



ATO-DLO

*Grondstofkwaliteit van Nederlandse aardappelen  
in relatie tot hun verwerkingskwaliteit*

**Jaarlijkse rapportage onderzoekprogramma  
Friteskwaliteit**

ten behoeve van het  
Produktschap voor Aardappelen

Rapport no. B189

E. Biekman  
A. Braaksma  
P.C.M. van Eijck  
J. Oosterhaven  
E.C. Wilkinson

**Agrotechnologisch  
Onderzoek Instituut  
(ATO-DLO)**  
Bornssesteeg 59  
Postbus 17  
6700 AA Wageningen  
tel. 08370 - 75000  
fax. 08370 - 12260

2 223330

## **Samenvatting**

*De kwaliteit van verwerkte aardappelen hangt nauw samen met de kwaliteit en samenstelling van de grondstof. Er zijn rasverschillen waar het gaat om de kwaliteit van tafelaardappelen en het verwerkte produkt. Daarbij gaat het om zowel de produktie van patat en chips als om de verwerking van verse aardappelen in bijvoorbeeld salades of in kant-en-klaar magnetronmaaltijden.*

*De verschillen in verwerkingskwaliteit binnen één en hetzelfde ras zijn echter vaak veel groter dan die tussen de rassen. Lokatie-invloeden, bemestingseffecten en rijpheidsverschillen geven aanleiding tot grote spreiding in grondstofsamenstelling en daarmee verwerkingskwaliteit.*

*Het verslag dat nu voor u ligt, geeft een samenvatting van de resultaten die verkregen zijn in het VAVI- en PVA-onderzoeksprogramma zoals dat door ATO-DLO uitgevoerd is. Het geeft een overzicht van grondstofeigenschappen (samenstelling van de aardappel) in relatie met o.a. het kooktype. Er zijn 70 partijen aardappelen gekarakteriseerd qua samenstelling en qua verwerkingskwaliteit, verdeeld over 12 rassen.*

## Inhoudsopgave.

1.	Inleiding .....	4
2.	Verwerkingseigenschappen van diverse rassen en partijen .....	6
2.1	Grondstofsamenstelling .....	6
2.2	Spreiding binnen een ras .....	9
2.3	Samenstelling verse en bewaarde aardappelen .....	10
2.4	Kookeigenschappen .....	11
3.	NIR-Meting .....	14
4.	Conclusies .....	15

## **Karakterisering grondstof in relatie tot kooktype**

### **1. Inleiding**

#### *Aardappelgrondstof in relatie tot kwaliteit*

De kwaliteit van aardappelen wordt vaak toegeschreven aan ras-kenmerken. Bintje is een stevige aardappel en Irene kookt af. Echter, de variatie binnen een ras is groot. Deze is groter dan tussen de rassen en dat betekent dat algemene ras-gegevens niet zoveel zeggen over een bepaald kwaliteitsaspect. De kwaliteit, uitgedrukt in termen van kooktype en stevigheid of als kleur en textuur na frituren wordt in grote mate bepaald door de inhoudstoffen en hun onderlinge samenhang. Om zicht te krijgen op die factoren die de verwerkingskwaliteit en de kwaliteit van de grondstof bepalen, wordt er onderzoek verricht naar de relatie grondstof en eindkwaliteit.

#### *Kooktype*

Voor consumptieaardappelen is met name het kooktype van groot belang: bijvoorbeeld, is een als stevig aangeprezen aardappel na het koken ook inderdaad stevig? En welke grondstoffactoren spelen daarbij een rol. Daarna volgt uiteraard de vraag: kan ik met eenvoudige (teelt)maatregelen de gewenste kwaliteit aardappelen verkrijgen en garanderen? Een andere reden waarom we geïnteresseerd zijn in het kooktype, is dat de textuur (met name gaarheid) een belangrijke kwaliteitsparameter is bij verwerkte aardappelen; patat frites, en geschilde en licht verwerkte “kant-en-klaar” aardappelen in magnetron-maaltijden.

De textuur van gekookte aardappelen wordt met name bepaald door de structuur van de celwand en de middenlamel. De mate waarin beide componenten verbonden zijn, bepaalt in feite de stevigheid van het weefsel. De celwand bestaat uit een netwerk van cellulose-fibrillen die verbonden zijn middels xyloglucanen. Het xyloglucan/cellulose netwerk is ingebed in een matrix van pectine. De middenlamel is de laag tussen twee cellen en wordt onderscheiden van de celwand door een relatief hoog gehalte pectine. Ook de middenlamel bestaat uit pectine (vnl. uronzuur), cellulose en xyloglucan.

Tijdens het koken verandert de ion-verdeling in het weefsel. Hierdoor wordt de pectine-afbraak gestimuleerd. Tevens wordt pectine chemisch afgebroken door de verhitting waardoor de samenhang van de cellen vermindert en uiteindelijk kan leiden tot het uit elkaar vallen van het weefsel. Het proces van pectine-afbraak wordt echter beïnvloed door factoren als ionen (specifieke interacties van Ca met citraat of pectine, maar ook ion-sterkte), organische zuren (die Ca kunnen wegvangen), droge stofverdelingen, enz. Indien pectine wordt gedemethyleerd door pectinases dan wordt het ongevoelig voor  $\beta$ -degradatie.

#### *Friteskwaliteit*

De kwaliteit van patat frites kan worden uitgedrukt in kleur-, textuur- en grauwwaarde-indices. Ook van deze kwaliteitsaspecten is bekend dat ze mede worden bepaald door de grondstofsamenstelling. Om de mate waarin dat gebeurt en de interactie te bepalen, worden suikers, zuren, anionen, kationen en diverse andere grondstofeigenschappen gemeten aan de verse grondstof en gerelateerd aan eindkwaliteit van het verwerkte produkt.

*Gezamenlijk onderzoeksprogramma*

Het onderzoek is gericht op de voorspelling van de verwerkingskwaliteit, liefst op basis van eenvoudig te meten kwaliteitscriteria. Daartoe worden er 2 maal per jaar 20 partijen aardappelen van diverse lokaties en van diverse rassen, op de pilotlijn tot frites verwerkt. Daarnaast wordt een scala aan inhoudstoffen en textuuraspekten van de verse aardappel gemeten. Tabel 1 toont een overzicht van de gemeten componenten.

Het eerste verwerkingstijdstip van 20 partijen is in het voorjaar van 1994 gestart. De volgende tijdstippen waren november 1994, maart 1995 en november 1995. In totaal zijn er 70 partijen, verdeeld over 12 rassen, geanalyseerd.

*Analyses*

Tabel 1 toont een overzicht van enkele grondstofanalyses zoals die binnen het programma zijn uitgewerkt. De eindkwaliteit, het kooktype, wordt uitgedrukt in een cijfer tussen 1 (niet afkokend) en 5 (afkokend).

*Tabel 1. Overzicht van grondstofanalyses aan het verse produkt*

onderwatergewicht	eiwitgehalte
droge stof bepaling	totaal aminozuren
organische zuren	bakkleurindex
gehalte glucose, fructose en sucrose	chlorogeenzuur
celwandsamenstelling	vitamine c
pH-waarde	peroxidase activiteit
bufferende capaciteit	polyphenoloxidase activiteit
Anionen	Kationen

## **2. Verwerkingseigenschappen van diverse rassen en partijen**

### **2.1 Grondstofsamenstelling**

De gemiddelde grondstofsamenstelling van 5 rassen, over 4 verwerkingstijdstippen, staat in tabel 2 vermeld. Het valt op dat de gemiddelde samenstelling van de partijen niet heel erg drastisch van elkaar afwijkt. Saturna heeft een duidelijk afwijkende samenstelling qua inhoudstoffen. Voor de rest vallen de verschillen over het algemeen volledig binnen de spreiding van de partijen over de seizoenen. Het terugvoeren naar een gemiddelde per seizoen is niet mogelijk omdat daarvoor nog te weinig partijen per ras zijn onderzocht.

Tabel 2. De gemiddelde samenstelling van 5 aardappelrassen, weergegeven in mgr/gr versgewicht, indien er niet anders vermeld staat.

	AGRIA	ASTERIX	BINTJE	SATURNA	TURBO
# partijen	13.0	8.0	14.0	7.0	9.0
owg (gr)	381.9	403.3	368.1	459.3	373.9
droge stof-%	21.4	21.6	19.8	24.8	20.6
zetmeelgehalte	125.2	131.3	119.5	167.0	127.2
pH (units)	6.0	6.0	6.0	6.1	6.0
Natrium (Na)	0.30	0.32	0.32	0.22	0.35
Kalium (K)	4.18	4.22	4.04	4.69	3.82
Calcium (Ca)	0.26	0.18	0.21	0.23	0.24
Magnesium (Mg)	0.039	0.044	0.037	0.029	0.037
ijzer (Fe)	0.0028	0.0021	0.0021	0.0038	0.0025
Chloor (Cl)	0.60	0.61	0.40	0.43	0.37
Nitraat (NO <sub>3</sub> )	0.050	0.055	0.168	0.063	0.051
Fosfaat (PO <sub>4</sub> )	0.56	0.60	0.53	0.70	0.70
oxaalzuur	0.14	0.19	0.18	0.21	0.19
citraat	4.98	4.43	4.42	5.71	4.03
appelzuur	0.65	0.76	0.67	0.88	0.79
fumaraat	0.012	0.028	0.012	0.012	0.026
pyroglutaminezuur	0.14	0.14	0.18	0.10	0.20
bakkleur	2.66	3.78	3.75	2.41	4.07
glucose	1.07	2.47	2.05	0.86	2.39
fructose	1.03	2.37	1.67	0.84	2.24
sucrose	2.14	2.19	1.78	2.35	2.00
uronzuur	2.83	3.46	3.05	3.00	2.97
uronzuur in kookvocht	10.49	14.76	13.01	17.75	14.24
phenolen	0.25	0.35	0.33	0.45	0.38
chloroogeenzuur	0.029	0.043	0.022	0.079	0.018
vitamine c	0.053	0.054	0.054	0.051	0.068
amizozuren	6.57	6.50	8.22	7.84	7.73
oplosbaar eiwit	6.18	7.88	5.66	8.50	6.44
totaal stikstof (N)	3.14	2.69	3.26	3.74	3.33
Kleur nagebakken produkt (op schaal van 0-4)	0.56	0.86	1.35	0.36	1.42
kooktype (op schaal van 1-5, 1=niet afkokend, 5= afkokend)	2.28	1.90	2.37	2.37	2.49

Tabel 3. De gemiddelde samenstelling van 7 aardappelrassen, weergegeven in mgr/gr versgewicht, indien er niet anders vermeld staat.

	ARCADE	AZIZA	DISCO	FELSINA	IRENE	NICOLA	SANTANA
# partijen	1	4	3	2	2	4	2
owg	420.0	410.3	428.7	451.0	476.5	364.8	396.0
droge stof-%	22.0	22.2	23.5	24.4	26.3	18.9	22.6
zetmeel	147.0	138.3	145.3	151.1	149.7	112.6	141.1
pH	6.2	5.9	6.1	6.4	6.1	5.9	6.0
Na	0.37	0.34	0.50	0.26	0.38	0.31	0.33
K	5.30	4.25	5.18	4.29	4.42	5.38	4.04
Ca	0.17	0.21	0.23	0.27	0.24	0.25	0.26
Mg	0.041	0.044	0.039	0.021	0.057	0.031	0.021
Fe	0.0040	0.0030	0.0016	0.0023	0.0041	0.0024	0.0026
Cl	0.26	0.45	0.35	0.54	0.70	0.48	0.55
NO3	*	0.049	0.078	0.040	0.144	0.075	*
PO4	0.46	0.86	0.73	0.92	0.64	0.58	0.81
oxaalaat	0.21	0.25	0.21	0.20	0.19	0.13	0.35
citraat	4.85	4.70	4.57	3.85	5.10	3.75	4.71
appelzuur	1.04	0.84	0.96	0.76	0.62	0.97	1.25
fumaraat	0.117	0.047	0.004	0.027	0.006	0.012	0.088
pyroglutamaat	0.13	0.15	0.19	0.11	0.11	0.10	0.26
bakkleur	2.60	3.56	4.37	5.04	4.05	5.53	2.58
glucose	1.62	1.93	1.58	5.58	3.32	6.83	1.71
fructose	1.53	1.86	1.50	5.22	2.88	6.75	2.21
sucrose	3.79	4.45	1.81	3.60	2.56	2.95	3.14
uronzuur	2.97	3.05	3.92	3.43	3.23	2.64	2.41
uron kookvocht	30.09	22.49	17.15	57.70	0.00	11.48	34.96
totaal phenolen	0.33	0.35	0.45	0.35	0.32	0.35	0.49
chlorogeenzuur	0.046	0.037	0.026	0.055	0.047	0.074	0.034
vitamine c	0.072	0.069	0.062	0.038	0.076	0.054	0.058
aminozuren	6.25	6.66	8.20	6.08	9.35	7.03	5.53
oplosbaar eiwit	12.39	10.43	5.58	9.21	5.54	6.10	8.44
totaal stikstof	3.59	3.55	3.73	3.77	3.59	2.78	3.15
Kleur nagebakken produkt	0.13	0.91	1.13	1.88	1.69	2.75	0.31
kooktype	1.90	2.25	3.20	3.05	4.40	1.38	2.95



## 2.2 Spreiding binnen een ras

Een indruk van de spreiding binnen een ras is voor wat betreft de grondstofsamenstelling in tabel 4 weergegeven. Hier staan van de rassen Agria, Asterix, Bintje, Saturna en Turbo de minimale en maximale waarden van een aantal aardappel inhoudstoffen weergegeven. Tevens is een F-toets uitgevoerd op alle data waarmee bepaald wordt of er sprake is van een significant verschil tussen de rassen. Voor een aantal inhoudstoffen zijn de verschillen tussen de rassen significant maar de verschillen zijn absoluut gezien niet erg groot, met uitzondering van Saturna die bijv. qua droge stof en zetmeel duidelijk hoger ligt dan de andere 4 rassen. De tabel bevestigt de constatering dat de spreiding binnen een ras vaak groter is dan de spreiding tussen de rassen.

Tabel 4. Overzicht van minimale en maximale waarden voor diverse inhoudstoffen van 5 aardappelryassen. De gegevens zijn verzameld van aardappelen van seizoen '93, '94 en '95 (zie tabel 2 voor eenheden).

	Agria		Asterix		Bintje		Saturna		Turbo		Signifi- cantie 1)
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
owg	410	357	453	371	426	276	485	435	402	352	***
ds	22.73	18.91	24.33	20.02	22.5	14.75	26.53	23.43	21.54	20	***
zetmeel	143.1	105.7	176.3	99	159	87.8	211.9	127.6	140.7	116	***
pH	6.22	5.64	6.05	5.77	6.19	5.56	6.24	5.71	6.17	5.8	ns
Na	0.417	0.21	0.376	0.254	0.471	0.188	0.341	0.161	0.477	0.2	*
K	4.845	3.551	5.677	3.45	6.499	2.362	5.199	4.265	4.78	3.1	ns
Ca	0.337	0.039	0.274	0.132	0.374	0.118	0.336	0.128	0.33	0.2	ns
Fe	0.005	0.001	0.003	0.001	0.004	0.001	0.011	0.001	0.006	0.00	ns
Cl	1.23	0.29	1.10	0.27	0.79	0.23	1.00	0.22	0.50	0.23	ns
NO3	0.188	0.021	0.112	0.043	0.401	0.103	0.115	0.053	0.107	-	***
PO4	0.72	0.423	0.79	0.469	0.682	0.21	1.003	0.407	1.04	0.5	*
bakkleur	4.6	2.3	5.45	3	5.25	2.35	3.1	1.7	4.95	2.8	***
glucose	2.7	0.1	4.3	0.4	3.5	0.7	2.5	0.2	4.8	1.0	*
uron	3.5	2.4	3.9	2.7	3.7	2.0	3.7	2.5	3.8	2.5	*
chloro- geen	0.056	0.012	0.066	0.026	0.057	0.006	0.114	0.019	0.028	0.01	***
vitamine c	0.098	0.029	0.092	0.031	0.096	0.024	0.098	0.033	0.091	0.03	ns
organ zuur	6.9	5.1	6.3	4.3	6.7	4.0	8.0	5.7	7.0	3.9	***
aminozuur	11.8	3.3	8.8	4.6	16.0	4.3	15.9	4.6	16.5	2.8	ns
KLA	1.6	0.0	1.9	0.3	2.3	0.0	0.9	0.0	2.3	0.3	
kooktype	3.1	1.5	3.5	1	3.4	1.3	3.4	1.6	3.1	1.3	ns

1) significant binnen een betrouwbaarheidsinterval van 95% (\*\*\*), 90% (\*) of niet significant (ns)

### 2.3 Samenstelling verse en bewaarde aardappelen

Bewaring beïnvloedt de kwaliteit van de te verwerken aardappelen. Tabel 5 toont de inhoudstoffen van Bintje-aardappelen aan het begin van een bewaarperiode en aan het eind ervan (bewaring bij 7-8°C met gebruik van (C)IPC als spruitremmingsmiddel). Het verschil in samenstelling is niet erg groot. Verschillen treden op in suikers (toename van glucose en fructose), organische zuren (nemen iets af) en aminozuren (hoeveelheid vrije aminozuren neemt toe tijdens bewaring).

Tabel 5. Invloed van bewaring op de samenstelling van Bintje aardappelen (oogstseizoen 1994).

	Vers (n=4)	Bewaard (n=2)
owg	363	345
ds%	19.5	19.8
zetmeel	116.6	106.2
pH	6.0	6.0
Na	0.39	0.29
K	4.09	5.95
Ca	0.21	0.26
Mg	0.049	*
Fe	0.002	0.002
Cl	0.40	0.49
NO3	0.24	0.25
PO4	0.61	0.63
SO4	1.04	0.91
oxaal	0.22	0.12
citraat	4.63	4.08
appel	0.36	0.97
fumaraat	0.007	0.006
pyrogluta	0.11	0.19
bakkleur	3.74	3.85
glucose	1.50	2.27
fructose	1.19	1.54
sucrose	1.22	1.51
uron	3.16	3.47
tot phenol	0.18	0.36
chloroegen	0.036	0.018
vit c	0.040	0.028
organ zuur	5.33	5.37
amizozuur	5.58	7.90
opl. eiwit	4.32	6.55
tot N	3.01	3.63
KLA	1.50	1.44
kooktype	2.45	1.70

Deze veranderingen treden globaal gezien ook op in andere rassen. Indien alle verwerkingstijdstippen zijn geanalyseerd, kunnen er nauwkeuriger uitspraken worden gedaan naar de invloed van bewaring op de samenstelling.

## 2.4 Kookeigenschappen

Het kooktype van elke partij aardappelen is bepaald. Tevens is van elke partij een scala aan grondstofeigenschappen geanalyseerd. Tabel 6 toont de grondstofvariabelen die meegenomen zijn in de analyse en de relevantie van elk van de variabelen voor het kooktype. In de statistische analyse is de relatie tussen grondstof en kooktype bepaald om meer inzicht te verkrijgen in die factoren die het kooktype bepalen.

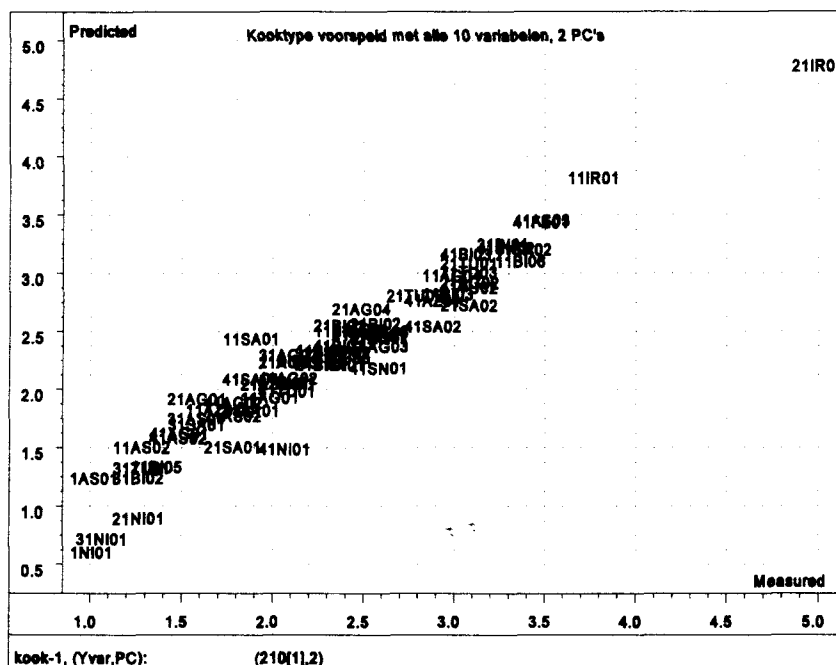
Tabel 6. *Inhoudstoffen die in de statistische analyse van kooktype zijn opgenomen.*

Grondstofeigenschap	Relevantie
<i>Inhoudstof</i>	
Gehalte calcium	complexering citraat en pectine
Gehalte appelzuur	complexering van Ca
Gehalte chlorogeenzuur	
Gehalte uronzuur	bepaald in grote mate stevigheid van middenlamel
<i>Fysische parameters</i>	
% droge stof	
Celgrootte	
T100	maat voor stevigheid waarmee cellen aan elkaar verbonden zijn
DSC	temperatuur waarbij zetmeel gelatiniseerd

De gevolgde analysemethode is de Partial least Squares Analyse (PLS). Deze analysemethode is vergelijkbaar met multiple lineaire regressie maar het heeft het voordeel dat het goed kan omgaan met correlaties tussen de predictor-variabelen (de grondstofeigenschappen). Als een analyse uitgevoerd wordt op de gegevens van verwerkingstijdstip 1 t/m 4 over alle rassen dan is het resultaat dat **de 8 grondstofeigenschappen het kooktype voor ca. 95% verklaren** (in figuur 1 is het voorspelde kooktype ten opzichte van het bepaalde kooktype weergegeven).

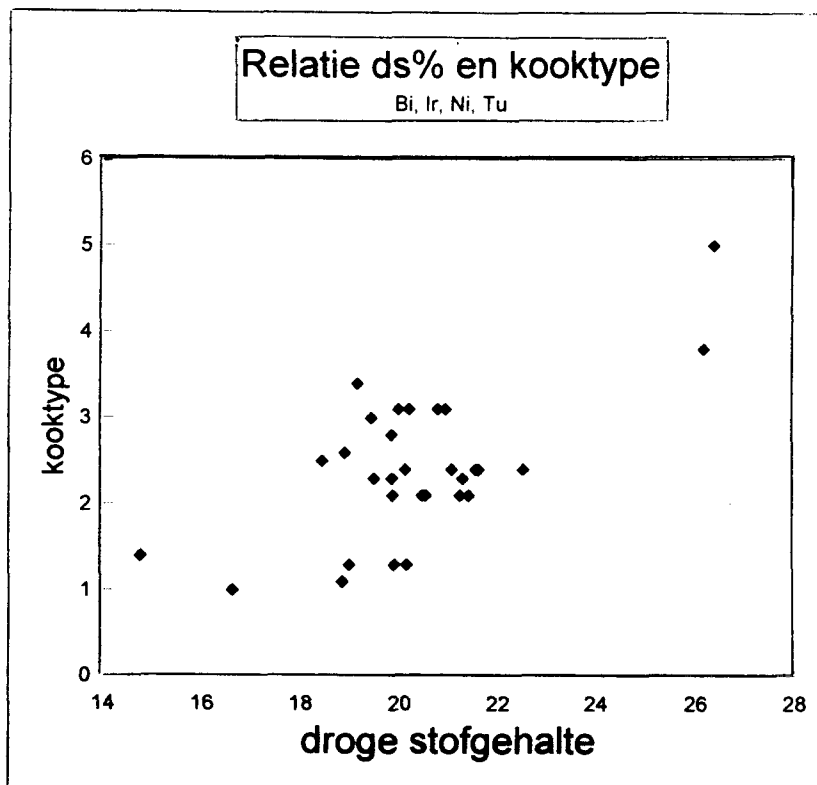
Kijken we naar de afzonderlijke factoren, bijvoorbeeld droge stof-%, dan is de relatie zeer beperkt. Figuur 2 laat bijvoorbeeld de relatie zien tussen droge stof en kooktype.

Ook van de andere factoren is het zo dat er geen enkele afzonderlijke grondstofeigenschap goed correleert met het kooktype. Een PLS-analyse van alleen de fysische grondstofparameters (droge stof, celgrootte, T100 en DSC) levert niet meer op dan een verklaring van 25%. Dit betekent dat juist de combinatie van fysische en chemische parameters het kooktype bepaalt.



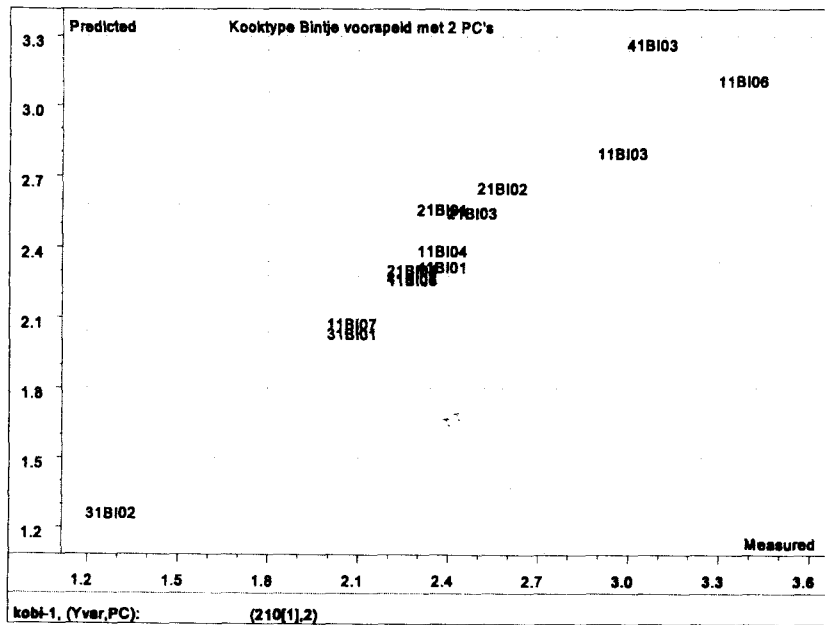
Figuur 1.

Relatie tussen het voorspelde en het bepaalde kooktype van alle aardappelrassen over alle partijen. Op basis van 8 grondstofeigenschappen wordt ca. 95% van het kooktype voorspeld.



Figuur 2.

Relatie tussen droge stof gehalte en het kooktype.



Figuur 3. *Relatie tussen voorspelde kooktype en het gemeten kooktype op basis van 8 grondstofeigenschappen voor Bintje aardappelen.*

De analyse is tevens uitgevoerd voor Bintje. Van 15 partijen (over 4 verwerkingstijdstippen) zijn de grondstofanalyses gerelateerd aan het kooktype. Figuur 3 laat het resultaat van de analyse zien. De bijbehorende correlatie is meer dan 93%.

### **3. NIR-Meting**

Nabije Infra Rood spectroscopie (NIR) is een optische techniek, waarbij infra rood licht, (niet zichtbaar voor het menselijke oog) wordt gebruikt om i.h.a. chemische informatie over een produkt te verkrijgen. Met behulp van NIR kan men kwantitatieve informatie krijgen over bijvoorbeeld de hoeveelheid eiwit, koolhydraat, lipiden en water in een produkt. Per produkt(groep) dienen er ijkcurven te worden gemaakt om de hoeveelheid van deze componenten te kunnen voorspellen. Het is noodzakelijk om ijkcurven te gebruiken zodat het NIR spectrum beïnvloedt wordt door de omgeving: eiwitten, koolhydraten, vetten en water en hun onderlinge samenhang. Met ander woorden, het NIR spectrum representeert een "fingerprint" van deze matrix. Omdat het NIR spectrum informatie bevat over de "matrix" , die op haar beurt weer gerelateerd is aan textuureigenschappen, werd onderzocht of de spectrale informatie gerelateerd kon worden aan de sensorische textuureigenschappen van consumptie aardappelen. Hiertoe werden diverse rassen onderzocht, waarvan de sensorische textuureigenschappen bekend zijn. Uit de resultaten blijkt, dat de sensorisch bepaalde textuureigenschappen van gekookte consumptie aardappelen goed te voorspellen zijn aan de hand van NIR metingen aan het verse, geschilde produkt.

## **4. Conclusies**

Het gepresenteerde onderzoek geeft inzicht in die grondstofkenmerken die het gedrag van aardappelen tijdens het koken mede kunnen verklaren. Een kooktype voorspelling met een verklaring van meer dan 95% op basis van 8 grondstofkenmerken is zeer goed te noemen. Voor de praktijk zal dit nog geen mogelijkheid bieden om kooktype van bijv. tafelaardappelen middels enkele (snelle) metingen te voorspellen. Het geeft echter wel inzicht in die grondstofkenmerken (en daarmee een indicatie over de onderliggende processen) die het kooktype bepalen.

Het is opvallend dat de statistische analyse uitwijst dat alleen fysische of alleen chemische parameters niet in staat zijn het kooktype te voorspellen. Juist de interactie van fysische en chemische eigenschappen bepaalt het kooktype.

Raskenmerken zijn niet strikt. De verschillen tussen partijen van een ras zijn veelal groter (over de seizoenen en binnen een seizoen) dan die tussen de rassen. Dit geeft aan dat kwaliteitskenmerken niet zozeer per ras maar per partij moeten worden bepaald. Hiermee wordt het noodzakelijk dat informatie over groei- en bewaaromstandigheden, die cruciaal zijn in de totstandkoming van de grondstofsamenstelling, en daarmee de kwaliteit, beschikbaar komt op het nivo van partijen.