



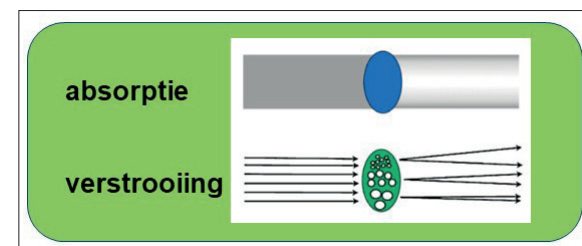
METING VAN DEFECTEN IN FRUIT DOOR VERSTROOIING VAN X-STRALEN

Dark field imaging (DFI) is een nieuw type beeldvormingstechniek die gebruik maakt van de verstrooiing van röntgenstralen in plaats van hun absorptie. Bij traditionele röntgenfoto's gaan röntgenstralen door het object en het resulterende beeld wordt gevormd door de röntgenstralen die door het object worden geabsorbeerd, en pikt daarmee voornamelijk massa- en dichtheidsverschillen op. Bij DFI worden röntgenstralen echter verstrooid door kleine structuren in het object, zoals de poriënstructuur van vruchtweefsel. De verstrooide röntgenstralen produceren een ander stralingspatroon dan de geabsorbeerde röntgenstralen, die kunnen worden gebruikt om een beeld te creëren dat de verschillen in microstructuur benadrukt. We onderzochten of deze techniek kan gebruikt worden om interne defecten in fruit beter in beeld te brengen dan gewone X-stralen beelden.

DE DFI
TECHNIEK
BIEDT
NIEUWE
MOGELIJKHEDEN
VOOR
KWALITEITSINSPECTIE
VAN FRUIT

DARK FIELD IMAGING (DFI): ONDERZOEK NAAR EEN NIEUWE TECHNIEK

DFI is gebaseerd op het fysische fenomeen van breking van X-stralen, en vertegenwoordigt de totale hoeveelheid straling verstrooid bij ultrakleine brekingshoeken, b.v. veroorzaakt door microscopische inhomogeniteiten in het fruit, veroorzaakt door de poriën en vezels in het weefsel (Figuur 1). Met dark field X-stralen imaging kunnen beelden worden verkregen met een contrast dat het conventionele X-stralen contrast ver overtreft. Deze techniek was tot recent alleen beschikbaar bij synchrotronfaciliteiten, waarvan er maar enkele bestaan in de wereld. Recente ontwikkelingen laten nu ook labopstellingen toe. De toepassing op fruit staat echter in zijn kinderschoenen en inline toepassingen worden gehinderd door de lange acquisitietijd. Het doel van dit onderzoek is om deze beperkingen te overwinnen door

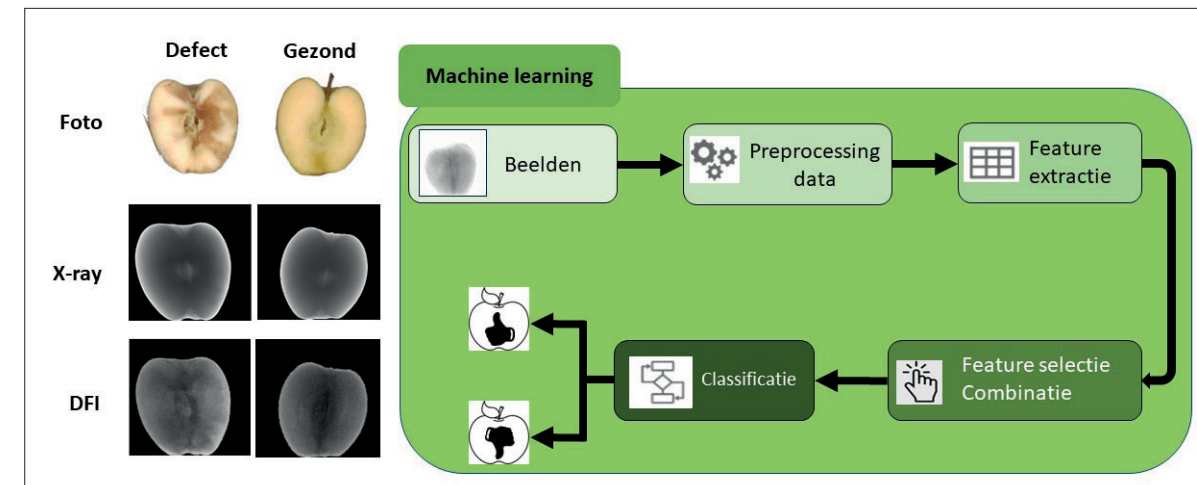


Figuur 1: Verschil tussen X-stralen absorptie en verstrooiing in weefsel. De verstrooiing wordt in beeld gebracht door de nieuwe techniek van dark field imaging (DFI).

o.a. de ontwikkeling van nieuwe (inline) acquisitie- en inspectie-algoritmen die specifiek zijn voor kwaliteitsinspectie van fruit. Het verwachte voordeel is de betere zichtbaarheid van microstructurele kenmerken van gezond ten opzichte van defect weefsel, waardoor meer betrouwbare sortering mogelijk wordt.

DFI ZIET DEFECTEN IN FRUIT BETER DAN GEWONE X-STRALEN

Figuur 2 toont gewone X-stralen beelden in vergelijking met DFI beelden van Braeburn appels met of zonder intern bruin. In het gewone X-stralen beeld onderscheiden we enkel het klokhuis van het vruchtvlees en de algemene vruchtvorm. Er is een zachte gradiënt van de grijswaarden over het vruchtvlees van de kern naar de schil, door de ronde vorm van de vrucht. In het midden worden meer X-stralen geabsorbeerd door de grotere dikte van de vrucht dan aan de rand van het beeld. In de DFI zien we meer contrast in het vruchtvlees van de defecte vrucht. Meer donkere en lichte vlekken wisselen elkaar af overeenkomstig de positie van de bruin verkleurde stukken in de vrucht. In de gezonde vrucht pikken we ook de vaatbundels in het weefsel op.

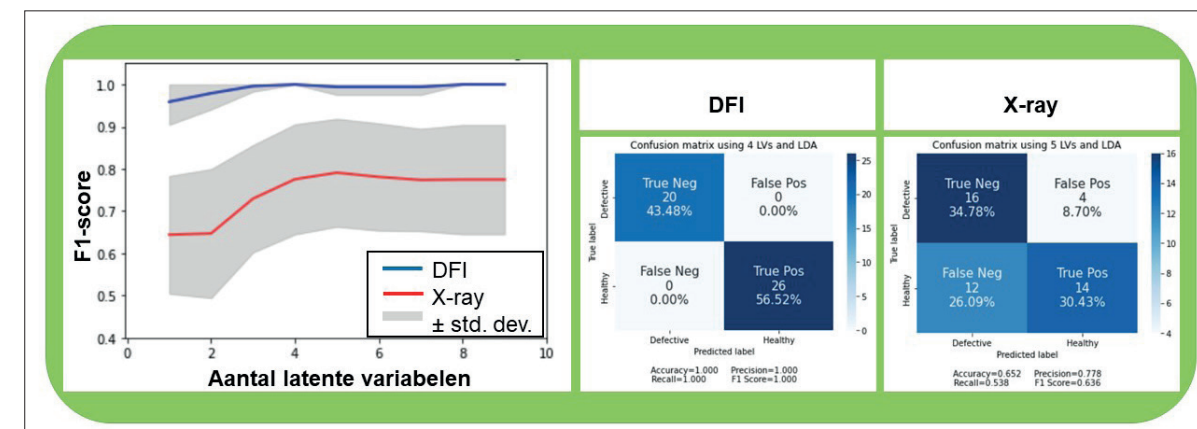


Figuur 2: DFI en X-stralen beelden van Braeburn appels met en zonder bruinverkleuring. Beeldverwerking met machine learning op basis van berekende kenmerken (features) van de beelden.

MACHINE LEARNING OM DEFECTEN UIT TE SORTEREN OP BASIS VAN DFI

De beelden van de X-stralen en DFI van een aantal gezonde en defecte appels (89 van elk) werden vervolgens verwerkt om na te gaan of een algoritme erin slaagt om gezonde en defecte vruchten correct te sorteren. Daarvoor gebruikten we machine learning. Deze methodologie kan over het algemeen worden onderverdeeld in gegevensvoorverwerking, feature-extractie, featureselectie (of combinatie), algoritmetraining en testen (Figuur 2). Voor de voorverwerking van gegevens werden een conversie van het beeldtype en verwijdering van de achtergrond uitgevoerd om respectievelijk de rekenkost te verminderen en te focussen op het object in de afbeelding. Wat betreft de kenmerkextractie, werden op intensiteit gebaseerde en beeldtextuurkenmerken geëxtraheerd.

Om een optimaal aantal kenmerken te verkrijgen, werden twee strategieën overwogen. De eerste was om het belang van kenmerken te rangschikken op basis van bepaalde criteria en hiertoe enkele kenmerken te selecteren. De tweede was de combinatie van kenmerken tot componenten door middel van principale-componentenanalyse of gedeeltelijke kleinste-kwadratenanalyse. Met betrekking tot het machine learning-algoritme voor classificatie werden meerdere classificatoren geïmplementeerd. Figuur 3 toont het resultaat van een lineaire discriminantanalyse op de F1-score van DFI t.o.v. X-stralen. De F1-score is een maatstaf voor de nauwkeurigheid van het model die rekening houdt met zowel de juiste als de valse positieve en negatieve classificaties. Het resultaat wordt ook in confusiematrices gegeven. De performantie van de DFI is duidelijk beter (een F1 gelijk aan 1, zonder vals positieven en negatieven).



Figuur 3: Resultaat van de classificatie van gezonde en defecte Braeburn appels door gebruik van lineaire discriminantanalyse. De latente variabelen zijn optimale combinaties van de beeldkenmerken die het algoritme zelf berekent. De F1-score geeft de nauwkeurigheid van de sortering, de confusiematrices geven de resultaten voor de specifieke groepen (gezonde en defecte vruchten).

DETECTION OF DEFECTS IN FRUITS BY THE SCATTERING OF X-RAYS

Dark field imaging (DFI) is a new type of imaging technique that uses the scattering of X-rays instead of their absorption. In traditional X-rays, X-rays pass through the object and the resulting image is formed by the X-rays absorbed by the object, primarily picking up mass and density differences. However, in DFI, X-rays are scattered by small structures in the object, such as the pore structure of fruit tissue. The scattered X-rays produce a different radiation pattern than the absorbed X-rays, which can be used to create an image that highlights the differences in microstructure. We showed that this technique can be used to better visualize internal browning defects in apple fruit than with ordinary X-ray images.

Onderzoek in het kader van het SBO-project "FoodPhase", S003421, gefinancierd door het Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek (FWO). DFI uitgevoerd aan de eenheid Medische Fysica & Kwaliteitscontrole van het Departement Beeldvorming & Pathologie van KU Leuven

