze nog worden gebruikt voor de verwerking tot chips. Nadelen van het in de praktijk algemeen toegepaste blancheerproces zijn dat niet alleen suikers maar tevens aardappelsmaakstoffen uit de schijven worden geëxtraheerd en dat extra watervervuiling wordt veroorzaakt. Tenslotte kan de chipskleur worden beïnvloed door dompeling van de aardappelschijven in een oplossing van chemicaliën. Naar aanleiding van vragen uit de chipsindustrie, heeft het IBVL hierover korte tijd geleden een onderzoek uitgevoerd. In eerste instantie werd het onderzoek uitgevoerd met de rassen Bintje en Saturna en in een vervolgonderzoek alleen met het ras Bintje.

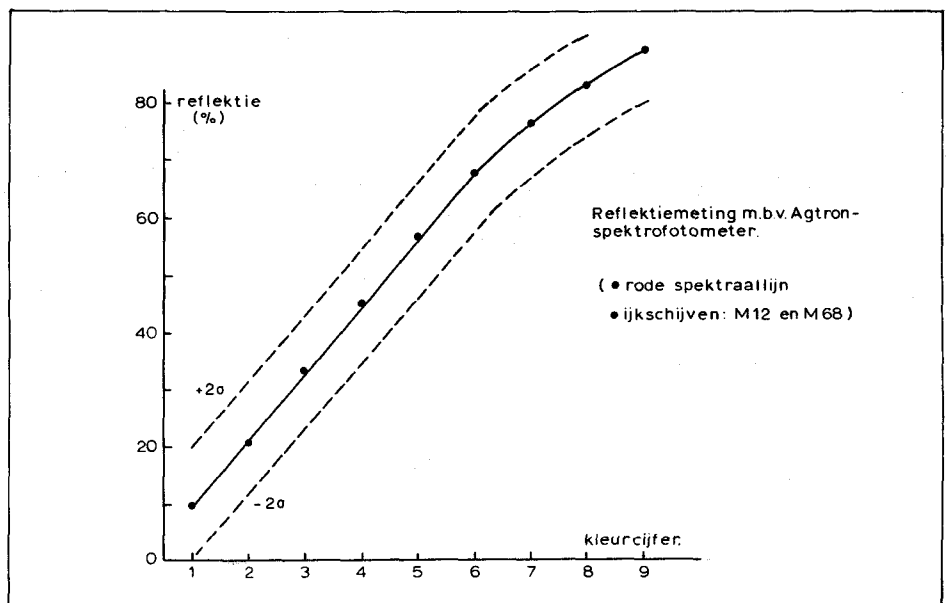
Na schillen, snijden en spoelen werden de aardappelschijven gedompeld in oplossingen van natriumbisulfiet (0.1; 0.2 en 0.3%), natriumcitraat (0.5; 0.75 en 1.0%), zuurnatriumpyrofosfaat (0.1; 0.2 en 0.3%) en combinaties van deze chemicaliën in de diverse concentraties.

De toegepaste dompeltijden en -temperaturen bedroegen resp. 15 sec., 30 sec., 1 en 2 minuten en kamertemperatuur (20°C) en 80°C .

Na het dompelen werden de schijven in arachideolie tot chips gebakken bij een temperatuur van 175°C .

Uit de resultaten van het onderzoek, konden de volgende conclusies worden getrokken:

a Door aardappelschijven voor het bakken te dompelen in een bad met een natriumbisulfiet- en/of zuurnatriumpyrofosfaatoplossing bij kamertemperatuur kan de chipskleur in de 9-puntenschaal 1 á 2 punten worden verbeterd. Als sulfietdompelbad moet het gehalte van de oplossing niet hoger zijn dan 0.1%; bij fosfaat mag dit gehalte 0.3% bedragen terwijl ook de dompeltijden bij fosfaat min-



Grafiek 6

der kritisch zijn (bij sulfiet tot max. 1 minuut).

b Door te blancheren in water van 80°C kan de chipskleur, afhankelijk van de kleur van het onbehandelde product, tot 3 punten worden verbeterd. Door sulfiet en/of pyrofosfaat aan het blancheerwater toe te voegen, kan dit effect nog met 1 à 2 punten worden versterkt. De dompeltijd in het sulfietbad bij deze relatief hoge temperatuur is echter nog kritischer dan bij kamertemperatuur (max. ong. $\frac{1}{2}$ minuut).

Summary

The colour of the fried potato product crisps is an extremely important quality criterion, because the taste of the fresh product is closely bound up herewith. The colour is formed during the frying process, at which the most important reaction is that between the amino acids, being in over-measure present in the potato and the reducing sugars glucose and fructose. The colour of the reaction product of this so-called Maillard reaction is brown to black and the taste is bitter, so that the fried crisps have these organoleptic characteristics to a greater extent as the reducing sugar content of the processed potatoes is higher. A review is given on the results of the various investigations carried out in the framework of this relation and that successive methods to assess the reducing sugar content; methods to assess the crisp colour objectively and finally to which extent the crisp colour can be influenced by blanching resp. by dipping in a bath with chemicals.

Zusammenfassung

Die Farbe des gebackenen Kartoffelproduktes Chips ist ein äusserst wichtiges Qualitätskriterium, weil der Geschmack des frischen Produktes hiermit am engsten zusammenhängt. Die Farbe wird während des Backprozesses gebildet, wobei die wichtigste Reaktion diejenige ist die zwi-

schen den in der Kartoffel in Übermass anwesenden Aminosäuren und den reduzierenden Zuckern Glukose und Fruktose stattfindet. Die Farbe des Reaktionsproduktes dieser sogenannten Maillardreaktion ist braun bis schwarz und der Geschmack ist bitter, so dass die gebackenen Chips diese sensorischen Kennzeichen in steigendem Masse haben nachdem der reduzierende-Zuckergehalt dieser verarbeiteten Kartoffeln höher ist.

Es wird eine Übersicht gegeben der Resultaten verschiedener im Rahmen dieser Beziehung ausgeführten Prüfungen, und zwar nacheinander: Methoden um den reduzierende-Zuckergehalt zu bestimmen, Methoden um die Chipsfarbe objektiv zu bestimmen und zum Schluss in welchem Masse die Chipsfarbe durch Blanchieren resp. Tauchen in einem Bad mit Chemikalien beeinflusst werden kann.

Literatuur.

- Denny, F. E. and Thornton, N. C. (1940) 'Factors for color in the production of potato chips'. Contr. Boyce Thompson Inst. Pl. Res. 11, 291-303.
- Ludwig, J. W. (1966) 'De invloed van blancheren op de chipskwaliteit'. Publ. no. 1 Stichting Aardappel Studie Centrum.
- Methods of assessment for potatoes and potato products'. (1976) Uitgave European Association for Potato Research, Wageningen, Holland.
- Isleib, D. R. (1963) 'Objective method for potato chip color determination'. Am. Potato J. 40, 58-60.
- Sweetman, M. D. (1930) 'Color of potato chips as influenced by storage temperature of the tubers and others factors'. J. agric. Res. 41, 479-490.
- Vliet, W. F. van and Schriemer, W. H. (1963) 'The sugar content of potatoes as an important quality aspect for the chip industry'. Eur. Potato J. 1, 1-13.