

A156

VAVI Onderzoekprogramma

Project 4

Ontwikkeling van een snel en robuust CBA-systeem voor objectieve karakterisering van de uiterlijke kwaliteit van aardappelen, chips en frites.

Voortgangsverslag januari 1995

Ir A.J.M. Timmermans
R.M.P.J. Willems
ing B.H. van Zwol

VERTROUWELIJK

ato-dlo





ATO-DLO

VAVI Onderzoeksprogramma

Project 4

Ontwikkeling van een snel en robuust CBA-systeem voor objectieve karakterisering van de uiterlijke kwaliteit van aardappelen, chips en frites.

Voortgangsverslag januari 1995

VERTROUWELIJK

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

**A.J.M. Timmermans
R.M.P.J. Willems
B.H. van Zwol**

Eigendom van de Vereniging voor de Aardappelverwerkende Industrie (VAVI)/ATO-DLO. Niets uit dit verslag mag worden gebruikt, vermeerderd of gedistribueerd zonder schriftelijke toestemming.

2250214

Inhoudsopgave	Pagina
1. Inleiding	3
Project 4A Friteskleurindex en chipskleur	4
Project 4B Uitwendige kwaliteit van ingangsmateriaal	9

1. Inleiding

Dit verslag geeft een overzicht van de uitgevoerde werkzaamheden in 1994 en de stand van zaken per december 1994 van project 4 van het VAVI onderzoekprogramma. Project 4 is opgedeeld in twee deelprojecten. Project 4A heeft als doelstellingen de ontwikkeling van objectieve meetmethoden van het verwerkte frites en het ontwikkelen van automatische toetsmethoden om verwerkingsgeschiktheid van het ingangsmateriaal te bepalen door middel van de kleurindex. Project 4B heeft als doelstelling de ingangscntrole van aardappelen te automatiseren en te objectiveren.

Project 4A Friteskleurindex en chipskleur

Probleemstelling

De karakterisering van de grondstof in relatie tot verwerkingseigenschappen is van groot belang voor de industrie. De beoordeling van uitwendig visuele produktkwaliteit is nu nog grotendeels gebaseerd op een subjectieve meting. Hoewel de kleurindex als belangrijke kwaliteitsparameter genormeerd is, heeft dit nog niet geleid tot een automatisch systeem. Ook voor analyse van de kleur van het afgebakken produkt, vorm, grootte en defecten van frites en chips bestaat behoefte aan een snel en objectief systeem.

Doelstelling

Doelstelling van het project is de ontwikkeling van een snel en robuust optisch systeem voor objectieve karakterisering van frites en chips. Zowel kleurindex, kleur van afgebakken produkt, beoordeling van grootte, vorm en defecten zullen met behulp van computer beeld analyse (CBA) gemeten worden. De resultaten zullen in de vorm van kennis en een fysieke prototype beschikbaar komen.

Opname-omstandigheden en camera-instelling

Om opnamen te maken van een bepaalde hoeveelheid produkt is het nodig een belichtingsopstelling te ontwerpen, die voldoet aan de eisen van de toepassing. Voor het meten van kleur en -afwijkingen worden zware eisen gesteld aan de belichting. Het is het van belang dat de belichting uniform is over het beeldvlak, het juiste golflengtekaracteristiek heeft en stabiel is onder invloed van wisselende omgevingsomstandigheden. Een belichtingskast met hoog-frequent TL-verlichting en automatische terugkoppeling van de lichtsterkte met een meetcel is gebouwd voor het belichten van een oppervlak van ca. 0.5*0.5 m. De opstelling is uitgebreid getest op stabiliteit en reproduceerbaarheid. Voor het maken van opnamen van frites is een achtergrond gekozen die maximaal contrast heeft met alle mogelijke kleuren die in het materiaal voorkomen. Een diffuse kunststof donkerblauwe plaat bleek uiteindelijk ideaal voor deze toepassing. Blauw is namelijk de kleur die relatief weinig gereflecteerd wordt door landbouwprodukten.

Een matrix kleuren CCD-camera wordt toegepast voor het maken van de opnamen van het produkt. Voor het ijken van de camera is een speciaal calibratieprotocol opgezet, gebaseerd op twee standaard kleurenplaatjes (rood en groen) van keramisch materiaal. De camera wordt allereerst handmatig ingesteld, zodat de waarneming zo dicht mogelijk de initiële instellingen benaderd. Instellen gebeurt door achtereenvolgens de vergroting, focussing en diafragma in te stellen. Uiteindelijk worden de kleurwaarden (rood, groen en blauw) van de twee kleurenplaatjes bepaald. Hierdoor wordt de kleuruimte vastgelegd, zodat kleurwaarden altijd herleid kunnen worden tot de oorspronkelijke instellingen. Uitgangspunten hierbij is dat de respons van de camera lineair is met de hoeveelheid opgevangen licht. De ijking heeft tot gevolg dat de afwijking ten opzichte

van de initiële instelling maximaal 1 pixel bedraagt per kleursignaal (op een totaal bereik van 256 kleurwaarden).

Ontwikkeling meetmethode kleurindex frites

Voor het ontwikkelen van de methode voor het bepalen van de kleurindex van frites zijn enkele honderden beelden opgenomen. In deze beelden liggen een aantal fysiek gescheiden fritesstaafjes. Per staafje is de kleurindexwaarde van de menselijke beoordelaar genoteerd. De sensorische beoordeling is gebaseerd op de kleurindexkaart. Vervolgens zijn een aantal methoden gedefinieerd om de kleurindex van frites te kunnen afleiden uit de beelden. Per fritesstaafje wordt een histogram opgebouwd voor de kleurbeelden (rood, groen en blauw). Een histogram geeft per fritesstaaf de aantal pixels (beeldelementen) voor de verschillende kleurwaarden (0-255). Uit een dergelijk histogram kunnen verschillende kentallen worden afgeleid (bijvoorbeeld gemiddelde, mediaan, maximum waarde, etc.). Het doel is om die kentallen te selecteren die, individueel of in combinatie, een goede correlatie hebben met de kleurindex. In de eerste fase van het onderzoek wordt een set van kentallen gemeten per fritesstaaf. In experimenteel en statistisch onderzoek wordt vastgesteld of geschikte kentallen in de set aanwezig zijn en welke uiteindelijk de kleurindex beschrijven.

Door het eenmalig instellen van een drempelwaarde kunnen los liggende fritesstaafjes onderscheiden worden van de achtergrond. Vervolgens wordt per fritesstaaf de distributieverdeling van rood, groen en blauw bepaald (histogram). Er worden na screening van de set kentallen uiteindelijk vier kentallen afgeleid uit de kleurhistogrammen. Statistische analyse van deze kentallen met de sensorische gegevens resulteerde in een formule om uit deze kentallen de sensorische beoordeling te voorspellen. De overeenstemming bedraagt ca. 90 % per individueel fritesstaafje en 98 % per beeld van 20 fritesstaafjes. Deze formule is toegevoegd in de ontwikkelde software. Per beeld wordt nu een totale friteskleurindex bepaald en de verdeling van frites per USDA klasse opgesteld. Tevens wordt de heterogeniteit tussen de frites bepaald. Het prototype wordt op laboratorium schaal ingezet.

Een ander aspect vormt de aanwezigheid van suikerpunten. In het huidige systeem worden deze niet gedetecteerd. Er is wel programmatuur ontwikkeld, waarmee de beoordelaar met de computermuis de fritesstaafjes kan aanwijzen welke volgens hem een suikerpunt vertonen. Deze gegevens worden opgeslagen en methoden worden ontwikkeld om de suikerpunten door de computer te laten herkennen. Suikerpunten zijn herkenbaar als donkere verkleuringen ten opzichte van zijn omgeving. De donkerheid van de verkleuring om het te beoordelen als een suikerpunt is afhankelijk van de kleur van de omgeving. Het is daarom niet mogelijk de suikerpunten alleen op basis van kleurintensiteit te herkennen. Kleurverschil met de omgeving en grootte van de verkleuring zijn van belang voor het beslissen of een bepaalde verkleuring wordt beoordeeld als een suikerpunt. Ook moet rekening gehouden worden met schaduwvorming aan de rand van een fritesstaafje. Software wordt ontwikkeld om de suikerpunten te kunnen herkennen.

Aanpassing en verscherping van de doelstellingen

Na het opstarten van dit project zijn er verschillende redenen de doelstelling van het project op bepaalde punten bij te stellen en bepaalde onderdelen een lagere prioriteit te geven. De veranderingen worden puntsgewijs aangegeven:

- 1) Na inventarisatie van de praktijkkeisen en van de beschikbaarheid van commerciële systemen blijkt de karakterisering van grootte, vorm en defecten van frites reeds ingebouwd te zijn in bestaande apparatuur. Na testen van een dergelijk apparaat blijkt deze voldoende nauwkeurig te zijn.
- 2) Analyses aan chips worden op dit moment niet uitgevoerd, totdat VAVI een beslissing neemt over de noodzaak chips binnen het project te onderzoeken.
- 3) Een prototype voor meting van kleurindex wordt gefaseerd ingevoerd. Eerst wordt op twee testplaatsen laboratorium opstellingen geplaatst (op baklab ATO-DLO en op fabriek lokatie). Hier wordt de applicatie getest en aangepast op basis van de aangegeven wensen. Doelstelling is om uiteindelijk een systeem te ontwikkelen dat semi-automatisch de kleurindex kan bepalen. Dit betekent dat het systeem met lopende band en bakoven uitgevoerd wordt.

Toekomstig praktijkstelsel

Doelstelling is om een beoordelingssysteem te ontwikkelen dat in de laboratoria van aardappelverwerkende industrie ingezet kan worden. Omdat per laboratorium verschillen bestaan in bijvoorbeeld de hoeveelheid monsters die verwerkt moeten worden en het beschikbare budget, is het nodig het systeem flexibel en modulair op te zetten. In alle gevallen is een beeldverwerkingsunit nodig, bestaande uit een belichtingskast, een camera en een computer. Om snelle verwerking van de monsters mogelijk te maken zal het systeem continu en automatisch de friteskleurindex kunnen bepalen. Het systeem wordt hierdoor uitgevoerd met lopende band of bewegende bodemplaat. De frites worden dan automatisch onder de camera getransporteerd. In de meest geavanceerde vorm kan voor het beoordelingssysteem een transport- en bewerkingslijn geplaatst worden, zodat in principe geen handmatige bewerkingen uitgevoerd hoeven te worden. Het systeem bestaat in dit geval behalve uit de beeldverwerkingsunit uit een aardappelschiller, snijder, bakoven en trilgoot. De calibratie van het systeem en bediening van de software wordt zo gebruikersvriendelijk en eenvoudig mogelijk. De verwerkingsdata kunnen op verschillende manieren opgeslagen worden in databestanden voor verdere verwerking.

Samenwerking met leveranciers van kwaliteitscontrolesystemen

Een belangrijke doelstelling van het project is om de beschikbare kennis en ontwikkelde prototypes uit te zetten in de praktijkomgeving. Het is hiervoor belangrijk aansluiting te vinden bij de huidige praktijksystemen. De voordelen hiervan zijn onder andere dat:

- * gebruik gemaakt kan worden van beschikbare computerhardware en produkttransportsystemen;

- * samengewerkt kan worden met bedrijven die bekend zijn met de aardappelverwerkende industrie;
- * systemen in relatief korte tijd na ontwikkeling uitgezet kunnen worden.

Het integreren van de door ATO-DLO ontwikkelde meetmethoden met commerciële systemen is een proces dat in nauwe samenwerking tussen ATO-DLO en de betrokken bedrijven uitgevoerd moet worden. Het is meer dan het installeren van een nieuw stuk software of bestaande apparatuur. VAVI zal een belangrijke rol spelen bij het selecteren van bedrijven en het opstellen van contracten.

Onderdelen van het aansluiten bij de praktijk zijn:

- 1) inventarisatie van bedrijven en apparatuur;
- 2) voeren van gesprekken;
- 3) testen van apparatuur;
- 4) opstellen van samenwerkingsovereenkomst;
- 5) integratie van software en hardware.

De onderdelen 1 en 2 zijn uitgevoerd. Met onderdeel 3, het testen van apparatuur, heeft voor één apparaat een eerste test plaatsgevonden.

Planning

Op een aantal punten is afgeweken van de oorspronkelijke planning. Deze zijn voornamelijk het gevolg van aanpassingen aan de doelstellingen van het project. De twee deelaspecten chipskleur en grootte, vorm en defecten van frites en chips zijn niet uitgevoerd in 1994. In dit verslag is aangegeven dat de doelstellingen ten aanzien van deze aspecten aangepast zijn. De overige onderdelen zijn vrijwel volgens de beschreven planning uitgevoerd. Ten aanzien van de ontwikkeling van de friteskleurindex is de beoordeling van de suikerpunten nog niet helemaal voltooid. Het onderzoek naar het beoordelen van chips op kleur en eventueel defecten wordt opgepakt nadat door VAVI de beslissing genomen is dit onderdeel van het project toch uit te voeren. Met het benaderen van leveranciers en het testen van commerciële apparatuur was in de oorspronkelijke planning geen rekening gehouden.

Planning voor 1995

Project 4A heeft een doorlooptijd van 2 jaar. Dit betekent dat aan het eind van 1995 het functioneel prototype voor het meten van de kleurindex voor frites gereed moet zijn. De basis is gelegd voor ontwikkelen van een dergelijk prototype. Het ontwikkelen van een prototype zal in nauwe samenwerking met de aardappelverwerkende industrie moeten gebeuren. In het eerste kwartaal van 1995 zullen afspraken gemaakt worden over de functionaliteit van het prototype. De volgende aspecten komen hierbij naar voren:

- 1) Volgens welke standaard moeten de meetresultaten weergegeven worden ?

- 2) Wat zijn de uitgangspunten wat betreft snelheid, nauwkeurigheid en monstergrootte ? Liggen de fritesstaafjes altijd gescheiden of moet dit softwarematig opgelost worden ?
- 3) Waar zal het tweede testsysteem geplaatst worden ?
- 4) Hoe wordt het user-interface opgebouwd ?
- 5) Wat wordt de uiteindelijke kostprijs van het systeem (uitwerken van verschillende scenario's) ?

De planning zoals die in de oorspronkelijke onderzoekbeschrijving is aangegeven wordt aangehouden voor 1995. In januari wordt de analyse van suikerpunten toegevoegd. De doelstelling is om in juni 1995 te starten met de praktijktest op de testlocatie.

Project 4B Uitwendige kwaliteit van ingangsmateriaal

Probleemstelling

Visueel uitwendige kenmerken van uitgangsmateriaal bepalen onder andere de geschiktheid van de aardappelen voor verwerkingsmogelijkheden. Grootte, vorm en defecten van het uitgangsmateriaal zijn van belang. Tijdens het verwerkingsproces is behoefte aan meetapparatuur voor on-line terugkoppeling van procesinstellingen, zoals bijvoorbeeld bij het schilproces.

Doelstelling

Doelstelling van project 4B is de ontwikkeling van een snel en robuust optisch systeem voor objectieve karakterisering van ingangsmateriaal. Grootte, vorm en defecten van gewassen en geschilde hele aardappelen zullen met behulp van computer beeld analyse (CBA) gemeten worden. De meetmethode wordt uitgezet in een praktijkstelsel.

Verslag van de werkzaamheden

Volgens de planning is dit gedeelte van het CBA-project gestart in het 3^e kwartaal van 1994. Allereerst is een inventarisatie gemaakt van de belangrijkste produktafwijkingen, de procedures die op dit moment toegepast worden voor produktbeoordeling en de beschikbare technieken om kwaliteit te kunnen meten.

Uit deze inventarisatie is gebleken dat in de beoordeling van ingangsmateriaal voor de verwerkende industrie volgens de CKA-II normen alle relevante kwaliteitseigenschappen naar voren komen. De doelstelling van dit project is dan ook om een automatische kwaliteitsvaststelling volgens de CKA-II normen uit te voeren. Deze normen omvatten zowel inwendige als uitwendige gebreken, met verschillende vermenigvuldigingsfactoren voor de zwaarte van de afwijkingen. Om alle kwaliteitseigenschappen te kunnen meten moeten zowel hele geschilde aardappelen als doorgesneden aardappelen gemeten worden.

Uit een literatuurstudie blijkt dat verschillende optische technieken toegepast worden om bepaalde kwaliteitseigenschappen van aardappelen te kunnen meten. Verschillende belichtingstechnieken en verschillende typen sensoren worden gebruikt om de kwaliteitseigenschappen te meten. Uit ervaring en uit de literatuur blijkt dat bepaalde kwaliteitsaspecten, zoals inwendig blauw, glazigheid en rot moeilijk met standaard kleurensensoren bepaald kunnen worden. Voor een aantal van deze aspecten zijn oplossingen beschikbaar. Deze technieken hebben als nadelen dat ze erg kostbaar zijn en moeilijk op praktijkschaal uit te voeren zijn.

Een aantal inwendige en uitwendige kwaliteitseigenschappen kunnen wel uitgevoerd worden met de beschikbare technologieën. De volgende aanpak wordt gevolgd om vast te stellen welke eigenschappen gemeten kunnen worden en voor welke eigenschappen andere apparatuur nodig is. Een matrix met aan een zijde de verschillende

kwaliteitseigenschappen en aan de andere zijde de verschillende beschikbare meettechnieken wordt opgesteld. Voor een aantal aardappelrassen worden beelden opgenomen met afwijkingen in verschillende gradaties. Er wordt bepaald in hoeverre de afwijking meetbaar is met de verschillende technieken. Wanneer de matrix gevuld is, kunnen vervolgens conclusies worden getrokken over de mogelijkheden om met de verschillende technieken de kwaliteitseigenschappen te meten.

Ten behoeve van project 1 zijn CBA-metingen uitgevoerd aan twee maal 20 partijen hele aardappelen. Meetmethoden voor meten van kleur, vorm en grootte (lengte en breedte) zijn hiervoor ontwikkeld en toegepast op ca. 150 aardappelen per monster.

Planning

Bij de start van het project is aangegeven dat de ontwikkeling van meetroutines voor schilrestbepaling een lage prioriteit zouden moeten krijgen. Uit inventarisatie van beschikbare apparatuur is gebleken dat diverse machines beschikbaar zijn in de praktijk om deze meting uit te voeren. Om beide redenen is dit onderdeel verwijderd uit het project. Binnen project 4B is alle aandacht gericht op de ontwikkeling van een automatisch ingangscontrole systeem. In 1994 is nauwelijks afgeweken van de planning. Er is eerder gestart dan gepland met ontwikkeling van een ingangscontrole systeem.

Planning voor 1995

In het eerste kwartaal van 1995 wordt de kwaliteit-techniek matrix ingevuld voor een aantal aardappelrassen. Hiertoe worden een aantal opstellingen aangepast om kleur, NIR en transmissie-opnamen te kunnen maken. Software wordt geschreven om specifieke eigenschappen te kunnen meten. Vooral voor die eigenschappen, die niet alleen op basis van kleurverschil, maar meer in combinatie met patronen- en/of textuurverschillen zichtbaar zijn, wordt software ontwikkeld. Experimenten worden uitgevoerd en geanalyseerd.

Op basis van de invulling van de matrix wordt het verdere ontwikkelingstraject uitgestippeld. In principe wordt de oorspronkelijke planning gevolgd.