JAARVERSLAG 2022

VLAAMS CENTRUM VOOR
BEWARING VAN TUINBOUWPRODUCTEN

INHOUD

Voorwoord	4
Bestuursorganen & personeel	5
Advies rond kwaliteit en bewaring	6
Landelijke plukdatabepaling voor appel en peer	8
Advies bewaarcondities 2022	10
Bepaling van plukdatum in de boomgaard	12
Wering onrijp fruit	14
Bewaarcondities van nieuwe appel- & perenrassen	16
ChiQon: model voor kropgroei tijdens de forcerie	18
Bewaring van yacon	20
Bewaring van Belgische meloenen	22
Energiebesparing bij bewaring van fruit	24
Warm bad en koude douche voor witte asperges	26
QPEAR: Kwaliteitsvolle peren in warmer klimaat	28
Model voorspelt de smakelijkheid van tomaat	30
Gemootheidsbepaling van tomaat	32
Segmentatieonderzoek tomaat	34
Kwaliteit van nieuwe paprikarassen	36
Kwaliteitssystemen op VCBT	38
Luchtvochtigheid & oogststadium kritische parameters voor ui-curing	40
AI voor automatische celmarkering in 3D beelden van fruitweefsel	42
Microscopische blik op vervorming van appelweefsel in 4 dimensies	44
Meting van defecten in fruit door verstrooiing van X-stralen	46
Model voor productie en signaalwerking van ethyleen	48
AI voor het maken van CT-beelden van fruit	50
Ionische wind: energiebesparende luchtcirculatie in koelcellen	52
Informatieverspreiding	54

VOORWOORD

Voor u ligt het jaarverslag van het Vlaams Centrum voor Bewaring van Tuinbouwproducten (VCBT vzw). In dit verslag lichten wij de activiteiten van het VCBT toe op het gebied van onderzoek, voorlichting en dienstverlening in 2022.

In 2022 ontwaakte de wereld langzamerhand na twee jaar Corona-ellende en werd meteen geconfronteerd met bevoorradingsproblemen en prijsstijgingen van allerhande goederen zoals ICT-apparatuur, auto's en laboratorium-chemicaliën en belangrijke toename van de energiekost. Het VCBT werd zoals alle andere bedrijven bovendien getroffen door de grootste stijging van de inflatie sinds de jaren 70. Bij het opmaken van projectbegrotingen houdt het VCBT wel rekening met een normale indexering van de lonen, maar de werkelijke inflatie was veel hoger. Vermits het VCBT dikwijls meerjarige projecten heeft en de bijkomende indexeringskost dus nog jaren gaat doorwerken zal dit zeker een belangrijk effect hebben op de financiële reserves van het VCBT. De Corona-pandemie had evenwel ook een aantal gunstige nevenwerkingen: digitaal vergaderen en telewerk werden kinderspel, en op deze manier kunnen er ook kosten worden gedrukt door het vermijden van verplaatsingen. Anderzijds laat de samenwerking met KU Leuven ook toe om kosten te besparen door aankopen van apparatuur op elkaar af te stemmen. De directie van het VCBT zal in de volgende jaren haar uiterste best doen om de dienstverlening naar tuinders, coöperaties en andere klanten blijven te verzorgen en niet in te boeten op kwaliteit.

Met het uitdoven van de Corona-pandemie werd het ook weer mogelijk om naar wetenschappelijke conferenties te gaan. Dergelijke evenementen zijn essentieel om contact te houden met andere onderzoekers in het buitenland, onderzoeks-resultaten voor te stellen en te bespreken en gezamenlijke projectvoorstellen te ontwikkelen.

Onderzoekers van het VCBT participeerden samen met collega's uit de groep Naoogsttechnologie van de KU Leuven gretig aan verschillende conferenties die tijdens de pandemie uitgesteld werden. Nochtans lijkt digitale communicatie een blijver te zijn: het VCBT was medeorganisator van twee webinars over houtig kleinfruit en hardfruit die door respectievelijk 145 en 280 telers werden bijgewoond. Ook in de toekomst zal het VCBT blijven inzetten op zowel fysische evenementen als op digitale communicatie.

De ISO-17025- en GEP-accreditaties van het VCBT werden in 2022 behouden. De scope van de ISO-17025-accreditatie werd met succes uitgebreid naar metingen van het drogestofgehalte van appel en peer. Kwaliteitssystemen zijn zeer belangrijk voor het VCBT vermits zij zowel een hoge kwaliteit van het onderzoek garanderen maar op langere termijn voor kostenbesparing zorgen omdat goede beslissingen slechts mogelijk zijn op basis van betrouwbare meetresultaten. Zij zijn ook belangrijk als instrument om het personeel te motiveren en zorgen voor internationale uitstraling.

Het VCBT dankt het Departement Landbouw en Visserij, het Vlaams Landbouwinvesteringsfonds, het Agentschap Innoveren & Ondernemen, de Europese Commissie, het FWO, de provincie Vlaams-Brabant, de Boerenbond, alle coöperaties aangesloten bij het Verbond van Belgische Tuinbouw-coöperaties, de KU Leuven en alle andere partners waar het mee heeft samengewerkt in het afgelopen jaar voor hun financiële steun en vertrouwen.

Patrick Thoen, voorzitter
Bart Nicolaï, directeur

BESTUURSORGANEN & PERSONEEL

De raad van bestuur van het VCBT is als volgt samengesteld:

LEDEN

- P. Thoen, voorzitter
- W. Keulemans, ondervoorzitter
- L. Vanoirbeek
- D. Bertels
- C. Courtin
- R. Demaré
- J. Lammertyn
- J. Van Orshoven

WAARNEMERS

- B. Drepper
- M. De Moor

DIRECTEUR & WETENSCHAPPELIJK COÖRDINATOR

- B. Nicolaï

BESTUURSCOMITÉ

- P. Thoen, voorzitter
- L. Vanoirbeek, algemeen secretaris VBT
- B. Nicolaï, directeur

STUURGROEPEN

De Stuurgroepen Fruit en Groenten worden voorgezeten door respectievelijk P. Thoen en D. Bertels, en hebben vertegenwoordigers van de tuinbouwcoöperaties, vertegenwoordigers van de praktijkcentra, en telers als lid.

PERSONEEL

Personeel VCBT v.z.w.

- E. Bobelyn, kwaliteitsverantwoordelijke
- S. Boone, laboratoriumtechnoloog
- E. Locus, onderzoeker
- A. Schenk, werkleider
- J. Schuermans, laboratoriumtechnoloog
- K. Teniers, laboratoriumtechnoloog
- J. Tirry, verantw. technische ondersteuning
- W. Vandenbemd, analist-programmeur
- D. Vanhees, onderzoeker
- B. Verlinden, werkleider
- E. Vranken, laboratoriumtechnoloog

MeBioS - Naoogstgroep van de KU Leuven

- T. Andargie
- A. Benchennouf
- W. Beshir
- C. Cardinez
- A. Castro
- C. Perdieus
- T. Defraeye
- E. Dekempeneer
- B. Dequeker
- A. Dizon
- M. Elsayed
- J. He
- Q. Han
- M. Hertog
- X. Hui
- M. Janssens
- S. Karimi
- P. Le Ho
- A. Nataraj
- M.V.T. Nguyen
- H.M. Phan
- M. Pieters
- D. Rubinetti
- J. Salagovic
- A. Tempelaere
- A. Ty
- H. Vancauteren
- T. Vanempten
- L. Van Doorselaer
- P. Verboven
- U. Verma

ADVIES ROND KWALITEIT EN BEWARING

De adviesdienst van het Vlaams Centrum voor Bewaring van Tuinbouwproducten (VCBT) biedt de fruit- en groentesector een service op maat. We leveren allerlei soorten advies: enerzijds algemeen advies voor de hele sector via nieuwsbrieven, artikels en voordrachten en anderzijds ook zeer gericht advies op maat voor bedrijven. Hiervoor werkt VCBT nauw samen met de Postharvest groep van de KU Leuven. Beide groepen doen onderzoek naar alle aspecten van bewaring en kwaliteit van tuinbouwproducten. De adviesdienst staat ook in nauw contact met buitenlandse adviesdiensten voor overleg.

DE VCBT ADVIESDIENST HEEFT ZELF DUS OOK HEEL WAT 'HULP'LIJNEN

KORTE EN LANGE TERMIJN OPLOSSINGEN

Telers en bedrijven met een vraag/probleem willen snel een oplossing. We gaan hiervoor op zoek naar concrete en praktische oplossingen op korte termijn. Maar een echt fundamenteel groot probleem is dikwijls niet 1-2-3 op te lossen en vraagt een strategische, lees een projectmatige, aanpak. Dan starten we een meerjarig project op, meestal met collega partners uit andere disciplines. Energiebesparing, DCA (dynamisch gecontroleerde atmosfeer), gewijzigde klimaatomstandigheden, innovatieve teelten, bewaarafwijkingen, bedrijfshygiëne en smaak (-metingen en -modellen) waren speerpunten in 2022.

INTERACTIE MET SECTOR OVER NIEUWE PROJECTEN

VCBT participeert in verschillende nationale en internationale projecten. Daarover brengen we regelmatig nieuws. Resultaten en informatie over evenementen van regionale, nationale en Europese projecten bereiken via onze nieuwsbrieven, artikels en social media ons doelpubliek. De adviesdienst brengt de sector ook bij elkaar om over een nieuw project te brainstormen of op excursie te gaan. In 2022 namen we deel in volgende projecten: Taromaat (VLAIO), ChiQon (VLAIO), Qpear (VLAIO), SystControl (VLAIO), MAXBAT (VLAIO), FruitID (VLAIO), Enough (EU H2020), Relanceplan (Dept LenV), Enerpedia (Vlaams Klimaatfonds) en Digifruit (Provincie Vlaams-Brabant).

DE DIGITALE TOER OP

Sinds de corona-uitbraak is digitale communicatie niet meer weg te denken. VCBT heeft een Facebook en Twitter-kanaal waar wekelijk berichten verschijnen. Facebook richt zich naar het brede publiek, twitter richt zich meer naar de tuinbouwsector. Telers stellen ook steeds meer vragen via fotomateriaal via Whatsapp over bv. fysiologische afwijkingen.

REKENTOOLS EN MEETAPPARATEN VOOR ADVIES

VCBT geeft technische ondersteuning op verschillende fronten. We helpen telers bij de juiste afstelling van hun oogst- of sorteermachines, waardoor schade beperkt: hiervoor gebruiken we elektronische vruchten. Of we helpen je met advies bij de bouw of renovatie van koelcellen. Bij bestaande koelcellen kan je bij ons terecht voor advies omtrent aanpassingen van je koelcel of over energiebesparingen. Hiervoor gebruiken we zelfontwikkelde rekenprogramma's om in te schatten waar je winsten liggen.

Figuur 1: Laboranten demonstreren hoe ze de kwaliteit van bataat meten.

Figuur 2: Bezoek aan de gespecialiseerde koelinfrastructuur

FYSIOLOGISCHE AFWIJKINGEN

De meeste vragen voor de adviesdienst gaan over fysiologische problemen bij fruit en groenten die ontstaan na de oogst. Dan is het zoeken naar de oorzaak hiervan om een herhaling van dit probleem in de toekomst te vermijden. Bovendien is het vaak zoeken wat er nog mogelijk is met het aangetaste product en moeten we een inschatting maken van de ernst van het probleem en de snelheid waarmee het zal uitbreiden in de partij tijdens de uitstalling en verdere bewaring. Elk seizoen stelt zo zijn eigen nieuwe fysiologische problemen. Door ons intensieve netwerk in de academische wereld maar ook met buitenlandse adviesdiensten kunnen we problemen ook voorleggen aan collega's. We hebben zelf dus ook heel wat 'hulp'lijnen.

CONTROLES VAN MEETTOESTELLEN VOOR KWALITEIT

Maandelijks richt VCBT ook controles in van de meettoestellen die door de klanten (proeftuinen, veilingen en telers) worden gebruikt om kwaliteitsmetingen uit te voeren 'in het veld.' Na afspraak kan je je penetrometer, brixmeter of titrator binnenbrengen om te laten controleren. Ook andere bedrijven die geen lid zijn van VCBT kunnen van deze dienst gebruik maken tegen betaling. Kwaliteitshandboeken allerhande zijn beschikbaar op www.vcbt.be. Daar vind je ook verschillende video tutorials over kwaliteitsmetingen en controles onder http://vcbt.be/publicaties-en-demonstraties/.

DOELGROEP

De eerste doelgroep van de adviesdienst zijn de Belgische tuinbouwcoöperaties en hun leden (telers). Daarnaast kunnen ook alle andere coöperaties en bedrijven in de tuinbouwsector (verpakking, verwerking, handel, transport,..) tegen betaling bij ons terecht.

NIEUWSBRIEVEN

Over actuele thema's, evenementen rond kwaliteit en bewaring. Ook nieuws over buitenlands bewaaronderzoek wat voor onze telers interessant is

VOORDRACHTEN

Meer dan 20 voordrachten over diverse onderwerpen. Vaste thema's zijn bewaring van groenten en fruit, koelinfrastructuur en kwaliteitsmetingen. Verder spelen we in op de actualiteit en op vraag van de sector.

STUDIEDAGEN

In 2022 (mede-) organiseerden we drie studiedagen. De thema's waren: bewaring van kleinfruit, hardfruit en een themadag rond meloen.

BEDRIJFSBEZOEKEN

Belangrijke thema's hier waren de begeleiding van de bedrijven die startten met DCA of deelnamen aan het pilootproject plukdatabepaling. Daarnaast gingen we ook ter plaatse voor troubleshooting.

PITFRUIT APP

VCBT zorgde voor de Nederlandse versie van de Frudistor app. Met deze app kan je makkelijk een bewaarafwijking opzoeken op basis van een beeld. Je vindt er veel informatie over de oorzaak en (eventuele) oplossingen. Frudistor.de en dan nederlands kiezen.

TECHNISCHE ONDERSTEUNING

- Bij de bouw of verbouwing van koelcellen
- Bij start van nieuwe technologie
- Bij energievriendelijke maatregelen
- Voor het testen van je sorteer- of oogstinstallatie op blutsschade

CONSULTANCY SERVICE

The consultancy service of VCBT is permanently accessible for growers, cooperatives and companies. General information is given during webinar presentations, publications and study days. Video tutorials were added to the website with guidelines for measuring procedures for brix and firmness measurement of horticultural produce. Every month VCBT also arranges checks of the quality measuring devices of growers and companies. We developed simulation tools to calculate energy saving scenarios for fruit and vegetable storage. VCBT is a member of Agrolink Flanders, EUFRIN and EUVRIN postharvest groups. De VCBT consultancy service has very good connections to advisory services around the world. We participate in national and international projects and are also available for collaboration with international partners/ companies.

De adviesdienst van VCBT valt binnen de basiswerking van het VCBT en wordt gefinancierd door de Vlaamse overheid (Departement Landbouw en Visserij) en het Verbond van Belgische Tuinbouwcoöperaties (VBT).

LANDELIJKE PLUKDATABEPALING VOOR APPEL EN PEER

Elk jaar bepaalt VCBT de landelijke plukdata. Die geven een goede indicatie van de vroegheid/laatheid van een bepaald jaar. Een eerste indicatie van de pluk geven we al vanaf begin juli, zodat telers hun werkzaamheden goed kunnen plannen. 2022 was een warm en droog jaar met enkele hittegolven. Zonnebrand was vaak te zien op de vruchten. De pluk was dan ook vroeg.

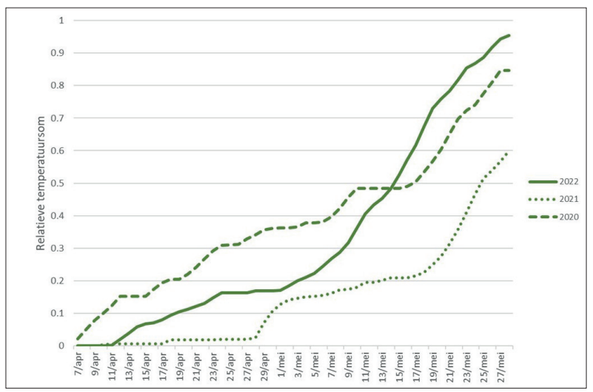
MEESTAL LEIDT EEN VROEGE BLOEI TOT EEN VROEGE PLUK

PLUKVOORSPELLING = STAPPENPLAN

Een correcte plukdatum bepaalt het bewaarsucces. Om die optimale plukdatum te bepalen loopt het onderzoek van VCBT in verschillende stappen. Vanaf de eerste weken na de zetting beïnvloedt de temperatuur in de boomgaard de kwaliteit al enorm. Daarom worden temperatuursommen nauwgezet gevolgd.
Daarna verfijnen groeimodellen op basis van temperatuur en drogestofmetingen inzichten in de vruchtgroei. Vanaf juli meet VCBT tenslotte in de boomgaarden en in het lab de vruchten, waarna de uiteindelijke plukdatum wordt vastgesteld.

GUNSTIGERE NABLOEIPERIODE

De eerste weken na de bloei zijn doorslaggevend voor de kwaliteit en plukdatum van de vruchten. Uiteraard bepaalt de datum van volle bloei deels al de plukdatum. Meestal betekent een vroege bloei ook dat de pluk vroeg zal vallen. Toch kan er daarna nog veel wijzigen. Wanneer de pas gezette vruchten tijdens de eerste weken kunnen groeien bij een hoge temperatuur, dan maken ze veel cellen. Dit vormt een basis voor sterke vruchten. Bovendien zijn ze dan ook vroeger rijp. Figuur 1 toont de relatieve temperatuursommen die zijn opgemeten in 2020, 2021 en 2022 in de eerste 50 dagen na volle bloei. Het valt meteen op dat in 2022 sneller hogere temperatuursommen werden bereikt dan in 2021. Dit heeft gevolgen voor kwaliteit en rijpheidsevolutie.



Figuur 1. Relatieve temperatuursommen in eerste 50 dagen na bloei

PLUK 2022 : VERGELIJKBAAR MET 2020

De referentiemetingen in het lab blijven de meting van hardheid, opgelostestof (suikers), zetmeelomzetting, zuurheid en kleur. Dit jaar hebben we ook drogestofgehalte bij de oogst gemeten. Voor al deze metingen hebben we een BELAC accreditatie (certificaatnr. 225-TEST) die garant staat voor de betrouwbaarheid van deze metingen. In het veld meten we met een draagbare spectrofotometer: zie elders in dit jaarverslag. De rijping van de vruchten was vergelijkbaar met 2020 en 10 tot 14 dagen vroeger dan in 2021. De geadviseerde plukdata voor lange bewaring staan vermeld in Tabel 1.

TABEL 1. PLUKDATA 2022 VOOR LANGE BEWARING

CULTIVAR	PLUKDATA VOOR LANGE BEWARING 2022
Conference	17-29 augustus
Doyenné	20-26 augustus
Durondeau	19-23 augustus
Cepuna	21-27 augustus
Belgica	25-29 augustus
Boskoop	8-15 september
Braeburn	5-10 oktober
Elstar	20-24 augustus
Gala	20-24 augustus
Golden	14-20 september
Jonagold + mutanten	11-25 september
Kanzi ®	2-8 september

HARVEST DATE PREDICTION OF APPLE AND PEARS

Every year the Flanders Centre of Postharvest Technology (VCBT) determines the optimal picking dates for the long storage of commonly grown apple and pear cultivars in Belgium (see Table 1). Prediction is done based on destructive measurements like firmness, soluble solids content, starch degradation, dry matter content and non destructive measurements based on NIR (near infrared spectroscopy). The destructive measurements are done under ISO17025 accreditation of BELAC (certificatenr. 225-TEST). Fruits were picked on average 10 to 14 days earlier than in 2021. Picking dates and ripening parameters were comparable with 2020. VCBT provided several tools to help the growers with the determination of optimal picking date of their individual fields: video tutorials and manuals are available on www.vcbt.be

De landelijke plukdatumbepaling valt binnen de basiswerking van het VCBT en wordt gefinancierd door de Vlaamse overheid (Departement Landbouw en Visserij) en het Verbond van Belgische Tuinbouwcoöperaties (VBT).

ADVIES BEWAARCONDITIES 2022

Bij de inzet krijgen de Vlaamse telers ook een advies voor bewaarcondities. Hierbij houden we rekening met seizoenseffecten die hun invloed hebben op bepaalde bewaarziekten. In 2022 ging extra aandacht naar het voorkomen van schilbruin, glazigheid en versnelde rijping, vanwege de warme zomer.

LATER (PLUKKEN) = VROEGER (VERKOPEN)

KOELEN, KOELEN, KOELEN

Temperatuur is dé belangrijkste manier om het vruchtmetabolisme stil te leggen. Belangrijker dan al de rest. Verlaging van zuurstof (ULO), toepassing van 1-MCP zijn pas nadien aan de orde. In 2022 speelt dit nog meer dan andere jaren. Door de hoge temperaturen tijdens het groeiseizoen en zeker tijdens de laatste weken, zijn de vruchten gevoeliger voor schilbruin, geler tinten,... en de manier om de risico's hierop zo goed mogelijk te beperken is een snelle inkoeling.

1-MCP JA OF NEE?

Tegen schilbruin werkt 1-MCP prima. Het beperkt ook het risico op vegen na bewaring en sortering, iets wat dit jaar misschien ook een probleem zou kunnen worden. Daarom is 1-MCP op peer (Conference) ook duidelijk het overwegen waard in 2022.

LATER = VROEGER

Enkele dagen wachten met plukken kan duidelijke maatwinst opleveren. Al zijn peren klein van maat, en heeft de groei stil gestaan door droogte, de rijping gaat gewoon door. Dat is duidelijk in onze metingen: de hardheid was nog nooit zo laag als in 2022. Daarom is het advies voor de plukdatum zo vroeg. Daarom het advies: later (plukken) = vroeger (verkopen) want als je over de einddatum van het plukvenster gaat, kort je de bewaring best wat in.

GLAZIGE VRUCHTEN EN ZONNEBRAND

Appels waar de zon stevig op heeft staan bakken, kunnen glazigheid vertonen. Een lichte vorm van glazigheid trekt weg in de eerste dagen van koude bewaring. Een erge vorm van glazigheid die niet wegtrekt tijdens de eerste dagen, slaat tijdens de langere bewaring om naar inwendig bruin. Glazige vruchten koel je best iets voorzichtiger in en verlaag het zuurstofgehalte zeker niet voordat de glazigheid verdwenen is. De zonne-instraling heeft gezorgd voor duidelijke zonnebrand op appel en verschillende perencultivars, iets minder duidelijk maar toch ook aanwezig op Conference. Metingen van Spaanse onderzoekers geven aan dat de vruchten met zonnebrand meer ethyleen produceren dan de andere.

ZUURSTOF EN CO_2?

In 2022 vormt schilbruin een groter risico en inwendig bruin een klein risico. Daarom geldt voor appels (behalve Boskoop, Braeburn, Cox's en Kanzi en de glazige vruchten): zodra de vruchten om hun streeftemperatuur zijn, verlaag de O_2-concentratie naar 4% en laat daarna de vruchten zelf verder de zuurstof opademen tot hun streefwaarde. Hou de laagst geadviseerde waarde in tabel 1 aan.
Voor Conference kan je na 3 weken het O_2-gehalte verlagen naar 10% en daarna de vruchten zelf verder de zuurstof opademen tot hun streefwaarde. Hou CO_2 laag.

APARTE PROTOCOLS VOOR 1-MCP

Vruchten die behandeld zijn met 1-MCP dienen steeds iets hoger in temperatuur en zuurstof te worden bewaard en hebben ook een apart schema voor daling van zuurstof. Omdat deze protocols nogal eens complex zijn, heeft VCBT hiervoor aparte handleidingen gemaakt: deze zijn te vinden op de website.

TABEL 1. BEWAARCONDITIES VOOR LANGE BEWARING VOOR 2022-2023

CULTIVAR	VRUCHT-TEMPERATUUR (°C)	O_2 (%)	CO_2 (%)	WACHTTIJD VÓÓR ULO (DAGEN)
PEER ZONDER 1-MCP*				
Conference	-1.0	21	<0.7	21
	-1.0	3	<0.7	vanaf dag 21 maximaal O_2 afbranden tot 10% of via natuurlijke ademhaling
Doyenné, Durondeau (ook Sweet Sensation®)	-0.5	2.0 à 2.5	<0.7	21
Durondeau	1.0			
B.A. Lucas	-0.5 - 0			
APPEL ZONDER 1-MCP*				
Jonagold Jonagoldmutanten Belgica Greenstar Pinova	1.0	1.0	2.5 à 3.0	1
Boskoop Cox's O.P.	3.0 à 3.5	2.0 à 2.5	<0.7	7 à 10
Braeburn	1.0	2.5 à 3.0	<0.7	21
Elstar	1.0	2.0 à 2.5	<1.0	1
Gala Golden Gloster	1.0	1.0 à 2.0	2.0 à 2.5	1
Kanzi®	3**	2.0	<0.7	21

** !! Voor vruchten behandeld met 1-MCP (Smartfresh of Fysium) gelden andere bewaarcondities. Speciale protocols zijn beschikbaar bij VCBT of de firma's.*
Over het algemeen geldt het volgende:
- *Temperatuur iets hoger*
- *O_2 iets hoger*
- *CO_2 iets lager*
- *Minder snel op ULO-regime brengen*

*** Kanzi traag inkoelen*

CONSULTANCY ABOUT STORAGE CONDITIONS OF POME FRUIT

Every year the Flanders Centre of Postharvest Technology (VCBT) provides the storage conditions for all commonly cultivated cultivars (Table 1). In 2022 fruits were sensitive to superficial scald and watercore because of the hot growing season. All information is available on vcbt.be

De bepaling van de bewaarcondities valt binnen de basiswerking van het VCBT en wordt gefinancierd door de Vlaamse overheid (Departement Landbouw en Visserij) en het Verbond van Belgische Tuinbouwcoöperaties (VBT).

BEPALING VAN PLUKDATUM IN DE BOOMGAARD

VCBT voorspelt al vele jaren de plukdata voor lange bewaring van tal van appel- en perenrassen. Voor Jonagold, Conference en Kanzi doen we dit zelfs op perceelsniveau, omdat er een groot verschil in plukdatum van éénzelfde cultivar tussen verschillende percelen is. We gebruiken hiervoor NIR-spectroscopie in het lab. Om in de toekomst deze NIR-metingen in de boomgaard te kunnen doen, is het onderzoek uitgebreid met verschillende draagbare NIR-meters. VCBT transformeerde de huidige voorspellingmodellen om ze te kunnen gebruiken voor de draagbare meters. Hoe we in de toekomst praktisch met deze draagbare meters aan de slag willen gaan, hebben we dit jaar uitgetest met een pilootgroep van 4 telers met in totaal een twintigtal percelen.

HISTORISCHE VOORSPELLINGS-MODELLEN ZIJN KLAAR VOOR DRAAGBARE METER

DE NIR-TECHNIEK IN HET LAB

VCBT werkt in het lab al vele jaren met NIR-spectroscopie (NIR: Nabij-infrarood). We gebruiken NIR-licht met een golflengte van 800 tot 1700 nm om de inwendige kwaliteit en rijpheid van vruchten te meten. Hiervoor worden de vruchten belicht met het NIR-licht, de vrucht absorbeert een gedeelte en reflecteert een gedeelte. Afhankelijk van de samenstelling van de vrucht is het gedeelte reflectie anders samengesteld. Het diffuus gereflecteerd licht bevat informatie over de vrucht die dienen om modellen te ontwikkelen. Door enorm veel vruchten te meten met NIR en nadien ook van diezelfde vruchten het suikergehalte, hardheid en rijpheid te bepalen kunnen we correlaties leggen tussen enerzijds de opgemeten lichtspectra en anderzijds de gemeten referentie-kwaliteitsparameters of rijpheid. Het model dat hieruit ontwikkeld wordt, is tenslotte in staat om zonder de destructieve rijpheidsmetingen de fysiologische leeftijd van de vrucht te voorspellen.

EEN DRAAGBARE METER: EEN MUST IN DE BOOMGAARD

VCBT bepaalt nu al een tiental jaar elke zomer van veel percelen de plukdatum op vraag van telers. Hiervoor moeten telkens twee vruchtstalen worden geplukt en binnengebracht in ons lab te Heverlee. Daar worden ze dan gemeten. Ook al is de techniek snel, honderden stalen meten blijft arbeidsintensief en de vruchten moeten effectief geplukt worden. Daarnaast meet VCBT ook elk seizoen alle weken haar referentieboomgaarden op. Het is uiteraard handiger, als een voorlichter of de fruitteler zelf deze metingen in de boomgaard kan doen, het signaal doorzenden naar VCBT, waarna je dan de plukdatumvoorspelling meteen terugkrijgt.

AL TWEE BETROUWBARE DRAAGBARE METERS IN GEBRUIK

VCBT selecteerde de voorgaande jaren al een snelle en betrouwbare draagbare meter. Ondertussen beschikken we nu al over twee zo'n snelle draagbare spectrofotometers (F-751 van Felix instruments) waarmee we in de boomgaard aan de slag kunnen (Figuur 1). Deze toestellen zijn zorgvuldig gescreend op gebruiksgemak,

Figuur 1: Draagbare spectrofotometer F-751 (Felix instruments)

gewicht, nauwkeurigheid, golflengtebereik en ingebouwde GPS. Ook onderzochten we de mogelijke invloed van licht en temperatuur op de metingen want je meet immers in open lucht. Een lichtcorrectie blijkt helemaal niet nodig. Temperatuur beïnvloedt de spectra wel maar de goede robuustheid van de historische voorspellingsmodellen vangt ook deze temperatuursinvloed goed op.

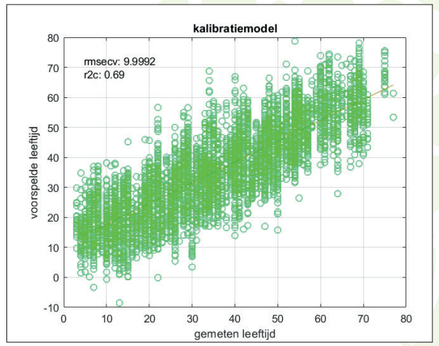
BIG DATA TRANSFER VOOR KLEINE TOESTELLEN

Onze huidige voorspellingsmodellen omvatten data van een twintigtal jaar. Deze big data en al het laboratoriumwerk laten we zeker niet verloren gaan. Daarom zochten we een manier om de voorspellingsmodellen aan te passen op de draagbare NIR-metingen. In de voorgaande jaren onderzochten we al de directe standaardisatietechniek met beloftevolle resultaten. We transformeren de spectra van de draagbare NIR-meter alsof ze gemeten zijn op onze spectrofotometer in het lab waardoor ze in onze historische voorspellingsmodellen passen. In 2021 draaiden we deze transformatie om. We transformeren nu onze historische collectie aan laboratoriumspectra alsof ze gemeten zijn op de draagbare meters. Vervolgens moeten uiteraard de modellen opnieuw gemaakt worden, maar zo zijn onze historische data nog steeds bruikbaar. Deze tool is ook handiger voor de toekomst om veel data te verwerken. In 2022 valideerden we deze techniek met goede resultaten voor Conference en Jonagold. Figuur 2 toont het getransformeerde voorspellingsmodel voor Conference. Daarnaast vergeleek VCBT ook de spectra van beide draagbare meters (F-751) want de ene meter is de andere niet. Om dezelfde voorspellingen uit beide meters te krijgen moet ook nog een bijkomende correctie gebeuren maar deze transfer is gelukkig eenvoudiger.

COMMUNICATIE VAN HET PLUKTIJDSTIP VIA APP

VCBT koos in de testfase voor het teeltopvolgingsplatform EVA-app, als communicatiemiddel met de telers. De app voorzag een userinterface waarbij de telers hun percelen kunnen kiezen voor een aanvraag tot pluktijdstipvoorspelling. Door middel van een REST API vraagt het VCBT de aanvragen op uit de EVA-app. De aanvragen bevatten de identificatie van de teler en het perceel alsook de locatie in GPS-coördinaten en het aangeplante ras. Met deze informatie kan een medewerker van VCBT geheel autonoom de NIR-spectra in het veld gaan opmeten. Na verwerking communiceert VCBT het voorspellingsresultaat via de REST API aan de app en dus aan de teler. Deze werkwijze demonstreerden we bij een viertal bereidwillige telers voor in totaal een 20-tal percelen Jonagold en Conference.

PLUKTIJDSTIPBEPALING IN DE BOOMGAARD GEEN VERRE TOEKOMST MEER



Figuur 2: Het getransformeerde voorspellingsmodel voor fysiologische leeftijd voor Conference te gebruiken voor de metingen in de boomgaard.

PREDICTION OF OPTIMAL PICKING DATE FOR INDIVIDUAL PEAR AND APPLE ORCHARDS BASED ON A PORTABLE NIR METER

VCBT has been predicting the picking dates for long-term storage of many apple and pear cultivars for many years. For Jonagold and Conference we even do this at orchard level. VCBT uses NIR spectroscopy in the lab to do the predictions. In order to be able to perform these NIR measurements in the orchard in the future, VCBT further focused on testing with several portable NIR meters. Furthermore, we adapt the current prediction models for this. In 2022 VCBT has put on a test pilot at some orchards of Jonagold and Conference. VCBT communicated the prediction result to the grower by means of the REST API and the EVA app.

Dit onderzoek valt binnen de basiswerking van het VCBT met financiering door de Vlaamse Overheid (Departement Landbouw en Visserij), het Verbond van de Belgische Tuinbouwcoöperaties (VBT) en de provincie Vlaams-Brabant.

WERING ONRIJP FRUIT

Bij de start van de nieuwe oogst moet smaak centraal staan. Hier heerst een spanningsveld tussen vroeg oogsten en een primeurprijs halen en wachten op een lekkere smaak. Onrijp primeurfruit stelt de consument teleur waardoor hij niet geneigd zal zijn tot een herhalingsaankoop. Daarom bepaalt VCBT de startdatum van de meest voorkomende zomer- en bewaarrassen.

VOOR APPELS BEPALEN SUIKERGEHALTE EN ZETMEELOMZETTING DE STARTDATUM

HANDELSNORM BEPAALT MINIMALE RIJPHEID BIJ VERKOOP

De handelsnorm voor appelen en peren (Verordening 543/2011, bijlage I, deel B.1 en deel B.6) bepaalt dat de vruchten bij het in de handel brengen "zodanig ontwikkeld en gerijpt moeten zijn dat ze in staat zijn het rijpingsproces voor te zetten tot ze de juiste, bij de kenmerken van de betrokken variëteit behorende rijpheidsgraad hebben bereikt". In opdracht van het Verbond van Belgische Tuinbouwcoöperaties (VBT) bepaalt het VCBT de data vanaf wanneer we kunnen verwachten dat de verschillende variëteiten een voldoende rijpheidsgraad bereikt hebben om aan deze kwaliteitsnorm te voldoen. Het FAVV geeft deze data door aan de inspecteurs, zodat zij op het veld kunnen controleren of de appels/peren op het juiste moment zijn geoogst.

STARTDATUM VOOR ZOMER- EN BEWAARRASSEN

Na een korte periode waarin er geen inlands hardfruit op de markt is, komen de zomerrassen als eerste weer aan bod. Zomercultivars zijn bij uitstek vruchten die we niet lang bewaren en daarom voldoende rijp kunnen plukken. Het komt hun smaak ten goede. Toch halen de eerst aangevoerde partijen vaak de hoogste prijzen en loert het risico om ze onrijp aan te voeren. Uit de vele zomerrassen test VCBT slechts een selectie van commercieel interessante rassen. Nu zijn dit de zomer- en herfstrassen Belgica, Delbarestivale, Triomphe de Vienne en Durondeau. Om te vermijden dat telers de bewaarrassen te vroeg plukken en aanleveren, stelt men voor zowat alle bewaarrassen ook een begindatum voor aanvoer vast, die kan afwijken van de startdatum voor lange bewaring. Voor lange bewaring moet een vrucht immers fysiologisch voldoende ver ontwikkeld zijn zodat hij na bewaring goed op smaak komt en niet uitdroogt tijdens bewaring.

SMAAK EN AROMA ZIJN HET DOEL

VCBT heeft van smaak en aroma een belangrijk onderzoeksitem gemaakt. Het onderzoek "Wering onrijp fruit" pas hier dan ook in. Te vroeg geplukt fruit is smaakloos en komt nooit op smaak. Het zit fysiologisch nog niet op het punt waarop het in staat is om door te rijpen en voldoende aroma's te vormen.

TABEL 1. AANVOERDATA VOOR ZOMER- EN BEWAARRASSEN APPEL EN PEER 2022

CULTIVAR	AANVOERDATUM
Delbarestivale	9/8/2022
Triomphe de Vienne	11/8/2022
Durondeau	19/8/2022
Conference	17/8/2022
Gala	20/8/2022
Belgica	25/8/2022
Elstar	20/8/2022
Doyenné	20/8/2022
Boskoop	12/9/2022
Jonagold	12/9/2022
Golden	12/9/2022
Braeburn	5/10/2022

KWALITEIT GEMETEN VOLGENS ISO 17025 (CERT.NR. 225-TEST)

Op het zicht kan je de rijpheid van een vrucht niet goed op oordelen. Je kan het wel goed meten. Het volstaat niet om enkel de kleur of maat te beoordelen. Bij de rijping van fruit gaat de samenstelling wijzigen. Soms loopt dit gelijk met de uitwendige kleuromslag maar bij kleurmutanten is hier vaak een discrepantie. Het suikergehalte gaat toenemen en het zuurgehalte en de hardheid nemen af. De achtergrondkleur wijzigt van groen naar geel. Het zetmeelgehalte neemt af hetgeen visueel duidelijk wordt gemaakt in de lugoltest. Door deze inwendige parameters te meten krijg je pas een echt betrouwbaar beeld van de echte rijpheid van de vrucht. Vanaf begin juli neemt VCBT wekelijks stalen van referentiebomen van de beoogde rassen. Van deze stalen meten de onderzoekers de hardheid, het suiker- en zuurgehalte, het zetmeelstadium en de grondkleur. Al deze metingen voert VCBT uit volgens de ISO 17025 accreditatie. Voor al deze parameters bestaan er minimumnormen. Deze staan vermeld op de VCBT website bij de primeurdata (https://vcbt.be/plukdata/). Als deze normen bereikt zijn, volgt er een advies om de betreffende cultivar te laten aanvoeren. Bij appel is een minimale zetmeelwaarde en opgelostestofgehalte het belangrijkst, terwijl voor peer de hardheid en opgelostestofgehalte de belangrijkste parameters zijn.

PERCEEL KAN AFWIJKEN VAN GEMIDDELDE

De primeurdata die VCBT vaststelt zijn gemiddelde data. Individuele percelen kunnen daar van afwijken. VCBT spoort telers sterk aan om zelf eenvoudige rijpheidstesten uit te voeren. Kleur en maat zijn immers niet de juiste parameters voor rijpheid. Zo kan men nadien discussies bij de aanvoer vermijden over het al dan niet rijp zijn van een partij vruchten. Eenvoudige metingen die je op het bedrijf kan uitvoeren, zijn een correct uitgevoerde hardheidsmeting, meting van het suikergehalte en de zetmeelomzetting. De werkwijze voor de rijpheidsmetingen staat haarfijn uitgelegd in het plukboekje en op de video tutorials (www.vcbt.be).

ASSESSMENT OF THE COMMERCIALISATION DATE OF APPLE AND PEAR CULTIVARS

At the beginning of the season fruit is expensive and growers try to pick their summer fruit as early as possible to get a premium price. This is not always good from a quality point of view, since the fruits are not yet tasty enough. In order to avoid unripe fruit to enter into the market, the VCBT determines the harvest date for summer cultivars. This picking date determination is based on quality measurements done under our ISO17025 (Cert.nr. 225-TEST) accreditation. The harvest dates for 2022 are mentioned in table 1.

Dit onderzoek valt binnen de basiswerking van het VCBT en wordt gefinancierd door de Vlaamse Overheid (Departement Landbouw en Visserij), het Verbond van de Belgische Tuinbouwcoöperaties (VBT) en de provincie Vlaams-Brabant

Figuur 1: Vruchten waarbij de zetmeelomzetting nog niet is gestart zijn nog ongeschikt voor consumptie

Figuur 2: Als teler kan je de opgelostestofgehalte van je vruchten gemakkelijk zelf meten met een digitale refractometer

BEWAARCONDITIES VAN NIEUWE APPEL- & PERENRASSEN

Sinds 2019 is het rassenonderzoek grondig veranderd. In VCBT doen we nu fase 2 en fase 3 bewaaronderzoek. Fase 2 is een beperkt maar gedegen bewaaronderzoek. In fase 3 en 4 van het onderzoek vindt dan verdere verdieping plaats. Ook smaak wordt meegenomen in de beoordelingen. In 2021-2022 deden we onderzoek over de bewaring van Migo®, Qtee®, Fred® en Sunspark in fase 3. We maakten in de oogst van 2022 ook een vliegende start met het fase 2 onderzoek met 10 rassen appel en peer.

BEWAARONDERZOEK VOOR NIEUWE RASSEN GEBEURT IN SPECIALE CONTAINERS, DIE OOK GESCHIKT ZIJN VOOR DCA-BEWARING.

NIEUWE AANPAK IN HET RASSENONDERZOEK

Het is de bedoeling om sneller met bewaaronderzoek te starten nadat zich een nieuw ras aanbiedt. Zodra uit de proeven van pcfruit (fase 1) blijkt dat er voldoende perspectief is, om met een bepaald ras door te gaan, gaat fase 2 voor dit ras van start. Hierin start ook het bewaaronderzoek bij VCBT. In eerste instantie zal een eenvoudig en beperkt maar wel gedegen en gefundeerd bewaaronderzoek plaatsvinden waarbij de bewaartemperatuur de belangrijkste te onderzoeken parameter is. Er zullen ook al een aantal weloverwogen gascondities getest worden. Omdat goede bewaarbaarheid helemaal afhangt van de plukdatum, zal ook het plukdatumonderzoek van het nieuwe ras meteen vanaf fase 2 meelopen. In fase 3 en 4 volgen aroma- en smaakonderzoek, inzetbaarheid en timing van 1-methylcyclopropeen (1-MCP) en andere specifieke vragen.

METINGEN VOLGENS ISO 17025 (CERT.NR. 225-TEST)

Het rassenonderzoek wordt nagenoeg volledig uitgevoerd onder ISO 17025-accreditatie. Hiermee garandeert VCBT haar klanten technisch betrouwbare analyseresultaten, die ook altijd volledig onderling vergelijkbaar zijn. Meestal bestaat een bewaarproef uit het tweemaandelijks bemonsteren van vruchten uit de verschillende bewaarcondities. Meteen na bewaring meten we dan de helft van de vruchten. De andere helft krijgt een week uitstalling (voor appel bij 18°C, voor peer bij 12°C) en meten we nadien. Hardheid, opgelostestofgehalte, titreerbare zuurheid, achtergrondkleur, zetmeelwaarde, maat en gewicht behoren tot de gebruikelijke geaccrediteerde metingen. Bewaring van de vruchten gebeurt in speciaal daarvoor ontworpen containers, die elk afzonderlijk te sturen zijn en ook geschikt zijn voor DCA (dynamisch gecontroleerde atmosfeer) bewaring. Alle vruchten worden geproefd!

10 RASSEN IN FASE 2 BEWAARONDERZOEK IN 2022

Maar liefst 10 rassen namen we op in het fase 2 bewaaronderzoek. Voor peren loopt er onderzoek naar Red Angel, Red Conference, Red Regal Comice, Piqa Boo en Red Modoc. Voor de appels loopt het onderzoek op WUR029, Bonita, Kizuri, Sunspark en T133. Al deze rassen zijn geplukt op twee plukdata en worden bewaard volgens de condities in Tabel 1. De bewaring loopt tot in maart.

TABEL 1. BEWAARCONDITIES VOOR FASE 2 ONDERZOEK

	APPEL	PEER
3% O_2 - 0.7% CO_2	1°C en 4°C	
RA: 20.8% O_2 – 0.03% CO_2	1°C en 4°C	-0.8°C en 1°C
3% O_2 - 0.7% CO_2, 3 weken inkoeling		-0.8°C en 1°C

PLUKDATUM EN ETHYLEENMETINGEN ESSENTIËLE BASIS VOOR GOED BEWAARONDERZOEK

De plukdatum bepaalt de bewaarbaarheid van de vruchten. Daarom steekt VCBT veel energie in het nauwkeurig bepalen van de optimale plukdatum van een nieuw ras. Hiervoor worden rond de vermoedelijke plukdatum verschillende keren stalen geplukt. We volgen de klassieke rijpheidsparameters op, maar ook de ethyleenproductie brengen we in kaart. Zo kunnen we meteen ook al een screening maken in rassen wat betreft de mate van ethyleenproductie: dit zal later belangrijk zijn voor de 1-MCP-toepassingen naoogst en vooroogst en het geeft ons een beeld van de rijping.

Rijpe Red Angel peren

FRED UITGEBREID IN ONDERZOEK FASE 3

Op Fred® peren deed VCBT uitgebreid onderzoek. Allereerst werd een uitgebreid plukdatumonderzoek gedaan waarbij ook nagegaan werd wanneer de ethyleenproductie na de oogst op gang komt tijdens de bewaring. Dit laatste is belangrijk om te weten wanneer een eventuele 1-MCP-toepassing het best wordt uitgevoerd. In een irrigatie-onderzoek gingen we na wat de invloed is van verschillende irrigatieregimes (aangelegd door pcfruit) op de vrucht en bewaarkwaliteit. Hoewel het een nat seizoen was, zagen we dat minder irrigeren leidde tot een hoger drogestofgehalte in de vruchten. Tenslotte testten we verschillende inkoelregimes, bewaartemperaturen en gascondities op diverse herkomsten Fred®. Hierbij is duidelijk dat de temperatuur een duidelijke rol speelt op de grondkleur: een lagere bewaartemperatuur levert een groenere peer op. Sommige partijen blijken gevoelig voor inwendig bruin, andere niet. De gevoelige partijen bewaar je voorlopig best niet in ULO.

STRESSTEST VOOR MIGO

Er is vraag naar stresstesten bij de oogst voor allerlei bewaarziekten. Voor Migo werd een poging gedaan om tot een stresstest te komen voor inwendig bruin. Hiervoor werden bij de oogst 20 partijen gedurende 3 dagen onderworpen aan een stress gasconditie van 20% CO_2, 5% O_2 bij 0.5°C. Na 7 dagen uitstalling werden de peren gecontroleerd op inwendige afwijkingen. Na bewaring volgde een tweede beoordeling van dezelfde partijen om de predictieve kracht van de test te beoordelen. Helaas kwamen er te weinig afwijkingen voor om betrouwbare conclusies te trekken. Wellicht moet de stresstest ook langer aangehouden worden.

SUNSPARK BEWAARCONDITIES IN DETAIL

De beste omstandigheden om Sunspark te bewaren waren 1°C, 1% O_2, 2,5% CO_2 en snel afkoelen. Wanneer we afwijkingen zagen waren deze niet gecorreleerd met de lage temperatuur, lage O_2 of hogere CO_2, maar meer een seizoenseffect en een zwak batcheffect. Vruchten met glazigheid bij de oogst zijn te mijden in bewaring. Op dit moment zien wij voor 1-MCP weinig meerwaarde voor dit ras. We zagen op Sunspark 'peel blotch': dit is een vergevorderd stadium van stip: om dit te voorkomen moeten we zorgen voor alle maatregelen die stip verminderen, zoals een goede teelt, een goede Ca/K-verhouding in de vruchten enz.

STORAGE CONDITIONS OF NEW APPLE AND PEAR CULTIVARS

The variety research has thoroughly changed since 2019. At VCBT we now conduct both phase 2 and phase 3 of the storage . Phase 2 is limited but detailed storage research. Further intensification of the research is done in phase 3 and 4. Taste is also included in the assessments. In 2021-2022 we investigated the storage of cultivars Migo®, Qtee®, Fred® and Sunspark in phase 3. We took a flying start for the harvest of 2022 with phase 2 research on 10 cultivars of apple and pear.

Dit onderzoek werd gefinancierd door EFC (Migo® en Sunspark) en Belorta (Fred®) en Wouters Fruit (QTee®)

Jonge Piqa Boo peer

Al het rassenonderzoek vindt plaats in speciaal ontwikkelde containers

CHIQON: MODEL VOOR KROPGROEI TIJDENS DE FORCERIE

De forcerieomstandigheden bepalen mee de kropkwaliteit bij oogst. Om de veranderingen in een krop op te volgen en de pitlengte te kunnen voorspellen, werkt VCBT aan een model voor de kropgroei van witloof tijdens de forcerie. Hiervoor werden er vorig jaar twee forceriesessies georganiseerd met tal van metingen op verschillende rassen. De eerste resultaten beschrijven de kropgroei zoals verwacht.

HET ENE RAS BEREIKT VEEL SNELLER 50% PITLENGTE DAN HET ANDERE

KROPKWALITEIT BEPAALD DOOR GROOTTE EN PITLENGTE

De kwaliteit van witloof wordt sterk bepaald door de omstandigheden tijdens zowel de veldfase, de bewaring en de forcerie. De productie van een witloofkrop is er één in twee fasen: in een eerste fase groeit de witloofwortel op het veld, wordt deze nadien geoogst en de teler bewaart de wortel na de rooi in koelcellen. Na de bewaring, die van enkele maanden tot bijna jaarrond kan duren, worden wortels in de forcerie geplaatst voor de productie van de witloofkrop. De forcerie gebeurt in het donker in vollegrond of in hydroteelt.

FORCERIESESSIES TONEN KROPGROEI AAN VOLGENS VERWACHTINGEN

De forceertemperatuur hangt af van de wortelkwaliteit en ras. Tijdens de forcerie groeit de witloofkrop. De maat van de krop bepaalt zijn kwaliteitsklasse. In de krop bevindt zich de pit: dit is de stengel van de plant waarop de verschillende bladeren groeien. In een groeiende krop is vooral het percentage pit ten opzichte van de krop belangrijk, omdat lange pitten niet gewenst zijn door de consument.

OVERSCHAKELING VAN EEN BLACK-BOX NAAR EEN MECHANISTISCH MODEL

Na een eerste minder succesvolle poging om via een black-box model de pitlengte te voorspellen aan de hand van de forceertemperaturen, ontwikkelen we nu een mechanistisch model. Dit model zal bestaan uit gekoppelde differentiaalvergelijkingen die de veranderingen in biomassa, suikers en transport van water beschrijven tussen de wortels en de krop. Inuline, een belangrijk bestanddeel, dat is opgeslagen in de wortel wordt omgezet in sucrose en herverdeeld over de groeiende plantendelen. Water wordt opgenomen door de wortels en verder ook verspreid over de groeiende plantendelen. Om zo een model te kunnen opstellen zijn veel metingen nodig per wortel en de resulterende krop.

INDIVIDUELE OPVOLGING PER KROP MET VERENKELINGSNETTEN

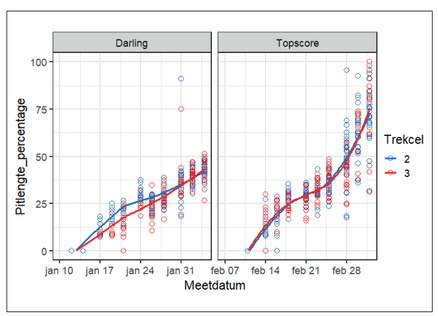
Met een aangepaste proefopzet met verenkelingsnetten op het proefstation van Inagro kunnen we individuele kroppen opvolgen. Er werden twee forceriesessies georganiseerd, een eerste met het ras Darling en een tweede met het ras Topscore. In elke sessie duurde de forcerie 25 dagen in twee verschillende trekcellen. Bij het intafelen van de wortels werd het gewicht, de lengte en diameter ervan gemeten. Tijdens de forcerie werden op 11 momenten kroppen geoogst. Per wortel werden dan het wortelgewicht, de lengte van de laterale wortels, het laterale wortelgewicht gemeten. Per krop werd het kropgewicht, de kroplengte, bladgewicht en de pitlengte gemeten. Ook de kwaliteitsparameters zoals holle pit, roze pit, enz. werden gevolgd. De temperatuur van de verschillende trekcellen verschilde 1°C. Driemaal tijdens de forcerie werden de kroppen ook op VCBT gemeten voor het bepalen van de drogestofgehaltes van respectievelijk de wortels, de bladeren en de pit. De temperatuur van het water en van de lucht werd gevolgd, verder werd ook de pittemperatuur van een aantal wortels gevolgd met behulp van pitsensoren (Figuur 2). De metingen met de pitsensoren werden uitgevoerd op een extra bak die standaard werd ingetafeld zonder verenkelingsnetten.

Figuur 1: De wortels worden in dit forceerexperiment ingetafeld op verenkelingsnetten zodat we elke plant individueel kunnen opvolgen

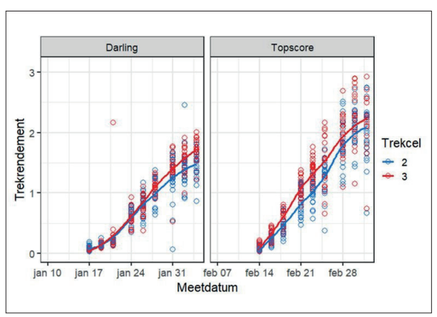
Figuur 2: Sommige van de pitten zijn uitgerust met een pitsensor

EERSTE RESULTATEN BESCHRIJVEN KROPGROEI ZOALS VERWACHT

De grote dataset die de twee forceriesessies oplevert, geeft al enkele inzichten die gelijklopen met de verwachtingen voor kropontwikkeling. De kropgroei start traag en trekt zich na een week op gang. De kroplengte plafonneert voor Darling, maar dit was nog niet het geval voor Topscore. De rassen reageren dus net iets anders op dezelfde groeiomstandigheden. Na 7 dagen forcerie begint het kropgewicht in lineaire wijze toe te nemen. Er zijn kleine verschillen op te merken tussen de trekcellen, zeker ten opzichte van de variabiliteit die al aanwezig is in de wortels zelf. De variabiliteit in de metingen neemt ook toe in de tijd. Wanneer we naar de laterale wortelontwikkeling kijken, zien we dat Darling langere zijwortels aanmaakt dan Topscore, maar dat deze wortels toch een vergelijkbaar gewicht bereiken. Voor de belangrijke parameter pitlengtepercentage zien we dat Topscore veel sneller aan 50% zit dan Darling (Figuur 3). Dit ras lijkt na 19 dagen forcerie te starten met een sterkere groei van de pit. Voor het trekrendement (Figuur 4) zien we wel subtiele verschillen tussen de trekcellen, met een hoger rendement in bij een hogere temperatuur. Het drogestofgehalte van de wortels start rond 24% voor beide rassen en neemt systematisch af naar 10 – 12% tijdens de forcerie. Ook het drogestofgehalte van de laterale wortels, bladeren en pitten neemt af tijdens de forcerie, door het grotere percentage water dat deze plantendelen opstapelen overheen de tijd. De data van de wortels en bijhorende kroppen kunnen nu via de modelvergelijkingen in functie van de temperatuur gezet te worden. De verdere opstelling van het model staat dan ook op de planning voor 2023.



Figuur 3: Het pitlengtepercentage tijdens de forcerie voor de rassen Darling en Topscore



Figuur 4: Het trekrendement ((kropgewicht op wortel) voor de rassen Darling en Topscore

CHIQON: A MODEL FOR CHICORY HEAD GROWTH DURING FORCING

In the ChiQon project VCBT is responsible for the development of a growth model of chicory heads. Chicory head quality is determined by a variety of factors such as growing and storage conditions, but also forcing conditions. In two sessions the cultivars Darling and Topscore were followed for individual roots and consequent head development. The environment as well as the pith temperature was recorded and during the forcing experiment plants were harvested to follow up parameters such as root weight, crop weight, pith weight, etc. With all this information the growth model will be developed.

Onderzoek in het kader van het LA-traject "Kwaliteitsverbetering van witloof doorheen de hele productieketen: ChiQon", HBC.2018.2212, gefinancierd door Agentschap Innoveren en Ondernemen en het Verbond van Belgische Tuinbouwcoöperaties (VBT)

BEWARING VAN YACON

VCBT werkt samen met alle praktijkcentra plant aan de realisatie van het project 'Slimme combinatie van teeltkeuze en technologie voor een rendabele klimaatrobuuste land- en tuinbouw'. In dit kader wordt het potentieel van nieuwe teelten geëvalueerd en gevalideerd. Bataat en yacon kunnen in onze klimaatomstandigheden succesvol worden geteeld. Behoud van kwaliteit en bewaarbaarheid spelen een belangrijke rol in het succes van deze nieuwe teelten. Voor een goede bewaring is het nodig dat het vers geoogste product een degelijke curing (wondheling) ondergaat alvorens koel te bewaren. Deze wondheling is noodzakelijk voor het afharden van de schil. We onderzochten de invloed van curing condities bij yacon met het oog op een kwaliteitsvolle bewaring.

YACON CUREN: EEN MUST OM UITDROGING TE BEPERKEN

EERSTE BEWAARTESTEN MET YACON

De voorbije twee seizoenen gingen we aan de slag met yacon. Van enkele yaconrassen werd de bewaarbaarheid gedurende één maand opgevolgd na het al dan niet curen van de knollen. De hogere temperatuur van 24°C tijdens het curen heeft als doel om de dunne schil af te dichten en wondheling te bevorderen. Een afgeharde schil beperkt het waterverlies en vermijdt het binnendringen van pathogenen. Gewichtsverlies, hardheid, opgelostestofgehalte en algemeen uitzicht werden opgevolgd voor verschillende omstandigheden (al of niet curen en bewaring in kisten met of zonder afdekvel).

GROTE VARIATIE IN VORM EN AFMETING

Gewichtsverlies en gevoeligheid voor schimmels zijn de aandachtspunten voor een kwaliteitsvolle bewaring van yacon. De grote verscheidenheid tussen de knollen (zelfs binnen eenzelfde ras) vormt een bijkomend probleem want de knollen verschillen in drogestofgehalte, kleur (schil), grootte (variërend van 100 g tot 600 g), afmetingen en vorm (eerder knolvormig of langgerekt met spitse uiteinden). De vorm heeft een invloed op de houdbaarheid want een bolvormige knol met grotere verhouding knolinhoud/oppervlakte verliest minder vocht dan een lange spitse knol.

CURING BEPERKT HET GEWICHTSVERLIES TOT 25%

Curing van yaconknollen gedurende één week op 24°C bij 95% RV en vervolgens bewaring gedurende één maand op 12°C in afgedekte bewaarkistjes beperkt het gewichtsverlies tot 25% (Figuur 1). Dat is uiteraard nog steeds veel.

Onmiddellijke bewaring van de knollen op 12°C (met of zonder afdekvel) zonder curing geeft significant meer uitdroging met een gewichtsverlies tot 40%. De hogere (curing)temperatuur zorgt voor het afharden van de schil en het helen van beschadigingen die ontstaan tijdens de rooi en sortering. De knollen waren ook duidelijk minder sterk verschrompeld na de bewaring wanneer ze eerst een curing hadden ondergaan.

HARDHEID BETER NA CURING

Knollen hebben bij de oogst een hardheid van ongeveer 25 Newton (ras 3: 22,5 N en ras 4: 26 N). Na een maand bewaring valt de hardheid terug op ongeveer de helft voor de gecurede knollen (Figuur 2). Niet curen veroorzaakt een daling van de hardheid tot wel 70% percent van de oorspronkelijke waarde. Het opgelostestofgehalte na bewaring stijgt spectaculair van gemiddeld 8° Brix bij de oogst tot 22° Brix na bewaring. Dat komt doordat de knollen vocht verliezen en reservestoffen (fructanen) afbreken tot fructose (Figuur 3). Niet de behandeling maar wel het ras geeft een significant verschil in opgelostestofgehalte na bewaring. Het initieel witte vruchtvlees kleurt tijdens de bewaring duidelijk geler (zie foto).

SPITSE KNOLUITEINDEN GEVOELIGER VOOR SCHIMMELS

Schimmelinfecties treden bij voorkeur op aan de spitse uiteinden van de knollen. Deze uiteinden zijn zeer gevoelig voor kneuzingen tijdens rooi en sortering. Het vermijden van deze wonden is van groot belang want kneuzingen vormen de toegangspoort voor schimmelinfecties. Inwendig verkleurt het vruchtvlees van de met schimmel aangetaste toppen donkerbruin.

Na een maand bewaring blijft na curing ongeveer de helft (ras 4) of 75% (ras 3) van de knollen schimmelvrij; zonder de curing zijn bijna alle knollen beschimmeld (Figuur 4). De betere prestaties van ras 3 zijn mogelijk te verklaren door de vorm want ras 3 heeft meer bolvormige knollen met meer afgeronde uiteinden.

Het initieel witte vruchtvlees van yacon kleurt tijdens de bewaring duidelijk geler.

BEWAARRESULTATEN STERK AFHANKELIJK VAN HET RAS

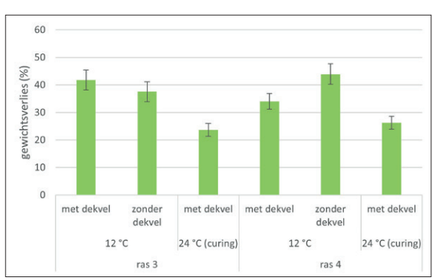
Dit beperkte bewaaronderzoek met slechts enkele rassen toont aan dat een kwaliteitsvolle bewaring voor yacon een moeilijke zaak is. Rassen met knollen met een dikkere schil, meer uniform rond voorkomen en met een grotere verhouding van knolinhoud/oppervlakte drogen minder uit en zijn minder gevoelig voor schimmels.

Curen heeft een positief effect op de bewaarbaarheid want het zorgt voor minder gewichtsverlies, een beter behoud van de hardheid en een hoger percentage knollen zonder schimmel. Zonder curing worden deze resultaten niet geëvenaard, ook niet door het gebruik van afdekvellen. Het bewaarproces is ook duidelijk rasafhankelijk. De vorm van de knollen speelt een belangrijke rol in de bewaarresultaten en kan je via de rassenkeuze beïnvloeden. Verder onderzoek is noodzakelijk om dit te optimaliseren op weg naar een succesvolle yaconteelt in Vlaanderen.

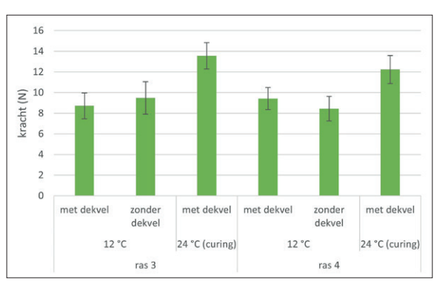
STORAGE OF YACON TUBERS

Yacon tubers have a limited shelf life after harvest. The tubers are sensitive to fungi and lose weight quickly. By curing the tubers for one week at 24°C and then storing them at 12°C in boxes with a cover sheet you can improve the storage results. This limits the strong weight loss (Figure 1), dehydration and fungal attack of the tubers (Figure 4). After curing, the tubers retain better their firmness (Figure 2). Choice of cultivar influences the storage result ; cultivars with tubers with a thicker skin, more uniformly round appearance and with a larger ratio of tuber content/surface area lose less moisture and are less sensitive to mould.

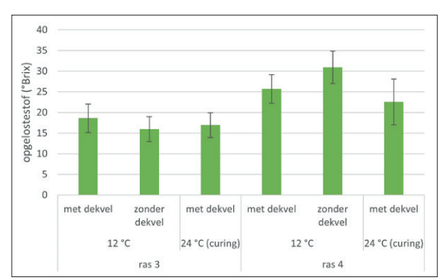
Dit onderzoek werd uitgevoerd in het kader van het project 'Slimme combinatie van teeltkeuze en technologie voor een rendabele klimaatrobuuste land- en tuinbouw' met steun van de Vlaamse Overheid (Departement Landbouw en Visserij).



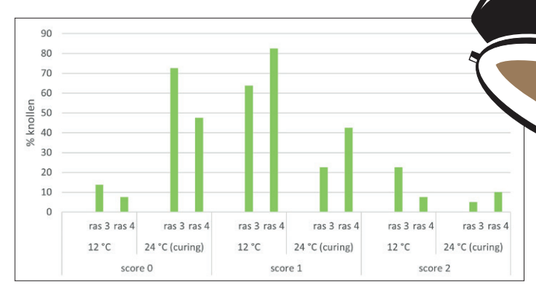
Figuur 1: Gewichtsverlies na bewaring (1 maand bewaren op 12°C bij 80% R.V., het object met curing werd 1 week bewaard op 24°C bij 95% R.V. en daarna 4 weken op 12°C zoals de andere objecten)



Figuur 2: Hardheid na 1 maand bewaring op 12°C bij 80% R.V. (gemiddelde waarden met 95 % betrouwbaarheidsinterval)



Figuur 3: Opgelostestofgehalte na 1 maand bewaren op 12°C bij 80% R.V. (gemiddelde waarden met 95 % betrouwbaarheidsinterval)



Figuur 4: Percentage knollen met schimmelaantasting na 1 maand bewaren op 12°C bij 80 % R.V. (met score 0 : geen schimmel, score 1 : vlekje < 0.5 cm² en score 2 : vlekje > 0.5 cm²)

BEWARING VAN BELGISCHE MELOENEN

Meloenen zijn meestal afkomstig zijn uit Zuidelijke regio's zoals Frankrijk, Italië of Spanje want meloenen hebben nood aan zon en warmte. Door de veranderende klimaatomstandigheden met meer extreme condities is de teelt van lekkere Charentais meloen hier bij ons mogelijk in tunnels of open lucht. Lokaal geteelde vruchten zijn een stap naar meer duurzaamheid want transport over lange afstand wordt hierbij overbodig. We onderzochten voor twee rassen de houdbaarheid, het bewaarpotentieel en de -kwaliteit bij bewaring op 7 °C en op 12 °C. De meloenen blijven ook zoet en sappig na één week koude bewaring.

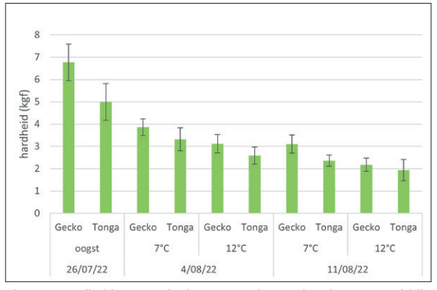
BELGISCHE MELOENEN: CARBON FOOTPRINT LAAG, ZOETHEID HOOG!

MELOENEN IN VELE KLEUREN EN VORMEN

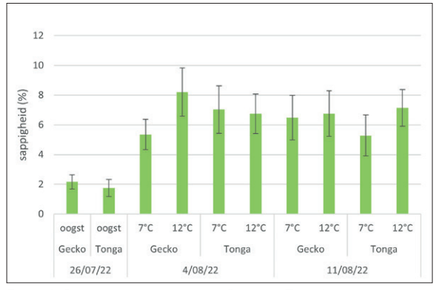
Meloenen behoren tot de familie van de Cucurbitacea. Een EU-database beschrijft meer dan 1500 officiële gecultiveerde meloenrassen. Charentais meloenen zijn bolvormig, hebben oranje vruchtvlees en een gladde geel-groene schil met ribben. Galia meloenen zijn ook bol, maar hebben een oppervlak met borduursels en hun vruchtvlees is groen. In deze proef is gekozen voor twee rassen van het Charentais-type nl. Tonga en Gecko, want in vorig onderzoek produceerden deze rassen goede vruchten in onze streek.

EEN LEKKERE MELOEN IS ZOET, VOLDOENDE HARD MAAR VOORAL SAPPIG

Zoetheid, hardheid en sappigheid van het vruchtvlees en aroma bepalen de eetkwaliteit van een lekkere meloen. Meloenen rijpen na het oogsten verder want het zijn climacterische vruchten. Meloenen kan je dus oogsten vóór hun climacterische piek wanneer ze nog niet volledig op smaak zijn. Tijdens de bewaring en uitstalling bereiken ze hun climacterische piek met maximale ontwikkeling van aromastoffen en optimale smaak. Na de oogst neemt het suikergehalte niet meer toe want meloenen bevatten geen zetmeel. Zoals andere vruchten passen meloenen in een gezond dieet want ze bevatten vezels, vitaminen en mineralen. Charentais meloenen zijn een bron van kalium, vitamine C en vitamine B1. Voor een optimale smaak moet de meloen 10 tot 12 % suiker bevatten. De juiste hardheid maar vooral de sappigheid en de textuur bepalen de eetkwaliteit. Het aroma en de sappigheid bepalen vooral de appreciatie van de consument.



Figuur 1: Hardheid van vruchtvlees van meloenen (Gecko en Tonga) bij oogst en na bewaring op 7°C en 12 °C (gemiddelde waarde met 95 % betrouwbaarheidsinterval)

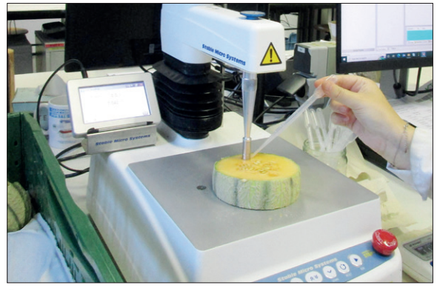


Figuur 2: Sappigheid van meloenen (Gecko en Tonga) bij oogst en na bewaring op 7°C en 12 °C (gemiddelde waarde met 95 % betrouwbaarheidsinterval)

TONGA EN GECKO LEVEREN VRUCHTEN VAN GOEDE KWALITEIT

We bepaalden het opgelostestofgehalte van het vruchtvlees van de meloenen: dat is een maat voor de zoetheid. Bij de oogst bedroeg het opgelostestofgehalte van het vruchtvlees voor beide rassen iets minder dan 12 °Brix. Na bewaring gedurende 1 week of 2 weken op 7 °C of 12 °C (bij 90 % R.V.) gevolgd door 2 dagen uitstalling op 18 °C (bij 80 % R.V.) behield het vruchtvlees voor beide rassen zijn zoete smaak (opgelostestofgehalte van 11 °Brix). Figuur 1 toont de evolutie van de hardheid van het vruchtvlees, bepaald met de universele testmachine. Na bewaren was het vruchtvlees voor beide rassen duidelijk zachter. Bewaring op 7 °C gaf beter behoud van de hardheid van het vruchtvlees in vergelijking met bewaring op 12 °C en het vruchtvlees van Gecko bleef harder dan dit van de Tonga meloenen.

Sappigheid meten we door samendrukking van vruchtvleesstukjes van de meloenen met de universele testmachine op een filterpapier. Uit de hoeveelheid vrijgekomen sap, opgevangen door het filterpapier, wordt de sappigheid (%)berekend. Figuur 2 toont een duidelijke toename van sappigheid na bewaring. Gecko meloenen, bewaard op 12 °C, waren duidelijk sappiger dan deze bewaard op 7 °C; de Tonga meloenen toonden weinig verschil in sappigheid tussen beide bewaartemperaturen.



Simultane meting van hardheid en opgelostestofgehalte bij meloen

BEDERF NA TWEE WEKEN KOUDE BEWARING

Bewaring op 7 °C of 12 °C maakte weinig verschil want na twee weken trad bederf (schimmel) op bij beide rassen. Toch was duidelijk minder schimmel aanwezig bij de Gecko meloenen. Ethyleenmetingen voor vruchten van beide rassen toonden dat Gecko meloenen minder ethyleen produceren dan Tonga zowel na de oogst als na bewaring. Dit kan leiden tot een minder snelle rijping en betere houdbaarheid van Gecko meloenen. Meloenen langer dan één week kwaliteitsvol bewaren vereist een lagere temperatuur of andere maatregelen (naoogstbehandelingen, gewasbescherming). Dit zal uiteraard verder worden onderzocht.

STORAGE OF BELGIAN MELONS

We did a storage trial with 2 cultivars of Belgian Charentais melons (protected cultivation). This demonstrates that storage of melons for one week at 7 °C or 12 °C results in ripe fruits of good quality. After storage for 1 week or 2 weeks at 7 °C or 12 °C followed by 2 days of shelf life at 18 °C, the flesh of both cultivars retained its sweet taste (soluble solid content of 11 °Brix). Figure 1 shows the evolution of the pulp firmness, determined with the universal testing machine. After storage, the flesh was softer for both cultivars. Storage at 7 °C gave better retention of the firmness of the flesh compared to storage at 12 °C and the flesh of Gecko remained firmer than that of the Tonga melons. Gecko melons stored at 12 °C were juicier than those stored at 7 °C; the Tonga melons showed little difference in juiciness between the two storage temperatures (Figure 2). In order to extend the shelf life, melons must be stored at lower temperature condition because 14 days was too long to avoid spoilage (fungal attack). After harvest, Gecko fruits produce less ethylene than Tonga melons; this can facilitate storage.

Dit onderzoek werd uitgevoerd in het kader van het project 'Slimme combinatie van teeltkeuze en technologie voor een rendabele klimaatrobuuste land- en tuinbouw' met steun van de Vlaamse Overheid (Departement Landbouw en Visserij).

ENERGIEBESPARING
BIJ BEWARING VAN FRUIT

In het kader van het Europese Horizon 2020 project ENOUGH ontwikkelen en testen we nieuwe technologieën om CO_2 uitstoot te reduceren en de energie-efficiëntie te verhogen in de Europese voedselketen. Meer concreet nemen wij hier vooral de lange bewaring van fruit voor onze rekening. Samen met KULeuven en het bedrijf Optiflux kijken we hoe we de DCA bewaartechnologie verder kunnen optimaliseren en doorgang laten vinden bij onze telers en veilingen. Een eerste concrete verwezenlijking in het project is de ontwikkeling van een rekentool waarmee we verschillende scenario's van maatregelen voor energiewinst tijdens lange bewaring van fruit kunnen doorrekenen.

MET DE REKENTOOL KUNNEN WE VOOR U BEREKENEN WAT DE WINST/VERLIES VAN EEN AANPASSING ZAL ZIJN

ENOUGH PROJECT GOED ÉÉN JAAR VER

Eind 2021 startte het Europese Horizon 2020 project ENOUGH waarin VCBT meewerkt als één van de 28 partners die over heel Europa verspreid zijn. Voluit luidt de titel van het project 'European food chain supply to reduce GHG emissions by 2050.' Hiermee verwoordt men de doelstellingen van het project. In de eerste plaats wil men een strategie ontwikkelen om een klimaatneutrale voedselketen te implementeren in Europa. Dit wil men bereiken met een systemische aanpak van het gebruik, de opslag, productie en regulatie van energie in de voedselketen waarbij de Europese voedingsbedrijven kwantitatieve en gevalideerde informatie ter beschikking krijgen om naar een zero-carbon uitstoot te evolueren. Daarnaast worden een hele reeks nieuwe technologieën gedemonstreerd om minder energie te verbruiken en minder CO_2 uit te stoten. Het is vooral in één van deze taken dat VCBT bijdraagt in dit project.

ENERGIEVERBRUIK VAN KOELCOMPLEXEN IN KAART

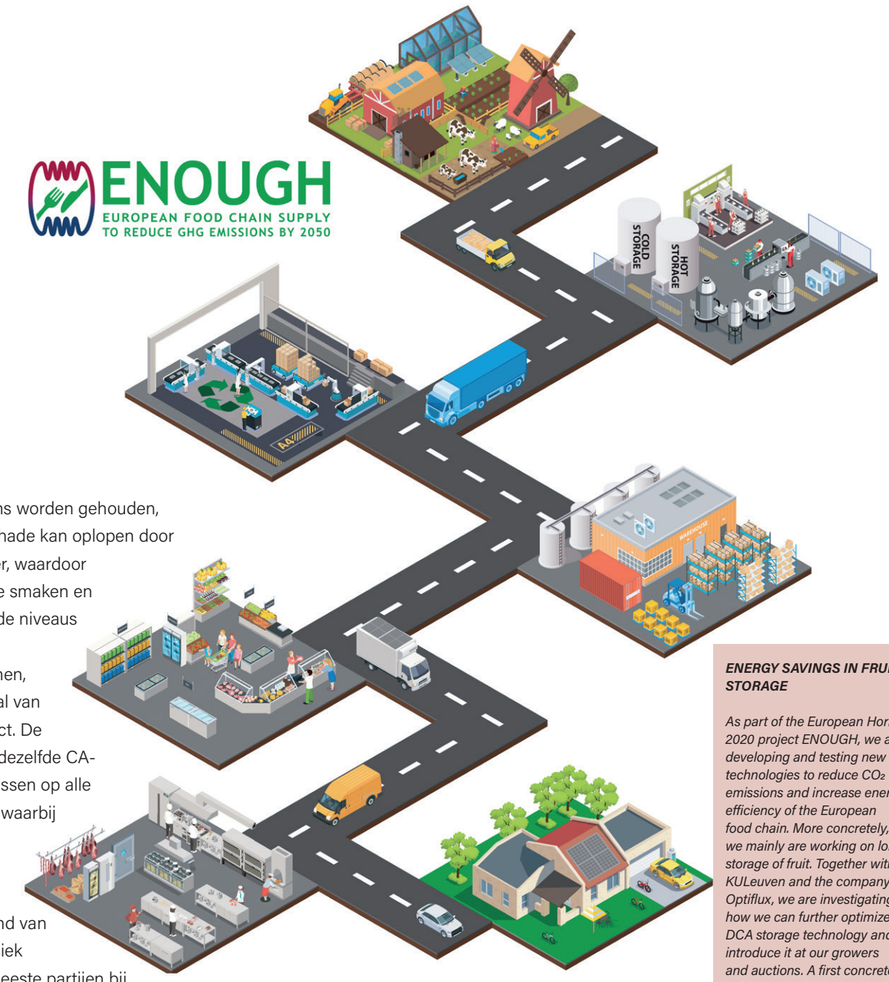
KULeuven en Optiflux zijn de twee partners uit het project waarmee nauw wordt samengewerkt. Eén van de topics waarin we in het project ENOUGH samenwerken met KULeuven en Optiflux, is energiebesparing tijdens lange bewaring van fruit. Enerzijds kijken we naar de kwaliteit en bewaarbaarheid van het fruit om geavanceerde technieken zoals DCA toe te passen wanneer het mogelijk is, maar ook om geen fruit onnodig lang te bewaren als het daar niet geschikt voor is. Anderzijds wordt ook gekeken hoe de koelmachine en het hele koelcomplex optimaler kan functioneren met minder energieverbruik door betere regeling van de koelacties. Hiervoor nemen we nu een aantal koelcomplexen onder de loep.

GECONTROLEERDE ATMOSFEERBEWARING (CA) KAN ENERGIE-EFFICIËNTER

Gecontroleerde atmosfeerbewaring (CA) past lage concentraties zuurstof (O_2) en (meestal) licht verhoogd kooldioxide (CO_2) toe, wat de ademhaling en de bijbehorende rijpingsprocessen gunstig vertraagt. Typische gebruikte omstandigheden variëren van 1 tot 5% O_2 en 0,7 tot 3% CO_2. Om deze specifieke voorwaarden toe te passen, zijn CA-opslagfaciliteiten uitgerust met gasbehandelingsunits zoals CO_2-scrubbers en N_2-generatoren, die door een centrale besturingseenheid worden aangestuurd om de CA-condities te handhaven op basis van regelmatige metingen van gasconcentraties.
Om de gascondities te wijzigen, wordt de CA-lucht door de scrubber gepompt om CO_2 te verwijderen, wordt het O_2-niveau verlaagd door N_2 te injecteren, of wordt buitenlucht ingebracht om het O_2-niveau te verhogen. Afhankelijk van de ademhalingssnelheid van het product wordt continu O_2 verbruikt en CO_2 geproduceerd. Bovendien kan lekkage van buitenlucht de omstandigheden in de koelruimte veranderen doordat zuurstofrijke lucht in de koelcel komt. Dit vraagt om regelmatige monitoring en bijsturing van de O_2- en CO_2-waarden. Deze handelingen verbruiken naast de koelinstallatie aanzienlijke hoeveelheden energie.

ENERGIE-EFFICIËNTE DYNAMISCHE GECONTROLEERDE ATMOSFEER (DCA) OPSLAG

CA-condities zijn product-, ras- en herkomstafhankelijk en worden conventioneel bepaald door bewaarexperimenten. CA-condities moeten strikt worden gecontroleerd, wat betekent dat de O_2-niveaus boven een minimale zuurstofgrens worden gehouden, waaronder het product schade kan oplopen door een te lage zuurstoftoevoer, waardoor fermentatie, onaangename smaken en stoornissen ontstaan. Als de niveaus te hoog zijn, zal de ademhalingsrijping beginnen, wat leidt tot een snel verval van de kwaliteit van het product. De standaard vandaag is om dezelfde CA-omstandigheden toe te passen op alle partijen van hetzelfde ras, waarbij seizoen- en oorsprongseffecten worden genegeerd.
Daarom is de huidige stand van de techniek van CA intrinsiek suboptimaal, waarbij de meeste partijen bij 'veilig' hoge zuurstofniveaus ongewenste verliezen kunnen lijden, geassocieerd met grote energieverspilling voor koeling en gasconditionering.
Deze zijn significant gezien de lange opslagperiodes. Bovendien zijn CA-systemen zwarte dozen, die geen informatie geven over de kwaliteit van het fruit, die voortdurend verandert.



NIEUWE REKENTOOL VOOR ENERGIEWINST (D)CA BEWARING

Het energiebesparingspotentieel van DCA is duidelijk maar onvoldoende onderzocht en in kaart gebracht. In een eerste stap hebben we een rekentool ontwikkeld om het effect verschillende maatregelen op het energieverbruik tijdens (D)CA bewaring te kwantificeren. Stel: je wil de temperatuur van de koelcel aanpassen omdat je denkt dat dit je energie kan besparen. Zekerheid hierover heb je niet want er spelen hierbij vele factoren, zoals isolatie, de ademhalingswarmte van het product, de bewaarduur, bewaartemperatuur, buitentemperatuur, enz. Om na te gaan of een bepaalde maatregel al of niet je energiewinst kan opleveren en dus de moeite is, kunnen we dit makkelijk inschatten met de rekentool. Hiermee kunnen we voor u (vrij) eenvoudig berekenen wat in uw specifieke geval de winst/verlies van de aanpassing zal zijn. We kunnen dit doen voor alle groenten en fruit, voor kortere en lange bewaring. Voor fruit komt daar ook de invloed van de gassamenstelling en het effect van 1-MCP nog bij.
Berekenen is een ding maar meten is een ander. Om de berekeningen echt te kunnen valideren moeten we dit toch toetsen aan metingen in praktijkomstandigheden. Om het specifieke effect van DCA ten opzichte van klassieke CA (ULO) na te gaan zijn we een experiment aan het voorbereiden.

ENERGY SAVINGS IN FRUIT STORAGE

As part of the European Horizon 2020 project ENOUGH, we are developing and testing new technologies to reduce CO_2 emissions and increase energy efficiency of the European food chain. More concretely, we mainly are working on long storage of fruit. Together with KULeuven and the company Optiflux, we are investigating how we can further optimize DCA storage technology and introduce it at our growers and auctions. A first concrete achievement in the project is the development of a calculation tool with which we can calculate various possible measures for energy savings during long storage of fruit.

Onderzoek in het kader van het European Union's Horizon 2020 research and innovation programme, grant agreement No 101036588, European food chain supply to reduce GHG emissions by 2050 (ENOUGH)

WARM BAD EN KOUDE DOUCHE VOOR WITTE ASPERGES

Asperges moeten wit zijn. Vooral bij warm weer treedt roosverkleuring van asperges op. VCBT werkt al een aantal jaren aan de verkleuring van asperge. Uit eerder onderzoek leerden we al dat je asperges meteen in water moet leggen om verkleuring te beperken. In 2022 ging het onderzoek dieper in op het effect van hittebehandelingen na de oogst. Een hittebehandeling vraagt veel inspanning van de teler en moet daarom een duidelijke meerwaarde hebben. Een korte onderdompeling van 2 minuten in warm water gevolgd door een ijskoude douche levert inderdaad wittere asperges op.

DE TIMING VAN DE HITTEBEHANDELING IS ERG BELANGRIJK: 2.5 MINUUT, NIET LANGER EN NIET KORTER

ROOSVERKLEURING = ANTHOCYAANVORMING NA DE OOGST

Roosverkleuring van asperges is een gekend probleem. De asperges zijn mooi wit bij oogst maar kleuren binnen enkele dagen roos door de vorming van anthocyanen (roodblauwe pigmenten) in de schil. In 2016 en 2017 onderzocht het VCBT hoe je met eenvoudige na-oogsthandelingen, zowel op het veld als in de loods, de roosverkleuring van asperges kan beperken. Het resultaat van dit onderzoek was zeer duidelijk: om roosverkleuring te beperken leg je de asperges best direct op het veld in water: hoe sneller, hoe beter. De watertemperatuur is hierbij van minder belang.

ANTHOCYAANVORMING REMMEN DOOR HITTE

Anthocyanen zijn lichtfilterende pigmenten die zich ophopen in plantenweefsels als reactie op allerlei omgevingsfactoren, zoals licht, lage temperaturen of voedingsstress. Deze stressfactoren stimuleren de activiteit van fenylalanine-ammonia-lyase (PAL), een sleutelenzym in de biosynthese van anthocyaan. In het geval van witte asperges geven studies aan dat de activiteit van PAL toeneemt en dat daarom de synthese van anthocyanen na de oogst verhoogt, na een eerste stimulering door licht, onafhankelijk van temperatuur en omgevingsomstandigheden. Onderzoekers in CTIFL toonden aan dat hittebehandeling na de oogst zorgden voor minder roosverkleuring, wellicht dankzij een inhibitie van het PAL-enzyme.

KOELING NA HITTEBEHANDELING

In het meest recente onderzoek in 2022 testten we de invloed van hydrokoeling al of niet in combinatie met een hittebehandeling. De afkoeling na de hittebehandeling is essentieel omdat de asperges zeker niet te lang warm mogen blijven. Een te trage afkoeling na de hittebehandeling gaf in buitenlands onderzoek aanleiding tot zachtere en plakkerige asperges.
Voor dit onderzoek werden 3 behandelingen vergeleken met elkaar voor het ras Backlim, geoogst op 30 maart 2022: zie Tabel 1. Voor de hittebehandeling worden de asperges eerst ondergedompeld in een warmwaterbad met een vooraf ingestelde temperatuur, waarna ze een 'cold shock' in de hydrokoeler (Figuur 1) krijgen om weer snel af te koelen. In de hydrokoeler staan de bakken asperges onder een soort koude douche van water van 2°C. Wanneer het water van de grote hoogte valt, kan het bij sommige producten, zoals kersen, wel schade geven. In deze test viel het water van maximaal 20 cm hoog.

Figuur 1. Hittebehandeling van de asperges in warmwaterbad gevolgd door hydrokoeling

In dit onderzoek gebeurde de hittebehandeling ofwel op 55°C ofwel op 61°C, steeds gevolgd door hydrokoeling, Ook het effect van enkel hydrokoeling werd nagegaan.

TABEL 1. TOEGEPASTE BEHANDELINGEN OP BACKLIM ASPERGES BINNEN 3 UUR NA DE OOGST

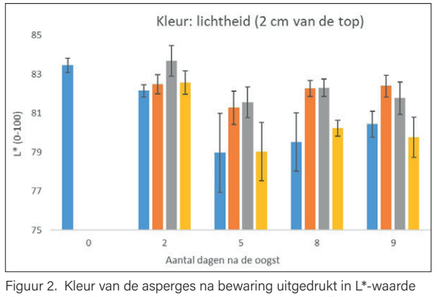
BEHANDELING	BESCHRIJVING
Controle	Geen behandeling, koude bewaring
Hitte 55°C + Hydro	2.5 minuten à 55°C, 20 minuten hydrokoeling à 2°C
Hitte 61°C + Hydro	2.5 minuten à 61°C, 20 minuten hydrokoeling à 2°C
Hydro	20 minuten hydrokoeling à 2°C

WARMSTE BAD GEEFT WITSTE ASPERGES

De kleur, hardheid, gewichtsverlies na bewaring zijn parameters die de kwaliteit van de asperges bepalen. De asperges worden bewaard gedurende 9 dagen bij een temperatuur van 4 à 5°C. In deze proeven waren er geen grote verschillen in hardheid tussen de verschillende behandelingen. De hittebehandelingen veroorzaakten geen taaier worden of verzachting van de asperges. Met een spectrofotometer hebben we de kleur gemeten nét onder de kop, in het midden en onderaan de asperge. In de kleur waren wel duidelijke verschillen zichtbaar. We drukken de witte kleur van asperges uit in de L*-waarde en kijken hierbij vooral naar de waarden gemeten nét onder de kop. De L*-waarde geeft de helderheid weer (0 = donker, 100 = licht), wat voor witte asperges concreet betekent: Hoe hoger de L*, hoe witter de asperge.
In Figuur 2 staan de resultaten van de kleur vermeld. Na enkele dagen bewaring daalt de L*-waarde. Dit geeft aan dat de kleur donkerder wordt. De asperges die een hittebehandeling kregen, gevolgd door een hydrokoeling hadden tot de laatste bewaardag een betrouwbaar lagere L*waarde, hetgeen in de praktijk betekent dat ze zichtbaar witter waren. Een behandeling met enkel hydrokoeling had niet dit gewenste effect.

MOOI RESULTAAT MAAR CORRECTE UITVOERING IS BELANGRIJK

De behaalde resultaten zijn erg bemoedigend. Toch is een praktische uitvoering niet meteen voor morgen. Wanneer je dit niet echt goed uitvoert, laat je het beter achterwege. Want een hittebehandeling waarbij het product nadien niet goed afgekoeld wordt, werkt averechts en levert je plakkerige asperges. Ook de timing is belangrijk: 2,5 minuut: niet korter (te weinig werking) en zeker niet langer (schade). En ten slotte is de temperatuurhandhaving kritisch: tussen 55°C en 61°C moet je het water kunnen houden gedurende 2 minuten.



Figuur 2. Kleur van de asperges na bewaring uitgedrukt in L*-waarde (0 = donker, 100 = licht), gemeten 2 cm onder de top. De error bars geven het 95% betrouwbaarheidsinterval aan.

Figuur 3. De behandelingen hadden geen invloed op de hardheid of taaiheid van de asperges.

A WARM BATH AND COLD SHOWERS FOR WHITE ASPARAGUS

Asparagus needs to be white. Asparagus can pinken and this mainly happens under warm weather conditions. VCBT has been working for several years on this discoloration of asparagus. Previous research has shown that asparagus needs to be put immediately into water to limit the discoloration. In 2022 the investigation specifically looked at the effect of heath treatments after harvest. A short submergence of 2 minutes in water at 61°C followed by a cold shower of 2°C resulted in whiter asparagus with lower L-values (see Figure 2).*

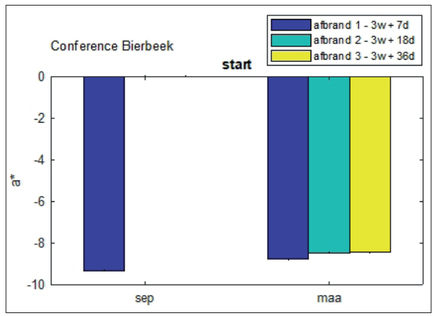
QPEAR: KWALITEITSVOLLE PEREN IN WARMER KLIMAAT

De perenbomen die we nu planten zullen in 2040 nog steeds in productie zijn. Alle klimaatmodellen geven aan dat het klimaat dan heel anders zal zijn. Zullen de huidige bomen en rassen in die gewijzigde omstandigheden nog voldoende productie en goede kwaliteit geven zodat fruit telen nog rendabel is? De meest pessimistische klimaatmodellen geven aan dat in 2040 de gemiddelde jaartemperatuur 2 à 3° hoger zal zijn dan nu. Ongetwijfeld heeft dit effect op de groei van de perenbomen en de kwaliteit van hun vruchten. In het QPEAR project kijken we naar de invloed van het veranderend klimaat op peer. Conference staat hierbij centraal maar andere perenrassen passeren ook de revue.

PERENBOMEN IN KLIMAATKOEPELS MOETEN ONS EEN BEELD GEVEN HOE PERENTEELT MOGELIJK IS IN EEN VERANDEREND KLIMAAT

UITDAGINGEN VOOR DE FRUITTEELT BIJ KLIMAATVERANDERING

Niet enkel de temperatuur zal wijzigen, ook de neerslag, de windsnelheid en vooral de intensiteit van deze fenomenen op bepaalde momenten gaat toenemen: we gaan meer met hitte, overvloedige regen/droogte en storm te maken krijgen. Daar moeten toekomstige bomen en vruchten tegen bestand zijn. In het QPear-project brengen we de risico's in kaart en trachten we oplossingen te bieden. Dit kan door de teeltmaatregelen, oogst- of bewaaromstandigheden aan te passen. In een extreem geval zou ook een advies kunnen volgen om een bepaald ras beter niet te planten, omdat het niet meer rendabel zou zijn onder de nieuwe klimaatomstandigheden, door bv. teveel bewaarproblemen, zonnebrand, groeiachterstand door droogtestress,..



Figuur 1. Kleur van Conference (a*-waarde) bij drie verschillende afbrandscenario's: meteen na bewaring en na uitstalling van 7 dagen bij 12°C. Lagere a*waarde = groener

BOMEN IN KLIMAATKOEPELS HELPEN ONS IN DE TOEKOMST TE KIJKEN

Om te weten hoe een perenboom reageert op een jaar lang groeien in een omgeving die gemiddeld 2°C warmer is dan normaal, hebben we onlangs een aantal volwassen Conference-bomen geplant in klimaatkoepels. Deze klimaatkoepels, Ecotrons, zijn eigendom van UHasselt, partner in het QPear-project. In 3 koepels (foto) heerst het klimaat van nu en in de drie andere koepels heerst het klimaat, dat voorspeld wordt voor 2040 volgens de meest pessimistische klimaatmodellen. In die laatste zal er dus vaker een droogteperiode zijn in de zomer en een hittegolf optreden. De CO_2-concentratie is er wat hoger, de wind waait er anders, kortom: alles wat zal veranderen, is aangepast in deze koepels. Onderzoekers van pcfruit zullen de groei van deze bomen nauwkeurig opvolgen. VCBT zal de kwaliteit, rijpheid en bewaarbaarheid van de vruchten testen. Zo hopen we in de toekomst te kunnen kijken.

MINDER SCRUBBEN OP TOEKOMSTIGE PEREN?

Bij de proefopzet van de eerste bewaarproeven in dit project is er vooral gekeken naar wat mogelijk is met vruchten die onder warmere omstandigheden geteeld zijn. 2022 was daarvoor een ideale zomer! Uit ervaringen van onze zuiderburen weten we dat problemen met hol en bruin veel minder spelen in een warmer en zonnig klimaat. Dat biedt misschien mogelijkheden om wat losser om te gaan met CO_2 in de bewaring van Conference. Nu

houden we CO_2 op een heel laag niveau omwille van het risico op inwendige schade, maar veel scrubben kost energie. Daarom testte VCBT in het najaar van 2022 allerlei regimes voor Conference waarbij we nagaan of ook een hogere CO_2-concentratie mogelijk is in warme jaren (Tabel 1). Wanneer de bewaarkwaliteit van deze vruchten mee zou vallen, kan dit leiden tot aanpassing van het advies van CO_2 in warme groeiseizoenen en dat scheelt euro's.

TABEL 1. VERSCHILLENDE BEWAARCONDITIES DIE IN 2022-2023 GETEST WORDEN VOOR CONFERENCE

BEHANDELING	O_2	CO_2
ULO1	3%	0.7%
ULO2	3%	1.5%
DCA1	variabel	0.7%
DCA2	variabel	1.5%

EERSTE BEWAARPROEVEN LEVEREN METEEN CONCRETE RESULTATEN OP

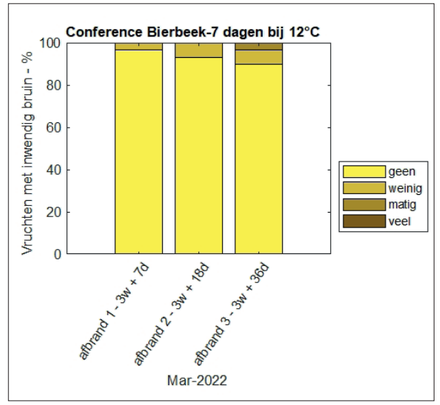
Vooraleer we Conference op lage zuurstof brengen, hanteren we bij de oogst een wachttijd van drie weken. Daarna brengen we de peren op hun optimale zuurstofconcentratie (rond 3%). Dit laatste kan je snel of traag doen. Sommige telers laten de vruchten zelf langzaam de zuurstof op gebruiken: dat duurt dan vaak een drietal weken. Anderen verlagen de zuurstofconcentratie in enkele dagen. In 2021-2022 jaar gingen we na wat de invloed is van de tijd die je neemt voor deze zuurstofverlaging (Tabel 2). Een afbrandtijd van 7 dagen werd vergeleken met 18 en 36 dagen en dat voor drie verschillende herkomsten. Telkens viel op dat trager naar lage zuurstof brengen je een beetje hardheid en kleur kost en eerder bruin geeft in de bewaring (zie figuur 1 en 2). Een traag afbrandscenario van 18 of 36 dagen komt min of meer overeen met de verlaging van zuurstof via natuurlijke ademhaling. Dit levert iets minder harde en minder groene peren op, dan wanneer de zuurstof in 1 dag naar 10% wordt gebracht en nadien in 7 dagen naar 3% zakt. Dit laatste is het scenario dat VCBT standaard adviseerde en dat zullen we voorlopig dus niet wijzigen.

TABEL 2. VERSCHILLENDE AFBRANDSCENARIO'S VOOR CONFERENCE IN PROEF VAN 2021-2022

1	3 weken inkoeling, in 1 dag naar 10%, dan in 7 dagen naar 3%
2	3 weken inkoeling, in 18 dagen naar 3%
3	3 weken inkoeling, in 36 dagen naar 3%

ZIJN ER AANPASSINGEN IN DE TEELT MOGELIJK?

Binnen dit project kijkt pcfruit naar de invloed van een wijzigend klimaat op de teelt in het veld en eventuele aanpassingen die we in de teelt kunnen doen. Irrigatie, bescherming tegen instraling (zonnebrand) en verschillende snoeisystemen liggen in onderzoek.



Figuur 2. Percentage bruine peren van verschillende graad Conference bij drie verschillende afbrandscenario's na uitstalling van 7 dagen bij 12°C.

QPEAR: GROWING QUALITY PEARS IN A WARMER CLIMATE

The pear trees we are planting now will still be in production in 2040. All climate models predict that the climate will be very different at that time. Will the current trees and cultivars still provide sufficient production and good quality in these changed circumstances and will fruit production still be profitable? The most pessimistic climate models predict that in 2040 the average annual temperature will be 2 to 3° higher than now. Undoubtedly this has an effect on the growth of the pear trees and the quality of their fruits. In the QPEAR project we look at the influence of the changing climate on pear. This project is focused on Conference pear, but other pear cultivars are also being studied.

Onderzoek uitgevoerd in kader van QPEAR LA-traject HBC.2020.3206 "Kwaliteit van peer in een veranderend klimaat", gefinancierd door VLAIO en het Verbond van Belgische Tuinbouwcoöperaties (VBT)

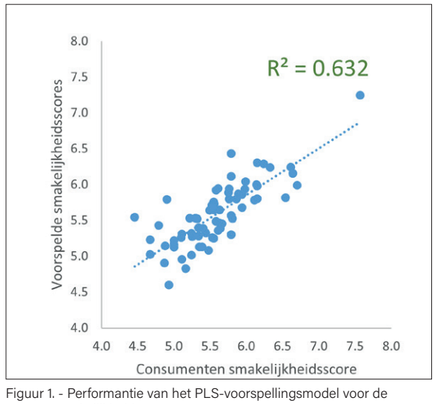
MODEL VOORSPELT DE SMAKELIJKHEID VAN TOMAAT

Jaarlijks ontvangen de praktijkcentra tientallen nieuwe tomatenrassen als proefras voor de segmentatie. De onderzoekers beoordelen de rassen op hun planteigenschappen en vruchtkwaliteit. Consumentenpanels evalueren de smaak van deze vruchten, maar panels zijn duur en beperkt in capaciteit. Daarnaast ondersteunen instrumentele kwaliteitsmetingen de sensorische analyses. Er is nu een smaakmodel dat op basis van deze instrumentele metingen de smakelijkheidsscore van tomaat voorspelt.

HET SMAAKMODEL IS EEN HANDIGE TOOL VOOR VEREDELAARS EN VEILINGEN

TAROMAAT-PROJECT FOCUST OP SMAAK EN AROMA

De karakteristieke tomatensmaak is een combinatie van de verschillende opgeloste stoffen, waaronder suikers en zuren, die je waarneemt in de mond, en de aromatische vluchtige stoffen die je direct of tijdens het kauwen waarneemt met de neus. Consumentenpanels en instrumentele analyses zijn twee klassieke methodes om smaak te evalueren. Het gebruik van consumentenpanels staat het dichtst bij de alledaagse praktijk van de consument. Deze aanpak is helaas tijdrovend, duur en de inzet is beperkt vanwege de sensorische vermoeidheid die vroeg of laat bij de panelleden optreedt. Deze beperkingen zijn er niet bij instrumentele metingen. Door de instrumentele metingen statistisch te koppelen aan de menselijke smaakwaarneming, proberen we de smaakervaring zo goed mogelijk te voorspellen. Zo ontstond het smaakmodel in het LA-traject TarOMAAT.



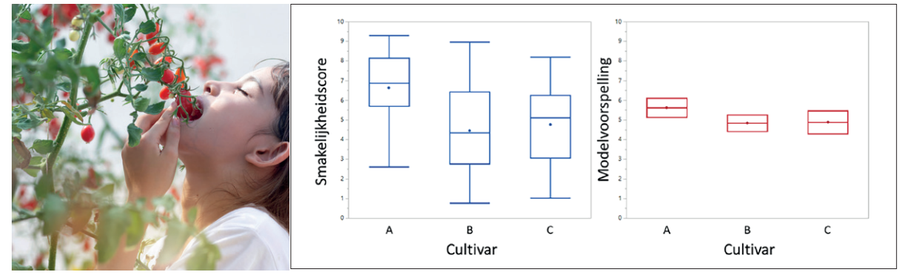
Figuur 1. - Performantie van het PLS-voorspellingsmodel voor de tomatensmakelijkheidsscore

GROTE DATASET VAN 2020 EN 2021 ALS BASIS VOOR SMAAKMODEL

De samenstelling van ons voedsel bepaalt onze smaakervaring. Om een statistisch smaakmodel te ontwikkelen is het daarom belangrijk informatie te verzamelen met een zo groot mogelijke variatie en die vast te leggen. In het TarOMAAT-project gebruikten we daarom het ruime aanbod uit de tomatensegmentatie van 2020 en 2021. Van 60 tomatenrassen werden de smakelijkheid én de belangrijkste smaakcomponenten geëvalueerd met behulp van consumentenpanels en instrumentele metingen. Door vervolgens de instrumentele en sensorische data aan elkaar te koppelen via multivariate statistische technieken, ontstaat een smaakmodel dat de algemene smakelijkheid kan voorspellen.

AROMAMETING ALS EXTRA INSTRUMENTELE METING

De MeBioS-groep van KU Leuven en VCBT gebruiken de SIFT-MS als een snelle niet-destructieve methode voor de meting van het aroma van groenten en fruit. In het TarOMAAT-project is de SIFT-MS dan ook gebruikt voor de profilering van het aroma van de 60 tomatenrassen. PCH en PSKW oogstten de vruchten in een commercieel rijp stadium. Na zeven dagen bewaring bij 18°C volgde een analyse met de SIFT-MS door KU Leuven, in zes herhalingen per ras. Per vrucht krijg je een zogenaamd massaspectrum, een complex signaal dat varieert met de samenstelling en de aanwezigheid van de verschillende vluchtige stoffen. VCBT voerde op diezelfde vruchten nog aanvullende kwaliteitsmetingen van kleur, stevigheid, het opgelostestofgehalte en de zuurtegraad uit.



Figuur 2. - Werkelijke en voorspelde smakelijkheidsscore voor drie cultivars (A-C) uit de tomatensegmentatie 2022 voorgesteld op een schaal van 'niet lekker' (0) tot 'heel lekker' (10).

CONSUMENTENPANELS ALS REFERENTIE

Doorheen de twee jaren beoordeelde een consumentenpanel van ongeveer 70 personen bij PCG de 60 tomatenrassen. De consumenten kregen de vraag om de smakelijkheid van de verschillende rassen te beoordelen, waarbij ze op een lijnschaal van 10 cm, lopende van 'niet lekker' (0) tot 'heel lekker' (10) aangaven wat zij van de verschillende tomatencultivars vonden. De resultaten van de individuele panelleden werden uitgemiddeld om zo één smakelijkheidsscore per tomatenras te verkrijgen.

NIEUW: SMAAKMODEL TOMAAT OP BASIS VAN AROMA

Het verband tussen de instrumentele gegevens (= voorspelde smakelijkheidsscore) en de smakelijkheidsscore van de consumenten werd gemodelleerd door middel van een multivariate partiële kleinste-kwadratenregressie (PLS-regressie) (Figuur 1). Wanneer de voorspelde smakelijkheidsscores gelijk zijn aan de gemeten waarden is de correlatiecoëfficiënt 1 ($R^2 = 1$). Het model voor de 60 geteste tomatenrassen heeft een correlatiecoëfficiënt van 0,63, wat wil zeggen dat het de smakelijkheidsscore van de consumenten redelijk goed kan voorspellen. Naast de klassieke metingen zit het volledige aromaprofiel van de vruchten in dit smaakmodel vervat, en dat is nieuw vergeleken met andere bestaande tomatensmaakmodellen.

MODEL GEVALIDEERD MET DATA VAN 2022

Als validatie hebben we het model toegepast op de tomatensegmentatiedata van 2022. In Figuur 2 worden van drie rassen de voorspelde smakelijkheidsscores gevisualiseerd. Wat meteen opvalt is dat er een grote variatie bestaat tussen de smakelijkheidsscores door de individuele consumenten. Deze grote variabiliteit in consumentenwaardering besloeg nagenoeg de gehele range: bij éénzelfde ras waren er in het panel zowel consumenten die een heel lage score gaven als consumenten die een heel hoog score gaven. Aangezien het model de gemiddelde smakelijkheidsscores voorspelt, zien we hier een veel smallere range in de voorspelling. Het smaakmodel ordent de drie rassen in dezelfde volgorde ten opzichte van elkaar als het consumentenpanel. Voorspellingen kunnen we wellicht nog nauwkeuriger maken door consumenten op te splitsen in segmenten met vergelijkbare voorkeuren, om zo hun grote spreiding in de smakelijkheidsscores te verkleinen.

CONSUMENT HOUDT VAN FRIS, FRUITIG EN ZOET

Op basis van de modellen kunnen we nu zien welke componenten de grootste invloed hebben op de voorspelling en dus op de consumentenappreciatie. Van de klassieke parameters was het opgelostestofgehalte (= zoetheid) de meest invloedrijke component. Op grond van de SIFT-MS data konden we een aantal belangrijke vluchtige componenten identificeren, namelijk acetaldehyde, 6-methyl-5-hepten-2-ol, 1-pentanol, 2-pentanal, β-Ionone, en 2-hexenal / 3-hexenal. Deze vluchtige componenten zijn alle geassocieerd met een fruitige en frisgroene smaak.

SMAAKMODEL ALS TOOL BIJ RASSENSCREENING

Consumentenpanels hebben hun logistieke beperkingen. Er is nood aan een alternatief dat, op grond van instrumentele metingen, een correcte voorspelling kan geven van consumentenappreciatie, zoals bepaald met een echt panel. Het nieuwe tomatensmaakmodel kan dit. Het stelt veredelaars in staat om hun grote range aan nieuw genetisch materiaal snel, objectief en op een gestandaardiseerde wijze te laten screenen. Veilingen kunnen met het model de smaakkwaliteit van tomatenrassen bepalen als onderdeel van de jaarlijkse tomatensegmentatie. In de toekomst zullen we nieuwe aanvullende data verzamelen om het smaakmodel steeds beter en robuuster te maken. Hiervoor blijven de consumentenpanels onmisbaar.

PREDICTION OF TASTINESS OF TOMATO

A taste model was build based on the experimental and consumer data gathered in this project. Through a multivariate partial regression method a taste model was build based on 60 tested varieties. The model was validated on data of 2022. Average scores for tastiness can be predicted. The most influential parameter in the model was soluble solid content. The important volatile components acquired through SIFT analysis were those associated with fruity and fresh green tastes.

Dit onderzoek valt binnen de basiswerking van het VCBT met financiering door de Vlaamse Overheid (Departement Landbouw en Visserij), het Verbond van de Belgische Tuinbouwcoöperaties (VBT) en de provincie Vlaams-Brabant.

GEMOOTHEIDS-BEPALING VAN TOMAAT

Gemootheid is een vormeigenschap van tomaten, voornamelijk belangrijk bij de vleestomaten. Met deep learning, een vorm van artificiële intelligentie (AI), kunnen tomaten worden geclassificeerd naargelang verschillende gemootheidsklasses. Foto's van de kroonzijde geven hiervoor betere resultaten dan deze van de evenaarszijde. Het gevonden algoritme kan even goed classificeren als de keurders.

DEEP LEARNING BIEDT MOGELIJKHEDEN VOOR GEMOOTHEIDS-BEPALING

WAT IS GEMOOTHEID?

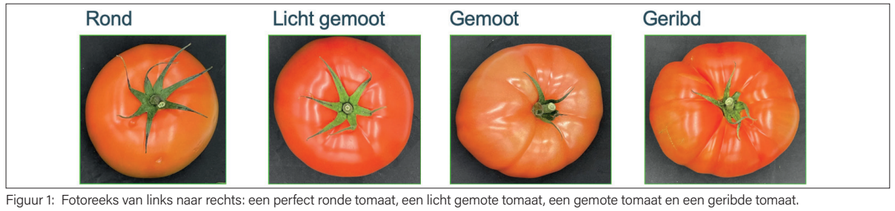
In de supermarkt is er een groot aanbod terug te vinden aan tomaten. Een uiterlijk kenmerk zoals de vorm van de tomaten speelt dan ook een grote rol in de keuze van de consument. De vruchten dienen er goed uit te zien. Specifiek voor vleestomaten speelt hierin dus niet enkel de ideale kleur een rol. De vorm van een tomaat is niet enkel gekarakteriseerd door de grootte en de hoogte- en breedteverhoudingen van de tomaat maar ook door de zogenaamde gemootheid. Dit is een vormeigenschap bepaald door de hoeveelheid en de diepte van inkepingen en groeven op de kroonzijde van de tomaat en hoe ver deze groeven kunnen doorlopen op de zijkanten. Gemootheid speelt vooral een rol bij vleestomaten waar deze vorm gewenst is. Anderzijds is het belangrijk voor andere segmenten van losse tomaten dat de gemootheid afwezig blijft. Het bepalen van de gemootheid is daarom een onderdeel van het segmentatie-onderzoek.

EEN AI ALGORITME OM GEMOOTHEID TE BEOORDELEN

Om de gemootheid op te meten worden er op dit moment visuele beoordelingen uitgevoerd door keurders en onderzoekers van de proeftuinen. We vroegen ons echter af of dit niet sneller kan met behulp van beeldverwerkingstechnieken deep learning, een vorm van artificiële intelligentie (AI). In AI worden computerprogramma's gebruikt om data, foto's of afbeeldingen te analyseren. In ons geval willen we de foto's classificeren. Het computerprogramma bestaat uit een algoritme, dit is in essentie een set van instructies en regels waarmee het een complex probleem tracht op te lossen. Specifiek in dit geval bestaat de input uit foto's gelinkt aan een gemootheidsschaal. Het algoritme 'leert' hiermee welke tomaat welke gemootheid heeft van een bestaande set van foto's.

VEEL BEELDEN NODIG...

In een later stadium kan het algoritme dan gebruikt worden om nieuwe foto's te beoordelen. Het is belangrijk dat elke foto onder dezelfde omstandigheden wordt genomen, want lichtinval en schaduw kunnen de interpretatie beïnvloeden. Bovendien is er zeer veel ruwe data (foto's met de bijhorende beoordeling van gemootheid) nodig om een goed AI algoritme te kunnen bouwen. We verzamelden een duizendtal foto's van tomaten, elk met een verschillende gradatie van gemootheid.
Een foto kan meerdere tomaten bevatten die elk door het computerprogramma worden herkend. Elke tomaat wordt apart geselecteerd en verwerkt tot een foto van één enkele tomaat. Elke individuele tomaat delen we daarna in naargelang vier verschillende klassen: rond, licht gemoot, gemoot en geribd (Figuur 1). Met al deze gelabelde foto's trainen we dan een deep learning algoritme. Daarna volgt er een validatiestap om het algoritme te controleren op nauwkeurigheid. Het beste algoritme kan dan aan de slag met onbekende data, of nieuwe foto's die het vooraf nog nooit eerder heeft geanalyseerd. Deze foto's kunnen dan worden ingevoerd, waarna het algoritme elke tomaat op de foto aan een klasse zal toewijzen.



Figuur 1: Fotoreeks van links naar rechts: een perfect ronde tomaat, een licht gemote tomaat, een gemote tomaat en een geribde tomaat.

KROONZIJDE VOORSPELT GEMOOTHEID BETER DAN EVENAARZIJDE

Gemootheid is een vormeigenschap die zich over de gehele tomaat bevindt. De groeven lopen door tot op of in sommige gevallen zelfs voorbij het evenaarsvlak. Een foto kan echter maar een beeld geven in twee dimensies. Daarom testten we of we voor de bepaling van de gemootheid enkel foto's van de kroonzijde of de evenaarszijde nodig hadden, en of dat er eventueel een verschil zou zijn tussen beoordeling van de algoritmes voor de verschillende zijden. Foto's van zowel evenaarsvlak als van het kroonvlak (Figuur 2) werden gebruikt om een gelijke werkwijze een algoritme te bouwen. De resultaten en de nauwkeurigheid van beide bekomen algoritmes werd daarna vergeleken. Hieruit bleek dat het beste algoritme voor het evenaarsvlak minder nauwkeurig is dan het beste algoritme van de kroonzijde. De kroonzijde is dus beter geschikt om tomaten te classificeren naar gemootheid. Dit is niet zo vreemd vermits gemootheid grotendeels te zien is op de kroonzijde en in sommige gevallen zich niet zo sterk doorzet naar het evenaarsvlak.

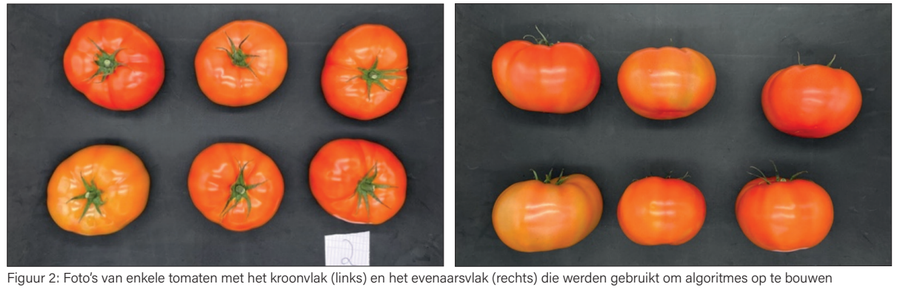
HET ALGORITME DOET HET EVEN GOED ALS DE KEURDERS

Het beste algoritme was in staat om 75,3% van de tomaten in de juiste klasse in te delen. De gemote tomaten zijn in het algemeen iets moeilijker te onderscheiden van de licht gemote tomaten. De ronde en geribde tomaten worden het gemakkelijkst geclassificeerd. Het algoritme werd ook getoetst ten opzichte van keurders. De voorspelling van het algoritme is hetzelfde als deze van een gemiddelde visuele beoordeling. We vonden wel verschillen tussen het algoritme en individuele keurders. Dat is ook logisch: we zoeken immers naar een objectieve instrumentele oplossing omdat de keurders onderling kunnen verschillen en niet even objectief zijn voor deze beoordeling. Je kan dan ook niet verwachten dat de nieuw ontwikkelde methode, als ze beter is, nog overeenkomt met de individuele resultaten van de keurders, maar wel met hun gemiddelde resultaat. Het algoritme evenaart dus de visuele keuring en is operatoronafhankelijk: eender wie het toestel bedient zal dezelfde gemootheid voor een bepaalde partij tomaten bekomen. Bij een keurderbeoordeling is dat nu niet zo. Alhoewel er nog verder gesleuteld dient te worden aan het algoritme om het meer nauwkeurig te maken, doet het huidige algoritme het niet slechter dan de keurders. Het ontbreken van een duidelijk definieerbaar onderscheid tussen de klassen zou een mogelijke oorzaak kunnen zijn van de gevonden verschillen. Er is een betere definitie nodig voor de klassen van gemootheid. Verder zou het uitbreiden van de dataset ook nog voor een verbetering zorgen van de resultaten.

USE OF AN AI-ALGORITHM TO DETERMINE GROOVEDNESS OF TOMATO

An important tomato shape descriptor is called 'groovedness', a specific descriptor used to describe the amount and depth of the grooves or notches mainly found on the crown side of the tomato. A 4-level scale was created for classification: perfectly round, 'lightly grooved', 'grooved' or 'ribbed'. Images were collected and used to train an deep learning algoritm. Models using images taken from the crown side performed better then models using images from the equatorial plane. A model accuracy of 75,3% was found. Comparing the AI-algorithm with the expert panel showed that the algorithm was equally good at classifying images into the different classes, with the added benefit that the AI-algorithm is user independent.

Dit onderzoek valt binnen de basiswerking van het VCBT met financiering door de Vlaamse Overheid (Departement Landbouw en Visserij), het Verbond van de Belgische Tuinbouwcoöperaties (VBT) en de provincie Vlaams-Brabant.


Figuur 2: Foto's van enkele tomaten met het kroonvlak (links) en het evenaarsvlak (rechts) die werden gebruikt om algoritmes op te bouwen

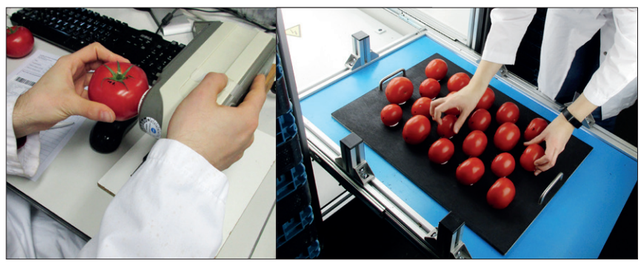
SEGMENTATIEONDERZOEK TOMAAT

Jaarlijks worden er binnen het segmentatieonderzoek tomaat een groot aantal nieuwe rassen bemonsterd om verbeterde rassen te kunnen identificeren voor het Flandria-keurmerk. Dit gebeurt zowel voor de belichte als onbelichte doorteelt. VCBT voert voor de verschillende segmenten instrumentele vruchtkwaliteitsmetingen uit binnen waarvoor er een ISO 17025 accreditatie (BELAC cert.nr.225TEST) is. De andere praktijkcentra volgen andere kwaliteitsparameters zoals productie, teelt- en smaakeigenschappen van de nieuwe rassen op. Nieuwe rassen krijgen steeds een beoordeling ten opzichte van de huidige referentie. Een ras dat voldoet aan de eisen van het Flandria-keurmerk kan tot het segment worden toegevoegd.

KLAAR VOOR OVERSCHAKELEN NAAR DE KLEURENKAST

GEACCREDITEERDE KWALITEITSMETINGEN VOLGENS DE ISO 17025 NORM

De proefcentra (Proefcentrum Hoogstraten en Proefstation voor de Groenteteelt) planten nieuwe interessante rassen op en leveren vijfmaal per jaar per teelt vruchten aan VCBT. Dit gebeurt in het voorjaar (januari tot juli) voor de belichte doorteelt en vanaf april tot september voor de onbelichte doorteelt. VCBT bewaart de tomaten tien dagen bij 18°C en 80% relatieve vochtigheid. Tijdens deze uitstalperiode bepaalt VCBT de prikschadegevoeligheid voor de segmenten van losse tomaten. Het opgelostestofgehalte, de stevigheid en de kleur worden gemeten voor zowel losse tomaten als trostomaten. VCBT garandeert dat er technische betrouwbare analyseresultaten worden bekomen en dit conform ISO 17025 accreditatie. Zo kan er per segment worden vastgelegd of er verschillen zijn in naoogstkwaliteit van de aangeleverde rassen. Verder bekijken we welke rassen beter presteren dan het referentieras.



Figuur 1: De kleur van de tomaat wordt gemeten met zowel een spectrofotometer (a) als de kleurenkast (b).

PRIKSCHADEGEVOELIGHEID: METING VIA SCHUDTEST

Tijdens de verschillende opeenvolgende handelingen tijdens het oogstproces, de sortering, het transport of bij de consument kunnen tomaten worden beschadigd. Bij de meting van de prikschadegevoeligheid gaan we na hoe goed of slecht een ras bestand is tegen deze handelingen. Prikschadegevoeligheid wordt enkel gemeten bij de losse tomaten. Op dag 1 na de oogst worden er voor elk ras 24 onbeschadigde vruchten geselecteerd met een kroon. De tomaten worden per 6 in een EPS-T-kistje gelegd, dat is vastgemaakt aan een elektrische schudder. Deze schudt de tomaten met een snelheid van 200 bewegingen per minuut en een amplitude van 8 centimeter gedurende 5 minuten. De EPS-kistjes zijn voorzien van een schuimrand, zodat enkel de kroontjes van de tomaten andere tomaten kunnen doorprikken. Na het schudden tellen we het aantal prikjes per tomaat en hieruit wordt een prikscore berekend. Hoe meer prikjes aanwezig op de tomaat, hoe lager de prikscore en hoe hoger de prikschadegevoeligheid.

OPGELOSTESTOFGEHALTE: BELANGRIJK VOOR SMAAK

Het opgelostestofgehalte is voornamelijk het geheel van opgeloste suikers, maar ook van de hoeveelheid zuren en zouten. De meting wordt uitgedrukt in °Brix. In het algemeen kan men er van uit gaan dat hoe hoger het opgelostestofgehalte, hoe zoeter een tomaat zal zijn. De meting is dus erg belangrijk voor de smaak. We meten het opgelostestofgehalte op zowel dag 3 als dag 10 na de oogst. Dit gebeurt door tomatensap op een refractometer te druppelen.

TABEL 1. FLANDRIARASSEN PER SEGMENT. NIEUWE PROEFRASSEN EN RASSEN IN HET NIEUWE SEGMENT MARQUIS DIENEN AANGEVRAAGD TE WORDEN VOLGENS DE PROCEDURE VAN DE VEILINGEN.

	PRINCE	BARON	ELITE	PRINCESS	MARQUIS
RASSENLIJST VOOR BELICHTE TEELT 2022 - 2023	Mattinaro Paulanca E15A.42917	Rebelski	Xandor Speedax	Marinice Xaverius	
RASSENLIJST VOOR ONBELICHTE TEELT 2023	Admiro Ebrando Kanavaro Mattinaro Paulanca Tobinaro	Buvena Rebelski Nieuw proefras: 8B17.041	Bronsino Foundation Speedax Xandor	Marinice Xaverius	Ustica Shetland Perimos Martinique

BEMONSTEREN VAN DE STEVIGHEID

Het is belangrijk dat tomaten hu stevigheid behouden na de oogst. Anderzijds mogen ze ook niet te stevig of te zacht zijn bij de start van de uitstalling. We meten de stevigheid op zowel 3 als 10 dagen na de oogst. Hiervoor worden twintig tomaten per ras genomen die elke aan overstaande zijde ter hoogte van de evenaar worden gemeten met een textuurmeter. Deze textuurmeter is uitgerust met een plunjer van 3,5 mm en drukt de vrucht samen over een afstand van 2 mm aan een snelheid van 2 mm/s. De textuurmeter meet de maximale kracht die hiervoor nodig is en drukt deze uit in Newton.

OVERSCHAKELING VOOR KLEURBEPALING PER VRUCHT NAAR HELE KISTEN

De kleur van de tomaten wordt gemeten op dag 10 van de bewaarproef. Dit is het afgelopen jaar gebeurd op twee manieren, met een spectrofotometer en met een kleurenkast (Colourlab) (Figuur 1a en 1b). De spectrofotometer stelt de kleur objectief vast aan de hand van twee waarden: de hue angle en de helderheid. De hue angle geeft aan de hand van graden een evolutie weer inde kleur van rood (0°) naar geel (90°) naar groen (180°) naar blauw (270°). De helderheid wordt opgemeten op een schaal van 0 (donker/zwart) tot 100 (licht/wit). In tegenstelling tot de spectrofotometer kan de kleurenkast een volledige kist met tomaten in één enkele keer opmeten. Hierdoor kan er sneller worden bemonsterd in het lab. Bovendien meet de kast niet enkel een puntmeting op de evenaar, maar wordt de gehele tomaat in overweging genomen. Bij het meten met de kleurenkast nemen we twee foto's, van zowel de voor- als achterzijde van de tomaten. Uit deze foto's worden de RGB-waarden opgemeten en omgezet naar lichtheid en hue-waarden. In februari werd er een extra sessie georganiseerd waarin de metingen met de spectrofotometer en de kleurenkast naast de score van de keurders werden gelegd. Hieruit kunnen we besluiten dat de bemonstering met de kleurenkast meer aanleunde met de beoordeling van de keurders dan deze met de spectrofotometer. Vermits we nu al enkele jaren dubbele data hebben opgemeten en de resultaten positief zijn, is er besloten om vanaf 2023 enkel verder te werken met de kleurenkast.

ALLE DATA WORDT VERZAMELD IN EEN TOMATENDATABASE

Alle data van VCBT en de betrokken proeftuinen in het tomaten segmentatie-onderzoek leveren data aan voor de tomatendatabase. Met deze ruwe data wordt er een algemene eindscore berekend. Dit is een score op een schaal van 0 tot 100 en geeft een beeld van de algemene kwaliteit van een ras. Elke kwaliteitseigenschap wordt in deze berekening apart gewogen naargelang hoe sterk ze doorweegt in de algemene kwaliteit van het segment. De eindscore in combinatie met de data omtrent de productie en de planteigenschappen leidt uiteindelijk naar de beslissing of een nieuw ras al dan niet wordt toegelaten tot een Flandria-segment.

BESLISSING NIEUWE RASSEN 2023

Op basis van de kwaliteitsdata, gewaskenmerken, het smaakonderzoek en de kwaliteit na bewaring wordt er elk jaar een nieuwe rassenlijst opgesteld (Tabel 1). Nieuwe proefrassen dienen aangevraagd te worden voor het zaaien. Een nieuw segment Marquis werd in 2022 toegevoegd om tegemoet te komen aan rassen met ToBRFV resistentie (IR of HR). Indien men een ras uit dit segment wilt telen moet dit worden gemeld aan de veiling voor het zaaien en gelden er verder nog aparte bepalingen.

TOMATO SEGMENTATION RESEARCH

This research aims to identify new tomato cultivars for the Flandria quality label. Different production and quality attributes are followed during the growing season. Tomato cultivars that perform better than the current reference cultivars can be admitted to the Flandria segments. VCBT is responsible for the instrumental fruit quality measurements and assesses susceptibility to puncture injury, firmness, soluble solids content and colour.

Dit onderzoek valt binnen de basiswerking van het VCBT met financiering door de Vlaamse Overheid (Departement Landbouw en Visserij), het Verbond van de Belgische Tuinbouwcoöperaties (VBT) en de provincie Vlaams-Brabant. De database-analyse wordt gefinancierd door de Lavaveilingen.

KWALITEIT VAN NIEUWE PAPRIKARASSEN

Binnen het gebruikswaardeonderzoek paprika doet VCBT het onderdeel vruchtkwaliteit na de oogst. In 2022 beoordeelden we groene, gele en rode paprika's. Hierbij keken we naar de stevigheid, het opgelostestofgehalte en de kleur van de vruchten van 25 verschillende rassen. Voor al deze metingen is VCBT geaccrediteerd volgens de norm ISO 17025 (cert.nr. TEST225). Een systeem van KO-criteria dient om op basis van alle verzamelde data nieuwe rassen te identificeren. Als een nieuw ras beter presteert dan een referentieras, kan het zo worden toegelaten tot de rassenlijst van het volgende teeltseizoen.

STEVIGHEID VAN PAPRIKA NEEMT AF MET ONGEVEER 10N PER WEEK

INSTRUMENTELE KWALITEITSMETINGEN VOLGENS ISO 17025 OP HET VCBT

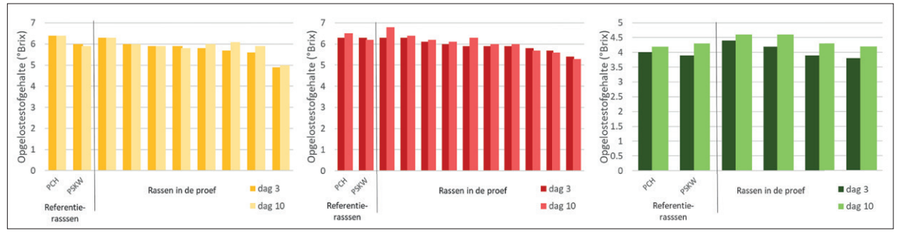
In 2021 hebben we 11 rode rassen, 9 gele rassen en 5 groene rassen paprika's getest. De oogst van deze paprika's loopt van eind maart tot november. Tijdens het begin, midden en op het eind van de teelt brengen de proeftuinen paprika's naar VCBT. Naast de rassen in de proef wordt er ook steeds een referentieras geoogst. Dit referentieras is steeds afkomstig van beide proeftuinen. Tijdens het teeltseizoen worden er driemaal paprika's aangeleverd aan VCBT. Hierna volgt een uitstalling van tien dagen bij 18°C en 80% relatieve vochtigheid. Gedurende die tijd voeren we een aantal instrumentele kwaliteitsmetingen uit zoals de metingen van de stevigheid, het opgelostestofgehalte en de kleur. Voor deze instrumentele vruchtkwaliteitsmetingen is het VCBT geaccrediteerd volgens ISO 17025 (cert.nr. TEST225), dit garandeert technisch objectieve analyseresultaten.

STEVIGHEID: METING DOOR SAMENDRUKKING

De stevigheid is een belangrijke parameter voor de kwaliteit na oogst. Een paprika moet voldoende stevig zijn bij oogst en deze stevigheid ook behouden tijdens de uitstalling. Te stevige paprika's zijn ook niet gewenst. Hiervoor meten we de stevigheid op de derde en tiende dag na de oogst. Per paprika wordt er driemaal gemeten ter hoogte van de evenaar met een textuurmeter. Per ras meten we tien vruchten met een textuurmeter die is uitgerust met een parallelle plaat waarmee de vrucht wordt samengedrukt aan een snelheid van 10 mm/s over een afstand van 5 mm. De resultaten worden uitgedrukt in Newton. Rode en gele paprika's zijn over het algemeen iets steviger in vergelijking met de groene paprika's. De stevigheid neemt af met ongeveer 10 N per week.

OPGELOSTESTOFGEHALTE GROENE PAPRIKA NEEMT TOE TIJDENS UITSTALLING

Het opgelostestofgehalte is belangrijk voor de smaak van de paprika's want het is een maat voor de suikers, zuren en opgeloste zouten in het sap van de paprika's. Het opgelostestofgehalte van een ras bepalen we door tien paprika's te meten, op de derde en tiende dag na de oogst. Per paprika snijden we drie cilindervormige stukjes uit met een handboor op de evenaar van de vrucht. Het sap dat we uit die stukjes drukken, meten we op de digitale refractometer. Voor gele en rode paprika's verwachten we dat het opgelostestofgehalte rond 6 °Brix ligt, groene paprika's hebben een lagere opgelostestofgehalte van ongeveer 4 °Brix. Voor de gele paprika's schommelen de meeste rassen inderdaad rond 6 °Brix, met uitzondering van een ras dat ondermaats scoort met 4.9 °Brix op dag 3 en 5 °Brix op dag 10 (Figuur 1). Ook bij de rode rassen zien we enkele rassen die onder 6 °Brix liggen (Figuur 1). De groene rassen hebben allemaal een opgelostestofgehalte rond 4 °Brix (Figuur 1). Het valt hier echter sterker op dat het opgelostestofgehalte toeneemt na de oogst.



Figuur 1: Het gemiddelde opgelostestofgehalte (°Brix) overheen het seizoen voor de gele, rode en groene paprika's in proef ten opzichte van de referentierassen.

KLEURMETING SPECTROFOTOMETER - COLOURLAB

Ook de kleur na oogst is belangrijk om een onderscheid te kunnen maken tussen de verschillende paprikarassen. Afhankelijk van de kleur (rood, geel, groen) van de paprika, wordt er op verschillende dagen gemeten. Zo worden de groene paprika's op dag 3 bemonsterd, terwijl de rode en gele paprika's op dag 10 worden bemonsterd. Voor elk ras worden tien paprika's gemeten. De metingen gebeuren opnieuw ter hoogte van de evenaar. Rondom de evenaar wordt er met een spectrofotometer vijfmaal de kleur gemeten. De meting wordt uitgedrukt in een hue-waarde en een lichtheidswaarde. De hue-waarde geeft de kleurevolutie van rood (0°) over geel (90°) en groen (180°) naar blauw (270°). Rode, gele en groene paprika's hebben respectievelijk een hue-waarde van 25-30°, 75-80° en 115-118°. Lagere hue-waarden zijn over het algemeen beter. De lichtheid geeft de licht- of donkerheid weer van een kleur en loopt van 0 (donker/zwart) tot 100 (licht/wit). VCBT beschikt ook over een kleurenkast (Colourlab) waarmee we de kleur van volledige kisten onder gestandaardiseerde lichtomstandigheden kunnen meten. De kleurenkast beschikt over een speciale camera en software waarmee we de kleurbepaling uitvoeren. Het afgelopen jaar bepaalden we op dezelfde paprika's de kleur zowel met de spectrofotometer als de kleurenkast. Ook in 2023 zullen we nog dubbele data verzamelen.

© Coöperatie Hoogstraten

NIEUWE RASSEN VOOR 2023

Een ras wordt al dan niet toegelaten tot de teelt onder het Flandria-keurmerk op basis van 'Knock Out' (KO) criteria. Deze grenzen liggen ofwel vast op een bepaalde waarde, of ze liggen in verhouding tot een referentiecultivar. Deze grenzen worden vastgelegd in samenspraak met de kwaliteitsverantwoordelijken van de veilingen. Niet enkel de metingen van VCBT, maar ook deze van de andere proeftuinen moeten voldoen aan de KO-criteria alvorens een ras wordt toegelaten tot de rassenlijst (Tabel 1). Alle rode rassen werden behouden en er is binnen de rode paprika's ook één nieuwkomer: Margrethe. Ook werd de lijst van nieuwe rassen aangevuld met de rassen 35-BR 1487 en Malevi. Voor de gele rassen zijn Moridelli en Solaste verdwenen uit de lijst. Er zijn echter wel drie nieuwe rassen die kunnen worden aangevraagd. Ook bij de groene rassen verdwenen Pursuit en PR 10.0215 uit de lijst. Voor groen zijn er echter geen nieuwe rassen bijgekomen.

TABEL 1. RASSENLIJST VOOR TEELTSEIZOEN 2023

KLEUR	ROOD	GEEL	GROEN
TOEGELATEN RASSEN	Gina	Agostini	Frazier
	Hayden	Allrounder	Raymond
	Ids	Gialte	
	Maduro	Sardinero	
	Maranello	Morbidelli	
	Margrethe		
	Mavera		
NIEUWE RASSEN aan te vragen	35-BR 1487	E20B 0480	
	Malevi	Y09074	
		35-BY 1471	

QUALITY OF NEW CULTIVARS OF BELL PEPPERS

Each year new bell pepper cultivars are grown at the research centers of Sint-Katelijne-Waver and Meerle for screening of production, cultivation quality characteristics. VCBT is responsible for the instrumental fruit quality measurements (firmness, soluble solids content, colour) which are done according to the ISO 17025 guidelines. New cultivars are identified when KO criteria are satisfied, these are then allowed to be grown under the Flandria quality label.

Dit onderzoek wordt gefinancierd door de Lava-veilingen.

KWALITEITS-SYSTEMEN OP VCBT

Het laboratorium van VCBT is een geaccrediteerd laboratorium en voldoet aan de norm ISO 17025:2017. Deze norm beschrijft de eisen voor een kwaliteitsmanagementsysteem speciaal voor laboratoria, zowel op organisatorisch als technisch gebied. De accreditatiescope omvat de uitvoering van routinematige kwaliteits-analyses van appelen, peren, tomaten en witloof. In 2022 breidde VCBT deze scope uit met de drogestofbepaling van appel en peer. We onderzoeken de mogelijkheid van uitbreiding van de scope naar ethyleenmetingen en kleurmetingen met een visiesysteem. Voor onze GEP-erkenning kregen we een vernieuwingsaudit.

SCOPE

Het toepassingsgebied van de accreditatie wordt vermeld in Tabel 1.
VCBT is geaccrediteerd door BELAC onder certificaatnummer 225-TEST.

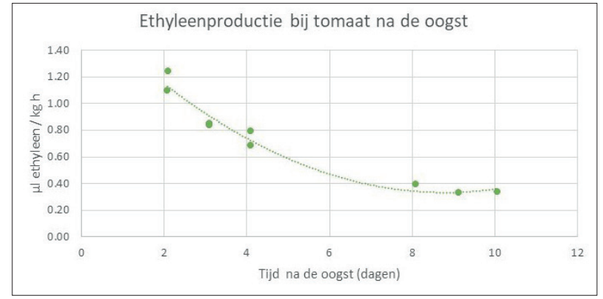
VANAF 2022 TOEGEVOEGD AAN ONZE ACCREDITATIESCOPE: DE BEPALING VAN HET DROGESTOFGEHALTE

TABEL 1. TOEPASSINGSGEBIED (SCOPE) VAN DE ACCREDITATIE

TESTCODE	MONSTERS	GEMETEN EIGENSCHAP MEETBEREIK	BESCHRIJVING VAN DE BEPROEVINGSMETHODE UITRUSTING
MET001	Appelen - Peren - Tomaten - Paprika - Fruit- & groentesappen	Opgelostestofgehalte	Afgeleide van ISO2173 (2003)
MET002	Appelen - Peren - Paprika - Tomaat	Hardheid	Afgeleide van ASAE S368-4 DEC00 (2001)
MET003	Appelen - Peren - Tomaten - Fruit- & groentesappen	Titreerbare zuren	Afgeleide van ISO 750 (1998)
MET004	Appel - Peren - Tomaten - Paprika - Snijvlak van witloof	Kleur	Obtaining spectrometric data for object-color evaluation (ASTM E1164-12 + ASTM E 1331-15)
MET005	Fruit – groenten	Afmeting - 150 mm	Eigen methode
MET006	Fruit – groenten	Gewicht - 12 kg	Eigen methode
MET007	Appelen	Zetmeelontkleuring: visuele beoordeling	• 'Code amidon' 2002. CTIFL Paris • Neuwald, D.A., Streif, J. & Kittemann, D. 2009. Fruit starch degradation patterns in apple cultivars on-tree and off-tree at different holding temperatures. KOB Germany.
MET008	Appelen Peren	Zetmeelontkleuring: automatische meting met camera	• Afgeleid van ' Code amidon' 2002. CTIFL Paris • Neuwald, D.A., Streif, J. & Kittemann, D. 2009. Fruit starch degradation patterns in apple cultivars on-tree and off-tree at different holding temperatures. KOB Germany.
MET009	Appelen Peren	Drogestofgehalte	Afgeleid van Palmer JW, Harker FR, Tustin DS and Johnston J.2010. Fruit dry matter concentration: a new quality metric for apples. J Sci Food Agric 2010; 90: 2586–2594.
MET013	Tomaten	Bepaling van prikschade-gevoeligheid bij tomaten	Measurement of puncture injury susceptibility of tomatoes. PhD-thesis Michèle Desmet, Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen, KU Leuven (2003).

UITBREIDING SCOPE MET DROGESTOFGEHALTE

In de BELAC-audit van 2022 gaf de technisch auditor een positief advies voor de uitbreiding van onze accreditatie-scope met de drogestofbepaling van appel en peer. Deze meting is gebaseerd op gravimetrie. Dit betekent dat we het gewicht van vruchtschijfjes gaan bepalen vóór en na het drogen. We voerden nog een kleine update uit van de biasberekening van deze methode want deze hadden we nog iets onderschat. Door nog meer ringstalen mee in de berekening te brengen kregen we een meer realistische waarde van 0.26%.



Figuur 1: Verloop van de ethyleenproductie bij tomaat in functie van dagen na de oogst.

ETHYLEENMETING BIJ TOMAAT STAAT AL GOED OP PUNT

ETHYLEENMETING VOOR TOMAAT GEVALIDEERD

De ethyleenproductie van vruchten bepalen we met een compact-GC die uitgerust is voor snelle en accurate gasanalyes. In 2022 spitsten we de validatiemetingen vooral toe op tomaat. We kijken hierbij naar de herhaal-baarheid, reproduceerbaarheid en bepalingsgrenzen van onze metingen. Qua reproduceerbaarheid schommelen de variatiecoëfficiënten rond 5%. De bepalingsgrens ligt op 0.08 ppm. Uiteraard moeten we ook het meetmoment kunnen standaardiseren. De ethyleenproductie van tomaten neemt immers af na de commerciële oogst (Figuur 1). Stel dat we cultivars met elkaar zouden willen vergelijken qua ethyleenproductie, dan moeten we vruchten nemen van hetzelfde rijpheidsstadium.

KLEURBEPALING VAN EEN HELE KIST VRUCHTEN VIA VISIESYSTEEM

De standaardmethode bij VCBT om kleur van vruchten te bepalen is gebaseerd op metingen met een spectro-fotometer. Hierbij kwantificeren we niet-destructief de kleur in de CIELAB-ruimte. De parameters L*, a* en b* vertellen ons respectievelijk iets meer over de helderheid, de kleurovergang groen-rood en de kleurovergang blauw-geel. De spectrofotometer doet puntmetingen. Om de volledige vrucht in kaart te brengen moeten we daarom verschillende herhaalmetingen doen wat zeer tijdrovend is.
VCBT kocht daarom een visiesysteem, dit is een lichtkast waarin we van volledige kisten met vruchten foto's kunnen maken (Figuur 2). Na beeldverwerking kunnen we hier ook de CIELAB-parameters bepalen. Hiervoor moet er ook een omzetting gebeuren van de RGB-ruimte naar de CIELAB-ruimte. De belichting bij het visiesysteem is uiteraard anders dan bij de spectrofotometer. Momen-teel onderzoeken we of de metingen van het visiesysteem traceerbaar zijn naar de spectrofotometermetingen.

GOOD EXPERIMENTAL PRACTICES

In 2022 kregen we een vernieuwingsaudit voor onze GEP-erkenning. Mits een klein actieplan zal VCBT de erkenning behouden. VCBT leeft de Goede proefmethoden (GEP) na in het kader van de Europese richtlijn EEG 91/414 die de erkenning van gewasbeschermingsmiddelen voor land-bouwkundig gebruik regelt. Hiermee voldoen we aan de eisen die worden bepaald voor experimenten inzake werkzaamheid, selectiviteit, fytotoxiteit… voor de erkenning van een gewasbeschermingsmiddel. Het toepassingsgebied staat vermeld in Tabel 2 en geldt voor opgeslagen plant-aardige producten.

TABEL 2. TOEPASSINGSGEBIED (SCOPE) VAN DE GEP-ERKENNING

TOEPASSINGSGEBIED	EFFECT OP WERKZAAMHEID	EFFECT OP KWALITEIT	FYTO-TOXICITEIT
Fungiciden	x	x	x
Groeiregulatoren	x	x	x
Insecticide/acaricide		x	x

Figuur 2: Visiesysteem om kleur van volledige kisten vruchten te bepalen.

EXTENDING AND OPTIMIZING QUALITY SYSTEMS

In 2003 VCBT obtained an accredited quality control system according to the ISO/IEC 17025 standard. The accredited scope covers the measurements of quality attributes of fruits and vegetables. In 2022 VCBT extended the scope with the determination of dry matter in apples and pears. We continued the validation work of the ethylene measurements, especially on tomato. Colour measurements are more often being done with a camera vision system, research is ongoing to see whether these measurements can be included in the scope of the accreditation. In 2022 our ISO accreditation was extended. Our GEP license was audited and based on a small action plan the license will be renewed.

De ISO-accreditatie en de GEP-erkenning vallen binnen de basiswerking van het VCBT met financiering door de Vlaamse Overheid (Departement Landbouw en Visserij), het Verbond van de Belgische Tuinbouwcoöperaties (VBT) en de provincie Vlaams-Brabant.

LUCHTVOCHTIGHEID & OOGSTSTADIUM KRITISCHE PARAMETERS VOOR UI-CURING

Curen van ui is essentieel voor een goede bewaring. Welke de optimale parameters zijn voor dit 'helingsproces', dat curing in feite is, bepalen we via simulaties, gevalideerd door praktische metingen. Bij een lage relatieve luchtvochtigheid versnelt de curing. Jong geoogste uien zijn lastiger om te curen. Parameters die werden getest, zijn grootte en rijpheid van de uien, luchtvochtigheid, temperatuur, duur van de curing.

DE BUITENSTE DROGE LAAG VERHINDERT VOCHTVERLIES VAN DIEPER IN DE UI

CURING?? WAT EN WAAROM.

De Engelse term curing betekent genezing. Wanneer we over uien, zoete aardappel enz. praten, dan duidt de term curing op uitharding, de behandeling die producten ondergaan na de oogst om de bewaring beter te doorstaan. Meestal bestaat curing uit een behandeling op hogere temperatuur bij redelijk lage luchtvochtigheid, waarbij de buitenste cellagen uitdrogen/afharden waardoor het product minder gevoelig is voor rot en uitdroging achteraf in de bewaring. Hoewel curing nodig is voor een goede bewaring, zorgt het ook altijd voor uitdroging en daarbij horend productieverlies, nl. zo'n 5 à 10%. Teveel uitdroging geeft bovendien ook barsten in de uien. Een goede kennis van het curingproces is daarom essentieel: het leert ons welke curingstemperatuur, luchtvochtigheid, optimaal zijn voor bepaalde typen, rijpheidsstadia en grootte van uien.

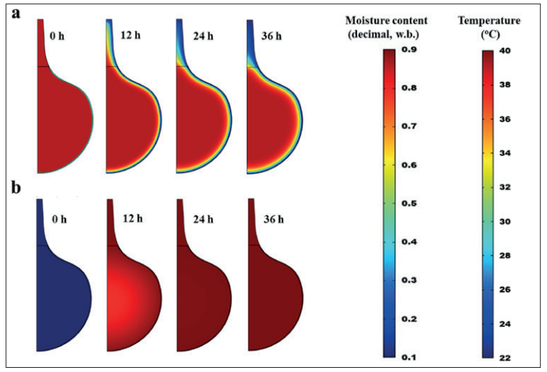
NEK VAN UI IS ZWAKKE PLEK

Tijdens de bewaring verliezen uien vocht via hun buitenste schillen. Bovendien is de nek een makkelijke ingangspoort voor micro-organismen. Daarom is de voorbehandeling van ui er vooral op gericht om enerzijds de buitenste schillen uit te drogen, waardoor deze een goed pantser vormen dat de ui beschermt tegen verder vochtverlies en mechanische schade. Anderzijds zorgt de curing ervoor dat de nek goed afsluit en er hier geen schimmels of bacteriën meer kunnen binnendringen.

MODEL VOORSPELT UITDROGING TIJDENS CURING

Wanneer je een proces wil optimaliseren, ga je één voor één de invloed van alle parameters na. Alle parameters uitgebreid testen in de praktijk is een enorm werk. Daarom werd gekozen om het proces te simuleren en de simulatie te valideren met praktische metingen. Een warmte-massa overdrachtsmodel berekent de verspreiding van warmte in de uien en het vochtverlies, op basis van gekende fysische parameters. Ook de vorm en afmetingen van de uien worden ingegeven in het model. Na de simulaties (uitgevoerd met COMSOL Multiphysics 5.6) volgt een modelvalidatie op basis van experimenten.

Drie temperaturen (30, 40 en 50°C), drie luchtvochtigheden (30, 50 en 70% RV) zijn getest in de curing kamer bij een luchtsnelheid van 0.5 m/s. Om de vochtprofielen van de uien te bepalen werden de vijf buitenste schillen van drie uien per behandeling afgepeld en daarvan het vochtgehalte bepaald. De proef liep op drie verschillende oogststadia van uien bepaald door de mate van verwelking van blad op het veld bij de oogst: stadium 1 (0-20% blad verwelkt), stadium 2 (60-80 % blad verwelkt), stadium 3 (90-100% blad verwelkt). Alle uien werden teruggeknipt op 2,5 cm van de nek.



Figuur 1. Voorspelde vochtverdeling (a) en temperatuurverdeling (b) in een referentie-ui (oogststadium 2, diameter 54 mm) gecured op 40°C bij 50% RV en 0.5 m/s ventilatiesnelheid gedurende 36 uur

DROOMSCENARIO: GOED PANTSER, GOED AFGESLOTEN NEK, WEINIG GEWICHTSVERLIES

Met dit model kunnen we het curing proces nu optimaliseren voor duur (0-60 uur), RV (30-70%), oogststadium en grootte van de uien. Een goed proces levert een goede afsluiting van de nek op: dit kan je meten via het vochtgehalte van de uiennek. Een tweede criterium voor een goed curing proces is de vorming van een goed 'pantser' tegen vochtverlies en beschadigingen door de buitenste schillen: een lagere diffusiviteit van vocht doorheen deze lagen duidt op een betere barrière. Dit alles moet gecombineerd gaan met een minimaal gewichtsverlies van de totale ui.

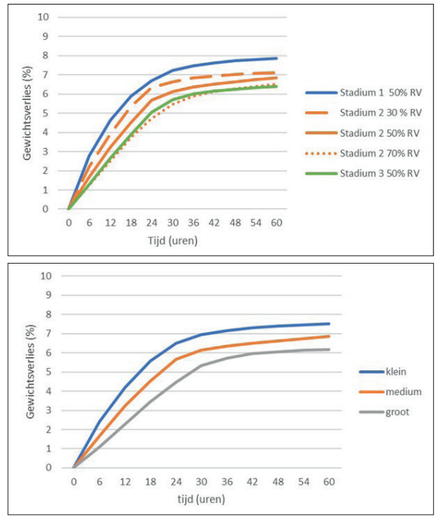
ENKEL BUITENSTE SCHILLEN DROGEN UIT

Bij de simulaties is duidelijk dat de buitenste schillen vrij snel uitdrogen: de blauwe kleur aan de randen geeft reeds na 12 uur een laag vochtgehalte aan. Deze buitenste droge laag verhindert vochtverlies van dieper in de ui. Binnen in de ui blijft het vochtgehalte mooi bewaard en droogt de ui tijdens de verdere curing niet fel uit. Verder is ook goed te zien hoe de nek indroogt en afsluit: zo zal indringing van micro-organismen beperkt zijn. Omdat de nek zo smal is, droogt deze sneller uit en heb je hier het meeste vochtverlies. In Figuur 1b is de temperatuursverdeling weergegeven. In de eerste 12 uren van de curing zijn er grote variaties van temperatuur in de ui, zowel radiaal als in de lengterichting. In de verdere curing wordt de temperatuur veel homogener.

VOORAL OOGSTSTADIUM EN RV SPELEN GROTE ROL

Met dit werkende model kunnen we nu gaan spelen met de parameters en kijken wat het effect ervan is. Zo zien we dat het effect van luchtvochtigheid belangrijker is dan temperatuur of ventilatiesnelheid. Een lagere RV zal je sneller een 'pantser' opleveren, maar er zijn hier grenzen: onder 30% RV ontstaan er ongewenste barsten in de buitenste schillen.

De belangrijkste invloed komt van het oogststadium: uien van een vroegere oogststadium verliezen meer gewicht en hebben een dikkere nek die moeilijker droogt. Een kleinere ui verliest meer gewicht dan een grote. Met het model kunnen we nu bepalen hoe lang er moet optimaal gecured worden bij bepaalde omstandigheden voor bepaalde maten en oogststadia van uien. Zie Figuur 2.



Figuur 2. Gewichtsverlies (%) voor (a) verschillende RV en oogststadia van ui en (b) verschillende maten van ui.

HUMIDITY AND HARVEST STAGE ARE CRITICAL PARAMETERS FOR CURING OF ONIONS

The curing of onions is crucial for optimal storage. The curing process is essentially a healing process. The optimal parameters for this process were determined by simulations and validated by measurements in practice. Low relative humidity accelerates curing while early harvested onions are harder to cure. Other parameters tested are onion size and maturity, humidity levels, temperature and duration of curing. With this developed model we can now determine the optimum curing duration at specific conditions for certain sizes and harvest stage of onions (see Figure 2).

Onderzoek in het kader van een interuniversitaire samenwerking (IUS) met Bahir Dar University in Ethiopië en gefinancierd door de Vlaamse Interuniversitair Raad (VLIR)

AI VOOR AUTOMATISCHE CELMARKERING IN 3D BEELDEN VAN FRUITWEEFSEL

X-stralen micro-CT (computertomografie) is een waardevolle techniek voor het maken van microscopische beelden van de intercellulaire porieruimte van weefsels. De nauwkeurige segmentatie van individuele cellen uit deze micro-CT beelden is echter een grote uitdaging vanwege de onzichtbaarheid van de randen tussen naburige cellen. We onderzochten of artificiële intelligentie (AI) in staat is om individuele cellen te markeren in micro-CT-beelden van appel en peer, wat relevante data biedt voor verder onderzoek van de fruitontwikkeling en de veranderingen in het fruit na de oogst. AI levert in dit geval betere resultaten dan de methodes die we tot nu gebruikten met gespecialiseerde software. Bovendien gebeurt het hele proces automatisch, zonder dat een expert nog moet tussenkomen.

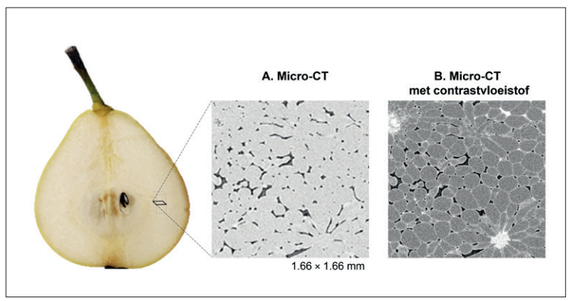
DE AI DOET NU COMPLEXE TAKEN WAARMEE ZELFS EEN EXPERT HET MOEILIJK HEEFT

CELLEN ZIJN DE SMAAK-REACTOREN VAN HET FRUIT

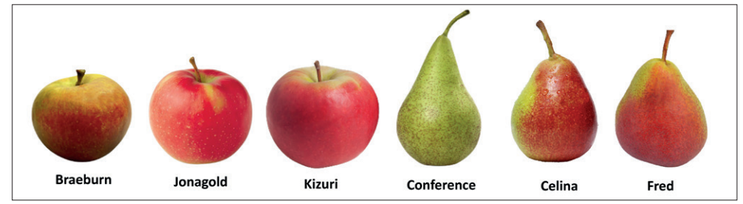
Appel en peer bestaan uit sappig en smaakvol vruchtvlees. Om die unieke smaken te maken doet het weefsel beroep op de biologische werking van de cellen waaruit het weefsel bestaat. In de cellen, als een collectie van complexe micro-reactoren, vinden namelijk de metabolische omzettingen plaats, die zorgen voor de suikers, zuren en aroma's die de smaak vormen. Bovendien zorgen de cellen met hun opgespannen celwanden voor de knapperigheid, en zijn de ruimtes tussen de cellen belangrijk voor het aan- en afvoeren van de gasvormige substraten en producten van de reacties in de cellen. Niet te verwonderen dus dat we onderzoeken hoe de cellen het weefsel vormen, wat hun grootte en vorm is, en hoe ze samengepakt zitten in de vrucht.

MET MICRO-CT IN DE WEEFSELS KIJKEN

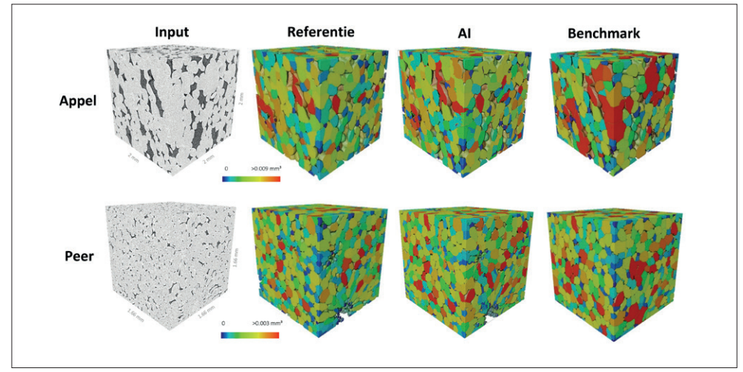
Een eerste stap om de cellen te meten is er beelden van maken. Aangezien het gaat om drie-dimensionele (3D) weefselstructuren, gebruiken we daarvoor de techniek van X-stralen CT. Die laat toe om in het weefsel te kijken zonder dat open te snijden. Dat kan ook op microscopische schaal: dat is dan micro-CT. De resulterende micro-CT-beelden geven in 3D zwart-wit foto's een beeld van de weefselstructuur (Figuur 1A): de celmatrix (lichtgrijs) kan zo onderscheiden worden van de poriën (donkergrijs tot zwart). Aangezien de cellen echter tegen elkaar geplakt zitten, is het niet zo eenvoudig om elke cel apart te gaan markeren. Alternatief gebruiken we contrastvloeistoffen die zich hechten aan de wanden van de cellen. Die contrastmiddelen lichten op in het micro-CT-beeld, en zo kunnen we alle cellen zien (Figuur 1B). Daarvoor moeten we wel de weefselstukjes precies behandelen zodat het contrastmiddel op de juiste plaats komt, zonder dat we de structuur van het weefsel aantasten. Dat is omslachtig en voor de analyse van de beelden moeten we nog beroep doen op speciale software en manuele correcties.



Figuur 1: X-stralen micro-CT van vruchten: A. micro-CT beeld van het weefsel van een Celinapeer; B. micro-CT beeld na toevoegen van contrastvloeistof waarop de celwanden (en steencellen) worden opgelicht.



Figuur 2: Het AI programma werd getraind en getest op weefselstalen van verschillende cultivars van appel en peer.



Figuur 3. Resultaat van de AI markering van cellen op de micro-CT beelden van appel en peer.
De referentiemarkering is gebeurd op micro-CT beelden na toevoeging van contrastmiddelen. De benchmark is een markering uitgevoerd door een expert met gespecialiseerde software. De kleurschaal geeft het celvolume: kleine cellen zijn blauw, grote cellen rood.

AI LEREN CELLEN HERKENNEN EN MARKEREN

Artificiële intelligentie (AI) duidt op het gebruik van computeralgoritmes om via complexe wiskundige netwerken complexe taken uit te voeren. De algoritmes moeten getraind worden om elke nieuwe taak te leren. AI heeft daarvoor een grote hoeveelheid data nodig die tonen wat het juiste eindresultaat moet zijn, en kunnen de taak niet zomaar van de ene naar de andere toepassing succesvol omzetten. Er bestaan reeds AI programma's die beelden automatisch kunnen verwerken. Maar het aanduiden van cellen in een micro-CT-beeld van fruitweefsel is een nieuwe opdracht waarvoor we dus de juiste leerdata moeten aanmaken.

In dit onderzoek ontwikkelden we AI om in de 3D grijsbeelden van vruchtweefsel de cellen te vinden en uit te lijnen. Om de AI te leren hoe ze dat moet doen, maakten we gebruik van de beelden met contrastvloeistof. In totaal maakten we daarvoor een dataset van 5967 grijsbeelden en hun cel-gemarkeerde tegenhangers, van weefselstukjes vruchtvlees van 'Braeburn,' 'Jonagold' en 'Kizuri (Morgana®)' appels, en 'Conference,' 'Celina (QTee®)' en 'CH201 (Fred®)' peren (Figuur 2). Van een aantal vruchten hielden we beelden apart om het algoritme te testen.

AI DOET HET BETER DAN DE EXPERT

Het resultaat van de beeldverwerking tonen we in Figuur 3 op de teststalen die niet gebruikt zijn voor het trainen. Links zien we de originele beelden waarop de cellen moeten gemarkeerd worden. In de tweede kolom zien we de nauwkeurige markering die onze expert maakte van de beelden nadat er contrastvloeistof is toegevoegd. Die gelden als de referentie van de best mogelijke markering van de cellen. De derde kolom is het resultaat van het AI programma: die markeert de cellen rechtstreeks op de grijsbeelden van de eerste kolom zonder dat het de contrastvloeistofmarkering heeft gezien. Die beelden zijn moeilijk te onderscheiden van de referentie. Tot slot zien we in de laatste kolom de markering van de grijsbeelden door de expert met gespecialiseerde software. De expert doet het veel minder goed en zet veel van de celwanden niet op de correcte plaats. We krijgen zones met onrealistisch grote cellen met vreemde vormen die wijzen op een foute markering.

De AI doet het beter wanneer het op data van appel, of appel en peer samen, is getraind, dan wanneer het enkel op peer is getraind. De winst van de AI wordt gehaald uit het feit dat het hele proces automatisch verloopt, zonder dat er nog een expert aan te pas komt.

USING AI FOR AUTOMATIC CELL MARKING IN 3-DIMENSIONAL IMAGES OF FRUIT TISSUE

Obtaining high-quality 3D information about the spatial organization of cells and intercellular spaces in fruit is crucial for a better understanding of postharvest storage. X-ray micro-CT is a valuable tool for obtaining microstructural information about the intercellular pore space and individual pore sizes and shapes of tissues. However, accurately segmenting of individual cells using micro-CT is challenging due to negligible density differences at cell-to-cell interfaces. To overcome this challenge, artificial intelligence (AI) based models were developed to segment individual cells in X-ray micro-CT images of pome fruit, which is relevant for fruit growth and postharvest physiology. Ground truth data were obtained by segmented contrast-enhanced scans of apple and pear fruit samples. The results of the study indicate that apple tissue is easier to segment compared to pear tissue. Overall, the development of AI-based models for accurate segmentation of individual cells in fruit tissues using X-ray micro-CT provides a promising solution for obtaining high-quality 3D information of the spatial organization of cells and intercellular spaces in fruit for better understanding of postharvest storage. Once trained, there is no need for expert intervention.

Onderzoek in het kader van het SBO-project "FoodPhase", S003421N, gefinancierd door het Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek (FWO). De micro-CT beeldvorming werd uitgevoerd in de XCT Core Facility van KU Leuven.

MICROSCOPISCHE BLIK OP VERVORMING VAN APPELWEEFSEL IN 4 DIMENSIES

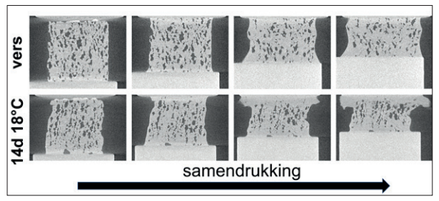
De hardheid van fruitweefsel bepaalt in grote mate de kwaliteit. Vers fruit is knapperig en sappig. Afgeleefd fruit is vaak zacht en melig. Die verschillen hebben te maken met hoe het vruchtweefsel vervormt tijdens het samendrukken tussen de kiezen, iets wat we ook machinaal kunnen testen op een universele testmachine. De textuurervaring van het vruchtvlees tijdens het samendrukken zijn het gevolg van hoe de cellen in het weefsel ten opzichte van elkaar bewegen en al of niet breken. Die celbewegingen kunnen we nu ook visualiseren door het samendrukken van weefselstukjes uit te voeren in een X-stralen CT-scanner die de veranderende microstructuur van het weefsel in beeld brengt. Zo zien we in real time de drie-dimensionele structuur van het weefsel instorten tijdens een compressie.

4D CT BIEDT NIEUWE INZICHTEN IN DE HARDHEIDS-VERANDERINGEN VAN FRUIT

TIJD + 3D-BEELDEN = 4D-BEELDVORMING VAN COMPRESSIE

Om een samendruktest uit te voeren in een CT-scanner, moeten we een speciale opstelling bouwen die een stukje weefsel gecontroleerd kan samendrukken terwijl we X-stralen beelden nemen. In de XCT Core facility van KU Leuven is zo'n opstelling nu beschikbaar (Figuur 1). We testten de opstelling uit op kleine stukjes vruchtvlees van appel, vers en na 2 weken uitstalling bij 18°C.

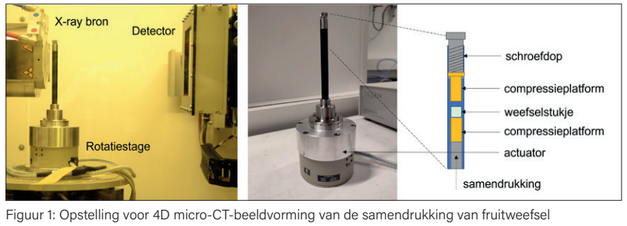
De scans werden genomen met een beeldresolutie van 9 µm, zodat we de cellen en de poriën in het weefsel kunnen onderscheiden. De compressie duurde 17 minuten aan een compressiesnelheid van 0.1 mm/min. In totaal werden 27 scan genomen. Er was 35 seconden nodig voor één scan.



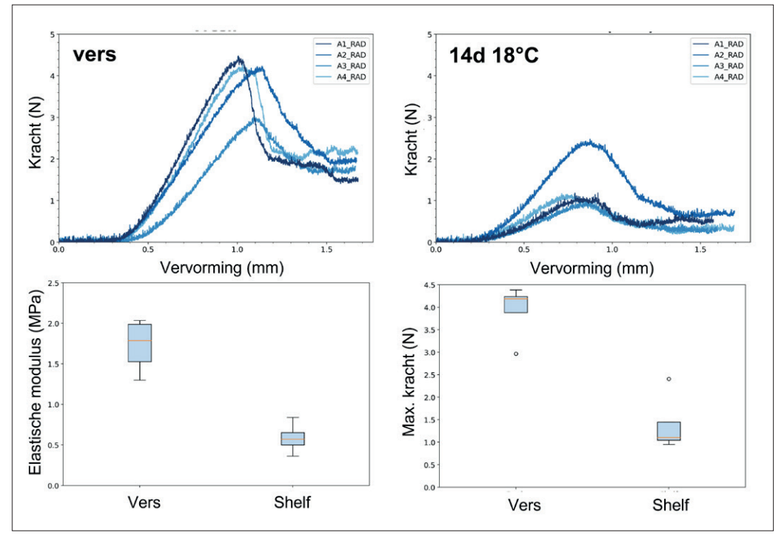
Figuur 2: Micro-CT snapshots van de microstructuur van appelweefsel tijdens een compressie.

MICROSTRUCTUUR VERVORMT ANDERS IN VERS WEEFSEL DAN NA UITSTALLING

Figuur 2 toont de CT-scans van verse stukjes appelweefsel en na 2 weken uitstalling op 4 momenten tijdens de compressie. We zien hoe de cellen worden samengedrukt en de porositeit geleidelijk afneemt. In het vers stukje weefsel treedt er breuk op in het middenvlak. In het zacht weefsel na uitstalling daarentegen, zien we grote schade waar het weefsel tegen het compressieplatform wordt gedrukt. De vervorming tijdens het verloop van de compressie kunnen we ook visualiseren door een correlatie van de opeenvolgende scans. Figuur 3 toont duidelijk het verschil in compressiegedrag van de twee stukken weefsel.



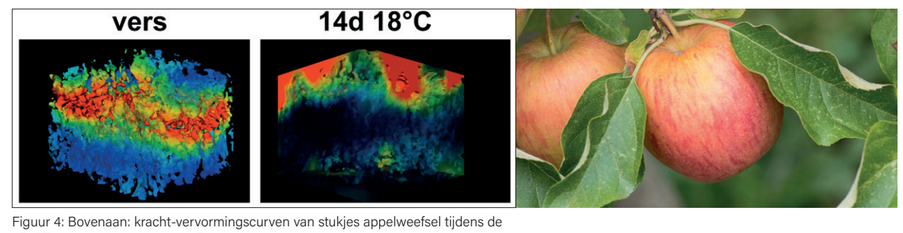
Figuur 1: Opstelling voor 4D micro-CT-beeldvorming van de samendrukking van fruitweefsel



Figuur 3: 3D plot van de vervorming van de cellen in de weefselstukjes: blauw: geen vervorming, rood: grote vervorming.

VERANDERINGEN IN STRUCTUUR LINKEN AAN MECHANISCHE EIGENSCHAPPEN

Uiteindelijk willen we de beelden uit Figuren 2 en 3 linken aan de mechanische eigenschappen die de hardheid of textuur bepalen. Figuur 4 geeft de kracht-vervormingscurves van de weefsels tijdens de 4D CT-meting. Het verschillend gedrag van de cellen tijdens de compressie vertaalt in andere vervormingscurves. Voor een zelfde vervorming is er minder kracht nodig op het weefsel na uitstalling, wat erop duidt dat ze merkelijk zachter zijn. Dat vertaalt zich ook in significant lagere elasticiteit en piekkracht. In het verdere onderzoek willen we deze resultaten linken aan de microstructuur-eigenschappen van het weefsel.



Figuur 4: Bovenaan: kracht-vervormingscurven van stukjes appelweefsel tijdens de 4D CT-meting (4 herhalingen). Onderaan: mechanische eigenschappen van de weefselstukjes (elastische modulus en maximum compressiekracht).

A MICROSCOPIC LOOK AT THE DEFORMATION OF APPLE TISSUE IN 4 DIMENSIONS

The firmness of fruit tissue largely determines its quality. Fresh fruit is crunchy and juicy. Senescent fruit is often soft and mealy. These differences are correlated with the deformation of the fruit tissue during compression when chewing, something that we can also test mechanically on a universal testing machine. The texture experience of the pulp during compression is a result of the way that cells in the tissue move relative to each other and whether or not they break. We can now also visualize these cell movements by compressing tissue pieces in an X-ray CT scanner that visualizes the changing microstructure of the tissue. In this way we see in real time the three-dimensional structure of the tissue collapsing during compression, while measuring the mechanical properties.

Onderzoek in het kader van doctoraatsonderzoek (mandaatnummer 1SE3521N en 1189422N), gefinancieerd door het Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek (FWO). De 4D CT-metingen werden uitgevoerd in de XCT Core Facility van KU Leuven.

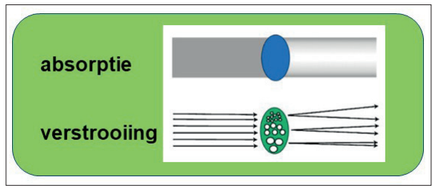
METING VAN DEFECTEN IN FRUIT DOOR VERSTROOIING VAN X-STRALEN

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

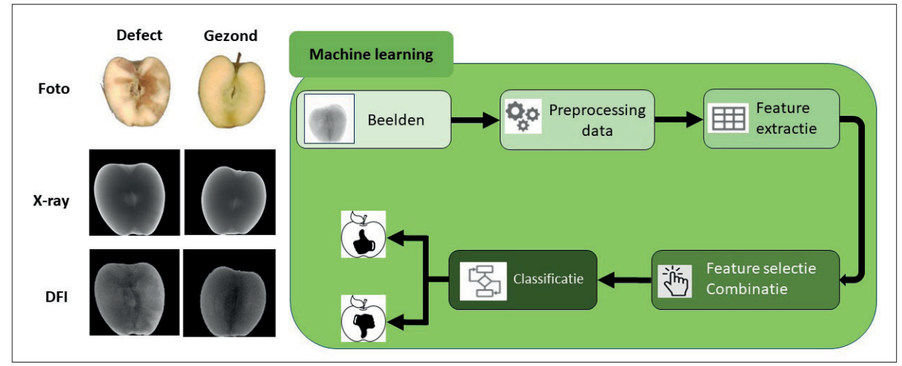
DFI is gebaseerd op het fysische fenomeen van breking van X-stralen, en vertegenwoordigt de totale hoeveelheid straling verstrooid bij ultrakleine brekingshoeken, b.v. veroorzaakt door microscopische inhomogeniteiten in het fruit, veroorzaakt door de poriën en vezels in het weefsel (Figuur 1). Met dark 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 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.



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).

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.

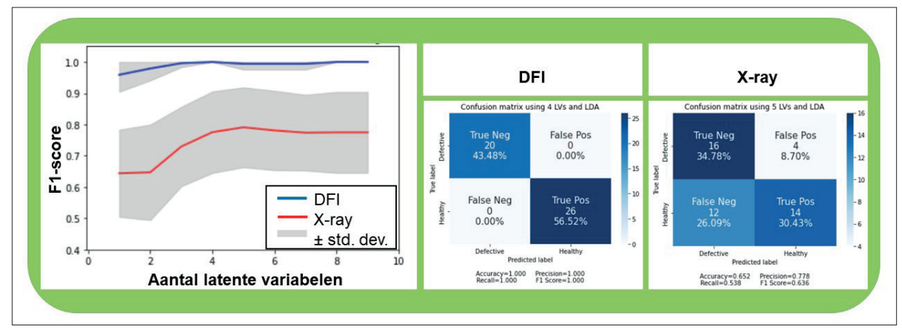


Figuur 2: DFI en X-stralen beelden van Braeburn appels met en zonder bruinverkleuring. Beeldverwerking met machine learning op basis van berekende kenmerken (features) van de beelden.

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

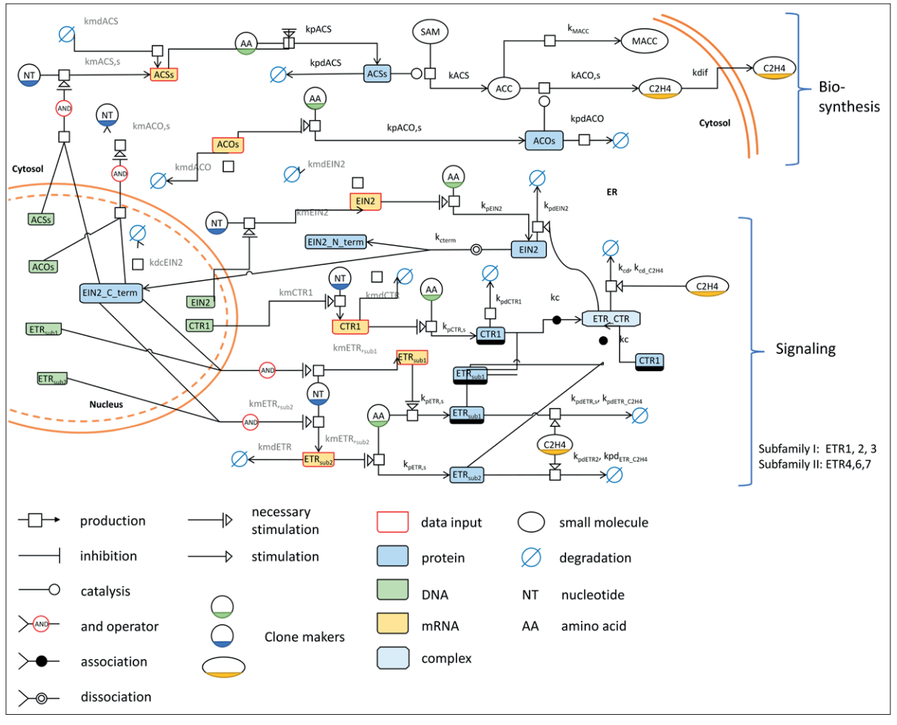
MODEL VOOR PRODUCTIE EN SIGNAALWERKING VAN ETHYLEEN

Wiskundige modellen kunnen helpen om complexe biologische processen te ontwarren. Zo gebruikt VCBT modellen om de veranderingen in naoogstkwaliteit te voorspellen om zo de praktijk beter te kunnen adviseren. De biosynthese en signalering van ethyleen zijn twee belangrijke routes in de plantenfysiologie, waaronder de rijping van fruit. Deze studie had tot doel een kinetisch model van ethyleenbiosynthese en zijn signaalroutes te ontwikkelen, uitgaande van de transcripten. Het model maakt het mogelijk om de veranderingen in de tijd te beschrijven van verschillende componenten van de biosynthese van ethyleen en de signalering ervan tijdens de rijping van tomaat.

HET MODEL HELPT MET DOELGERICHT VEREDELEN, BIJVOORBEELD VOOR DE ONTWIKKELING VAN HITTETOLERANTE SOORTEN DIE OOK ONDER WARME CONDITIES GOED AFRIJPEN

ELK MODEL BEGINT MET EEN GOED BEGRIP

Om een wiskundig model uit te schrijven vertrekken we vanuit wat gekend is in de literatuur. Soms is dit zeer gedetailleerde informatie, en voor sommige stukken is er misschien nog niet voldoende bekend. In functie van de metingen die we kunnen verzamelen wordt het verhaal vereenvoudigd om de complexiteit in overeenstemming te brengen met de informatie die we kunnen bekomen. Bij onvoldoende bewezen inzichten zullen we realistische aannames moeten maken om ons verhaal op te baseren. Zo werd er een conceptueel model gemaakt dat de samenhang beschrijft tussen ethyleenbiosynthese en zijn signaalwerking (Figuur 1). Hierbij wordt het volledig pad van genexpressie tot afgifte van ethyleen (C2H4) meegenomen. Zowel de verschillende sleutelenzymen (ACS, en ACO) als de belangrijkste tussenproducten (zoals ACC) zijn hierin opgenomen. In een laatste stap wordt ethyleen afgegeven door de vrucht.



Figuur 1: Weergave van het conceptueel model voor ethyleenbiosynthese en signaalwerking

De ethyleenbiosynthese is al goed gekend, maar er is nog veel onduidelijk rond de signaalwerking van ethyleen. Hierbij is een grote familie van ethyleen-receptoren (ETR en CTR) betrokken die samen ethyleen kunnen waarnemen. Elk van deze eiwitten wordt constant vers aangemaakt en na verloop van tijd weer afgebroken. De essentie is dat na detectie van ethyleen er een signaaleiwit (EIN2) naar de kern kan gaan waar het diverse processen opstart die bijvoorbeeld te maken hebben met vruchtrijping.

Uiteindelijk werd het conceptueel model uit Figuur 1 vertaald in overeenkomstige wiskundige uitdrukkingen die het mogelijk maken de resultaten getalsmatig uit te drukken. Verder werden experimentele metingen verzameld van tomaten geteeld onder warme en gematigde groeitemperaturen om het model te ijken.

WAT HEBBEN WE GELEERD OVER DE ETHYLEENBIOSYNTHESE

Voorlopige resultaten laten zien dat de gemeten hoeveelheid aan enzymen (ACO en ACS) en hun activiteit in overeenstemming is met de gemeten genexpressie. Verder zien we dat de verschillende vormen van eenzelfde enzym verschillend bijdragen aan de totale opgemeten activiteit en dus ook aan de waargenomen ethyleenproductie. Uit de analyses blijkt verder dat de ethyleenproductie sterk gereguleerd wordt door de beschikbare hoeveelheid SAM, de primaire grondstof voor de ethyleenproductie. De resultaten tonen ook aan dat onder verschillende groeiomstandigheden (warme versus gematigde groeitemperaturen) de kinetiek van de ethyleenbiosynthese gelijkaardig blijft.

WAT HEBBEN WE GELEERD OVER DE SIGNAALWERKING

Ervan uitgaande dat de aanmaak van de ethyleen-receptoren hetzelfde is bij de verschillende groeiomstandigheden, tonen de resultaten aan dat de hogere temperaturen de afbraak van de receptoreiwitten lijken te versnellen. Dit heeft zijn effect op de gevoeligheid aan ethyleen. Het model voor de signaalwerking is helaas te complex voor wat we met de experimentele data kunnen onderbouwen. Uiteindelijk hebben we dit model dus moeten vereenvoudigen. Op dit moment hebben we ook nog geen data beschikbaar om de koppeling te maken naar bijvoorbeeld de kleurverandering en het afrijpen van de vrucht. Dit gaat in de nabij toekomst nog wel gebeuren.

PLANNEN MET HET MODEL

Een eerste belangrijk resultaat is dat het opstellen van een dergelijk model ons dwingt om goed te kijken naar wat we weten van ethyleenproductie en zijn signaalwerking. Door zo de tekorten in onze kennis te achterhalen, gaan we beter onderzoek kunnen uitvoeren in de toekomst. Een goed begrip van het mechanisme van ethyleengereguleerde rijping van tomaat is belangrijk om op termijn de vruchtkwaliteit en de houdbaarheid na de oogst verder te verbeteren. Het model maakt het mogelijk de rol van de verschillende enzymen en signaaleiwitten te achterhalen waar we dan doelgericht op kunnen gaan veredelen, bijvoorbeeld voor de ontwikkeling van hittetolerante soorten die ook onder warme condities goed afrijpen. Hoewel tomaat als modelsysteem werd gebruikt, verwachten we dat de resultaten overdraagbaar zijn naar andere belangrijke climacterische vruchten.

KINETIC MODELLING OF ETHYLENE BIOSYNTHESIS AND ITS SIGNALLING PATHWAYS IN TOMATO FRUIT

Kinetic modelling is a mainstream approach to untangle complex biological networks and their regulation in response to different conditions. The kinetic model is a useful tool to predict the changes of fruit quality and the shelf-life, eventually improve postharvest practices and to control fruit quality. Ethylene biosynthesis and signalling are two key pathways in plant physiology including fruit ripening. This study aimed to develop a kinetic model of ethylene biosynthesis and its signalling pathways starting from the transcripts. The model allows to describe the changes in time of different components of ethylene biosynthesis and its signalling during tomato fruit ripening and in response to various postharvest conditions.

Dit onderzoek werd gefinancierd door NAFOSTED (FWO.106-NN.2017.01) en het VLIR-UOS Global Minds programme 2018.

AI VOOR HET MAKEN VAN CT-BEELDEN VAN FRUIT

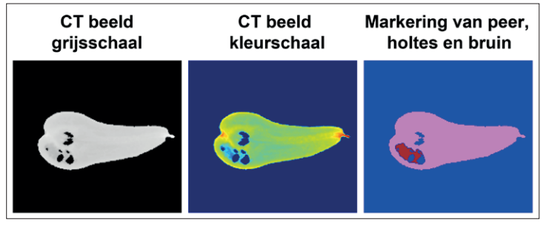
De identificatie van defecten in fruit met X-stralen computertomografie (CT) beelden biedt veel mogelijkheden voor een betere sortering. Het maken van nauwkeurige algoritmes voor sortering vereist echter grote gelabelde datasets, die moeilijk te verkrijgen zijn vanwege de onvoorspelbare beschikbaarheid van fruit met alle mogelijke defecten. Deze studie stelt een oplossing voor om artificiële intelligentie (AI) te gebruiken om synthetische CT-beelden te genereren voor verschillende klassen fruitweefsel. De methode produceert hoogwaardige beelden en kan worden gebruikt om bestaande datasets uit te breiden, waardoor de robuustheid van classificatie-algoritmes voor sortering kan worden vergroot.

X-STRALEN CT BIEDT INTERESSANTE TOEPASSINGS-MOGELIJKHEDEN IN FRUITSORTERING

CT ZIET DE INWENDIGE DEFECTEN IN FRUIT

De detectie van interne defecten van allerlei aard (zoals bewaardefecten, blutsen, insecten-infecties) blijft een grote uitdaging voor de fruitsector. Er bestaan slechts een beperkt aantal visietechnologieën die de afwijkingen in de vrucht niet-destructief in beeld kunnen brengen, en dus toepasbaar zijn voor automatische sortering. De X-stralen van een CT-apparaat dringen makkelijk doorheen het fruit en pikken het contrast op tussen gezond en aangetast weefsel. Dit maakt van CT een interessante techniek voor niet-destructieve detectie van defecten. Op de CT-beelden kunnen dan de defecten worden gemarkeerd en geïdentificeerd op een virtuele doorsnede van de vrucht (Figuur 1).

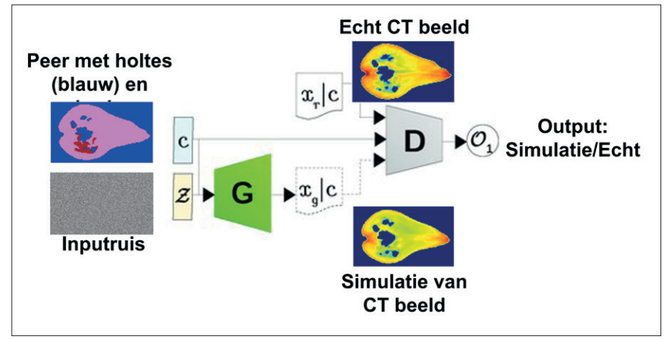
Voor toepassing in sortering moet o.a. die beeldverwerking geautomatiseerd worden. Voor een robuust sorteerprogramma is een groot aantal CT-beelden nodig die de verschillende soorten en vormen van de defecten aanbieden voor het trainen en het testen van de sorteer-algoritmes. Het aanleggen van die grote datasets van CT beelden is erg tijdrovend, en fruit met allerlei types van defecten is niet zomaar beschikbaar.



Figuur 1: CT beeld van een peer met interne defecten. Links: de grijsschaal van donker naar licht geeft een stijgende densiteit van het weefsel aan. Midden: de kleurschaal geeft van blauw naar rood een stijgende dichtheid van het weefsel aan. Rechts: holtes, klokhuis, lucht (blauw), bruin (bruin) en gezond weefsel (roze).

AI GENEREERT CT-BEELDEN OM SORTEERAPPARATUUR TE TRAINEN

Om het euvel van een tekort aan CT-beelden op te lossen, ontwikkelden we een computerprogramma dat, op basis van AI, realistische CT-beelden aanmaakt, met verschillende types defecten met eender welke vorm, grootte of positie in de vrucht. Daarvoor maken we gebruik van zogenaamde cGAN (conditional Generative Adversarial Network) netwerken. Dit soort AI model bestaat uit twee netwerken, een generatornetwerk G en een discriminatornetwerk D, die met elkaar concurreren (Figuur 2). De generator leert de pixels van de contouren van een vrucht met of zonder defecten toe te wijzen aan dat van een CT-beeld van die vrucht. Deze geschatte CT-afbeelding wordt vervolgens ingevoerd in het discriminatornetwerk, dat nagaat of het geschatte beeld zich onderscheidt van het echte beeld. Zowel de generator als de discriminator worden samen getraind, want de generator heeft tot doel betere beelden te produceren, terwijl de discriminator vaardiger wordt in het beoordelen van de synthetische beelden.

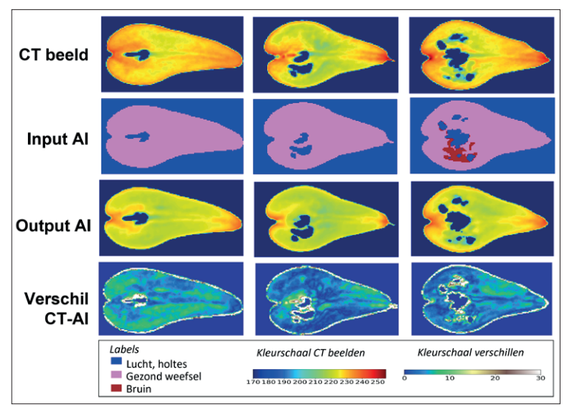


Figuur 2: Principe van een cGAN voor het genereren van realistische CT beelden van een peer met defecten.

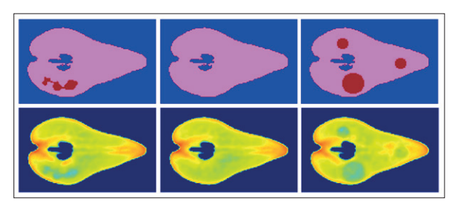
AI GESIMULEERDE CT-BEELDEN NAUWELIJKS TE ONDERSCHEIDEN VAN ECHTE

Het resultaat van het trainen van de cGAN zijn gesimuleerde CT-beelden die steeds meer gaan lijken op echte beelden. Ultiem zijn de twee niet meer te onderscheiden. We trainden en testten het netwerk op een dataset van 6480 CT-beelden van peren, zowel gezonde als vruchten met verschillende gradaties van bruin en hol. In Figuur 3 tonen we de resultaten van de AI generatie van het CT-beeld voor een aantal peren met verschillende defecten. De peer links is een gezonde peer. De AI slaagt erin de gradiënten in het weefsel te voorspellen, met name (1) het verschil tussen de vaatbundels in de nek en het vruchtvlees, en (2) de dichtere zone rond het klokhuis, de kelk en onder de schil. De peer in het midden is een vrucht met een aantal holtes maar zonder inwendig bruin. Ook hier worden de dichtheidsverschillen van het CT-beeld goed voorspeld. Ten slotte, in de peer rechts is ook bruin weefsel aanwezig tussen de holtes wat minder dicht is dan het gezonde weefsel. Ook deze zone wordt juist ingekleurd door het AI model.

De cGAN-benadering bleek effectief te zijn in het genereren van realistische CT-beelden van Conference-peren op basis van de annotatie. Het model was in staat om zowel gezonde als defecte peren met verschillende aandoeningen te voorspellen. Het grote potentieel van het cGAN-model als techniek voor het vergroten van gegevens wordt geïllustreerd in nieuwe voorbeelden van onbestaande maar realistische peerbeelden (Figuur 4). Deze uitgebreide dataset kan vervolgens worden toegepast om sorteermodellen voor CT apparatuur te trainen. Het uiteindelijke doel van deze aanpak is om de prestaties van de modellen te verbeteren en ze robuuster te maken voor variaties in de gegevens.



Figuur 3: Vergelijking van de met AI genereerde CT beelden met echte beelden voor peren met verschillende soorten defecten.



Figuur 4. Nieuwe CT beelden van peren met defecten.

AI FOR GENERATING CT IMAGES OF FRUIT

AI has made significant strides in computer vision tasks, such as identifying defects in fruit using X-ray CT images. However, creating accurate models requires large annotated datasets, which can be difficult to obtain due to unpredictable fruit availability and representation of all possible defects. This study proposes a solution by using a conditional Generative Adversarial Network (cGAN) to generate synthetic CT images for different classes of fruit tissue. The method was shown to produce high-quality images and can be used to augment existing datasets, increasing the robustness of other AI models during training.

Onderzoek in het kader van het doctoraatsbeurs, 1S23721N, gefinancierd door het Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek (FWO). Met ondersteuning door de KU Leuven (project C3I91059).

IONISCHE WIND: ENERGIEBESPARENDE LUCHTCIRCULATIE IN KOELCELLEN

De tuinbouwsector staat voor tal van uitdagingen met betrekking tot energieverbruik en het behoud van de kwaliteit van producten na de oogst. In koelcellen is een efficiënte luchtmenging en -circulatie nodig voor homogene temperatuur en gascondities. Een veelbelovende nieuwe technologie kan helpen deze condities te verzekeren: ionische wind. Een ionisch windapparaat is een motorloze, geruisloze en niet-thermische luchtverplaatser die menging en luchtcirculatie ondersteunt met een lage energie-input.

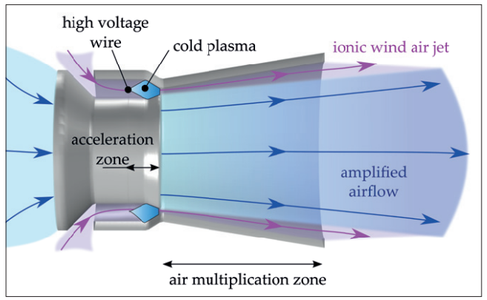
WE CIRCULEREN LUCHT ZONDER VENTILATOREN

LUCHT CIRCULEREN KOST GELD

Conventionele axiaalventilatoren op verdamperunits verbruiken veel energie en produceren warmte in de koelcel. Bovendien bieden deze apparaten niet de controle en flexibiliteit die nodig zijn om lucht goed te laten circuleren afgestemd op de nood van het product. De ventilatoren kunnen in bedrijf meerdere kW aan vermogen verbruiken en zijn nodig om de koude uit de verdamper te halen en naar het product te brengen. Ze draaien echter vaak ook tussen twee koelacties om de lucht te blijven mengen zodat er geen hot spots ontstaan van temperatuur of gassen. Dit leidt op zijn beurt tot een bron van warmte. Een betere manier voor luchtverdeling los van de verdamper zou een oplossing kunnen bieden voor een aanzienlijke energiebesparing.

IONISCHE WIND: LUCHTSTROOM ZONDER WARMTE OF LAWAAI

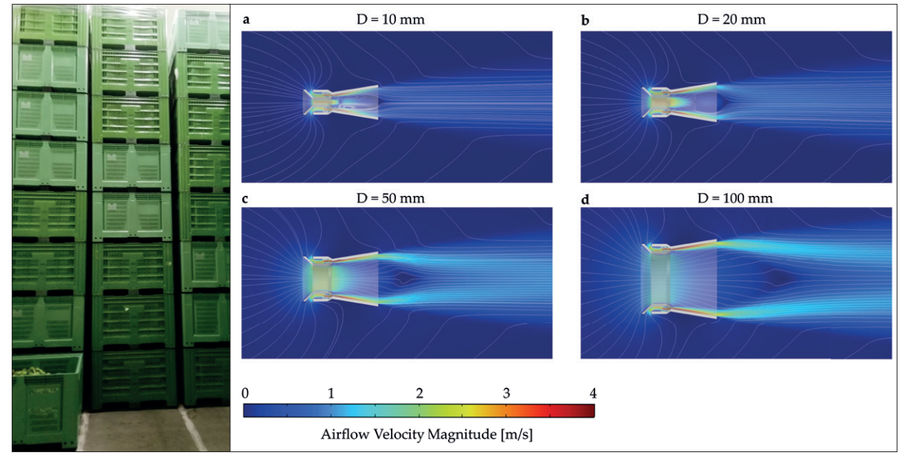
Het ionische windapparaat bevat geen bewegende delen, waardoor het een eenvoudige en betrouwbare oplossing is voor luchtcirculatie. Bovendien genereert het ook geen warmte. Het apparaat is gebaseerd op het principe van Corona-ontlading, een atmosferisch niet-thermisch plasma dat bijna als bij toverslag een luchtstroom kan genereren. Het concept van het ionische windapparaat wordt weergegeven in Figuur 1. Het is getest en gevalideerd met elektrostatische en stromingsmodellen gebaseerd op computational fluid dynamics (CFD). Het apparaat bestaat uit twee over elkaar liggende cilinders met specifieke vormen voor een goede aerodynamica. Tussen de cilinders bevindt zich een hoogspanningsdraad die een gebied van geïoniseerde lucht of koud plasma creëert. Dit gebied van geïoniseerde lucht wordt versneld om een ionische windluchtstraal te vormen die vervolgens door een mondstuk wordt geleid. Dit conceptuele ionische windapparaat is schaalbaar in diameter, waardoor het aanpasbaar is voor verschillende toepassingen. Vrijwel elke andere vorm is ook mogelijk, bijvoorbeeld vierkante of gebogen luchtblazers. Dit maakt het ionische windapparaat tot een zeer veelzijdige technologie die kan worden aangepast aan de specifieke noden van een koelcel.



Figuur 1: Conceptstudie configuratie van het ionische windapparaat.

LUCHTSTROOM SCHAALT MET DE GROOTTE VAN HET APPARAAT

Door middel van simulaties van het proces hebben we de luchtstroommogelijkheden van het ionische windapparaat bij verschillende apparaatdimensies onderzocht. De resultaten in Figuur 2 laten zien dat het apparaat lokaal en verder weg een sterke luchtstroom kan produceren. De binnendiameter van het apparaat varieert van 10 mm (a) tot 100 mm (d), en de simulatieresultaten van het stromingsveld tonen de schaalbaarheid aan. Naarmate het apparaat groter wordt, neemt de luchtstroomsterkte ook toe. De resultaten suggereren wel dat er een optimaal groottebereik kan zijn voor het ionische windapparaat om de meest efficiënte en effectieve luchtcirculatie te bereiken.



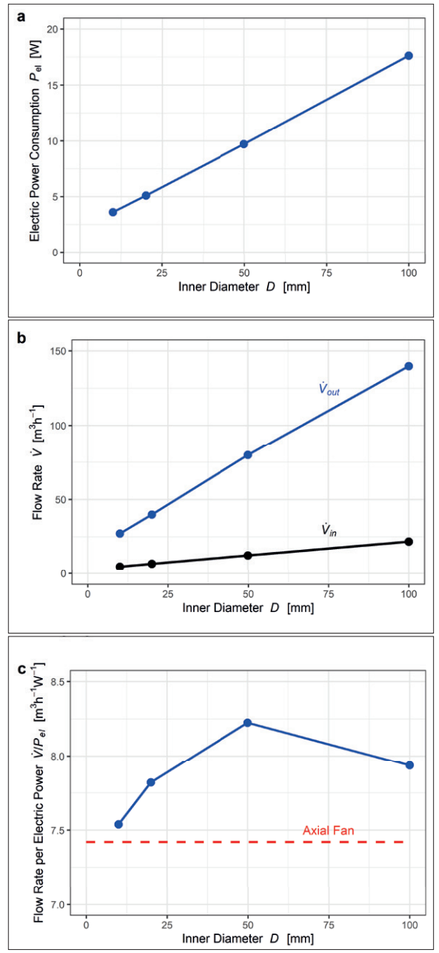
Figuur 2: Resultaten van luchtstroming door het ionische windapparaat in verschillende maten variërend van 10 mm tot 100 mm binnendiameter.

IONISCHE WIND BESPAART ENERGIE

Door onze parametrische tests hebben we de elektrische en aerodynamische prestaties van het conceptuele ionische windapparaat geëvalueerd (Figuur 3). Het apparaat kan tot 150 m^3h^{-1} luchtstroom produceren met minder dan 20 W stroomverbruik. Dit vertegenwoordigt een zeer efficiënte luchtstroomsnelheid voor toepassingen in bewaring, waar energieverbruik en temperatuurregeling van cruciaal belang zijn voor het behoud van de productkwaliteit. Bovendien kan deze eenheid worden vermenigvuldigd en geplaatst op een manier aangepast aan de koelcel. De efficiëntie van de unit heeft een waarde van 8,3 $m^3h^{-1}W^{-1}$. Daarmee presteert hij beter dan conventionele axiaalventilatoren.

VOLGENDE STAP IS COMMERCIALISATIE

Op basis van de veelbelovende resultaten van onze conceptuele ionische windversterker en voortdurende verbeteringen, verwachten we dat deze technologie binnenkort klaar zal zijn voor commercialisering. Het ionische windapparaat is een betrouwbare en kosteneffectieve optie voor luchtcirculatie zonder warmteontwikkeling. Met de mogelijkheid om hoge luchtstroomsnelheden te genereren met minimaal stroomverbruik en zonder geluid, zou het ionische windapparaat een game changer kunnen zijn voor de naoogsttechnologie.



Figuur 3: Energieverbruik en debiet van het ionische windapparaat in verschillende maten. Dit vertaalt zich in een hoge efficiëntie van maximaal 8,3 $m^3h^{-1}W^{-1}$, wat consistent hoger is dan een gewone axiale ventilator.

IONIC WIND – AN ENERGY-SAVING WAY TO GENERATE AIRFLOW IN POSTHARVEST FACILITIES

Kinetic modelling is a mainstream approach to untangle complex biological networks and their regulation in response to different conditions. The kinetic model is a useful tool to predict the changes of fruit quality and the shelf-life, eventually improve postharvest practices and to control fruit quality. Ethylene biosynthesis and signalling are two key pathways in plant physiology including fruit ripening. This study aimed to develop a kinetic model of ethylene biosynthesis and its signalling pathways starting from the transcripts. The model allows to describe the changes in time of different components of ethylene biosynthesis and its signalling during tomato fruit ripening and in response to various postharvest conditions.

Dit is een innovatie van de Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology (EMPA) met de financiële ondersteuning van het Swiss Innovation Agency (Innosuisse 34549.1 IP-LS) en Belimed AG, en in samenwerking met de postharvest groep van KU Leuven.

INFORMATIEVERSPREIDING

CONFERENTIEBIJDRAGEN

- Benchennouf, A., Buysens, S., Van Steenkiste, J., Vanhees, D., Hertog, M., Nicolaï, B. (2022). Correlation of SIFT-MS spectral fingerprints with sensory properties of tomato fruits. Presented at the EUROSENSE 2022: A Sense of Earth, Turku-Finlande, 13 Sep 2022-16 Sep 2022.
- Bessemans N. 'Model-based sensitivity analysis of RQ-models used for dynamic CA storage at cool room level,' XIII International controlled and modified atmosphere research conference CAMA2021, Leuven, Belgium (Virtual), 16 – 18 August 2021.
- Bobelyn, E., Vanhees, D., Verlinden, B., Fonseca Diaz, V., Nicolaï, B., Saeys, W. (2022). Reverse calibration transfer between desktop and handheld spectrophotometer for prediction of optimal picking date for Conference pears. Presented at the 3rd International Plant Spectroscopy Conference, Nantes, 12 Sep 2022-15 Sep 2022.
- Dequeker, B., Salagovic, J., Retta, M., Verboven, P., Nicolaï, B. (2022). A biophysical model of apple (Malus domestica) fruit growth. Presented at the 31st International Horticultural Congress, Angers, France, 14 Aug 2022-20 Aug 2022.
- Dequeker, B., Van Doorselaer, L., Van Cauteren, H., Verboven, P., Smeets, B., Nicolaï, B. (2022). Microstructural changes in pome fruit tissue during growth visualized with X-ray µCT imaging. Presented at the New Phytologist Next Generation Scientists (online), Tartu, Estonia, 19 Jul 2022-22 Jul 2022.
- Dequeker, B., Van Doorselaer, L., Van Cauteren, H., Verboven, P., Smeets, B., Nicolaï, B. (2022). Investigating microstructural changes in pome fruit during growth using X-ray µCT imaging. Presented at the 6th Symposium on X-ray Computed Tomography, Leuven, Belgium, 24 May 2022-25 May 2022.
- Dequeker, B., Verboven, P., Smeets, B., Nicolaï, B. (2022). Multiscale modelling of pome fruit morphogenesis. Presented at the 26th National Symposium for Applied Biological Sciences, Antwerp, Belgium, 08 Jul 2022-08 Jul 2022.
- Dizon A., Chakraborty A., Hertog M. and Nicolaï B., 'CA storage: Beneficial or detrimental to aroma quality of pear (Pyrus communis)?,' XIII International controlled and modified atmosphere research conference CAMA2021, Leuven, Belgium (Virtual), 16 – 18 August 2021.
- He, J., Verboven, P., Vignero, J., Bosmans, H., Nicolaï, B. (2022). Internal defects detection in apple fruits using phase contrast imaging and machine learning. Presented at the 6th Symposium on X-ray Computed Tomography & inauguration of the KU Leuven XCT Core Facility, Leuven, Belgium, 24 May 2022-25 May 2022.
- Langer, M., Hilo, A., Koch, K., Guan, J-C., Xiao, H., Verboven, P., Gündel, A., Wagner, S., Ortleb, S., Radchuk, V., Mayer, S., Nicolaï, B., Borisjuk, L., Rolletschek, H. (2022). The causes and driving forces behind hypoxic acclimation of developing maize kernels. Presented at the the 14th conference of the International Society for Plant Anaerobiosis (ISAP22), Bamberg, Germany, 25 Sep 2022-29 Sep 2022.
- Pieters, M., Nicolaï, B. (contr.), Verboven, P. (contr.) (2022). Inverse graphics: from X-ray to 3D pork shoulder models. Presented at the 36th EFFoST International Conference 2022, Dublin, 07 Nov 2022-09 Nov 2022.
- Reher, T., Willockx, B., Bisschop, J., Schenk, A., Nicolaï, B., Cappelle, J., Van de Poel, B. (2022). Pear Harvest in an Agrivoltaic Cropping System: Results from 2021 and Future Perspectives. Presented at the AgriVoltaics 2022, Piacenza, Italy, 15 Jun 2022-17 Jun 2022.
- Salagovic, J., Verboven, P., Holsteens, K., Van de Poel, B., Nicolaï, B. (2022). The top-down modelling approach of tomato plant growth for more precise digital fruit simulation incorporating microclimate and realistic plant management. Presented at the International Horticultural Congress 2022, Angers, France, 14 Aug 2022-20 Aug 2022.
- Salagovic, J., Verboven, P., Nicolaï, B. (2022). Model prediction of xylem water potential in growing tomato plant in heterogeneous climate conditions. Presented at the PlantComp 2022, Ghent, Belgium, 10 Oct 2022-11 Oct 2022.
- Tempelaere, A., Van Doorselaer, L., He, J., Pieters, M., Verboven, P., Schenk, A., Nicolaï, B. (2022). X-ray imaging is more than visualization: the apple case. Presented at the 6th Symposium on X-ray Computed Tomography, Leuven, Belgium.
- Tempelaere, A., Van Doorselaer, L., Van De Looverbosch, T., Pieters, M., He, J., Verboven, P., Schenk, A., Nicolaï, B. (2022). Influence of different origins, CA storage conditions and storage times on internal browning in apple and pear cultivars. Presented at the 31st International Horticultural Congress, Angers, France.
- Tempelaere, A., Verboven, P., Tuytelaars, T., Nicolaï, B. (2022). Internal quality inspection of apple and pear fruit. Presented at the 26th National Symposium for Applied Biological Sciences, Antwerp, Belgium.
- Van Cauteren, H., Vangheel, J., Verboven, P., Smeets, B., Nicolaï, B. (2022). A 3D hydromechanical model to simulate fruit tissue growth and morphogenesis using the discrete elements method (DEM). Presented at the 31st International Horticultural Congress, Angers, France, 14 Aug 2022-20 Aug 2022.
- Van Cauteren, H., Verboven, P., Smeets, B., Nicolaï, B. (2022). A digital twin to predict water content and texture during controlled atmosphere storage of pome fruit using a multiscale mechanistic model. Presented at the 26th National Symposium for Applied Biological Sciences, Antwerp, Belgium, 08 Jul 2022-08 Jul 2022.
- Van De Looverbosch, T., Verboven, P., He, J., Tempelaere, A., Tuytelaars, T., Sijbers, J., Nicolaï, B. (2022). Online recognition of defects on fruit using online X-ray radiographs and deep learning. Presented at the TOMRA Food AI Symposium, Leuven, Belgium (online), 16 Feb 2022-16 Feb 2022.
- Van Doorselaer, L., Verboven, P., Nicolaï, B. (2022). 3D cell segmentation of pome fruit using contrast-enhanced imaging and deep learning. Presented at the International Conference on Tomography of Materials & Structures, Grenoble, 27 Jun 2022-01 Jul 2022.
- Van Doorselaer, L., Verboven, P., Nicolaï, B. (2022). Cell segmentation of pear using contrast-enhanced imaging and deep learning. Presented at the 6th Symposium on X-ray Computed Tomography, Leuven, Belgium, 24 May 2022-25 May 2022.
- Verboven, P., Dequeker, B., He, J., Pieters, M., Pols, L., Tempelaere, A., Van Doorselaer, L., Van Cauteren, H., Verma, U., Xiao, H., Nicolaï, B. (2022). Prospects of X-ray CT for agrofood engineering and inspection. Presented at the 6th Symposium on X-ray Computed Tomography: Inauguration of the KU Leuven XCT Core Facility, Leuven, Belgium.
- Verboven, P., Dequeker, B., He, J., Pieters, M., Pols, L., Tempelaere, A., Van Doorselaer, L., Van Cauteren, H., Verma, U., Xiao, H., Nicolaï, B. (2022). www.X-plant.org - The CT database of plant organs. Presented at the 6th Symposium on X-ray Computed Tomography: Inauguration of the KU Leuven XCT Core Facility, Leuven, Belgium.
- Verboven, P., Hertog, M., Nicolaï, B. (2022). Digital Twin Opportunities in Fruit Storage. Presented at the XX CIGR World Congress 2022, Kyoto, Japan, 05 Dec 2022-10 Dec 2022.
- Verboven, P., Hertog, M., Nicolaï, B. (2022). Progress in modelling of metabolic processes in plant-based foods: from virtual fruits to digital twins. Presented at the 15th Conference of Food Engineering, Raleigh, North Carolina, USA, 18 Sep 2022-21 Sep 2022.
- Verma, U., Riley, I.M., Verboven, P., Delcour, J., Nicolaï, B. (2022). Development of 3D microstructure in fried starch-water mixtures for property estimation. Presented at the 36th EFFoST International Conference, Dublin, Ireland, 07 Nov 2022-09 Nov 2022.
- Verma, U., Riley, I.M., Verboven, P., Delcour, J., Nicolaï, B. (2022). 3D microstructure of starch-based fried products. Presented at the 5th International Conference on Tomography of Materials and Structures, Grenoble, France, 27 Jun 2022-01 Jul 2022.
- Verma, U., Riley, I.M., Verboven, P., Delcour, J., Nicolaï, B. (2022). Development of 3D microstructure in fried starch-water mixtures. Presented at the 6th Symposium on X-ray Computed Tomography, Leuven, Belgium, 24 May 2022-25 May 2022.
- Xiao, H., Tong, S., Salagovic, J., Pedersen, O., Verboven, P., Nicolaï, B. (2022). Hypoxia in tomato fruit during ripening caused by contrasting tissue-specific diffusion resistance and respiration. (Abstract No. Talk 3-10). Presented at the 14th conference of the International Society for Plant Anaerobiosis (ISAP22), Bamberg, Germany, 25 Sep 2022-29 Sep 2022.

VOORDRACHTEN

- 'Bewaring van bessen' voor studiedag houtig kleinfruit op 28/01/2022
- 'Coatings: mogelijkgheden op kleinfruit' voor studiedag houtig kleinfruit op 28/01/2022
- 'Alternatieve wijze van plukdatabepaling' voor studiedag hardfruit op 11/02/2022
- 'Nutriscore, onze groenten en fruit blinken er in uit!' voor studiedag hardfruit op 11/02/2022
- 'Resultaten bewaarproeven Fred 2021-2022' voor Werkgroep Fred op 2/03/2022
- 'Bewaring en kwaliteitsbehoud van groenten en fruit' voor Groene kring starterscursus op 5/04/2022
- 'Bewaring van kurkuma' voor telers kurkuma op 4/05/2022
- 'Results with Fred pear storage 2021-2022' voor Meeting FRED(R) / CH201 pear op 8/06/2022
- 'Results with Sunspark apple storage 2021-2023' voor Meeting Sunspark EFC op 13/06/2022
- 'Link bodem en vruchtkwaliteit' voor Vakgroep fruit Hageland op 1/07/2022
- 'Results with Fred pear storage 2021-2022' voor Meeting FRED(R) / CH201 pear op 4/07/2022
- 'Plukdata en adviezen bij de inzet 2022' voor Pomologische Oost-Vlaanderen op 8/08/2022
- 'Date de cueillette fruits à pepins 2022 et conseils de conservation' voor Telersadviesgroep Belorta Visé op 9/08/2022
- 'Plukdata hardfruit 2022 en bewaaradviezen' voor Telersadviesgroep Belorta Borgloon op 9/08/2022
- 'Plukdata hardfruit 2022 en bewaaradviezen' voor Telersadviesgroep Belorta Zellik op 10/08/2022
- 'Plukdata hardfruit 2022 en bewaaradviezen' voor BFV telersvergadering hardfruit op 11/08/2022
- 'Plukdata hardfruit 2022 en bewaaradviezen' voor BFV telersvergadering hardfruit op 10/08/2022
- 'Bewaarresultaten meloen' voor studiedag meloen op 25/8/2022
- 'Comment maintenir la qualité des petits fruits pendant la conservation ? Expériences avec l'atmosphère contrôlée et l'ozone' voor Journée Nationale Petits Fruits Rouges CTIFL op 27/09/2022
- 'Ethylene and red discoloration of chicory' voor Witloof biennale 2022 op 7/10/2022
- 'Resultaten Fred 2022' voor Telers Belorta op 30/11/2022

WORKSHOPS

- Studiedag houtig kleinfruit (webinar)
- Studiedag hardfruit (webinar)
- Themabezoek meloen

PUBLICATIES

Publicaties in de vakpers

- Bobelyn, E., Schenk, A., Castro, A., & Hertog, M. (2022). Gezocht: knapperige en sappige bessen…maar hoe meet je dat?. Fruit, 11, 10-12.
- Locus, E., Schenk, A., & Dendauw, E. (2022). Uitdroging beperken: uitdaging voor kwaliteitsvolle kurkumabewaring. Proeftuinnieuws, 24-25.
- Locus, E., Schenk, A., & De Vis, F. (2022). Teelt- en bewaargids bij bramen- en frambozenplanten. Fruit, 4, 14-15.
- Locus, E., & Schenk, A. (2022). Belgische meloenen zoet en sappig ook na een week koude bewaring. Proeftuinnieuws, 21, 35-36.
- Moelants, J., Wittemans, L., Van Steenkiste, J., Vanhees, D., & Verlinden, B. (2022). Rassenproef trostomaten belichte teelt 2021-2022: referenties bij trostomaten scoren hoog. Proeftuinnieuws, 16, 41-43.
- Moelants, J., Wittemans, L., Vanhees, D., & Van Steenkiste, J. (2022). Rassenproef trostomaten doorteelt 2022: Marinice is en blijft de referentie. Proeftuinnieuws, 16, 16-19.
- Rosiers, E., Van Herck, L., Wittemans, L., Similon, L., Bosmans, L., Van Steenkiste, J., Hertog, M. (2022). Organisch substraat van Agaris heeft effect op smaak. Proeftuinnieuws,16,, 26-27.
- Rosiers, E., Van Herck, L., Wittemans, L., Similon, L., Bosmans, L., Van Steenkiste, J., Hertog, M. (2022). Zaadbehandeling heeft effect op generativiteit, minder op smaak. Proeftuinnieuws, 14, 48-49.
- Rosiers, E., Van Herck, L., Wittemans, L., Similon, L., Bosmans, L., Van Steenkiste, J., Hertog, M. (2022). Onderstam beïnvloedt tomatenaroma maar panel proeft amper verschil. Proeftuinnieuws, 10, 12-13.
- Schenk, A. (2022). Optimale bewaring van jouw fruit?. Fruit, 21-22, 4-5.
- Schenk, A., & Verlinden, B. (2022). Energie besparen in fruitbewaring geen koud kunstje.. Fruit, 21-22, 8-9.
- Schenk, A., Vanhees, D., Hertog, M., Benchennouf, A., Van Steenkiste, J., Buysens, S., Bosmans, L. (2022). SIFT-MS is breed inzetbaar voor snelle aromametingen. Proeftuinnieuws, 17, 6-7.
- Schenk, A. (2022). Koeling à la carte bij Belorta. Proeftuinnieuws, 13, 10-11.
- Schenk, A., & Winnen, K. (2022). Wittekool langer bewaarbaar met ethyleenremmer. Proeftuinnieuws, 9, 21-22.
- Similon, L., Bosmans, L., Rosiers, E., Van Herck, L., Wittemans, L., Van Steenkiste, J., Hertog, M. (2022). Beurt is niet altijd beter voor tomaat. Proeftuinnieuws, 13, 48-49.
- Similon, L., Bosmans, L., Vanhees, D., Van Steenkiste, J., Buysens, S., Bechennouf, A., Van Herck, L. (2022). Minder nitraten geeft krachtiger tomatengewas. Proeftuinnieuws, 5, 38-40.
- Vanhees, D., & Verlinden, B. (2022). Deep learning biedt mogelijkheden bij gemootheidsbepaling tomaat. Proeftuinnieuws, 16, 22-23.
- Wittemans, L., Van Steenkiste, J., Vanhees, D., & Verlinden, B. (2022). Rassenproef losse tomaten belichte teelt 2021-2022: Vernieuwing bij Prince met EZ 2917. Proeftuinnieuws, 16, 44-45.
- Wittemans, L., Moelants, J., Vanhees, D., Verlinden, B., & Van Steenkiste, J. (2022). Tussenstand rassenproeven onbelichte doorteelt tomaat. Proeftuinnieuws, 12, 39-40.
- Wittemans, L., Moelants, J., Vanhees, D., Verlinden, B., & Van Steenkiste, J. (2022). Tussenstand tomatenrassen onder belichting. Proeftuinnieuws, 7, 6-7.
- Wittemans, L., Moelants, J., Vanhees, D., & Van Steenkiste, J. (2022). Rassenproef losse tomaten doorteelt 2022: Vernieuwing in onbelichte teelt Baron en Prince. Proeftuinnieuws, 16, 13-15.

Wetenschappelijke artikels

- Cullen, D.A., Sword, G.A., Rosenthal, G.G., Simpson, S.J., Dekempeneer, E., Hertog, M.L A T M., Nicolaï, B.M., Caes, R., Mannaerts, L., Vanden Broeck, J. (2022). Sexual repurposing of juvenile aposematism in locusts. PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF AMERICA, 119 (34).
- Datta, A., Nicolaï, B., Vitrac, O., Verboven, P., Erdogdu, F., Marra, F., Sarghini, F., Koh, C. (2022). Computer-aided food engineering. NATURE FOOD, 3 (11), 894-904.
- De Ketelaere, B., Smeets, B., Verboven, P., Nicolaï, B., Saeys, W. (2022). Digital twins in quality engineering. QUALITY ENGINEERING, 34 (3), 404-408.
- De Swaef, T., Pieters, O., Appeltans, S., Borra-Serrano, I., Coudron, W., Couvreur, V., Garre, S., Lootens, P., Nicolaï, B., Pols, L., Saint Cast, C., Salagovic, J., Van Haeverbeke, M., Stock, M., Wyffels, F. (2022). On the pivotal role of water potential to model plant physiological processes. IN SILICO PLANTS, 4 (1), Art.No. diab038
- Janssens, M., Verlinden, B., Hertog, M., Nicolaï, B. (2022). Quality Evolution and Aroma Profile of Pointed Cabbage in Different Storage Regimes. FRONTIERS IN PLANT SCIENCE, 13, Art.No. 852817.
- Lin, M., Fawole, O.A., Saeys, W., Wu, D., Wang, J., Opara, U.L., Nicolaï, B., Chen, K. (2022). Mechanical damages and packaging methods along the fresh fruit supply chain: A review. CRITICAL REVIEWS IN FOOD SCIENCE AND NUTRITION.
- Meyer, P., Verlent, M., Van Doorsselaere, J., Nicolaï, B., Saeys, W., Hytonen, T., De Coninck, B., Van de Poel, B. (2022). Blue and far-red light control flowering time of woodland strawberry (Fragaria vesca) distinctively via CONSTANS (CO) and FLOWERING LOCUS T1 (FT1) in the background of sunlight mimicking radiation. ENVIRONMENTAL AND EXPERIMENTAL BOTANY, 198, Art.No. 104866.
- Naets, M., Van Hemelrijck, W., Gruyters, W., Verboven, P., Nicolaï, B., Keulemans, W., De Coninck, B., Geeraerd Ameryckx, A. (2022). Time is of the essence – Early activation of the mevalonate pathway in apple challenged with gray mold correlates with reduced susceptibility during postharvest storage. FRONTIERS IN MICROBIOLOGY, 13, Art.No. 797234.
- Nugraha, B., Verboven, P., Verlinden, B.E., Verreydt, C., Boone, M., Josipovic, I., Nicolaï, B.M. (2022). Gas exchange model using heterogeneous diffusivity to study internal browning in 'Conference' pear. POSTHARVEST BIOLOGY AND TECHNOLOGY, 191.
- Piovesan, A., Nicasy, R., Arens, T., Dequeker, B., Soete, J., Achille, C., Dochy, R., Parra Cabrera, C., Ameloot, R., Verboven, P., Nicolaï, B. (2022). Multiscale modelling of capillary imbibition in 3D-printed porous microfluidic channels. MICROFLUIDICS AND NANOFLUIDICS, 26, Art.No. 21.
- Pols, S., Van de Poel, B., Hertog, M., Nicolaï, B. (2022). The regulatory role of nitric oxide and its significance for future postharvest applications. POSTHARVEST BIOLOGY AND TECHNOLOGY, 188, Art.No. 111869.
- Strouwen, A., Nicolaï, B., Goos, P. (2022). Robust dynamic experiments for the precise estimation of respiration and fermentation parameters of fruit and vegetables. PLOS COMPUTATIONAL BIOLOGY, 18 (1), Art.No. e1009610.
- Terzoudis, K., Kusma, R., Hertog, M.L A T M., Nicolaï, B.M. (2022). Metabolic adaptation of 'Conference' pear to postharvest hypoxia: The impact of harvest time and hypoxic pre-treatments. POSTHARVEST BIOLOGY AND TECHNOLOGY, 189.
- Van De Looverbosch, T., He, J., Tempelaere, A., Kelchtermans, K., Verboven, P., Tuytelaars, T., Sijbers, J., Nicolaï, B. (2022). Inline nondestructive internal disorder detection in pear fruit using explainable deep anomaly detection on X-ray images. COMPUTERS AND ELECTRONICS IN AGRICULTURE, 197, Art. No. 106962.
- Van De Looverbosch, T., Vandenbussche, B., Verboven, P., Nicolaï, B. (2022). Nondestructive high-throughput sugar beet fruit analysis using X-ray CT and deep learning. COMPUTERS AND ELECTRONICS IN AGRICULTURE, 200, Art.No. ARTN 107228.
- Verreydt, C., Verboven, P., Defraeye, T., Piovesan, A., ElGamal, R., Van De Looverbosch, T., Hertog, M., Nicolaï, B. (2022). Multiscale modeling of RQ-DCA storage of different pear cultivars using a hybrid physics-based stochastic approach. POSTHARVEST BIOLOGY AND TECHNOLOGY, 194, Art. No. ARTN 112083.
- Zewdie, T.A., Delele, M.A., Fanta, S.W., Vanierschot, M., Alemayehu, M., Alemayehu, G., Adgo, E., Assaye, H., Verboven, P., Nicolaï, B.M. (2022). Design and evaluation of a prototype solar energy driven onion curing system using CFD modeling. FRONTIERS IN SUSTAINABLE FOOD SYSTEMS, 6, Art.No. ARTN 1030915.
- Zhao, Y., Vlasselaer, L., Ribeiro, B., Terzoudis, K., van den Ende, W., Hertog, M., Nicolaï, B., De Coninck, B. (2022). Constitutive Defense Mechanisms Have a Major Role in the Resistance of Woodland Strawberry Leaves Against Botrytis cinerea. FRONTIERS IN PLANT SCIENCE, 13, Art.No. 912667.

DOCTORATEN

- Piovesan, A. Computational design and engineering of fluid flow in 3D-printed microfluidic lab-on-chips.
- Van De Looverbosch, T. Nondestructive internal quality evaluation of pears using X-ray imaging and Machine Learning.
- Zewdie, T.A. Modelling heat and mass transfer in onion bulbs as a basis for sustainable field curing systems design.
- Zhao, Y. Unravelling the defense mechanisms of woodland strawberry fruit and leaves against Botrytis cinerea.

VLAAMS CENTRUM VOOR
BEWARING VAN TUINBOUWPRODUCTEN

Willem De Croylaan 42, Box 2428,
B-3001 Leuven (Heverlee), Belgium
BE 460.704.171 - RPR Leuven
Tel. +32 - 16 - 32 27 32
ann.schenk@vcbt.be

www.vcbt.be