

A147

**Project 4A:
Eindrapport
Automatische bepaling
friteskleurindex**

Ir. A.J.M. Timmermans
Dr. M.B.J. Meinders
Ir. P.C.M. van Eijck

VERTROUWELIJK

ato-dlo





ATO-DLO

**Project 4A:
Eindrapport
automatische bepaling friteskleurindex**

VERTROUWELIJK

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

Ir. A.J.M. Timmermans
Dr. M.B.J. Meinders
Ir. P.C.M. van Eijck

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

225.1603

Inhoudsopgave	pagina
Samenvatting	3
1. Inleiding	4
2. Meetopstelling en meetmethodiek	5
3 Computer beeld analyse en meetresultaten	6
3.1 Friteskleurindex; kleur van een monster	6
3.2 Kleur van individuele staafjes en homogeniteitsparameters	7
3.3 Meetnauwkeurigheid	8
4 Praktijktest	9
4.1 Inleiding	9
4.2 Resultaten	9
4.3 Vergelijking met de AccuScan van Keytechnology b.v.	10
4.4 Resultaten enquête en algemene opmerkingen en suggesties	10
5 Ringanalyse	11
6 Conclusies	12

Samenvatting

ATO-DLO heeft in opdracht van de VAVI een optisch computersysteem ontwikkeld voor een snelle, objectieve en betrouwbare bepaling van ondermeer de friteskleurindex. Het systeem kan fungeren als standaard en kan nu uitgezet worden in de praktijk.

Het systeem is ontwikkeld aan de hand van beeldopnamen van gebakken fritesstaafjes waarvan de friteskleurindices door ATO-DLO productexperts sensorisch zijn bepaald. De voorspellende waarde van het ontwikkelde model ligt boven de 97%. Voor de fritesstaafjes afzonderlijk ligt de voorspellende waarde boven de 93%.

Naast de friteskleurwaarden is er ook een homogeniteitsparameter ontwikkeld als maat voor de kleurverdeling binnen een fritesstaaf. Verder geeft de ontwikkelde software ondermeer verdelingen van fritesstaafkleur en fritesstaafdimensies binnen een monster.

1. Inleiding

In het kader van het onderzoeksprogramma dat het instituut voor AgroTechnologisch Onderzoek van de Dienst Landbouwkundig Onderzoek (ATO-DLO) uitvoert voor de Vereniging voor de Aardappel Verwerkende Industrie (VAVI), is er een computersysteem ontwikkeld waarmee de kleurindex van frites op een snelle, betrouwbare en objectieve manier bepaald kan worden. Het systeem is nu zover dat het kan worden uitgezet in de praktijk. Intern wordt het systeem met groot succes al ingezet voor verschillende onderzoeken.

De friteskleurindex is een belangrijke kwaliteitsparameter voor de karakterisering van het ingangsmateriaal en de meest relevante meetbare grootte voor de voorspelling van de kwaliteit van het eindproduct. Het is daarom van groot belang dat de friteskleurindex op een betrouwbare en objectieve manier bepaald kan worden.

Tot op heden wordt de friteskleurindex bepaald door de kleur van twintig gebakken fritesstaafjes te vergelijken met de door Munsell Color Company uitgegeven USDA Colorcard. De fritesstaafjes worden gesneden uit twintig knollen, geselecteerd uit een vrucht aardappelen, en drie minuten gebakken in vet van 180 °C. Het vergelijken van de friteskleur met de kleurenkaart wordt gedaan door productexperts en is voornamelijk gebaseerd op de ervaring van experts van het ATO-DLO.

Het friteskleurindexsysteem is ontwikkeld in het kader van project 4A, onderdeel van project 4. Deze is weer een onderdeel van het bovengenoemde VAVI-onderzoeksprogramma en heeft als doel de ontwikkeling van een snel en robuust automatisch optisch systeem voor de objectieve bepaling van de uiterlijke kwaliteit van aardappelen, chips en frites. In dit rapport wordt verslag gedaan van het de ontwikkeling en performance van het computersysteem voor de bepaling van de friteskleurindex.

2. Meetopstelling en meetmethodiek

Het optische systeem, ontwikkeld door het ATO-DLO, bestaat ondermeer uit een belichtingskast waarin de opnamen gemaakt worden. Twintig gebakken fritesstaafjes worden in twee rijen van tien op een doorzichtig perspex tableau gelegd die op eenvoudige wijze in de belichtingskast geschoven kan worden. Beelden worden opgenomen met een drie-kleuren camera en verwerkt en geanalyseerd met een personal-computer.

Belangrijk is dat het systeem voor de automatische en objectieve bepaling van de friteskleurindex moet kunnen fungeren als standaard. Het is daarom van groot belang dat de metingen aan de fritesstaafjes worden verricht onder constante en stabiele, maar vooral, gecallibreerde omstandigheden. Om deze condities te waarborgen is er een belichtingskast ontwikkeld waarbij gebruik gemaakt wordt van hoogfrequente gestandaardiseerde TL-verlichting. De lichtsterkte wordt automatisch teruggekoppeld zodat een uniforme en stabiele verlichting van de fritesstaafjes verkregen wordt.

De beeldopnamen worden gemaakt met een matrix kleuren 3CCD camera. Met behulp van de ontwikkelde programmatuur worden de instellingen van de camera geijkt met behulp van een rood en een groen keramische kleurenplaat met een standaard-kleur. Hierdoor is een gestandaardiseerde situatie gecreëerd en vindt de berekening van de friteskleurindex altijd onder dezelfde omstandigheden plaats.

3 Computer beeld analyse en meetresultaten

3.1 Friteskleurindex; kleur van een monster

Met behulp van de ontwikkelde software wordt uit de beelden de kleurinformatie gedestilleerd voor elk individueel fritesstaafje afzonderlijk. Voor de ontwikkeling van een model die de relatie aangeeft tussen deze kleurinformatie van de fritesstaafjes en de te berekenen friteskleurindex, zijn vele meetsessies uitgevoerd met ervaren productexperts van het ATO-DLO. Met behulp van het hieruit onstane theoretische model kan de friteskleurindex voorspeld worden met een correlatie tussen de door ATO-DLO productexperts sensorisch bepaalde en door het computersysteem voorspelde waarde voor de kleurindex van boven de 95%.

In figuur 1 staan resultaten weergegeven van vijf verschillende representatieve meetsessies tussen de friteskleurindex zoals bepaald door het computersysteem en zoals sensorisch bepaald door de productexperts van het ATO-DLO. Hierin zijn ondermeer opgenomen de resultaten van de ringanalyse januari 1996 en kleurindices van de VAVI-aardappelpartijen voor de vierde verwerking. Er is gekozen voor een zo robuust mogelijk model dat uitstekend met de sensorisch bepaalde friteskleurindices correleert, zonder extra parameters mee te nemen zoals bijvoorbeeld aardappelras en seizoenstijd.

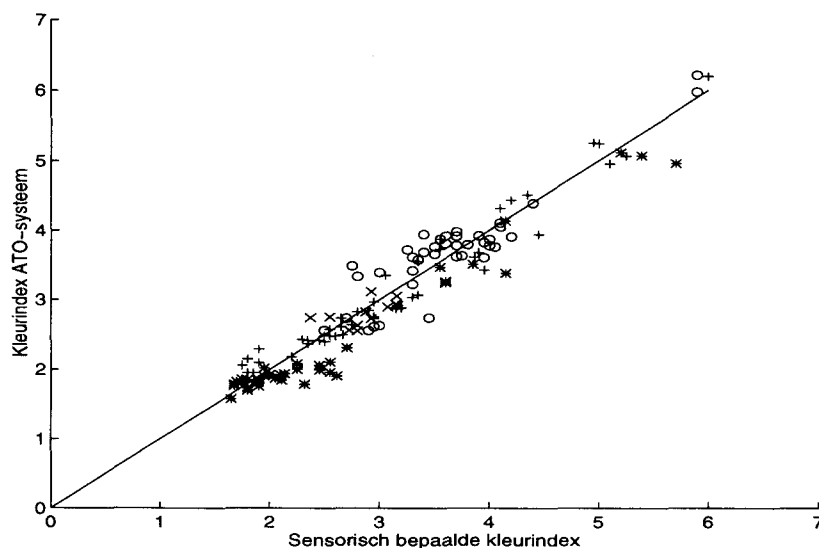
Alsmaten voor de voorspellende waarde van het model kunnen de standaardfout van callibratie (*SFC*) en de standaardfout van de voorspelling (*SFV*) fungeren. Deze grootheden zijn gedefinieerd als:

$$SFC(SFV) = \sqrt{\frac{\sum (y - Y)^2}{N}} \quad (1)$$

waarbij *y* de sensorische bepaalde friteskleurindexwaarde is, *Y* bepaald is met het computersysteem en *N* het aantal fritesmonsters. In het geval van de *SFC* zijn de voorspelde *Y* waarden gebaseerd op het regressiemodel ontwikkeld met dezelfde *y* waarden, terwijl in het geval van de *SFV* sensorische *y* waarden gebruikt worden die niet gebruikt zijn bij de ontwikkeling van het model.

De standaardfout bepaald aan de hand van de friteskleurindices die gebruikt zijn voor het model is gelijk aan *SFC* = 0.2 terwijl de standaardfout voor de voorspelling geschat wordt op *SFV* = 0.3.

Een andere gebruikte maat om te zien in hoeverre het model in staat is de sensorisch bepaalde friteskleurindex te voorspellen is de zogenaamde relatieve mogelijk van de voorspelling (*RMV*). Bij deze grootheid wordt ook rekening gehouden met de fouten die gemaakt zijn bij de sensorische beoordeling. Voor het gebruikte model is gevonden dat deze voorspellende waarde boven de 97 % ligt.



Afbeelding 1 Friteskleurindex zoals bepaald met het optische systeem ontwikkeld door ATO-DLO, als functie van de sensorisch bepaalde kleurindex, bepaald door ATO-DLO productexperts. De doorgetrokken lijn komt overeen met een perfecte fit.

3.2 Kleur van individuele staafjes en homogeniteitsparameters

Voor een goede karakterisering van de kwaliteit van het ingangsproduct is een enkele waarde voor de friteskleurindex niet voldoende. Belangrijk is ook de variatie van de kleur binnen een individuele fritesstaaf als ook de variatie van de fritesstavenkleur binnen een monster.

Tijdens de verschillende meetsessies met de ATO-DLO productexperts is elk individueel fritesstaafje gemerkt. Op deze manier is er een relatie gelegd tussen de sensorische beoordeling van elk staafje afzonderlijk en de fritesstaafkleur bepaald met het computersysteem. Voor het ontwikkelde model zijn waarden gevonden van de standaardfout voor callibratie (*SFC*) en voor de voorspelling (*SFV*) van de kleur van een individueel fritesstaafje van 0.5. Rekening houdend met de verschillen tussen de productexperts geeft dat de voorspellende waarde (*RMV*) ligt boven de 93%.

Voor de verdeling van de kleur binnen een fritesstaaf is er een kleurhomogeniteitsparameter ontwikkeld. Naast deze parameter is het mogelijk met de ontwikkelde software om additionele kleurverdelingsparameters te berekenen. Ook kunnen variaties van de fritesstaafkleur binnen een monster bepaald worden als ook lengte-, breedte- en oppervlakteverdelingen van de fritesstaafjes.

In de nabije toekomst dienen deze objectief bepaalde parameters gerelateerd te worden met de kwaliteit van het uitgangproduct.

3.3 Meetnauwkeurigheid

De gemiddelde standaarddeviatie van de meetfouten die door het computersysteem gemaakt worden als gevolg van verlopende callibraties, temperatuureffecten, lichtverandering e.d. zijn minder dan 0.05 en kleiner dan de variaties die gevonden zijn in de sensorisch bepaalde friteskleurindex door de ATO-DLO productexperts.

Dat het automatische systeem stabiel en betrouwbaar is, blijkt ook uit het feit dat het ontwikkelde computersysteem een significant verschil vindt tussen de friteskleurindex van een monster gemeten op een bepaalde tijd en nogmaals gemeten, ongeveer tien minuten later. Het systeem constateert een verdonkering van de fritesstaafjes resulterend in een verhoging van de friteskleurindex van 0.18. Echter, voor de sensorisch bepaalde friteskleurindex is geen enkele significante correlatie gevonden tussen kleurindex en het tijdstip waarop beoordeeld is. Verkleuringen van de fritesstaafjes in de tijd (maximaal verschil tussen eerste en laatste meting bedraagt ongeveer 10 minuten) zijn verwaarloosbaar ten opzichte van de variatie in beoordeling van de productexperts.

4 Praktijktest

4.1 Inleiding

Om het ontwikkelde optische systeem te introduceren en de functionaliteit ervan te toetsen heeft er op 18 januari 1996 een praktijktest plaatsgevonden bij het ATO-DLO aan de Bornsesteeg 59 te Wageningen. Hieraan namen ondermeer een negental productexperts van bij de VAVI aangesloten bedrijven deel als ook twee productexperts van het ATO-DLO. Naast het systeem ontwikkeld door ATO-DLO is ook het AccuScan systeem van Key Technology b.v. gedemonstreerd en geëvalueerd. Op basis van eerdere experimenten met dit laatste systeem is geconcludeerd dat dit systeem een geschikt platform zou kunnen zijn om de gestandaardiseerde friteskleurindexmeting uit te voeren. De door ATO-DLO ontwikkelde software kan ingebed worden in de bestaande software van Key.

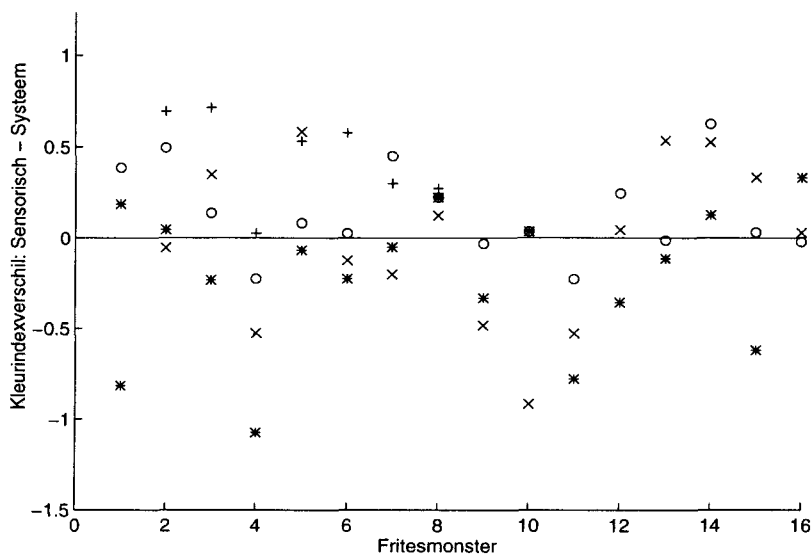
In de de rapporten "Praktijktest automatische bepaling friteskleurindex" en "Praktijktest friteskleurindex: supplement Key Technology", ATO-DLO, maart 1996 is van deze praktijktestdag uitgebreid verslag gedaan. Hier worden de belangrijkste resultaten samengevat.

4.2 Resultaten

Er zijn zestien monsters, elk bestaande uit twintig fritesstaafjes, beoordeeld door verschillende teams van productexperts. Deelnemers waren afkomstig van ATO-DLO, McCain, Fritesspecialist, Aviko, Fri-d'Or, Farm Frites, Boots Frites en Crocky Chips.

In figuur 2 staan de waarden van de friteskleurindices van de zestien monsters weergegeven zoals ze door de verschillende teams zijn beoordeeld, ten opzichte van de friteskleurindex zoals bepaald met het visionsysteem ontwikkeld door het ATO-DLO. Zoals te zien in de figuur, valt op dat er grote verschillen zijn te constateren tussen de verschillende teams van productexperts. Het grootst gevonden kleurindexverschil voor een bepaald monster bedraagt 1.2. Een bepaald monster werd door een team een kleurindexwaarde gegeven van 3.2 terwijl een ander team hetzelfde monster beoordeelde met een friteskleurindex van 4.4. De gemiddelde fout is gelijk aan 0.36. Ter vergelijking, de meetfout van het computersysteem is, zoals vermeld, kleiner dan 0.05.

Voor de resultaten van de individuele fritesstaafjes is een grootste klasseverschil in beoordeling van hetzelfde fritesstaafje gevonden van 3 klassen. Een bepaald team van productexperts beoordeelde een fritesstaaf in klasse 6 terwijl een ander team concludeerde dat dezelfde staaf tot klasse 3 behoorde. De gemiddelde fout van de beoordelingen van de individuele fritesstaafje komt uit op 0.55.



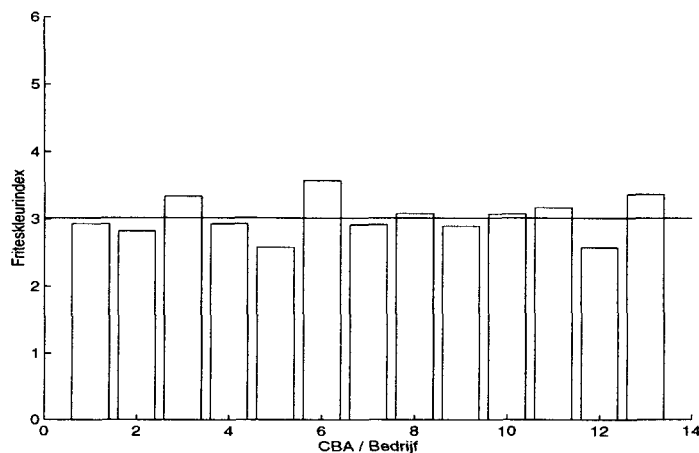
Figuur 2. Friteskleurindex zoals bepaald van zestien verschillende monsters door de aan de praktijktestdag deelnemende teams van productexperts ten opzichte van de friteskleurindex zoals die is bepaald door het systeem ontwikkeld door het ATO-DLO.

4.3 Vergelijking met de AccuScan van Keytechnology b.v.

Na de gemaakte opname van een fritesmonster met het ATO-systeem, is er een opname gemaakt met de AccuScan. Histograminformatie van de rood-groen-blauw waarden van elk individueel fritesstaafje is opgeslagen. Hieruit is met behulp van het door het ATO-DLO ontwikkelde theoretische model de friteskleurindex berekend en vergeleken met de kleurindex zoals bepaald met het ATO-visionssysteem. Er is een correlatie gevonden van 99%.

4.4 Resultaten enquête en algemene opmerkingen en suggesties

Uit de gesprekken tussen de deelnemers van de praktijktest en de gehouden enquête is vooral naar voren gekomen dat er een grote behoefte bestaat aan een gestandaardiseerde en objectieve methode voor de bepaling van de friteskleurindex voor de kwaliteitscontrole van het ingangsmateriaal. In eerste instantie gaat de voorkeur uit naar een eenvoudig laboratoriumsysteem. Verder is sterk naar voren gekomen dat een waarde voor de kleurindex alleen niet voldoende is om het ingangsmaterieel goed te kunnen kwalificeren maar dat ook de homogeniteit van de aardappelpartij en in welke mate glas- en suikerpunten aanwezig zijn, belangrijke kwaliteitsparameters zijn.



Figuur 3. Resultaten van de ringanalyse van januari 1996. Op de verticale as staat de friteskleurindex. De horizontale as komt overeen met de bedrijven die de beoordeling van de vier aardappelpartijen hebben uitgevoerd (2 t/m 13) terwijl 1 overeenkomt met de beoordeling gedaan met behulp van het door ATO-DLO ontwikkelde systeem. De doorgetrokken lijn is het gemiddelde.

5 Ringanalyse

In het kader van de ringanalyse zijn in de maand januari van dit jaar vier verschillende aardappelpartijen beoordeeld door productexperts van twaalf verschillende bedrijven, waaronder die van het ATO-DLO. Ook is de friteskleurindex van de vier partijen bepaald met het ontwikkelde visionsysteem. De resultaten van de ringanalyse, gemiddeld over de vier aardappelpartijen, staan weergegeven in figuur 3. De eerste balk ('bedrijf 1') komt overeen met de door het computersysteem bepaalde friteskleurindex, welke een goede afspiegeling geeft van het totale gemiddelde.

6 Conclusies

ATO-DLO heeft in opdracht van de VAVI een optisch computersysteem ontwikkeld die snel en op een objectieve en betrouwbare manier ondermeer de friteskleurindex bepaald. Het systeem kan fungeren als standaard en is zover om uitgezet te worden in de praktijk.

Het systeem is ontwikkeld aan de hand van friteskleurindices, sensorisch bepaald door ATO-DLO productexperts. De voorspellende waarde van het ontwikkelde model ligt boven de 97%. Voor de fritesstaafjes afzonderlijk ligt de voorspellende waarde boven de 93%.

Naast de friteskleurwaarden is er ook een homogeniteitsparameter ontwikkeld als maat voor de kleurverdeling binnen een fritesstaaf. Verder geeft de ontwikkelde software ondermeer verdelingen van fritesstaafkleur en fritesstaafdimensies binnen een monster.

Er is gebleken, onder andere uit een gehouden praktijktestdag in januari 1996, dat het door het ATO-DLO ontwikkelde optische systeem voldoet aan de eisen om op een objectieve en gestandaardiseerde manier de kleurindex te bepalen. De gemiddelde meetfout waarmee de friteskleurindex bepaald word is kleiner dan 0.05, aanzienlijk minder dan de variatie in de sensorische kleurindex, bepaald door verschillende productexperts.

In de nabije toekomst dienen de kwaliteitsparameters, die met het ontwikkelde optische computersysteem van het ingangsproduct zijn te bepalen, gerelateerd te worden aan de kwaliteit van het uitgangproduct. In project 1, "karakterisering grondstof aardappel en voorspelling eigenschappen bij verwerking" wordt momenteel reeds bestudeerd welke additionele mogelijkheden het systeem biedt voor ingangskontrolle en voorspelling productkwaliteit.

Een soortgelijk systeem voor de chipsindustrie om op een objectieve manier de kleur van chips te bepalen is nog in ontwikkeling. Tot op heden zijn voor een beperkt aantal monsters correlaties tussen sensorisch bepaalde kleur en zoals bepaald met het computersysteem gevonden van boven de 90%. Echter, om een robuust en betrouwbaar systeem te verkrijgen dienen invloeden van schaduweffecten en het doorschijnen van dunne chipsplakjes op de kleur verder onderzocht te worden.