

A 176

VAVI Onderzoekprogramma

Karakterisering grondstof aardappel en voorspelling eigenschappen bij verwerking

Project 1
Verslag januari 1995 t/m december 1995

VERTROUWELIJK

ato-dlo





ATO-DLO

VAVI onderzoekprogramma

Karakterisering grondstof aardappel en voorspelling eigenschappen bij verwerking

Project 1
Verslag januari 1995 t/m december 1995

VERTROUWELIJK

**Agrotechnologisch
Onderzoek Instituut
(ATO-DLO)**
Bornsesteeg 59
Postbus 17
6700 AA Wageningen
tel. 0317 - 475000
fax. 0317 - 412260

P.C.M. van Eijck
J. Oosterhaven
E.S.A. Biekman
H.H.J. van Remmen
E.C. Wilkinson

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

2251274

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	4
2.	Doel	5
3.	Opzet	6
3.1.	Inleiding	6
3.2.	Meetmethoden	6
3.3.	Overzicht van verwerkte partijen aardappelen	6
3.4.	Overzicht van procescondities	11
3.5.	Selectie	12
4.	Samenhang tussen aardappeleigenschappen	13
4.1	Correlaties	13
4.2	Principle component analyse (PCA)	13
5.	Voorspelling verwerkingskwaliteit op basis van aardappeleigenschappen t.b.v. selectie meetmethoden	15
5.1.	Aanpak	15
5.2.	Resultaten statistische benadering	15
5.3	Grauwverkleuring van aardappelen	19
5.4	De effectiviteit van pyrofosfaat	22
5.5	Kleur van het nagebakken produkt	25
5.6	Textuur	26
6	Voortzetting	28
	BIJLAGE 1: Overzicht gebruikte codes	29

1. Inleiding

Dit verslag is de weergave van de stand van zaken eind december 1995 van het project "Karakterisering grondstof aardappel en voorspelling eigenschappen bij verwerking" in het onderzoekprogramma dat ATO-DLO in opdracht van de Vereniging voor de Aardappelverwerkende Industrie uitvoert.

Dit is de uitgebreide versie van de verslaggeving over project 1. Een beknopte versie is te vinden in het rapport "VAVI-programma: Samenvattend voortgangsverslag december 1995".

2. Doel

Doel van dit project is het vaststellen van de waarde van bestaande meetmethoden en het ontwikkelen van nieuwe, objectieve handzame meetmethoden voor het karakteriseren van aardappelen ten behoeve van de verwerking.

3. Opzet

3.1. Inleiding

Om vast te stellen welke aardappeleigenschappen bekend moeten zijn om het gedrag tijdens verwerking en de te verwachten friteskwaliteit te kunnen voorspellen worden een groot aantal partijen aardappelen verwerkt op de ATO-DLO pilotlijn. Aardappelen, proces en frites worden in detail geanalyseerd. Alle resultaten zijn opgenomen in een speciaal daarvoor opgezette database. Per produkteigenschap (kleur voorgebakken produkt, kleur nagebakken produkt, diverse textuureigenschappen, droge-stofgehalte en vetgehalte, etc.) wordt vastgesteld welke aardappeleigenschappen deze produkteigenschap het best voorspellen. Voor de minimaal noodzakelijke aardappeleigenschappen worden handzame, objectieve, in de praktijk van de aardappelverwerking bruikbare meetmethoden ontwikkeld. Mogelijkheden om deze analyses on-line uit te voeren worden geëvalueerd.

3.2. Meetmethoden

In bijlage 1 is aangegeven welke metingen aan aardappel, proces en frites zijn uitgevoerd. Een beschrijving van de meetmethoden voor de aardappel, deels in het kader van dit project ontwikkeld is gegeven in een apart rapport "Meetmethoden voor de karakterisering van de grondstof aardappel; vierde verwerkingstijdstip".

3.3. Overzicht van verwerkte partijen aardappelen

Voorwaarde voor een goede analyse van de effecten van grondstofeigenschappen op de verwerkingskwaliteit is een gevarieerd uitgangsmateriaal. In de verwerkte partijen aardappelen is dan ook bewust een grote variatie aangebracht met betrekking tot ras, oogstjaar, grondsoort, bewaarduur, herkomst, droge-stofgehalte en andere eigenschappen, zodat aan dit criterium voldaan wordt (zie tabel 1 t/m 5).

Tabel 1: Variatie in de geselecteerde aardappelpartijen.

rassen	aantal per verwerkingstijdstip en totaal per ras	oogstjaren	bewaartijd
Agria	4+4+2+3=13	1993: 20	kort: 30
Arcade	0+0+0+1= 1	1994: 20+10	lang: 40
Asterix	2+2+1+3= 8	1995: 20	
Aziza	1+1+0+2= 4		
Bintje	5+5+2+3=15		
Disco	1+1+1+0= 3		
Felsina	0+0+1+1= 2		
Irene	1+1+0+0= 2		
Nicola	1+1+1+1= 4		
Santana	0+0+0+2= 2		
Saturna	2+2+1+2= 7		
Turbo	3+3+1+2= 9		

Van alle 70 partijen, verdeeld over de rassen Agria, Arcade, Asterix, Aziza, Bintje, Disco, Felsina, Irene, Nicola, Santana, Saturna en Turbo, zijn grondstofparameters bepaald (Bijlage 1). De rassen Irene, Nicola en Saturna zijn geen fritesrassen. Toch zijn ze in deze fase van onderzoek beoordeeld omdat ze zeer specifieke grondstofeigenschappen hebben waarvan wellicht geleerd kan worden waarom deze rassen geen goede verwerkingseigenschappen hebben. Alle partijen werden volgens een standaardreceptuur op de ATO-DLO pilotlijn verwerkt tot diepvriesfrites. Er werden ieder verwerkingstijdstip 3 verschillende recepten gebruikt, in hoofdzaak verschillend in frituurtijd, zodat in totaal 210 partijen frites werden geproduceerd en beoordeeld. Uiteindelijk zullen in dit project 110 partijen aardappelen en 330 partijen daaruit geproduceerde frites beoordeeld worden.

Tabel 2. Overzicht van 20 verwerkte partijen van voorjaar 1994 met enkele in de praktijk gangbare kwaliteitsparameters

Ras	Code	Onder-watergewicht	Droge stof %	Grauwwaarde ¹	Friteskleurindex ²
Agria	194AG01	379	19.63	0	3.2
Agria	194AG02	377	19.50	0.5	M
Agria	194AG03	357	18.91	0	3.25
Agria	194AG04	387	22.73	0.5	2.3
Asterix	194AS01	411	22.59	0.5	4.95
Asterix	194AS02	371	20.05	2.5	5.45
Aziza	194AZ01	435	24.09	4	4.2
Bintje	194BI03	354	19.42	0.5	4.5
Bintje	194BI04	392	21.60	0	4.65
Bintje	194BI05	384	19.84	1	4.15
Bintje	194BI06	367	19.13	0.5	5.25
Bintje	194BI07	394	20.46	0	3.8
Disco	194DI01	414	21.47	3.5	5.2
Irene	194IR01	463	26.15	3	5.6
Nicola	194NI01	316	16.60	4	6
Saturna	194SA01	456	25.09	4.5	2.7
Saturna	194SA02	484	26.53	6	1.7
Turbo	194TU01	376	21.40	3	4.95
Turbo	194TU02	385	21.54	0.5	4.3
Turbo	194TU03	374	20.11	3.5	4.1

¹ grauwwaarde: 0 = niet grauw, 6 = zeer grauw

² friteskleurindex: volgens CKA II

Tabel 3. Overzicht van 20 verwerkte partijen van najaar 1994 met enkele in de praktijk gangbare kwaliteitsparameters

Ras	Code	Onder-water gewicht	Droge stof %	Grauw-waarde ¹	Friteskleur-index ²
Agria	294AG01	360	21.1	0	2.5
Agria	294AG02	381	21.7	1.0	2.85
Agria	294AG03	386	21.3	1.0	2.95
Agria	294AG04	395	21.6	0.5	2.95
Asterix	294AS01	415	23.0	1.0	3.4
Asterix	294AS02	398	21.3	2.0	3.4
Aziza	294AZ01	377	21.0	3.5	4.05
Bintje	294BI01	403	21.9	0.0	3.57
Bintje	294BI02	354	19.4	0.5	4.2
Bintje	294BI03	327	19.2	2.0	3.7
Bintje	294BI04	366	20.0	1.5	3.5
Bintje	294BI05	276	15.7	1.5	3.5
Disco	294DI01	411	24.5	1.5	3.4
Irene	294IR01	490	26.8	1.0	2.5
Nicola	294NI01	390	20.5	2.0	5.85
Saturna	294SA01	450	24.4	4.0	2.25
Saturna	294SA02	464	25.7	4.0	2.7
Turbo	294TU01	372	21.0	1.0	3.3
Turbo	294TU02	354	21.5	1.0	4.75
Turbo	294TU03	358	20.5	1.0	4.05

¹ grauwwaarde: 0 = niet grauw, 6 = zeer grauw

² friteskleurindex: volgens CKA II

Tabel 4. *Overzicht van 10 verwerkte partijen van voorjaar 1995 met enkele in de praktijk gangbare kwaliteitsparameters*

Ras	Code	Onder-watergewicht	Drogestof %	Grauwwaarde ¹	Friteskleurindex ²
Agria	395AG01	392	24.0	0.0	4.6
Agria	395AG02	410	23.0	0.0	2.5
Asterix	395AS01	395	21.4	2.5	3.7
Bintje	395BI01	374	20.2	2.0	4.2
Bintje	395BI02	316	18.9	2.0	3.6
Disco	395DI01	461	26.8	3.0	4.5
Felsina	395FE01	449	25.8	4.0	5.6
Nicola	395NI01	360	20.1	2.0	6.0
Saturna	395SA01	435	24.3	4.0	1.8
Turbo	395TU01	352	20.7	2.0	4.1

¹ grauwwaarde: 0 = niet grauw, 6 = zeer grauw

² friteskleurindex: volgens CKA II

Tabel 5. *Overzicht van 20 verwerkte partijen van najaar 1995 met enkele in de praktijk gangbare kwaliteitsparameters*

Ras	Code	Onderwatergewicht	Drogestof	grauw-waarde	Friteskleurindex
Agria	495AG01	369	19.9	0	2.40
Agria	495AG02	382	20.8	0	2.50
Agria	495AG03	390	21.0	0	2.55
Arcade	495AR01	420	22.0	0.5	2.60
Asterix	495AS01	377	20.0	0	3.30
Asterix	495AS02	406	21.3	0	3.00
Asterix	495AS03	453	24.3	0	3.05
Aziza	495AZ01	420	22.3	0.5	2.65
Aziza	495AZ02	409	22.2	1	3.33
Bintje	495BI01	426	22.5	0	2.35
Bintje	495BI02	394	21.3	0	2.85

Ras	Code	Onderwatergewicht	Drogestof	grauw-waarde	Friteskleurindex
Bintje	495BI03	394	20.8	0.5	2.60
Felsina	495FE01	453	24.6	3.5	4.47
Nicola	495NI01	393	19.8	1	4.25
Santana	495SN01	351	24.0	0.5	3.40
Santana	495SN02	441	26.2	3.5	1.75
Saturna	495SA01	441	21.0	3	2.70
Saturna	495SA02	485	24.2	4	3.10
Turbo	495TU01	392	21.2	0.5	4.35
Turbo	495TU02	402	20.9	0.5	2.75

3.4. Overzicht van procescondities

De standaardprocescondities die gehanteerd zijn tijdens de verwerking op de pilotlijn zijn weergegeven in tabel 6. Tijdens verwerkingstijdstippen 1 t/m 3 is alleen de frituurtijd gevarieerd: de verblijftijd was respectievelijk 30, 60 en 120 seconden. Voor enkele specifieke partijen werd ook 45 en 90 seconden gefrituurd.

Tabel 6. De gebruikte procescondities tijdens de eerste drie verwerkingstijdstippen:

schillen	stoomschillen, 14 ±1 bar, 26 s
snijden	10x10 mm, mechanisch
sorteren	rollensorteerder, spleetbreedte 5mm, geen lengtesortering
wassen	water 10°C
1 ^e blancheur	80°C; 4 min.; max. verversing; uitgangssituatie: schoon leidingwater
2 ^e blancheur	65°C; 7 min.; verversing max.; uitgangssituatie: schoon leidingwater
dipbad	geen
droger	5 minuten 90°C; gedefinieerde RV
frituren	180°C; 30, 60 en 120s
ontvetten	schudder
koelen	10 minuten 15°C
vriezen	30 minuten -40°C ± 5°C
opslag	-18°C

De procescondities voor het vierde verwerkingstijdstip werden aangepast aan de resultaten van de eerste drie verwerkingstijdstippen:

- 1) De resultaten van de eerste drie tijdstippen gaven voldoende inzicht in het effect van waterverdamping in deze brede range van frituurtijden. Daarom werd het aantal frituurtijden van drie naar twee teruggebracht, evenals de range: het vierde verwerkingstijdstip werd gedurende 45 en 60 seconden bij 180°C gefrituurd.
- 2) Uit de resultaten met betrekking tot grauwwerking werd geconcludeerd dat de gebruikte blancheerbehandeling (4 min 80°) niet voldoende was om alle polyfenoloxydaseactiviteit (PPO: enzymatische grauwwerking) volledig te inactiveren, dit in tegenstelling tot de verwachting. Daarom werd voor de frituurtijd van 60 seconden naast 4 minuten bij 80°C ook 4 minuten bij 90 °C geblancheerd in de eerste blancheur.

Tussen het derde en vierde verwerkingstijdstip werden de ATO-DLO pilotfaciliteiten uitgebreid met een continue vriestunnel. Hiermee zijn de mogelijkheden voor het uitvoeren van vriesonderzoek op ATO-DLO sterk uitgebreid. Voor dit project betekent het dat de invriescondities beter gecontroleerd kunnen worden en beter aansluit bij de praktijksituatie: er wordt nu continu in 8 minuten bij -35 ± 1 °C ingevroren bij een luchtsnelheid van gemiddeld 3 m/s (was batchgewijs in 30 minuten bij -40 ± 5 °C. Mogelijkerwijs heeft deze wijziging invloed op de kwaliteit van het produkt. Hier zal bij de analyse van het vierde verwerkingstijdstip aandacht aan worden geschonken.

3.5. Selectie

Na het derde verwerkingstijdstip is een eerste reductie in meetmethoden gerealiseerd. Dit betreft o.a. een halvering van de sensorische beoordelingen en het vervallen van diverse (tijdrovende) metingen van de mechanische stevigheid van het rauwe aardappelweefsel.

Om die eigenschappen te selecteren die minimaal nodig zijn om de friteskwaliteit te kunnen voorspellen en daarmee dus de eigenschappen die gemeten moeten worden bij aankoop resp. binnenkomst in de fabriek, worden voorspellingsmodellen gemaakt voor de verschillende kwaliteitsaspecten.

Verder achterwege laten van meetmethoden is alleen zinvol voor tijdrovende metingen: de tijdbesparing weegt anders niet op tegen de extra tijd die het laten vervallen van meetmethoden in de interpretatiefase kost.

4. Samenhang tussen aardappeleigenschappen

4.1 Correlaties

Onderzocht werd welke grondstofeigenschappen een correlatie vertoonden hoger dan 0.95. Het eerste wat opvalt is dat de correlaties tussen de eigenschappen lager zijn dan bijvoorbeeld de correlaties bij alleen het eerste tijdstip. Werden alleen voor het eerste tijdstip nog 25 correlaties groter dan 0.995 gevonden, nu na drie verwerkingstijdstippen slechts 29 groter dan 0.995. Dit heeft vermoedelijk te maken met seizoenseffecten en méér waarnemingen in de extremen. Alle gevonden correlaties groter dan 0.95 zijn verklaarbaar resp. bekend. Gevonden werd:

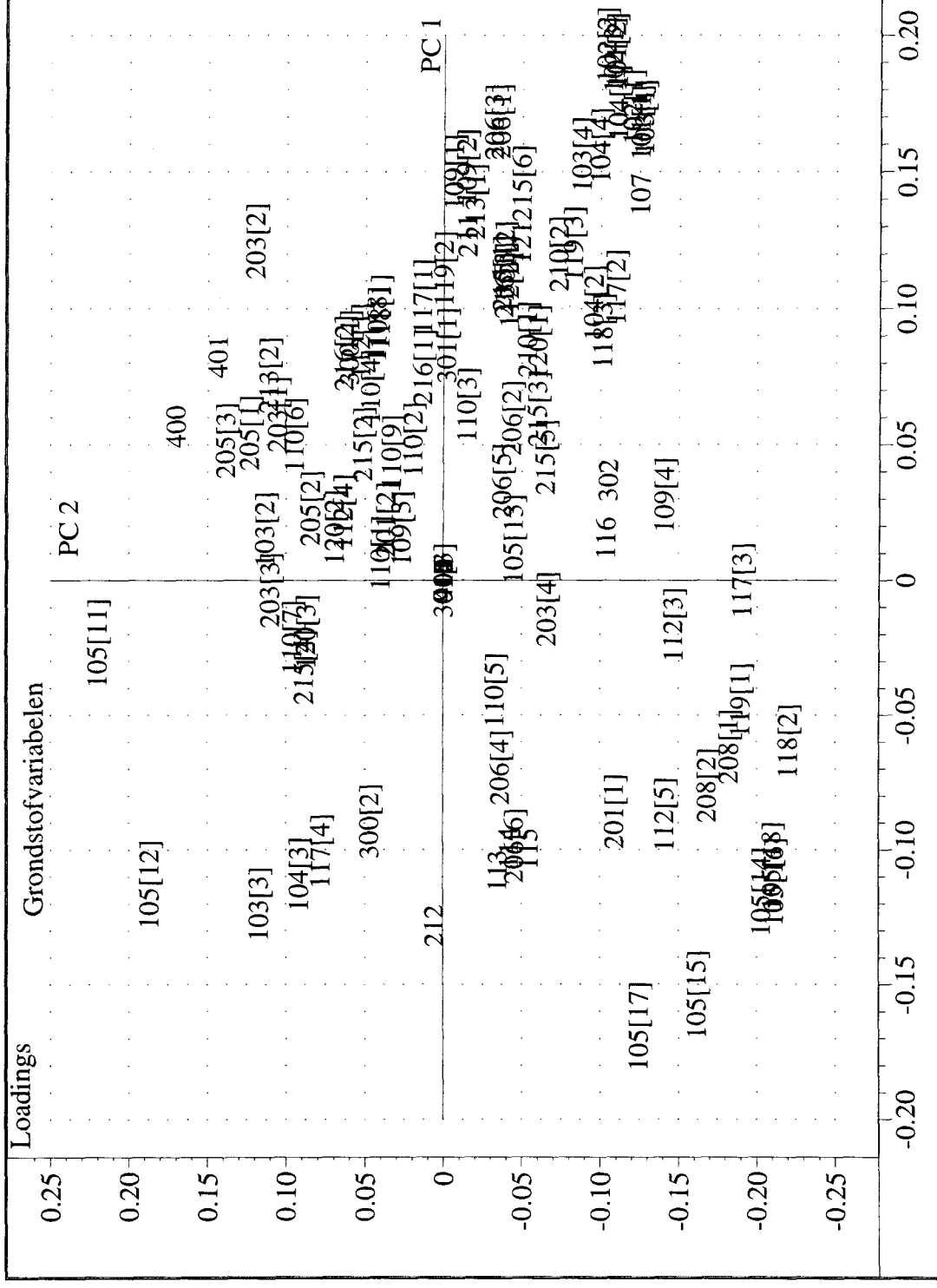
- 1) de samenhang tussen droge-stof (rauw, geblancheerd en gekookt), onderwatergewicht (geschild en ongeschild), gemiddelde soortelijk gewicht hele knollen en gemiddeld soortelijk gewicht weefsel (17 correlaties);
- 2) samenhang tussen glucose en fructose;
- 3) relatie tussen fractie hoog soortelijk gewicht in weefsel en hoog soortelijk gewicht in aardappelen;
- 4) samenhang tussen 2 NMR -metingen;
- 5) samenhang tussen bufferende eigenschappen en pH (109[1] en 109[2]);
- 6) NMR meting en drogestofgehalte van het geblancheerde materiaal (potentiele meetmethode);

4.2 Principle component analyse (PCA)

Om een beeld te krijgen van de correlaties tussen grondstofeigenschappen werd een principle components analysis (PCA) uitgevoerd op de matrix van grondstofeigenschappen. In deze analyse worden al de individuele grondstofvariabelen vervangen door een beperkt aantal Principle Components (PC's) die de belangrijkste variaties samenvatten. PC1 "verklaart" de meeste variatie, PC2 de op een na meeste variatie enz. De PC's zijn dus gewogen combinaties van de grondstofvariabelen.

In een PCA op de grondstofvariabelen wordt 23% van de variatie verklaard door de eerste PC, en 14% door PC2. Grafieken van de gewichten voor de individuele grondstofvariabelen voor de belangrijkste PC's geven een overzicht van de verbanden tussen de eigenschappen. Eigenschappen die op de grafiek ver van de middelpunt en dicht bij elkaar staan, zijn eigenschappen die positief met elkaar gecorreleerd zijn. Eigenschappen die tegenover elkaar staan, zijn negatief met elkaar gecorreleerd en eigenschappen die dicht bij de middelpunt liggen, worden niet verklaard door die PC's. In figuur 1 staan de gewichten van de eigenschappen voor PC's 1 en 2.

Figuur 1 Gewichten van de eigenschappen voor PC's 1 en 2



5. Voorspelling verwerkingskwaliteit op basis van aardappeleigenschappen t.b.v. selectie meetmethoden

5.1. Aanpak

Voor de eerste drie verwerkingstijdstippen zijn alle combinaties van één en twee aardappeleigenschappen plus (totale) waterverdamping voor een aantal kleur-, textuur- en procesaspecten geëvalueerd. Wanneer gekeken wordt naar correlaties van meer dan twee grondstofvariabelen, wordt het onmogelijk deze allemaal te evalueren, experts moeten een voorselectie maken: in dit onderzoek bestaan meer dan 170.000 combinaties van 3 variabelen (!). Dit soort modellen, waarbij vaak ook geen standaard lineair model gebruik wordt, zal verder aangeduid worden als kennismodellen. Een alternatief is het gebruik van neurale netwerken.

Beide benaderingen worden in de selectie van de minimaal noodzakelijke grondstofeigenschappen toegepast. Per produkteigenschap zal de stand van zaken worden aangegeven.

5.2. Resultaten statistische benadering

Er zijn voor alle combinaties van één en twee aardappeleigenschappen lineaire regressiemodellen gemaakt voor de voorspelling van diverse product- en proceseigenschappen. Deze modellen bevatten:

- 1) één of twee aardappeleigenschappen
- 2) de kwadraten van iedere aardappeleigenschap.
- 3) de totale waterverdamping (fabriek + thuis)

Door het opnemen van de kwadraten van de aardappeleigenschappen worden ook niet lineaire verbanden redelijk afgedekt.

De resultaten van de statistische benadering zijn gerangschikt naar kwaliteit van de voorspelling. In de tabellen 7 t/m 10 is de beste voorspelling gegeven. De kwaliteit van de voorspelling is uitgedrukt in de standard-error. Dit is een statistisch nettere manier dan de in vorige verslagen gebruikte R^2 . De standard-error is namelijk onafhankelijk van de range, die immers kan veranderen als nieuwe waarnemingen worden toegevoegd. Het 95%-betrouwbaarheidsinterval wordt verkregen door bij de schatting 2x de standard-error op te tellen of af te trekken.

Wat in de tabel de dominant voorkomende grondstofeigenschappen worden genoemd, zijn die eigenschappen die in de top van de best verklarende combinaties zeer vaak voorkomen. Tenzij anders vermeld heeft het resultaat betrekking op 150 waarnemingen.

Tabel 7: Voorspelling van de kleur, vastgesteld door produktexperts

produkteigenschap		verklarende grondstofeigenschappen				
specificatie	range	dominant in rangordes	beste enkelvoudige eigenschap	standard-error	beste combinatie van twee	standard-error
grauw-verkleuring voorgebakken produkt (GRW)	0 tot +6	owg ongeschild; fractie knollen met sg > 1.11; fractie weefsel met sg > 1.115; NMR metingen: 105[11], 105[12]; grauwverkleuring standaardtest; afkookcijfer; PPO-activiteit; PPO*totaal fenolen 910;	(grauw-verkleuring standaardtest)	1.074	(grauw-verkleuring standaardtest + NMR 105[12]);	0.9452
			----- NMR 105[12];	----- 1.112	----- peroxydase-activiteit + NMR 105[12];	----- 1.0042
kleur nagebakken produkt (KLA)	0 tot +6	kleurindex; glucose; fructose; T100; chipskleur	kleurindex	0.4041 (N=147)	glucose + breukgedrag wig	0.3558
heterogeniteit kleur nagebakken produkt (KLB)	0 tot +2	variantie sg in weefsel; kleurindex; glucose; T100; chipskleur;	kleurindex	0.4629 (N=147)	chipskleur + T100	0.4027

Tabel 8 Voorspelling van de textuur, vastgesteld door produktexperts

produkteigenschap		verklarende grondstofeigenschappen				
specificatie	range	dominant in rangordes	beste enkelvoudige eigenschap	standard-error	beste combinatie van twee	standard-error
nat-droog (TXA)	-2 tot +2	owg geschild; owg ongeschild; ds rauw; ds geblancheerd; ds gekookt; gem. sg. knollen; gem. sg weefsel; NMR 105[12];	ds rauw;	0.49	owg ongeschild + ds rauw	0.4794
hard - slap (TXB)	-2 tot +2	ND	ds rauw;	0.5032	ds rauw + gehalte vrije aminozuren	0.4722
taai (TXC)	0 tot +2	ds rauw; ds gekookt;	ds rauw;	0.3702	ds rauw + chloorionen	0.3389
gaarheid (TXD)	0 tot +2	ND	ds rauw;	0.2800	ds rauw + pH	0.2697
heterogeniteit textuur (TXE)	0 tot +2	ND	variantie sg tussen knollen;	0.4120	breukgedrag wig + fructose	0.3694

Tabel 9 Voorspelling van de textuur, vastgesteld door het analytisch sensorisch panel

produkteigenschap		verklarende grondstofeigenschappen				
specificatie	range	dominant in rangordes	beste enkelvoudige eigenschap	standard-error	beste combinatie van twee	standard-error
krokant (korst)	-1.3709 tot +1.0386	ND	ds rauw	0.2670 (N=100)	ds rauw + kleurindex	0.2481 (N=100)
stevig (frites)	-1.1287 tot +1.2448	ND	ds rauw	0.2168 (N=60)	ds rauw + appelzuur	0.1873 (N=60)
melig (frites)	-0.7994 tot +0.5813	ND	glucose	0.2173 (N=60)	maceratie + zetmeel	0.1918 (N=60)
droog (frites)	-0.9439 tot +1.0057	ND	ds na blancheren	0.2260 (N=60)	ds na blancheren + maceratie	0.1942 (N=60)

Tabel 10 Voorspelling van waterverdamping

waterverdamping		verklarende grondstofeigenschappen				
specificatie	range	dominant in rangordes	beste enkelvoudige eigenschap	standard-error	beste combinatie van twee	standard-error
totale waterverdamping incl. nabakken	+1.797 tot +4.367	ND	ds rauw	0.09340	ds rauw + oxaalzuur	0.0832
water-verdamping proces	+0.562 tot +3.003	ND	ds rauw	0.1327	ds rauw + oxaalzuur	0.1214
water-verdamping droger	+0.2523 tot +0.5956	ND	NMR 105[17]	0.04924	ds rauw + NMR 105[14]	0.0435
water-verdamping frituren (voorbakken)	+0.1601 tot +2.3788	ND	ds rauw	0.1513	ds rauw NMR + 105[11]	0.1294

5.3 Grauwverkleuring van aardappelen

Grauwverkleuring van de verwerkte partijen

De grauwverkleuring van de voorgebakken frites werd gemeten volgens methode 607[1] en volgens methode 120[1]. Methode 120[1] wordt in de praktijk gebruikt om grauwverkleuring te voorspellen. In fig. 1 zijn beide methoden tegen elkaar uitgezet, voor 60 seconden voorbaktijd. De correlatiecoëfficiënt voor dit verband r^2 is 0.62. Voor de afzonderlijke verwerkingsronde is alleen het verband voor de 1ste-ronde hoger: r^2 is 0.83. De grauwwaarde 607[1] is over het algemeen hoger dan de grauwwaarde 120[1].

M.b.t. tot de verschillende voorbaktijden (30, 60 en 120 sec) is er een tendens tot toename van de grauwverkleuring met langere voorbaktijd. Dit is vooral een gevolg van toename van concentraties als gevolg van waterverdamping.

Voorspelling van de grauwverkleuring op basis van grondstofvariabelen

Op basis van de regressie analyse ondersteunt door theoretische beschouwing van het mechanisme van grauwverkleuring werd in eerste instantie 11 variabelen (zie tabel 11) van belang geacht voor het ontstaan van de grauwverkleuring.

Tabel 11 Relevante componenten m.b.t. grauwverkleuring

Component	Methode	E/N	Verklaring
D.S.-grondstof (p)	102[1]	N, E	Beïnvloedt de plaatselijke concentratie v/d reagerende componenten
Bufferende capaciteit (s)	109[1]	N, E	Diverse
Zuurgraad pH (s)	109[4]	N, E	Diverse
[Ijzer] (p)	110[5]	N	Reageert met chlorogeenzuur tot 'grauwe componenten'
[Citraenzuur] (p)	112[2]	N, E	Complexeert ijzer en inhibeert PPO
[Totaal fenolen] (p)	117[3]	E, N	Het substraat van PPO
[Chlorogeenzuur] (p)	118[1]	N, E	Belangrijkste chelaat van ijzer en substraat PPO
[Totaal zuur] (p)	118[3]	N, E	Beïnvloedt zowel Fe-concentratie als PPO-activiteit
[Totaal eiwit] (p)	119[3]	E, N	Bevat tyrosine, het belangrijkste substraat van PPO in aardappelen.
PPO-activiteit (p)	301[1]	E	Omzetting van de fenolen in zwartbruin/blauwe verbindingen.
Verdamping van water (s)	902	N, E	Verhoogt de concentratie van de relevante componenten

(p= primaire eigenschap, s= secundaire eigenschap, N= Niet-enzymatisch, E= Enzymatisch).

Diverse modelleringsmethoden werden vervolgens toegepast om te komen tot een voorspellend model op basis van de gemeten grondstofvariabelen. In tabel 12 is het resultaat voor drie benaderingen weergegeven. Model 3 is een regressie model met de 11 in tabel 11 genoemde variabelen.

Tabel 12 Percentage verklaarde variantie voor enkele van de onderzochte modellen (Data van 60 seconden voorbaktijd)

Model	Herkomst model	r^2_{adj}
120[1]	Praktijk	0.62
Model 1	Neuraal netwerk	0.91
Model 2 (11)	Multiple regressie	0.74

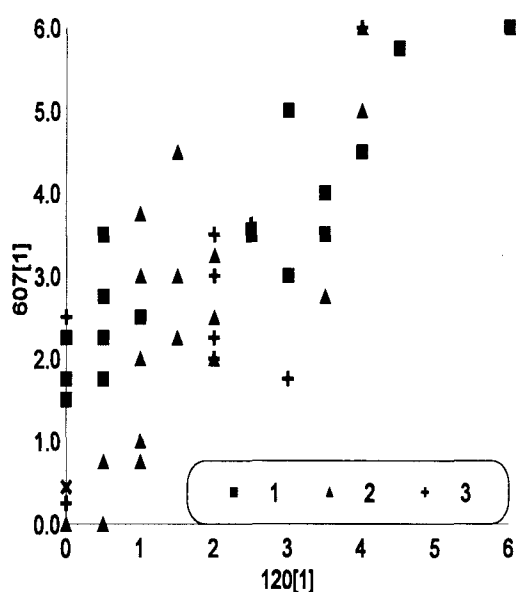


Fig. 2: Verband tussen grauwwerking 607[1] en de grauwwerking gemeten met methode 120[1] voor verwerking 1, 2 en 3.

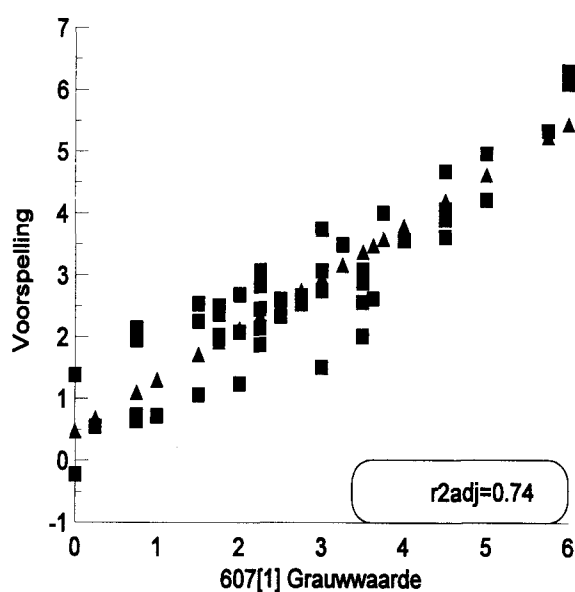


Fig. 3: Voorspelling van grauwwaarde 607[1] m.b.v. het regressie model met 11 variabelen.

Discussie

De grondstofvariabelen gegeven in tabel 11 illustreren het belang dat moet worden gehecht aan remming van PPO-activiteit ter verlaging van de grauwwerking. Het relatief belang van de enzymatische bijdrage aan de grauwwerking is echter nog niet te kwantificeren. Verwacht wordt dat dit na de volgende verwerkingsronde wel mogelijk zal zijn.

Uitgangspunten daarbij zullen zijn dat:

- i) grauwwerking een optelsom is van enzymatische en niet-enzymatische reacties;
- ii) verdeling van m.n. het enzymatische reacties in twee fasen: één fase vanaf snijden t/m blancheren en één fase na het blancheren.
- iii) de visueel waargenomen grauwwerking **niet** lineair toeneemt met de 'concentratie' van de stoffen die grauwwerking veroorzaken. Dit houdt mede verband met het feit dat het maximum van de sensorische waarneming genormeerd is op zes.

Conclusies

- De chemische grondstofvariabelen chlorogeenzuur, Fe, PPO, Totaal-fenolen alleen of in de toegepaste combinaties van twee geven voor alsnog geen betere voorspelling van de grauwwerking dan methode 120[1].
- De modellen met meerdere de bovengenoemde chemische grondstofvariabelen en de procesvariabele waterverdamping geven een betere voorspelling dan 120[1].
- PPO speelt een belangrijke rol bij het ontstaan van grauwwerking, naast de niet-enzymatische grauwwerkingreacties.
- Intensiever blancheren kan mogelijk tot lagere grauwwaarden leiden. Echter, het is niet duidelijk of reeds bij het snijden grauwwerkingreacties door PPO gekatalyseerd worden die later(na het blancheren) nog steeds kunnen bijdragen aan de visuele grauwwerking.

Vervolgonderzoek

- Continuering van onderzoek naar voorspelling van grauwwerking en effectiviteit van PPO, op basis van grondstofvariabele.
- Vinden van snelle analyse methode om de voorspellende componenten te bepalen.
- Invloed blancheer-intensiteit op grauwwerking
- Invloed tijd en temperatuur tussen blancheren en voorbakken op grauwwerking.

5.4 De effectiviteit van pyrofosfaat

Definitie van PPI-effectiviteit

Het effect van pyrofosfaat (PPI)-dosering wordt onderzocht door geblancheerde aardappelen in een pyrofosfaatbad met verschillende PPI-concentratie te dippen en vervolgens de grauwwerk'eurig sensorisch te bepalen (methode 120[1]). De effectiviteit van PPI wordt bepaald door de maximale afname van de grauwwerking a.g.v. de PPI-concentratie te delen door de PPI-concentratie waarbij dit optreedt.

$$120[3] = \frac{120[1] - G_{[PPI]}}{120[1] \cdot [PPI]}$$

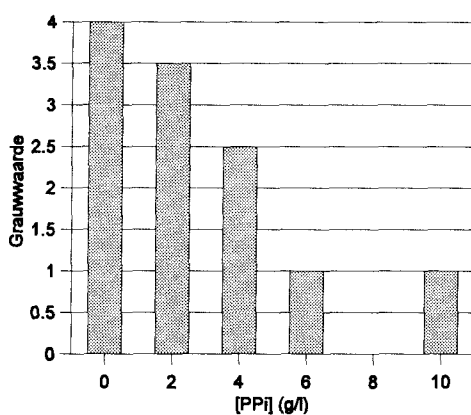


Fig. 4: Grauwwaarde als functie van [PPI]. Het verband waaruit de effectiviteit van PPI op de grauwwaarde wordt bepaald. Voorbeeld 1.

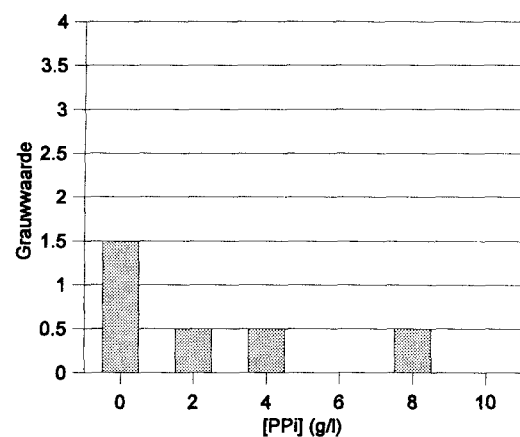


Fig. 5: Tekst zie figuur 3. Voorbeeld 2.

$G_{[PPI]}$ is de grauwwerking die gemeten wordt bij de toegepaste pyrofosfaat-concentratie [Ppi].

Voorspelling van PPI-effectiviteit op basis van grondstofvariabelen

Het vinden van een verband tussen de effectiviteit 120[3] en de meetgegevens vond op dezelfde wijze plaats als met 607[1]. In figuur 6 en 7 is de effectiviteit van PPI gemeten in verwerkingsronde 1, 2 en 3 uitgezet tegen de voorspelde waarde.

Tabel 13 Grondstofvariabelen van belang m.b.t. effectiviteit van PPI op verlaging van de grauwwerking van de aardappelen.

Variabele x	Methode	Verwerking 2+3	Verwerking 1+2+3
NMR Vrij water	105[12]	X	X
Zuurgraad pH	109[4]	X	X
Natrium	110[1]	X	X
[Ijzer] (p)	110[5]		X
[Citroenzuur] (p)	112[2]	X	X
[Totaal fenolen] (p)	117[3]	X	X
Ascorbinezuur	118[2]	X	X
Totaal zuur	118[3]	X	X
PPO-activiteit (p)	301[1]	X	X
Rest-PPO (s)	301[2]		
Eiwit	119[3]		X

In figuur 6 is hetzelfde gedaan voor de data van verwerkingsronde 2+3, waarbij rest-PPO is meegenomen.

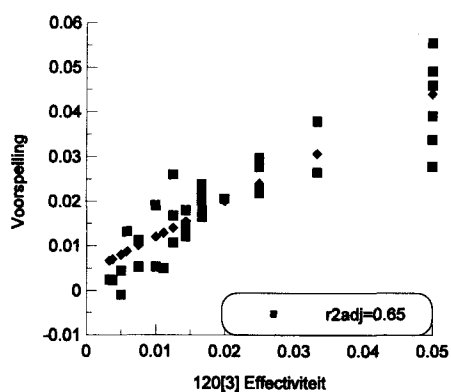


Fig. 6: Voorspelling van de PPI-effectiviteit voor verwerking 1, 2 en 3. (zonder rest-PPO).

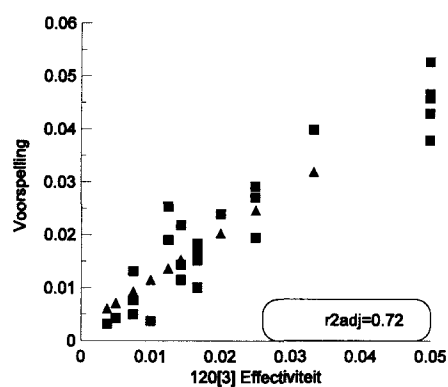


Fig. 7: Voorspelling van PPI-effectiviteit voor verwerking 2+3 (inclusief rest-PPO)

Discussie

In fig. 4 en 5 is de definitie van grauwwerking grafisch weergegeven. Daaruit blijkt dat de definitie van de PPI-effectiviteit (nog) niet optimaal is.

Methode (meting+berekeningswijze) om de effectiviteit van PPI vast te stellen, is daarom nog een punt van aandacht. Onderzocht moet worden hoe de effectiviteit het beste gemeten c.q. gedefinieerd kan worden.

Desalniettemin blijken de componenten van belang voor grauwwerking, zoals verwacht, ook relevant voor de effectiviteit van PPI. Nieuw in het rijtje zijn natrium en ascorbinezuur. Een verklaring voor natrium is mogelijk dat het de complexvormingsreacties beïnvloedt. Ascorbinezuur remt het PPO, een effect dat waarschijnlijk na blancheren een belangrijke rol speelt. Dit verklaart mogelijk het gegeven dat ascorbinezuur een grotere rol speelt bij de PPI-effectiviteit dan bij de grauwwaarde.

Conclusies en vervolgonderzoek

- De effectiviteit van PPI is in dezelfde mate voorspelt als de grauwwerking. Daarbij spelen enkele andere chemische componenten (Na, ascorbinezuur) een rol. Verwacht wordt dat een betere methode voor vaststellen van effectiviteit de voorspelbaarheid van de effectiviteit zal verbeteren.
- Continuering van de voorspelling van effectiviteit van PPI op basis van grondstofvariabele.
- Vinden van betere methode van PPI effectiviteit.

5.5 Kleur van het nagebakken produkt

Op basis van de statistische analyse (lineaire regressie-analyse) en op basis van kennis van de processen die de bruinverkleuring (grotendeels) bepalen, zijn de volgende grondstofeigenschappen opgenomen in een model.

grondstofeigenschap	motivatie
1. Glucose	beperkende factor in Maillard reactie
2. Verhouding glucose/fructose	uit statistische analyse een factor
3. Amino-zuren	factor in de Maillard reactie in overvloed aanwezig; uit statistische analyse een factor
4. Totaal organische zuren	beïnvloeden Maillard reactie; uit statistische analyse een factor
5. Vitamine C	beïnvloed Maillard reactie; uit statistische analyse een factor
6. pH midpoint potentiaal	uit statistische analyse een factor
7. Drogestof-gehalte	beïnvloed beschikbaarheid glucose in Maillard reactie
8. Kalium	uit statistische analyse een factor
9. Polyphenoloxidase activiteit	product van deze reactie geeft bruinverkleuring uit statistische analyse een factor
10. Peroxidase-activiteit	product van deze reactie geeft bruinverkleuring uit statistische analyse een factor

Voor alle gegevens (verwerking 1 en 2) werd een verklaring gevonden met een regressiemodel dat bovenstaande variabelen bevatte plus de kwadraten als benadering van niet-lineariteit. De correlatiecoëfficiënt voor alle data was 0.81. Ter vergelijking: voor alleen de kleurindex is de correlatie-coëfficiënt 0.70.

Conclusies

Alhoewel van alle aardappeleigenschappen de kleurindex de kleur van het nagebakken produkt het best voorspeld, treedt bij verschillende partijen met dezelfde kleurindex toch een duidelijk uiteenlopende kleur van het nagebakken produkt op. Voor de voorspelling van kleur zijn een aantal kennismodellen gemaakt. Per seizoen/jaar zijn deze duidelijk beter dan voor alle seizoenen tegelijk.

Bij de voorspelling van kleur blijkt het seizoen als extra verklarende variabele een duidelijke toegevoegde waarde te hebben. Dit is ook voor een aantal andere kwaliteitsaspecten het geval. Gebruik hiervan doet echter afbreuk aan de algemene bruikbaarheid. Primaire doelstelling is nu het achterhalen van de achtergrond van deze seizoens- resp. rasverschillen. Voor kleur worden naast kennismodellen hiervoor ook neurale netwerken gebruikt. Niet uitgesloten wordt echter dat in een later stadium voor gebruik in de praktijk wel zekere beperkingen (bijv. ras) worden aangebracht.

5.6 Textuur

Voor de textuur is waterverdamping een zeer belangrijke factor. Daarom is er voor de verklaring van de textuur eerst in detail naar de rol van de waterverdamping gekeken, alvorens een groot aantal grondstof-aspekten in de data-analyse te betrekken.

Zo werd voor een aantal door de produktexperts vastgestelde textuureigenschappen (TXA, TXB en TXC) bestudeerd welke vorm van waterverdamping het belangrijkste is, steeds in combinatie met de gemeten aardappeleigenschappen:

- 1) waterverdamping tijdens het productieproces in de fabriek,
- 2) waterverdamping alleen tijdens het frituren
- 3) waterverdamping in de fabriek + de waterverdamping bij het nabakken.

Dit bleek niet voor alle textuuraspekten gelijk te zijn: voor textuur van de binnenkant (TXA) en de hardheid van de buitenkant (TXB) blijkt de waterverdamping in fabriek plus de waterverdamping bij nabakken het belangrijkste. Voor de taaheid van de korst (TXC) is echter de waterverdamping tijdens het proces het belangrijkste.

Gezien het belang van de waterverdamping bij nabakken zullen de monsters van het vierde tijdstip niet alleen drie minuten maar ook vier minuten worden nagebakken voor beoordeling door de produktexperts.

Het droge-stofgehalte speelt gezien de standaard statistische uitwerking een dominerende rol. In het algemeen is de verklaring die gegeven wordt door droge-stofgehalte van de rauwe aardappel beter dan bijvoorbeeld onderwatergewicht. Dit heeft mogelijk te maken met de nauwkeurigheid van de meting. De nauwkeurigheid van de verschillende meetmethoden zal worden geïnventariseerd en bestudeerd zal worden hoe deze voor de praktijk verbeterd kunnen worden.

Er is een kennismodel gemaakt voor de korstdikte, rekening houdend met droge-stof (102[1]) voorbaktijd en krimp als potentieel beter alternatief voor totale waterverdamping. De verbetering bleek echter marginaal. Bekeken wordt of opnemen van de porositeit ("luchtholtes") die tijdens het proces ontstaat de voorspelling kan verbeteren.

Om waterverdamping bij de voorspelling van kwaliteitsaspecten te kunnen gebruiken, moet deze bekend zijn vóór processing.

Daarom werd (statistisch) onderzocht hoe waterverdamping voorspeld kan worden uit grondstofparameters en de gevarieerde frituurtijd. Met name voor de (belangrijkste) totale waterverdamping was de voorspelling extreem goed: de standard-error bedraagt 0.09340 op waarden in een range van 1.797-4.367 kg water/kg drogestof.

6 Voortzetting

De voorspellingsmodellen zullen worden verfijnd voor een duidelijker selectie van grondstof-parameters. Voor een aantal grondstofparameters is duidelijk dat deze zeer nauwkeurig vastgesteld moeten kunnen worden. Voor de aspecten droge-stof en droge-stofverdeling zal op korte termijn concrete uitwerking volgen.

De voorspellingsmodellen die gebruikt worden om de relevante aardappeleigenschappen te selecteren kunnen behalve voor het selecteren van de relevante grondstofparameters ook in de praktijk gebruikt worden om de produktkwaliteit te voorspellen, bijvoorbeeld als ondersteuning van beslissingen van een operator. Het project levert dus naast nieuwe meetmethoden ook voor de praktijk bruikbare voorspellingsmodellen op. Voor een maximale bruikbaarheid van deze modellen moet overwogen moeten worden de variatie in procescondities te vergroten.

BIJLAGE 1: Overzicht gebruikte codes

P/S: P = primair; S = Secundair

<u>P/S</u>	<u>Ronde</u> 1234	<u>code</u>	<u>beschrijving</u>
GRONDSTOF			
S	xxxx	101[1]	OWG ongeschild
S	-xxx	101[2]	OWG geschild
P	xxxx	102[1]	ds vers materiaal (%)
	-xxx	102[2]	ds geblancheerd materiaal (%)
	-xxx	102[3]	ds gekookt materiaal (%)
S	xxxx	103[1]	gemiddelde verdeling soortelijk gewicht tussen aardappels
P	xxxx	103[2]	variantie verdeling soortelijk gewicht tussen aardappels
	xxxx	103[3]	%knollen \leq 1.07
	xxxx	103[4]	%knollen \geq 1.11
S	xxxx	104[1]	gemiddelde verdeling soortelijk gewicht binnen aardappels
P	xxxx	104[2]	variantie verdeling soortelijk gewicht binnen aardappels
	xxxx	104[3]	%knollen \leq 1.045
	xxxx	104[4]	%knollen \geq 1.115
S	x---	105[1]	NMR r waarde vers materiaal
S	x---	105[2]	NMR b waarde vers materiaal
S	x---	105[3]	NMR a waarde vers materiaal
S	x---	105[4]	NMR r waarde geblancheerd materiaal
S	x---	105[5]	NMR b waarde geblancheerd materiaal
S	x---	105[6]	NMR a waarde geblancheerd materiaal
S	x---	105[7]	NMR r waarde gekookt materiaal
S	x---	105[8]	NMR b waarde gekookt materiaal
S	x---	105[9]	NMR a waarde gekookt materiaal
	xxxx	105[11]	NMR T2a ($=-1/\ln r$) vers materiaal met dubbelexp (constant=0).
	xxxx	105[12]	NMR T2b ($=-1/\ln s$) vers materiaal met dubbelexp (constant=0).
	xxxx	105[13]	NMR b vers materiaal met dubbelexp (constant=0)
	xxxx	105[14]	NMR c vers materiaal met dubbelexp (constant=0)
	xxx-	105[15]	NMR T2a geblancheerd materiaal (constant=0)
	xxx-	105[16]	NMR b geblancheerd materiaal (constant=0)
	xxx-	105[17]	NMR T2a gekookt materiaal (constant=0)
	xxx-	105[18]	NMR b gekookt materiaal (constant=0)

P	xxxx	107	zetmeelgehalte (mg/g FW)
S	xxxx	109[1]	pH titratie (mmol/pH.g FW)
S	xxxx	109[2]	pH; bufferconcentratie (mM op FW)
S	xxxx	109[3]	pH; midpointpotentiaal (pK').
	xxxx	109[4]	pH: zuurgraad (pH)
P	xxxx	110[1]	cationen gehalte; Na+ natrium (mg/g.FW)
P	xxxx	110[2]	cationen gehalte; K+ kalium (mg/g.FW)
P	xxxx	110[3]	cationen gehalte; Ca++ calcium (mg/g.FW)
P	xx--	110[4]	cationen gehalte; Mg++ magnesium (mg/g.FW)
P	xxxx	110[5]	cationen gehalte; ijzer (mg/g.FW)
	xxxx	110[6]	anion Cl- chloor (mg/g.FW)
	xxxx	110[7]	anion NO3- nitraat (mg/g.FW)
	xxxx	110[8]	anion PO4--- fosfaat (mg/g.FW)
	xxxx	110[9]	anion SO4-- sulfaat (mg/g.FW)
P	xxxx	112[1]	organische zuur oxaalzuur (mg/g.FW)
P	xxxx	112[2]	organische zuur citroenzuur (mg/g.FW)
P	xxxx	112[3]	organische zuur appelzuur (mg/g.FW)
P	xxxx	112[4]	organische zuur fumaarzuur (mg/g.FW)
P	xxxx	112[5]	organische zuur pyroglutaminezuur (mg/g.FW)
S	xxxx	113	friteskleurindex
P	xxxx	114	glucose (mg/g.FW)
P	xxxx	115	fructose (mg/g.FW)
P	xxxx	116	sucrose (mg/g.FW)
P	xxxx	117[1]	samenstelling celwand - uronzuurgehalte (mg/g.FW)
P	--xx	117[2]	uronzuur in kookwater
P	xxxx	117[3]	totaal polyfenolen (mg/g.FW)
	--xx	117[4]	totale polyfenolen in geblancheerd materiaal
P	xxxx	118[1]	chlorogeenzuur (mg/g.FW)
P	xxxx	118[2]	Vit. C (mg/g.FW)
S	xxxx	118[3]	organische zuren (mg/g.FW)
P	xxxx	119[1]	gehalte vrije aminozuren (mg/g.FW)
P	xxxx	119[2]	oplosbare eiwitgehalte (mg/g.FW)
S	xxxx	119[3]	total N stikstofgehalte (mg/g.FW)
P	xxxx	120[1]	dip pyrofosfaat - grauwwaarde bij concentratie 0
P	xxxx	120[2]	dip pyrofosfaat - snelheid afname grauwwaarde
	xxxx	120[3]	dip pyrofosfaat - afname gerelateerd aan beginwaarde 120[2]/120[1]
	xxxx	121	AIS (%)
	xxxx	201[1]	celgrootte (um)
	-xxx	201[2]	maceratie (%)
S	xx--	202[1]	Instron shear - helling
S	xx--	202[2]	Instron shear - maximale kracht
S	xx--	202[3]	Instron shear - vervorming bij maximale kracht
S	xx--	202[4]	Instron shear - breukenergie
P	xxx-	203[1]	Instron uniaxiale compressie - Young's modulus
P	xxx-	203[2]	Instron uniaxiale compressie - breukspanning
P	xxx-	203[3]	Instron uniaxiale compressie - breukvervorming

S	xxx-	203[4]	Instron uniaxiale compressie - breukenergie
S	xx--	204	hardheidsmeter
S	xxx-	205[1]	breukgedrag met wig - maximale kracht
S	xxx-	205[2]	breukgedrag met wig - maximale indruk
P	xxx-	205[3]	breukgedrag met wig - breukenergie
S	xxx-	206[1]	doorlaatbaarheid voor water/zout - a waarde vers materiaal
S	xx--	206[2]	doorlaatbaarheid voor water/zout - b(surface) waarde vers materiaal
P	xxx-	206[3]	doorlaatbaarheid voor water/zout - a waarde geblancheerd materiaal
P	xx--	206[4]	doorlaatbaarheid voor water/zout - b(surface) waarde geblancheerd materiaal
	xxx-	206[5]	doorlaatbaarheid voor water/zout - b waarde vers materiaal
	xxx-	206[6]	doorlaatbaarheid voor water/zout - b waarde geblancheerd materiaal
P	xxxx	208[1]	maatsortering - gemiddelde voor maat < 70
S	xxxx	208[2]	maatsortering - %knollen met maat > 70
S	xxxx	210[1]	afkookcijfer
S	xxxx	210[2]	grauwverkleuring
S	xxx-	211	NTU
P	xxxx	212[1]	T100
	--x-	212[2]	gewicht na 0,2,5,10,20 minuten
S	xxxx	213[1]	DSC - dH(J/g)
P	xxxx	213[2]	DSC - onset(C)
S	xxxx	215[1]	productie chips - kleur
S	xxxx	215[2]	productie chips - textuur
	--x-	215[3]	productie chips - instronmeting br.span. (MPa)
	--x-	215[4]	productie chips - instronmeting br.verv. (um/mm)
	--x-	215[5]	productie chips - instronmeting modulus (MPa)
	--x-	215[6]	productie chips - instronmeting br.energie (mJ)
	--x-	216[1]	draad/snijden: kracht (N)
	--x-	216[2]	draad/snijden: indruk (mm)
	--x-	216[3]	draad/snijden: breukenergie (J/m2)
P	xxxx	300[1]	peroxidaseactiviteit POD ($10^6 \cdot U/g$)
	--xx	300[2]	POD geblancheerd materiaal
P	xxxx	301[1]	polyfenoloxidaseactiviteit PPO (ukat/g)
P	-xxx	301[2]	" restactiviteit 5 min 80 C
	--xx	301[3]	PPO geblancheerd materiaal
	--x-	301[4]	PPO restactiviteit per temp (65,70,75,80,85,90,95,100) en tijd
P	xxxx	302	pectine (methyl)esterase PE (ukat/g FW)

VERWERKING

XXXX	400	%schilverlies
XXXX	401	%sorteerverlies aan kantstukjes
XXXX	403[1..3]	%gewichtsverlies in droger
XXXX	404[1..3]	%gewichtsverlies in koeler
XXXX	405[1..3]	%gewichtsverlies in vriezer

VOORGEBAKKEN PRODUKT

XXXX	500[1..3]	%drogestof
XXXX	502[1..3]	%porositeit
XXXX	505[1..3]	%vet

NAGEBAKKEN PRODUKT

XXXX	600[1..3]	%drogestof
XXXX	603[1..3][1]	beoordeling textuur door produktexperts: Blaasjes (BLA)
XXXX	603[1..3][2]	beoordeling textuur door produktexperts: nat/droog (TXA)
XXXX	603[1..3][3]	beoordeling textuur door produktexperts: slap/hard (TXB)
XXXX	603[1..3][4]	beoordeling textuur door produktexperts: hol (TXB2)
XXXX	603[1..3][5]	beoordeling textuur door produktexperts: taai (TXC)
XXXX	603[1..3][6]	beoordeling textuur door produktexperts: gaar (TXD)
XXXX	603[1..3][7]	beoordeling textuur door produktexperts: smaak (SMK)
-XXX	603[1..3][8]	beoordeling textuur door produktexperts: heterogeniteit
XXXX	603[1..3][9]	beoordeling textuur door productexperts: feathering
XXXX(1)	604[2,3][11]	sensory analytical panel: krokante korst
XXXX(1)	604[2,3][12]	sensory analytical panel: taaie korst
XXXX(1)	604[2,3][13]	sensory analytical panel: stevige korst
X---	604[2,3][14]	sensory analytical panel: vettige korst
X---	604[2,3][21]	sensory analytical panel: melige kern
X---	604[2,3][22]	sensory analytical panel: droge kern
X---	604[2,3][23]	sensory analytical panel: korrelige kern
-XXX(1)	604[2,3][31]	sensory analytical panel: dikke korst
-XXX(1)	604[2,3][32]	sensory analytical panel: melige tot. frites
-XXX(1)	604[2,3][33]	sensory analytical panel: droge tot. frites
-XXX(1)	604[2,3][34]	sensory analytical panel: vettige tot. frites

-xxx(1)	604[2,3][35]	sensory analytical panel: smeuïge tot. frites
-xxx(1)	604[2,3][36]	sensory analytical panel: heterogeen
-xxx(1)	604[2,3][37]	sensory analytical panel: stevige tot. frites
xxxx(1)	607[1..3][1]	beoordeling kleur door produktexperts: grauwwaarde (GRW)
xxxx(1)	607[1..3][2]	beoordeling kleur door produktexperts:USDA kleur (KLA)
xx-x(1)	607[1..3][3]	beoordeling kleur door produktexperts: heterogeniteit (KLB)
xxxx	607[1..3][4]	beoordeling kleur door produktexperts: grauwwaarde nagebakken produkt (KLC)
xxxx	607[1..3][5]	beoordeling kleur door produktexperts: kookranden (KLD)
--xx	607[1..3][6]	beoordeling kleur door produktexperts: heterogeniteit tussen frites (KLB1)
--xx	607[1..3][7]	beoordeling kleur door produktexperts: heterogeniteit binnen frites (KLB2)
xxxx	609[1..3]	%vet

GECOMBINEERDE VARIABELEN

xxx	900[1...3]	watervedamping droger
xxx	901[1...3]	totale watervedamping (fabriek+thuis)
xxx	902[1...3]	watervedamping fabriek
xxx	903[1...3]	watervedamping thuis
xxx	904[1...3]	watervedamping frituren fabriek
xxx	910	301[1]*117[3] PPO * totale phenolen
xxx	911	110[5] * 118[1] Fe * chlorogeenzuur
xxx	912	911 / 118[3] Fe * chl.zuur / tot. zuur
xxx	920	berekende korstdikte (van Remmen getal)

Toelichting

Ronde: x = gemeten in deze ronde, - = niet gemeten in deze ronde
dus -xxx = niet gemeten in eerste ronde, wel in tweede, derde en vierde rondes

Voor verwerkings-, waterverdamping- en produktgegevens verwijzen de getallen tussen haken naar de verwerkingsmethoden. Verklaring van de nummers:

- 1: 30 seconden vorgebakken; standaard geblancheerd;
- 2: 60 seconden vorgebakken; standaard geblancheerd;
- 3: 120 seconden vorgebakken; standaard geblancheerd;
- 4: 45 seconden vorgebakken; standaard geblancheerd;
- 5: 90 seconden vorgebakken; standaard geblancheerd (4 min 80°C);
- 6: 60 seconden vorgebakken; intensiever geblancheerd (4 min 90°C);

- (1) Voor het vierde tijdstip alleen recept 2 beoordeeld door het analytisch sensorisch panel.