

VAVI onderzoekprogramma

Project 2

De ontwikkeling van objectieve meetmethoden
voor de textuur van frites

Dr.Ir. Hannemieke Luyten

VERTROUWELIJK

ato-dlo



Inhoudsopgave

Pagina

1. Inleiding	3
2. De praktijkbeoordeling van de textuur van frites	4
3. Instrumentele methoden	5
4. Relatie instrumentele metingen met sensorische beoordeling	7
5. Conclusies	8

Bijlagen 1 t/m 7

1. Inleiding

Dit verslag is een weergave van de stand van zaken per december 1994 in projekt 2 van het onderzoeksprogramma van de VAVI bij ATO-DLO. Het doel van projekt 2 is het ontwikkelen van objectieve meetmethoden die informatie geven over de textuur van frites, zoals die door produktexperts beoordeeld wordt.

Onder de textuur van frites verstaan we die eigenschappen van frites die invloed uitoefenen op het gedrag bij het vervormen en breken/kapot maken zoals dat gebeurt bij bijvoorbeeld het eten van frites. Een andere naam voor deze eigenschappen zijn de mechanische eigenschappen.

Om een goede objectieve methode te ontwikkelen die aansluit bij de huidige praktijkbeoordeling, is het projekt in twee delen gesplitst:

1. het vergelijken van verschillende beoordelingen aan dezelfde partijen frites.
2. het ontwikkelen van een snelle, makkelijke, goedkope en betrouwbare objectieve methode.

De looptijd van dit projekt is 3 jaar. In 1994 hebben we een inventarisatie gemaakt van de beoordelingswijzen zoals die in de praktijk gebruikt worden, verschillende partijen frites zijn sensorisch beoordeeld door de praktijk, de ATO-DLO produkt experts en door een panel op ATO-DLO. Tevens zijn verschillende objectieve meetmethoden getest op hun bruikbaarheid voor de beschrijving van de mechanische eigenschappen van frites. In dit verslag zal in hoofdstuk 2 nader ingegaan worden op de beoordeling door de praktijk. In hoofdstuk 3 zal verslag gegeven worden van de resultaten aangaande de objectieve meetmethoden. De eerste resultaten aangaande de relaties tussen de verschillende beoordelingen worden besproken in hoofdstuk 4. Ten slotte zullen in hoofdstuk 5 de voorlopige conclusies kort besproken worden.

2. De praktijkbeoordeling van de textuur van frites

Het doel van dit deel van het project is om enerzijds een inventarisatie te maken van de wijzen waarop in de praktijk frites op hun mechanische eigenschappen beoordeeld worden. Anderzijds willen we een ijkpunt hebben voor de te ontwikkelen objectieve methode: welke mechanische eigenschappen zijn van belang voor de textuur van frites en welke eisen kunnen we hieraan, ook kwantitatief, stellen.

Dertien vestigingen van 8 verschillende bedrijven hebben medewerking verleend aan het onderdeel praktijkbeoordeling. Alle Nederlandse diepvriesproducerende bij de VAVI aangesloten bedrijven hebben meegewerkt. Een overzicht van de verschillende beoordelingswijzen staat in de bijlagen 1 en 2. Geconcludeerd kan worden dat de textuur van frites door alle bedrijven beoordeeld wordt. Bij op één na alle bedrijven worden hierbij de eigenschappen van de korst van het fritesstaafje en de eigenschappen van de kern, ofwel het middenmateriaal of vulling, apart benoemd. De textuur van de korst wordt bepaald door fritesstaafjes te vervormen (buigen, draaien, bijten) tot ze breken. Op deze wijze wordt de kroktheid en de stevigheid van de frites bepaald. De bepaling van de mechanische eigenschappen van het kernmateriaal is minder consistent: er wordt vooral naar dit materiaal gekeken of er wordt geproefd. Eigenschappen die hierbij naar voren komen zijn: gaar, bloemig, nat/droog. Opvallend is dat meerdere bedrijven de term textuur gebruiken voor alleen de mechanische eigenschappen van specifiek het kernmateriaal, en niet van de hele frites, zoals dat in dit verslag het geval is.

De tweedeling korst/kern in de beoordeling is ook aangehouden bij de sensorische beoordelingen bij ATO-DLO. De produkt experts beoordelen de frites op o.a. nat/droog, hol, gaar (kern) en slap/hard en taai (korst). Het ATO-DLO panel heeft de eigenschappen krokante korst, taaie korst, stevige korst, vette korst en melige kern, droge kern en korrelige kern beoordeeld.

De kenmerken die beoordeeld worden komen aardig overeen. Mogelijke verschillen in beoordelingen zouden veroorzaakt kunnen zijn door:

- verschillende beoordelingswijzen (zie bijlage 2),
- verschillen in afbak- en warmhoudomstandigheden (zie bijlage 1),
- verschillen in beoordelingsomstandigheden (tijdstip van de dag, hoeveelheid reeds beoordeeld etc.),
- verschillen t.a.v. de door de beoordelaar gewenste textuur,
- de heterogeniteit van de frites.

Begin 1995 zal een apart verslag gemaakt worden over de consensus in de beoordeling van 9 verschillende partijen frites door de praktijk, de ATO-DLO produktexperts en het ATO-DLO panel. Drie van deze partijen zijn door de praktijk in duplo getest, van enkele bedrijven hebben verschillende vestigingen die wel dezelfde beoordelingswijzen gebruiken meegedaan.

3. Instrumentele methoden

Het beoordelen van de mechanische eigenschappen van frites gebeurt momenteel voornamelijk op een subjectieve wijze. Nadelen hiervan zijn o.a. dat de beoordeling sterk afhankelijk is van personen en omstandigheden. Tevens is het voor derden, b.v. afnemers, niet controleerbaar. De betrouwbaarheid van de beoordeling is vaak laag, de spreiding erg groot. Waarschijnlijk wordt dit mede veroorzaakt door de enorme spreiding van de mechanische eigenschappen van de verschillende staafjes frites binnen een enkele partij, en is dus inherent aan het materiaal. De oplossing het vergroten van de hoeveelheid getest materiaal per partij is voor proefpersonen niet doenlijk. Met een instrumentele meetmethode voor het bepalen van de textuur van frites geldt dit nadeel in mindere mate.

Mogelijkheden om objectief/instrumenteel de mechanische eigenschappen van frites te bepalen, zijn als volgt in te delen:

- Het meten van de mechanische eigenschappen van frites. Hierbij moeten frites-staafjes vervormt worden tot en met het breken. Bepaald kunnen worden de stevigheid van frites (modulus) en breukparameters als de breekspanning, de vervorming waarbij het staafje breekt en de breekenergie. Ook kunnen bepalingen uitgevoerd worden aan het geluid dat bij het breken geproduceerd wordt of het uiterlijk van het breukvlak.
- Het meten van andere dan mechanische eigenschappen van frites. Bepaald zouden kunnen worden de porositeit, de dichtheid, de chemische samenstelling of de fysische toestand van de componenten.
- Het bepalen van eigenschappen aan de rauwe aardappel en/of de vorgebakken frites. Verbanden tussen deze eigenschappen en de sensorische eigenschappen van frites worden in project 1 bepaald.

Afgelopen periode zijn de volgende mechanische methoden getest:

- compressie,
- shear cel,
- puntindrukking,
- wig/snijden,
- buigen,
- doorbuigen onder eigen gewicht.

De voor- en nadelen van deze methoden staan in bijlage 3 vermeld. Op grond hiervan zijn we niet verder gegaan met compressie en shear press metingen: de resultaten zijn niet goed definieerbaar. Puntindrukking gaf een erg grote spreiding van de resultaten van een enkele partij frites, en zelfs van een enkel staafje te zien. In eerste instantie zijn we daarom met deze soort meting niet doorgedaan. Echter de uitvoering van de methode is simpel en snel, en de spreiding in de resultaten is, bleek later, niet veel slechter dan met b.v. buigmetingen. In de komende periode zal daarom weer aandacht aan deze methode besteed worden.

In april en mei 1994 werden op de ATO-DLO pilotfaciliteiten twintig verschillende partijen aardappelen verwerkt tot diepvriesfrites. De produktiewijze staat vermeld in het desbetreffende onderzoekprogramma. Verschillende gegevens van deze partijen zijn te vinden in het voortgangsverslag van projekt 1 (september 1994; P.C.M. van Eijck e.a.). De frites met een voorbaktijd van 60 seconden op 180°C zijn gebruikt voor het testen van mogelijke instrumentele methoden. Afgelopen periode zijn de volgende experimenten aan deze 20 partijen uitgevoerd: wig/snijden van het kernmateriaal, wig/snijden van hele frites, buigen van frites en metingen van de porositeit. Exakte methodeomschrijvingen zijn te vinden in bijlage 4. Het verband met sensorische waarnemingen zal in hoofdstuk 5 besproken worden.

Aan de hand van de eerste resultaten zijn de volgende algemene opmerkingen te maken:

- 80 tot 95% van de kracht die nodig is om een fritesstaafje van 10 x 10 mm door te bijten, wordt gebruikt om de korst te breken. De eigenschappen van de korst zijn van grootste belang voor de textuur van frites.
- de struktuurelementen in de korst hebben waarschijnlijk een grootte van 0.5 tot 1 mm.
- de breekenergie van het kernmateriaal is gerelateerd aan de gaarheid van de frites. De komende periode zullen we met gekookte aardappelen testen of deze methode hiervoor bruikbare en objektieve resultaten geeft.
- De spreiding in de resultaten, vooral wanneer ook het korstmateriaal getest wordt, is erg groot. Indikatie: breekenergie kernmateriaal standaarddeviatie 20 tot 30%; breekenergie hele frites 20 tot 40%; buigen 30 tot 100% of meer.
- De methoden waarbij de breekenergie bepaald wordt m.b.v. wig/snijden geven de best reproduceerbare waarden. Een groot nadeel van deze methoden is dat ze zeer veel tijd kosten. Dit maakt deze methoden ongeschikt om voor praktijkcontroles te gebruiken.

4. Relatie instrumentele metingen met sensorische beoordeling

Om na te gaan welke instrumentele methoden in staat zijn de textuur zoals die sensorisch waargenomen wordt te beschrijven, zijn de verbanden tussen beide bestudeerd. Omdat we hiervoor (nog) geen modellen hebben, zijn we voorlopig uitgegaan van lineaire verbanden tussen de verschillende waarnemingen. Geprobeerd is de sensorische textuurmetingen door de produktexperts en het panel te verklaren met een of met twee instrumentele variabelen.

Bij de regressieanalyse zijn de waarden voor Nicola en Saturna02 weggelaten. De zeer extreme waarden verkregen voor deze partijen zouden te veel invloed hebben op de statistische analyse. Deze eerste statistische analyse is dus maar gebaseerd op de resultaten van 18 partijen frites, allemaal geproduceerd in april/mei 1994 van bewaarde aardappelen.

De standaarddeviaties van de instrumentele metingen is meegenomen als mogelijke verklarende variabelen. Het zou kunnen dat de sensorische beoordeling gedeeltelijk afhangt van de variatie in textuur, b.v. als enkele slechte frites in de beoordeling zwaarder meetellen dan goede frites of wanneer een brede variatie in textuur binnen een enkele partij frites als erg negatief ervaren wordt.

Resultaten van de statistische analyse zijn te vinden in de bijlagen 5, 6 en 7. De volgende voorlopige conclusies kunnen hierbij getrokken worden:

- De gaarheid van de frites, zoals beoordeeld door de produktexperts, kan significant verklaard worden met de breekenergie van het kernmateriaal en de standaardafwijking hiervan. In een klein vervolgonderzoek zullen we dit verder onderzoeken aan gekookte aardappelen. De beoordelingen van het kernmateriaal door het panel konden niet duidelijk verklaard worden door de instrumentele metingen.
- De resultaten van de instrumentele metingen aan hele fritesstaafjes en aan de korst hebben een duidelijk verband met de sensorische waarnemingen van de korsteigenschappen. De wig/snijden methode lijkt daarbij betere verbanden te geven dan de buigmethode. Dit is vreemd omdat bij vele praktijkbeoordelaars het buigen van fritesstaafjes een belangrijk onderdeel is van de beoordeling, zie bijlage 2. Het is ook jammer omdat de buigmethode veel sneller en makkelijker uitvoerbaar is. Mogelijk is dat andere parameters die verkregen kunnen worden bij het buigen betere verbanden geven, b.v. het deel van de fritesstaafjes dat gebroken is bij een buiging van maximaal xx mm. Dit wordt onderzocht.
- Het deel van de variantie van de sensorische waarnemingen dat verklaard kan worden met de instrumentele bepalingen is in alle gevallen niet erg groot. Bij projekt 1 is gevonden dat verschillende sensorische aspecten voor 60 tot 80% verklaard kunnen worden met het vochtgehalte van de rauwe aardappelen (b.v. OWG, droge stof, bep. waarde NMR). Combinaties van instrumentele textuurmetingen met bepalingen aan de rauwe aardappel moeten nog bekeken worden.
- De porositeit van de afgebakken frites is geen goede maat voor de textuur.

5. Conclusies

Bij de beoordeling van de textuur kan er een verdeling gemaakt worden tussen de eigenschappen van de korst en die van het kernmateriaal. De korsteigenschappen zijn belangrijk bij de beoordeling van de hele frites. Deze eigenschappen zijn redelijk tot goed met instrumentele methoden te bepalen. Van de tot nu toe gebruikte bepalingsmethoden geven de wig/snijden methodes de beste verbanden met de sensorische waarnemingen. Een groot nadeel van deze methoden is dat ze erg bewerkelijk zijn. Komende periode zal daarom veel aandacht besteed worden aan snellere en eenvoudiger uit te voeren bepalingen. Hierbij kan gedacht worden aan:

- eenvoudige mechanische metingen, b.v. puntindrukking,
- bepalingen aan het geluid dat bij het breken geproduceerd wordt,
- bepalingen aan het uiterlijk van het breukoppervlak, b.v. de ruwheid,
- bepaling van het fysische toestand van de componenten in de korst, b.v. de T_g (=glasovergangstemperatuur) van het aanwezige zetmeel of een andere component.

Het grootste probleem bij het vergelijken van verschillende beoordelingen van frites is de heterogeniteit van een partij fritesstaafjes. Dit is inherent aan het feit dat frites een natuurprodukt zijn. De heterogeniteit is een gevolg van verschillen tussen en binnen aardappelen van een partij. Het is belangrijk bij vragen als:

- Wat is de hoeveelheid te testen materiaal waarbij we verschillende beoordelingswijzen of partijen kunnen vergelijken.
- Is de variantie zelf een maat voor de kwaliteit van de textuur.
- Wat zijn de exacte oorzaken van de variantie. Kunnen we de heterogeniteit van een partij verkleinen.

Bijlage 1

Inventarisatie testwijzen beoordeling frites in de praktijk. Afbak- en warmhoudomstandigheden voor diepvriesfrites, 10x10 mm.

bedrijf	monster-name	hoeveelheid	afbaktijd	afbak T	inhoud bakoven	wachttijd	soort vet	opmerkingen
1	1/5000 kg	1 kg	2.30 min	180°C		2.30-3 min	gehard plantaardig vet	max. T daling tot 166°C
2	alle partijen	1 kg	2.35 min	180°C		4 min	geharde palmolie of sojolie	max. T daling 15°C
3		500 g	3 min	180°C		1 min	palmolie	- alleen partijen met niet vereiste droge stofgehalte - baktijd wordt ingesteld afhankelijk van T daling
4	alle partijen	500 g	3 min	180°C	15 l	2-4 min	palmvet	T daling 15°C
5	1/uur	500 g	3 min	180°C	10 l	0-5 min	gehard palmvet	
6		20 staaftjes	2.30 min	180°C				
7	1/uur	500 g	3 min	180°C		3 min	palmvet	max. T daling tot 168°C
8	1/uur	1 kg	2.35 min	180°C	25 l	4 min	palm of zonnebloemolie	- max. T daling 15-20°C - warmtelamp
produktexperts ATO-DLO	nvt	250 g	3 min	180°C		1-2 min	palmvet	T daling 5°C
panel ATO-DLO	nvt	200-250 g	3 min	180°C		2-4 min	palmvet	T daling 5°C

Bijlage 2

Inventarisatie textwijzen beoordelingswijzen textuur afgebakken frites in de praktijk.

bedrijf	hoeveelheid getest	korst				kernmateriaal				opmerkingen
		buijen/ breken	draaien	geluid bij breken	sensorisch	kijken	knijpen inhoud	kijken	sensorisch	
1	gehele monster		x			x	x			randjes van een staafje voelen
2	10 staafjes	x						x		voelen hele staafje
3		x			x					
4	meerdere staafjes	x						x		
5	250 g	x			x				x	
6										opmerkingen bij beoor- deling smaak
7	20 staafjes	x			x	x			x	
8	50 staafjes	x			x?			x	x	
produkt- experts	minstens 10	x			x			x	x	

Bijlage 3

Voor- en nadelen verschillende instrumentele methoden om de mechanische eigenschappen van frites te bepalen.

methode	voordelen	nadelen
compressie hele staafjes in dikte-richting	- gemak uitvoering	- vorm staafjes niet recht genoeg - grote verschillen in grootte - al bij kleine kracht doorbuiging /knikken korst i.p.v. breuk (zgn. buckling) ¹
compressie deelstuk van frites in lengte-richting	- gemak uitvoering	- flinke beschadiging korstmateriaal vóór start meting - al bij kleine kracht doorbuiging /knikken korst i.p.v. breuk (zgn. buckling) ¹
shear press	- gemak uitvoering - door grotere hoeveelheid materiaal minder spreiding tussen verschillende bepalingen	- exakte vervorming van de staafjes complex: compressie plus wrijving - toekenning pieken in de kracht aan mechanische gebeurtenissen erg afhankelijk van hoeveelheid frites-staafjes, grootte openingen in de shear cel - bij gebruik meerdere staafjes tegelijk is er geen sprake van een enkel breukmoment en is meting van de kracht bij breken niet mogelijk - buckling, zie compressie
puntindrukking	- gemak uitvoering	- bepaling zeer plaatselijk waardoor ook te maken met grote spreiding korsteigenschappen binnen enkel fritesstaafje
wig/snijden	- scheiding eigenschappen korst- en kernmateriaal zeer goed mogelijk	- monstervoorbereiding bewerkelijk, vooral voor bepaling aan alleen kernmateriaal
buigen	- lijkt op sensorische beoordeling van velen - gemak uitvoering - omdat de korst het meest vervormd wordt, bepaal je voornamelijk de eigenschappen hiervan	- sommige staafjes breken niet bij buigen, hoe te kwantificeren? - moeilijk bij kleinere fritesstaafjes
doorbuiging t.g.v. eigen gewicht	- snel en gemakkelijk	- alleen bepaling stevigheid, niet van de breek-eigenschappen (dus geen directe bepaling krokantheid) - relatieve doorbuiging sterk afhankelijk van de lengte van het staafje, hierdoor is methode weinig discriminerend bij kortere staafjes

¹ Hierdoor geen breuk van de korst, wat je zou willen meten, en een relatief te grote bijdrage van het middenmateriaal aan de te bepalen kracht.

Uitvoering:

- compressie: samendrukken met constante snelheid tussen twee vlakke platen, bepalen benodigde kracht
- shear press: vervormen een of meerdere fritesstaafjes met meerdere bladen. Staafjes liggen naast elkaar op openingen van de bodem van de shear cel.
- puntindrukking: met een puntvormig staafje (doorsnede 1 mm) werd de korst van een fritesstaafje ingedrukt tot breken/binnendringen
- wig/snijden: het verdelen van een fritesstaafje (of alleen het kernmateriaal) in twee delen d.m.v. een wigvormige plunjer met een hoek van 10° . Zie voor gedetailleerdere beschrijving bijlage 4.
- buigen: Enkel fritesstaafje ligt op twee ronde staafjes met een afstand van 5 cm. Een derde staafje drukt in het midden zodat het fritesstaafje gebogen wordt. Zie bijlage 4 voor een gedetailleerde beschrijving.
- doorbuiging eigen gewicht: Een fritesstaafje wordt aan een korte zijde vastgehouden. De doorbuiging van de andere kant wordt gemeten. Hiervoor zijn geen metingen uitgevoerd. Effekten van lengte, dikte, dichtheid en stevigheid op de doorbuiging zijn berekend.

Bijlage 4

Methoden voor het bepalen van de textuur van frites.

Algemeen

Diepgevroren frites werden 3 minuten op 180°C in palmvet afgebakken. Maximale temperatuurdaling 2°C. De mechanische bepalingen werden binnen maximaal 3 minuten na het afbakken afgerond.

wig/snijden kernmateriaal:

De twee uiteinden van een fritesstaafje en een lengte van de korst werden met een scalpelmesje verwijderd. Het kernmateriaal werd vervolgens over een lengte van ongeveer 3 cm d.m.v. een wigje met een hoek van 10° doormidden geklieft. De snijsnelheid was 4 mm/min. De benodigde kracht werd bepaald met een krachtopnemer van 100 N die aan de Instron duw/trekbank bevestigd was. Indien het materiaal voor de wig uit breekt met een snelheid die gelijk is aan de snelheid waarmee de wig door het kernmateriaal gedreven wordt, is de hiervoor benodigde kracht in de tijd constant. Uit deze kracht kan de breekenergie van het kernmateriaal, $R_{s\text{-kern}}$, bepaald worden als:

$$R_{s\text{-kern}} = \text{kracht} / \text{breedte van het proefstuk} \quad [\text{J}\cdot\text{m}^{-2}]$$

Deze energie wordt verondersteld een maat te zijn voor de samenhang van het materiaal. Per partij frites werden minimaal 16 metingen verricht.

wig/snijden hele frites

De twee uiteinden van een fritesstaafje werden met een scalpelmesje verwijderd zodat er een stukje van ongeveer 1 cm dat aan 4 zijden omgeven werd door een korstje overbleef. Het stukje van het fritesstaafje, 2 korstjes en middenmateriaal, werd vervolgens d.m.v. een wigje met een hoek van 10° doormidden geklieft. De snijsnelheid was 4 mm/min. De benodigde kracht werd bepaald met een krachtopnemer van 100 N die aan de Instron duw/trekbank bevestigd was. Indien het materiaal voor de wig uit breekt met een snelheid die gelijk is aan de snelheid waarmee de wig door het kernmateriaal gedreven wordt, is de hiervoor benodigde kracht in de tijd constant. Uit deze kracht kan de breekenergie van het totale fritesstaafje, $R_{s\text{-totaal}}$, bepaald worden als:

$$R_{s\text{-totaal}} = \text{kracht} / \text{breedte van het proefstuk} \quad [\text{J}\cdot\text{m}^{-2}]$$

Deze energie wordt verondersteld een maat te zijn voor de samenhang van het materiaal. Uit de kracht die nodig is om een heel staafje te verdelen, de kracht die nodig is om het kernmateriaal te verdelen en de dikten van de korst en het staafje kon vervolgens het deel van de kracht berekend worden wat nodig is om specifiek de korst te breken bij het doorbijten van een compleet staafje frites (= 2 korstjes plus kernmateriaal).

Bij deze meting werd tevens werd de maximale kracht die nodig is om het staafje te breken bepaald.

Per partij frites werden minimaal 16 metingen verricht.

buigen

Fritesstaafjes met een minimale lengte van 6 cm werden op 2 ronde RVS staafjes met een afstand van 5 cm gelegd en met een derde staafje in het midden vervormd zodat het fritesstaafje gebogen werd. De buigsnelheid was 40 mm/min. De benodigde kracht werd geregistreerd met een krachtopnemer van 100 N die aan de Instron duw/trekbank bevestigd was. Berekend werden:

- de Young's modulus, E [$\text{N}\cdot\text{m}^{-2}$], uit de helling kracht versus buiging bij kleine buigingen. Dit is waarschijnlijk een maat voor de stevigheid van het materiaal,
- de spanning bij het breken [$\text{N}\cdot\text{m}^{-2}$],
- de buiging bij het breken [mm].

Per partij werden minstens 10 afzonderlijke staafjes gebogen tot breuk.

porositeit

Van 10 staafjes afgebakken frites werden, na 18 uur bewaren bij 5°C, het gewicht, het gewicht onder olie en het volume bepaald. Voor dit laatste werd een pycnometer gebruikt. De bepaling vond minstens in duplo plaats.

Bijlage 5

Verband instrumentele bepalingen met beoordeling textuur door productexperts.
 Model: sensorische waarneming lineair te verklaren met een enkele instrumentele meting.

	blaasjes	nat/droog	slap/hard	hol	taai	gaar	smaak
porositeit		+				-	
gewicht onder olie						+	
kern: breukenergie						+	+ 24.7%
st.dev. breukenergie						+	+ 35.7%
hele frites: max. kracht		+	+ 31.5%		+ 24.7%		
st.dev. max. kracht	+ 35.0%	+	+		+		
breukenergie		+	+ 31.3%		+		
st.dev. breukenergie	+	+	+				
% kracht voor korst	+	+	+ 32.6%				
buigen: modulus		+	+				
st.dev modulus							
breekspanning		+	+				
st.dev. breeksp.							
buiging bij breken		-	-				
st.dev. buiging							

+ = positief verband; - = negatief verband

Bij de belangrijkste verklarende variabele voor de sensorische bepaling is het percentage variantie die verklaard kan worden vermeld.

Bijlage 6

Verband instrumentele bepalingen met beoordeling textuur door ATO-DLO panel.
 Model: sensorische waarneming lineair te verklaren met een enkele instrumentele meting.

	nr. gegevens	krokante korst	taai korst	stevige korst	vettige korst
porositeit	2				
gewicht onder olie	3				
kern: breekenergie	11			+	
st.dev.breekenergie	12				
hele frites: max. kracht	41	+		+	(-) 15.0%
st.dev.max. kracht	42	+		+	
breekenergie	51	+		+	49.0%
st.dev.breekenergie	52	+		+	
% kracht voor korst	6	+	51.0%	+	18.2%
buigen: modulus	71				
st.dev.modulus	72				
breekspanning	81	+			
st.dev.breeksp.	82				
buiging bij breken	91				
st.dev.buiging	92				

+ = positief verband; - = negatief verband
 Bij de belangrijkste verklarende variabelen voor de sensorische bepaling is het percentage variantie die verklaard kan worden vermeld.
 (c) maar niet een negatief verband gevonden.
 De gegevens nummer 11, 12, 41, 42, 51, 52 en 6 zijn verkregen mbv de wigmethode.

Bijlage 7

Verband instrumentele bepalingen met beoordeling textuur door produkt experts en ATO-DLO panel.

Model: sensorische waarneming lineair te verklaren met twee instrumentele metingen. Indien meerdere combinaties gevonden, zijn alleen die met een verklarende waarde van meer dan 40% gegeven en maximaal 4 combinaties.

sensorische waarneming	eerste instrumentele meting	tweede instrumentele meting	percentage verklaarde variantie
blaasjes (produkt experts)	52	72	47
nat/droog (produkt experts)	6	42	46
	6	71	44
	51	2	44
	2	3	43
slap/hard (produkt experts)	91	52	50
	51	91	49
	51	81	48
	51	71	47
hol (produkt experts)	2	3	34
taai (produkt experts)	51	12	46
	41	12	41
gaar (produkt experts)	12	11	41
smaak (produkt experts)	11	6	43
	51	6	42
krokante korst (panel)	6	52	59
	6	51	53
	6	41	52
	6	11	52
stevige korst	51	82	67
	6	11	63
	52	72	59
	52	6	57
	51	42	57
	41	82	57
vettige korst	6	42	38