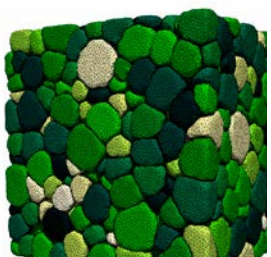
Jaarverslag 2020

Vlaams Centrum voor
Bewaring van Tuinbouwproducten

inhoud

- Voorwoord 4
- Bestuursorganen & personeel 5
- Advies rond kwaliteit & bewaring 6
- Plukdata en bewaarcondities van 2020 8
- Bepaling van perceelsspecifieke plukdatum met NIR 10
- Voorspellingsmodellen voor plukdata van hardfruit 12
- Wering onrijp fruit 14
- Bewaring van nieuwe rassen grootfruit 16
- COOLPLANT Optimale bewaring plantmateriaal braam en framboos 18
- (D)CA bewaring van spitskool 20
- Lekkere Conference op elk moment van het bewaarseizoen 22
- Verbeterde Hagelandse peren door kennis van de bodem 24
- Gemootheid meten bij tomaat 26
- Taromaat naar een meer uniforme kwaliteit van tomaten tijdens het volledige seizoen 28
- Segmentatieonderzoek tomaat p 30 30
- Gebruikswaardeonderzoek paprika 32
- Computermodellen GROW! Voorspellen opbrengst met behulp van sensornetwerk 34
- Rol van ethyleen voor de houdbaarheid van witloof 36
- Digitale archivering van tomatensegmentatiedata 38
- De invloed van bewaartemperatuur op rode vruchtkorrels bij bramen 40
- Pompoenbewaring: Resultaten 2020 42
- Bestendigen en uitbreiden van kwaliteitssystemen 44
- Aromaproductie tijdens schimmelaantasting van peer 46
- Naoogstonderzoek in een genomisch tijdperk 48
- Fruitweefselmodel voor sappigere peren 50
- Uitbreiding van RQ-DCA-bewaring naar diverse peercultivars 52
- Een drie-dimensionele kijk in tomaten tijdens hun ontwikkeling en rijping met MRI 54
- Informatieverspreiding 56



Voorwoord

Met trots stellen wij u het jaarverslag van het Vlaams Centrum voor Bewaring van Tuinbouwproducten (VCBT) van 2020 voor. In dit jaarverslag geven wij een overzicht van de activiteiten die het VCBT uitvoerde in 2020.

Nadat op 4 februari het eerste geval van covid-19 werd vastgesteld bij een reiziger die vanuit de Chinese stad Wuhan gerepatrieerd werd verspreidde het SARS-CoV-2 Coronavirus zich razendsnel in België. Op 17 maart kondigde de nationale veiligheidsraad een eerste lockdown periode aan. Dit was meteen de start van een ongekende crisis die een gigantische impact zou hebben op alle aspecten van de samenleving. Alhoewel de Vlaamse tuinbouwsector als cruciale sector minder getroffen werd in vergelijking met andere sectoren zoals de evenementensector en de horeca, heeft de Coronacrisis een zeer grote impact gehad op onze vergadercultuur, communicatie, participatie aan beurzen en conferenties, logistiek, opleidingen en veel andere activiteiten. Naast het opleggen van dringende maar tijdelijke maatregelen zoals afstandsplicht, handen wassen en mondmaskers dragen is er een belangrijke digitaliseringsgolf opgestart: administratieve medewerkers, directie, teeltvoorlichters, telers en onderzoekers hebben Skype, Teams of Zoom ontdekt. Snel werd het duidelijk dat veel activiteiten die verplaatsingen vereisen, zoals vergaderingen en voordrachten, efficiënter bleken indien ze online worden gehouden, en het valt te verwachten dat ook na de Corona-crisis thuiswerk en digitale communicatie belangrijk zullen blijven.

Het VCBT heeft zich snel aangepast aan de crisis en heeft haar activiteiten nooit onderbroken. Indien mogelijk werd maximaal ingezet op thuiswerk; laboratoriumanalyses en advisering gingen gewoon door met in achtneming van de strenge richtlijnen die KU Leuven ons oplegde – het VCBT is fysisch ingebed in de KU Leuven-omgeving. De omschakeling naar digitale communicatie verliep vlot vermits er al een traditie van online vergaderen was. Vermits workshops als evenementen werden beschouwd en dus niet toegelaten worden, organiseerde het VCBT online workshops rond 'Bewaring en kwaliteit van appel en peer' en 'Bewaring en kaliteit groenten', die druk werden bijgewoond. Helaas moest CAMA 2020 – de XIII international Conference on Controlled and Modified Atmosphere – , die in mei gepland was in Leuven en volledig in de startblokken stond, uitgesteld worden.

In 2020 kreeg het laboratorium van het VCBT een facelift: met VLIF-steun werd het instrumentarium vernieuwd door de aankoop van een nieuwe compact GC voor gasanalyses, een nieuwe HPLC voor analyse van suikers en zuren, en een nieuwe universele testmachine voor textuurmetingen. Samen met de naoogstonderzoekgroep van de KU Leuven beschikt het VCBT over één van de best uitgeruste naoogstlaboratoria van Europa.

Ook in 2020 werden de ISO 17025-accreditatie en GEP-erkenning van het VCBT verlengd. Deze kwaliteitsborgingssystemen zijn van groot belang omdat zij niet enkel een hoge kwaliteit van het onderzoek garanderen maar ook op langere termijn zorgen voor kostenbesparing omdat goede beslissingen slechts mogelijk zijn op basis van betrouwbare meetresultaten. Ook werd de samenwerking met andere praktijkcentra geïntensiveerd via de oprichting van het 'Samenwerkingsverband Praktijkcentra Plant'.

Het VCBT dankt het Departement Landbouw en Visserij, het Vlaams Landbouwinvesteringsfonds, het Agentschap Innoveren & Ondernemen, de Europese Commissie, het FWO, de Academische Stichting Leuven, de provincie Vlaams-Brabant, de Boerenbond, alle coöperaties aangesloten bij het Verbond van Belgische Tuinbouwcoöperaties, 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

H. Morren
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, directeurs van de praktijkcentra en telers als lid.

PERSONEEL

- **Personeel VCBT v.z.w.**

K. Beckers, laboratoriumtechnoloog
E. Bobelyn, kwaliteitsverantwoordelijke
S. Boone, laboratoriumtechnoloog
M. Janssens, onderzoeker
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**

M. Alem
T. Andargie
A. Benchennouf
A. Castro
I. Cenens
T. Defraeye
E. Dekempeneer
B. Dequeker
A. Dizon
A. Geeraerd
M. Hertog
X. Hui
D. Huluka
S. Karimi
P. Le Ho
M.V.T. Nguyen
M. Pieters
A. Piovesan
L. Pols
S. Pols
J. Salagovic
A. Tempelaere
K. Terzoudis
H. Vancauteren
T. Van De Looverbosch
L. Van Doorselaer
P. Verboven
U. Verma
C. Verreydt
Y. Zhao

Advies rond kwaliteit & bewaring

Met de adviesdienst wil het Vlaams Centrum voor Bewaring van Tuinbouwproducten (VCBT) de fruit- en groentesector een service op maat aanbieden. VCBT biedt allerlei soorten advies aan: 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.

FOCUS OP KORTE TERMIJN OPLOSSINGEN, ZONDER LANGE TERMIJN VISIE TE VERLIEZEN

Telers en bedrijven met een vraag willen vaak een snel antwoord. Daarom tracht de adviesdienst eerst naar praktische oplossingen te zoeken op korte termijn, hetzij met bestaande technieken, hetzij met nieuw ontwikkelde methoden.
Wanneer we zien dat een lange termijn oplossing nodig is, starten we een traject hiervoor op. Energiebesparing, DCA (dynamisch gecontroleerde atmosfeer), de toepassing van 1-MCP (1-methylcyclopropeen) op Conference, omschakeling koelmiddelen, bedrijfshygiëne en smaak waren speerpunten in 2020. Bij het optreden van vruchtschade tijdens bewaring of transport zoekt VCBT op vraag ook naar de mogelijke oorzaken en oplossingen.

BERICHTGEVING OVER PROJECTEN

De adviesdienst is het belangrijkste communicatiekanaal van VCBT. Resultaten en informatie over evenementen van regionale, nationale en Europese projecten worden via de adviesdienst naar telers en bedrijven gebracht. De adviesdienst brengt de sector ook bij elkaar om over een nieuw project te brainstormen of op excursie te gaan. Zo was er in 2020 een webinar over de introductie van dynamisch gecontroleerde atmosfeerbewaring (DCA) in de praktijk. De thema's die dit jaar vooral aan bod kwamen in dergelijke projecten waren slim gebruik van sensoren in glastuinbouw en bewaring, dynamisch gecontroleerde atmosfeer, witloofwortel- en frambozen- en bramenplantenbewaring en plukdatabepaling van hardfruit.

VAN 'ON SITE' VOORDRACHTEN NAAR WEBINARS

De adviesdienst heeft haar werkwijze en communicatie moeten aanpassen aan de nieuwe realiteit van 2020 die werd gedomineerd door de corona-epidemie. Bedrijfsbezoeken waren plots niet meer vanzelfsprekend en contacten met veilingen en telers verliepen grotendeels via digitale weg. We zagen elkaar nog via het computerscherm. De uitgewisselde informatie bleef evenwel dezelfde. Ook de jaarlijkse voordrachten bij telersverenigingen en veilingen werden vervangen door webinars. Dit had ook zijn voordelen: telers die verder woonden, konden nu gemakkelijker deelnemen. Telers, die minder goed vertrouwd waren met ICT, haakten eerder af. Voor hen voorzagen we de klassieke artikels in de vakpers en de nieuwsbrieven. Ook het 'videoconsult' deed zijn intrede. Voor het brede publiek is er nu een facebook account.

ADVIES BIJ AFSTELLING VAN SORTEERLIJNEN EN OOGSTMACHINES

Reeds vele jaren doet VCBT metingen bij telers en klanten in sorteerlijnen en oogstmachines om na te gaan of er hier geen mechanische (bluts-) schade optreedt van de vruchten. Een verkeerd afgestelde of versleten onderdeel kan soms ongemerkt veel kwaliteitsverlies veroorzaken. Bedrijven die een vermoeden hebben van dergelijke schade kunnen een beroep doen op VCBT voor een meting met de elektronische vrucht die alle blutsveroorzakende schokken registreert. Zo wordt de oorzaak van de schade door de machine gelokaliseerd en kan een oplossing gezocht worden. VCBT wordt hiervoor gevraagd in binnen- en buitenland voor sorteer- en verpakkingslijnen van allerhande producten: van appel tot avocado… Steeds vaker doen bedrijven hiervoor een beroep op VCBT.

ADVIES BIJ KOELINFRASTRUCTUUR: ONDERSTEUNING VIA CFD

De bouw van nieuwe koelcellen is een belangrijke beslissing voor een tuinbouwbedrijf. Het gaat gepaard met grote investeringen. Daarom is onafhankelijk advies hierbij gewenst. VCBT helpt met een onafhankelijk advies op basis van de noden van het bedrijf voor de bedoelde toepassing en de best beschikbare technologie. Bij bestaande koelcellen kan de inrichting en stapeling van het product een grote invloed hebben op de inkoelsnelheid en het energieverbruik. VCBT adviseert bedrijven hier ook bij problemen voor de (her-)

Figuur 1: Helaas vinden telers hun weg vaak naar VCBT bij problemen: bijvoorbeeld wanneer er een panne is geweest bij de ULO-installatie en de peren bruin werden…

inrichting van de koelcellen of bij bepaalde aanpassingen zoals de plaatsing van flappen of spoilers of extra wanden/ventilatoren. Vaak gaat dit op basis van ervaring, maar in een aantal gevallen is meer ondersteuning vereist en wordt er een beroep gedaan op de Postharvest groep van KU Leuven om met stromingsberekeningen op basis van CFD (Computational Fluid Dynamics) berekeningen te maken (Figuur 2).

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. (Figuur 1)

NETWERKING

Voor een adviesdienst is netwerking een cruciaal gegeven. De adviesdienst van VCBT heeft zich daarom omringd met vele specialisten, binnen en buiten de KU Leuven en zetelt in tal van commissies. We zijn ook lid van de EUFRIN werkgroep kwaliteit en leiden de EUVRIN werkgroep Postharvest Chain. Beide zijn Europese netwerken van onderzoeksinstellingen die bezig zijn met na-oogstonderzoek.
De adviesdienst van VCBT zelf is ingebed in een uitgebreid kenniscentrum aan de KU Leuven rond bewaring en kwaliteit van groenten en fruit, sensoren en koeltechniek in de brede zin. Onze werking gaat nl. hand in hand met deze van de postharvest groep van de KU Leuven (MeBioS). MeBioS staat voor het departement Mechatronica, Biostatistiek en Sensoren van de Faculteit Bio-Ingenieurswetenschappen.

> Door de corona-epidemie waren bedrijfsbezoeken eerder uitzonderlijk. Webinars en videoconsults deden hun intrede.

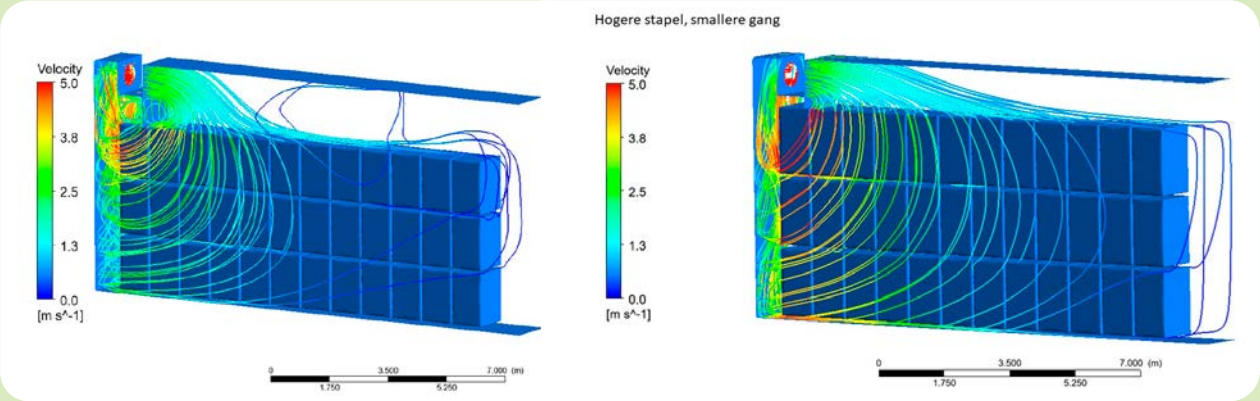
Daarnaast is VCBT sinds 2014 ook verbonden bij Agrolink Vlaanderen, een breed platform dat de belangrijkste Vlaamse kennistoeleveranciers in land- en tuinbouw verenigt. Voor onderwerpen die beter aansluiten bij de expertise van andere partners binnen dit platform kunnen we dan doorverwijzen. Voor energieprojecten is VCBT aangesloten bij Enerpedia, het energieplatform.

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.

CONTACT

Tel. 016-32.27.32 - GSM: 0476-98.26.54
E-mail: info@vcbt.be - Twitter: https://twitter.com/vcbtmebios



Figuur 2: Voorstel tot aanpassing van stapeling bij problemen van inkoeling. Links voor aanpassing, rechts na aanpassing.

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

Consultancy service
The consultancy service of VCBT was permanently accessible for growers and auctions. Most advice was given by phone, e-mail or by conference calls that replaced the normal visits at the farm that had to be canceled due to the corona pandemic. General information was 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. A facebook account was introduced. VCBT is a member of Agrolink Flanders, EUFRIN and EUVRIN postharvest groups.

Plukdata en bewaarcondities van 2020

Hoe langer je wil bewaren, des te nauwer luistert het pluktijdstip. VCBT bepaalt jaarlijks de landelijke plukdata. Die geven een goede indicatie van de vroegheid/laatheid van een bepaald jaar. Sinds enkele jaren geeft VCBT reeds vanaf begin juli een indicatie van de plukdatum, zodat telers hun werkzaamheden goed kunnen plannen. De individuele percelen van een bedrijf kunnen afwijken van deze datum. Een vierde jaar op rij hadden we al weer vroege plukdata aan.

BELANGRIJKE NA-BLOEIPERIODE

Vanaf de bloei volgt VCBT al de meteogegevens nauwkeurig op. De eerste weken na de bloei zijn immers al belangrijk. In die eerste weken doet de kleine vrucht aan celdeling. Peren gaan hier iets langer mee door dan appels. Bij gunstige omstandigheden maken ze veel cellen aan en is de basis gelegd voor een sterke vrucht. Dan kunnen ze ook een iets hogere drogestofgehalte halen. Na die eerste weken zuigt de vrucht zich enkel nog vol met vocht. Hierdoor strekken de cellen zich, de celwanden worden dunner en hun celvolume stijgt. Zo wordt de vrucht groter.

De eerste weken na de bloei gaven in 2020 al een flinke voorzet. Een droge aprilmaand en een kurkdroge mei voorspelden een vroege pluk. Tijdens die cruciale celdelingsfase hebben bomen soms in stress gestaan. Vermoedelijk is de lagere vruchthardheid daar een gevolg van. Begin augustus volgde een hittegolf om "u" tegen te zeggen.

Vorig jaar viel het effect van een dergelijke hittegolf op de vruchtkwaliteit mee. Nu was het een iets andere situatie. Vruchten waren in 2020 opvallend zachter dan in 2019. In elk geval moesten we ook dit jaar de verbrande vruchten uitsorteren zodat deze niet mee bewaard werden.

ALGEMEEN BEELD: ZACHTERE VRUCHTEN

Om een plukadvies te kunnen geven, begint VCBT begin juli rijpheidsmetingen te doen op 3 referentiepercelen. Die volgen we al jaren op. Door die jarenlang te vergelijken, kunnen we iets zeggen over algemene trends van bepaalde cultivars in een bepaald jaar.

Naast deze metingen doet VCBT nog analyses van een 100-tal Conference en een 50-tal Jonagoldpercelen, verspreid over het hele land. Dit jaar kwamen daar nog 77 Corina's bij, 10 Celina's, 10 Cepuna's en een 50-tal percelen van allerlei cultivars, verspreid over het hele Belgische fruitlandschap, bij. Kortom: een stevige basis om een beeld te kunnen geven van de algemene kwaliteit en evolutie van de rijping. In 2020 zagen we dat de vruchten over het algemeen zachter waren. De laagste hardheid sinds de laatste jaren werd gemeten. Er was eveneens een trage omzetting van zetmeel.

HITTE ZORGT VOOR HETEROGENE PARTIJEN

Tijdens de hittegolf werden temperaturen gemeten in de boomgaard aan zon- en schaduwzijde. De verschillen waren extreem! Een vrucht in de vlakke zon bereikte op de warmste dag al snel 52°C oppervlaktetemperatuur, terwijl eentje in de schaduw aan diezelfde boom niet hoger kwam dan 37°C. Helaas hebben veel van de vruchten in de vlakke zon zonnebrand opgelopen en waren deze waardeloos voor de bewaring. De schade varieerde zeer sterk per cultivar.

> 2020 kenmerkte zich door zachtere vruchten met weinig zetmeelomzetting

Conference had weinig schade, bicolore appel- en perenrassen hadden veel schade. Maar hoe moet je omgaan met de gave vruchten die dergelijke temperatuursverschillen ondergingen? Aan zon- en schaduwzijde van de boom kan een kwalitatief verschillende partij hangen, louter door de verschillen aan temperatuur in juli.

Langdurig hoge temperaturen veroorzaken glazigheid, die in ernstige gevallen in de bewaring omzet naar bruin. Daarom werd geadviseerd om beschadigde en glazige vruchten niet mee te laten plukken of te bewaren.

PLUKDATA EN BEWAARCONDITIES

De plukdata waren tenslotte vroeg. Zie Tabel 1.
De bewaarcondities voor 2020 zijn te vinden in Tabel 2. Wat betreft de bewaarcondities: de vruchten konden in 2020

op de laagste temperatuur kunnen bewaren: dus Conference op -1°C, omwille van de voldoende hoge suikergehalten.

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 (http://vcbt.be/bewaarcondities_appel_en_peer/)

Tabel 1: **Landelijke plukdata 2020 voor lange bewaring**

	CULTIVAR	PLUKDATA VOOR LANGE BEWARING
APPEL	Belgica	27 - 31 augustus
	Boskoop	10 - 16 september
	Braeburn	5 - 9 oktober
	Elstar	21 - 25 augustus
	Gala	21 - 25 augustus
	Golden	14 - 20 september
	Jonagold en -mutanten	11 - 25 September
	Kanzi	2 - 6 september
PEER	Cepuna	24 - 29 augustus
	Conference	17 - 29 augustus
	Doyenné (en Sweet Sensation)	23 - 29 augustus
	Durondeau	21 - 25 augustus

Tabel 2: **Bewaarcondities 2020 voor lange bewaring van appel en peer**

CULTIVAR	VRUCHT - TEMPERATUUR (°C)	O_2 (%)	CO_2 (%)	WACHTTIJD VÓÓR ULO (dagen)
APPEL bewaarcondities 2020-2021				
Jonagold	1	1	2.5 à 3	1
Jonagoldmutanten				
Belgica				
Greenstar				
Pinova				
Boskoop	3 à 3.5	2 à 2.5	<0.8	7 à 10
Cox's O.P.				
Braeburn	1	2.5 à 3	< 0.8	21
Elstar	1	2 à 2.5	<1.0	1
Gala	1	1 à 2	2 à 2.5	1
Golden				
Gloster				
Kanzi®	2.5 à 3.0*	2.0	0.8	21
PEER bewaarcondities 2020-2021				
Conference	-1 -1	21 2.5 à 3	< 0.9 < 0.8	21 vanaf dag 21
Doyenné (ook Sweet Sensation)	-0.5	2 à 2.5	< 0.8	21
Durondeau				
Durondeau	1			

* Kanzi geleidelijk afkoelen van oogsttemperatuur in 1 week naar 3.0°C

Dit onderzoek valt deels 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. Het onderzoek rond draagbare spectrofotometers maakt deel uit van LA-traject "Beslissingsondersteunend systeem voor pluktijdstipvoorspelling van hardfruit", LA-150895, gefinancierd door Agentschap Innoveren en Ondernemen en het Verbond van Belgische Tuinbouwcoöperaties (VBT), Green Diamond, New Green en Boerenbond.

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 the common apple and pear cultivars in Belgium (see Table 1). VCBT also provided the storage conditions for all common cultivated cultivars (Table 2). SOP's are available on vcbt.be for storage of fruit that is treated with 1-MCP. VCBT provided several tools to help the growers with the determination of optimal picking date of his fields: video tutorials and manuals are available on www.vcbt.be

Bepaling van perceelsspecifieke plukdatum met NIR

VCBT voorspelt al vele jaren de plukdata voor lange bewaring van tal van appel- en perenrassen. Voor Jonagold en Conference doen we dit zelfs op perceelsniveau omdat er een groot verschil in plukdatum van éénzelfde cultivar tussen verschillende percelen is. VCBT gebruikt hiervoor NIR-spectroscopie in het lab. Om in de toekomst deze NIR-metingen in de boomgaard te kunnen doen, richtte VCBT verder haar pijlen op testen met een draagbare NIR-meter. Uiteraard onderzochten we dan hoe we de huidige voorspellingsmodellen hiervoor kunnen aanpassen. Veel dubbele metingen en datatransformaties volgden.

DE NIR-TECHNIEK IN EEN NOTENDOP

VCBT werkt 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 dat dient om modellen te ontwikkelen.

> Een NIR-plukmodel kan de rijpheid van de vrucht aan de boom voorspellen: dat scheelt tijd en vruchten!

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 referentiekwaliteitsparameters of rijpheid. Het model dat hieruit ontwikkeld wordt, is tenslotte in staat om zonder een suikermeting te doen de suikergehalte van de vrucht te voorspellen. En dat scheelt tijd en vruchten!

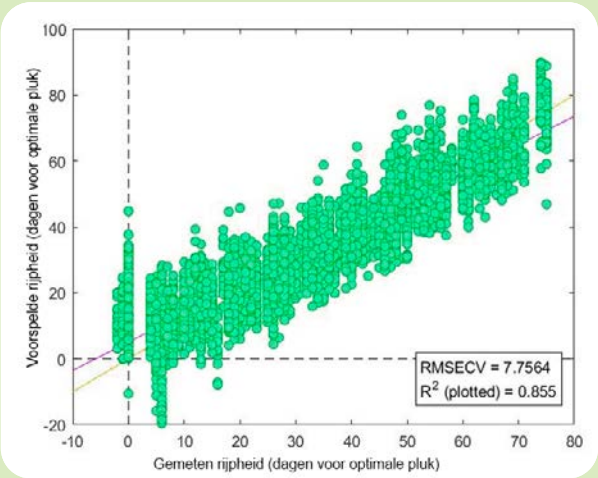
REFERENTIEMETINGEN VAN KWALITEIT: SUIKERGEHALTE, HARDHEID EN ZETMEELOMZETTING

In de praktijk zijn de belangrijkste kwaliteitseigenschappen het opgelostestofgehalte (suiker), de hardheid, het zetmeelgehalte en de fysiologische leeftijd. Het suikergehalte van een appel of peer neemt gedurende het seizoen toe door de omzetting van zetmeel. De referentiemeting van het suikergehalte gebeurt met een refractometer (°Brix).

De hardheid van een vrucht wordt gemeten met een Texture Analyzer (kg/cm²) die kan vergeleken worden met een automatische penetrometer. De fysiologische rijpheid wordt uitgedrukt in het aantal dagen vóór de optimale oogstdatum.

ROBUUSTE MODELLEN VANGEN SEIZOENSEFFECTEN OP

De input voor het kalibratiemodel moet een grote diversiteit aan vruchtstalen bevatten. VCBT voerde daarom referentiemetingen uit verspreid over het seizoen maar ook tussen verschillende seizoenen van tientallen jaren. Hierdoor wordt de variatie tussen én in de seizoenen meegenomen in het model. Dit is nodig aangezien seizoenen sterk kunnen verschillen en gedurende het seizoen de vrucht een voortdurende verandering ondergaat. Op die manier kunnen we vruchten uit een verschillend rijpheidsstadium en dus ook met schommelende vruchtparameters analyseren. Zo maak je de kalibratiemodellen robuust, zodat ze veel situaties in de toekomst aankunnen. Figuur 1 toont zo'n kalibratiemodel voor Conference waarbij de voorspelde fysiologische leeftijd uitgezet wordt t.o.v. de eigenlijke fysiologische leeftijd.



Figuur 1: Kalibratiemodel voor Conference.

NIR-METINGEN IN DE BOOMGAARD

VCBT ging in het VLAIO-project rond plukdatabepaling op zoek naar een handige draagbare NIR-meter voor in de boomgaard. VCBT bepaalt nu elke zomer al van veel percelen de plukdatum op vraag van telers. Hiervoor moeten twee vruchtstalen worden geplukt en binnengebracht in Heverlee. Daar worden ze dan gemeten. Het zou veel handiger zijn, mocht een voorlichter of fieldman van de veiling deze metingen in de boomgaarden kunnen doen, het signaal doorzenden naar VCBT, waarna je dan de plukdatumvoorspelling meteen terugkrijgt. VCBT selecteerde het toestel F-750 (Felix Instruments, Figuur 2) als geschikt voor deze toepassing. Criteria waren o.a. gebruiksgemak, gewicht, nauwkeurigheid, golflengtebereik en ingebouwde GPS. Intussen keken we al naar de nauwkeurigheid van de GPS-signalen zodat uw perceel nadien makkelijk aan te duiden is op een kaart. Ook de invloed van vruchttemperatuur, water op de vruchten (regen, dauw) werden al beoordeeld. De F-750 is een redelijk duur type, maar er bestaat een goedkopere versie de F-751. Ook deze nemen we nu mee in de testen.

DATATRANSFORMATIES

Onze huidige voorspellingsmodellen omvatten data van een twintigtal jaar. Deze data en al het laboratoriumwerk laten we zeker niet verloren gaan, daarom zoeken we een manier om de voorspellingsmodellen aan te passen op de draagbare NIR-metingen. In 2019 onderzochten we al de directe standaardisatietechniek met beloftevolle resultaten als gevolg. We verfijnden deze techniek verder in 2020.

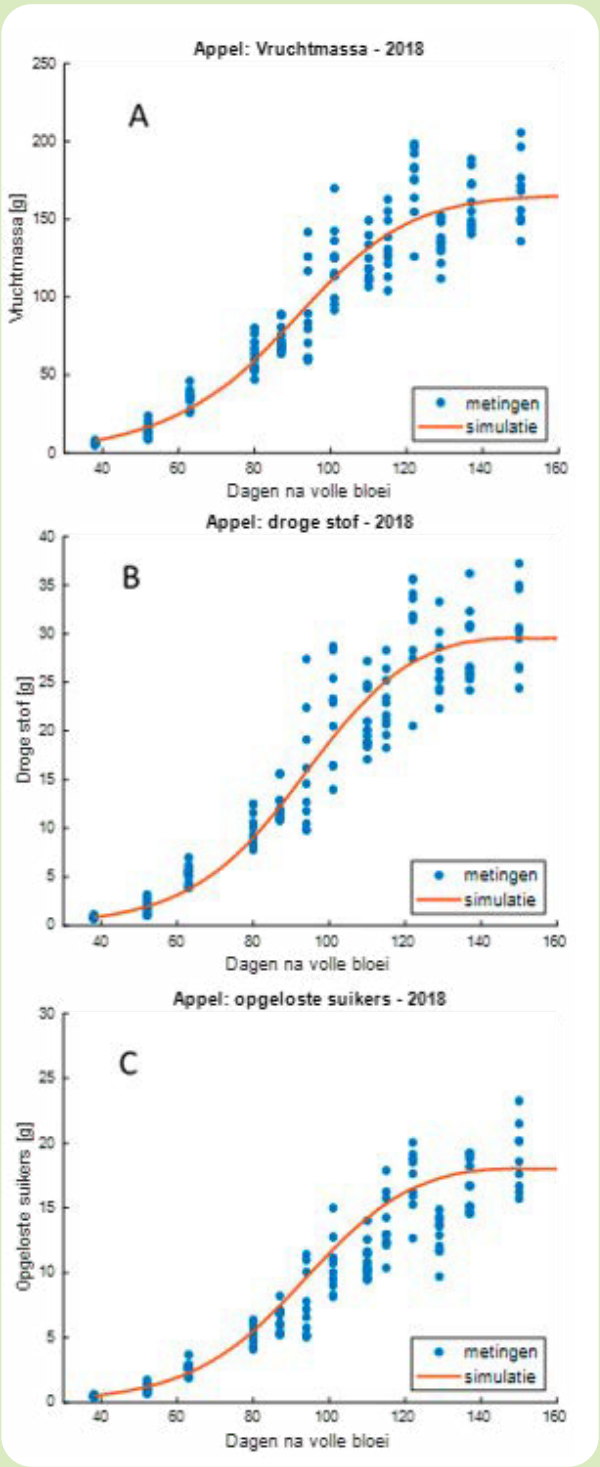
We transformeren de spectra van de draagbare NIR-meter alsof ze gemeten zijn op onze spectrofotometer in het lab waardoor ze in onze historische voorspellingsmodellen passen. Deze transformatie lukt al aardig.
Meten in de boomgaard is wel handig maar minder gecontroleerd. Licht en temperatuur zouden de metingen kunnen beïnvloeden. Ook hiervoor zette VCBT enkele experimenten op. Een lichtcorrectie blijkt gelukkig niet nodig. Temperatuur beïnvloedt de spectra wel maar de goede robuustheid van de historische voorspellingsmodellen vangt ook deze temperatuursinvloed goed op.

Figuur 2: Draagbare spectrofotometer F-750 (Felix instruments)

Dit onderzoek valt deels 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. Het onderzoek rond draagbare spectrofotometers maakt deel uit van LA-traject "Beslissingsondersteunend systeem voor pluktijdstipvoorspelling van hardfruit", LA-150895, gefinancierd door Agentschap Innoveren en Ondernemen en het Verbond van Belgische Tuinbouwcoöperaties (VBT), Green Diamond, New Green en Boerenbond.

Prediction of optimal picking date for individual pear and apple orchards based on NIR
VCBT has been predicting the picking dates for long-term storage of many apple and pear varieties for many years. For Jonagold and Conference we even do this at orchard level because there is a big difference in the picking date of the same cultivar between different orchards. 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 a portable NIR meter. Furthermore, we investigated how we can adapt the current prediction models for this. Many double measurements and data transformations followed.

Voorspellingsmodellen voor plukdata van hardfruit



Figuur 1: Voorbeeld van de resultaten van het groeimodel, voor Jonagold appels in 2018. Voor vruchtmassa (A), massa droge stof (B) en massa opgeloste suikers (C), worden telkens de metingen (datapunten) en de simulatieresultaten (lijn) weergegeven.

Jaarlijks bepaalt het VCBT het optimale pluktijdstip voor appel en peer. Vroegere adviezen zijn gewenst omdat dit de telers in staat stelt om bijvoorbeeld hun pluk efficiënter te plannen. Een groeimodel kan hieraan tegemoet komen. Het groeimodel voorspelt op basis van verschillende metingen in de afgelopen jaren de vruchtmassa, gehalte droge stof en opgelostestofgehalte. Dichter naar de effectieve plukdatum toe vullen NIR-metingen de voorspellingen van het groeimodel aan. Het gebruik van draagbare toestellen voor NIR-metingen kan het bemonsteren vergemakkelijken en versnellen. De dataprocessing en het modelleren met NIR-metingen is verder uitgewerkt met oog op een eerste implementatie van een online tool in 2021.

HET BELANG VAN PLUKTIJDSTIPBEPALINGEN

Het pluktijdstip is een belangrijke factor voor een goede bewaring van appel en peer. Het VCBT bepaalt daarom jaarlijks het optimale pluktijdstip voor lange bewaring van appel en peer in Vlaanderen. De rijpheidsevolutie hangt af van de temperatuur, neerslag, bodemkarakteristieken en de ouderdom van de bomen. Verschillende boomgaarden kunnen dus een verschillende rijpheid hebben. Daarom verschaft VCBT ook een perceelsspecifiek pluktijdstipadvies. Dit gebeurt op basis van NIR (nabij-infrarood) metingen op stalen ingestuurd door de telers (zie zie pagina 10 en 11). Om de pluk efficiënter te kunnen inplannen, willen we al vroeger in het groeiseizoen, vanaf de vruchtzetting, een advies kunnen geven. Dit advies wordt dan aangepast tijdens het seizoen aan de hand van nieuwe metingen. Tijdens het seizoen wordt de voorspelling hierdoor nauwkeuriger.

VOORSPELLENDE GROEIMODELLEN VOOR OPBRENGST EN KWALITEIT

Om de opbrengst en kwaliteit te kunnen voorspellen voor de pluktijdstipbepaling, is een wiskundig model ontwikkeld voor appel (cv. Jonagold) en peer (cv. Conference). Dit model maakt nauwkeurige voorspellingen en beschrijft de biochemische en fysische veranderingen in fruitkwaliteit onder invloed van omgevingsfactoren tijdens de groei. Het model beschrijft vruchtgroei op basis van fluxen van water en biomassa in en uit de vrucht. Het neemt tevens de doorheen het seizoen veranderende bodem- en klimaatcondities in rekening. Tijdens groeiseizoenen 2018, 2019 en 2020 werden kwaliteitseigenschappen (vruchtmassa, diameter, gehalte droge stof,

opgelostestofgehalte (Brix) en respiratie) gemeten van zowel appel als peer uit de boomgaarden van pcfruit in Velm. Enkele onbekende en niet-meetbare parameters werden gefit op basis van de metingen van vruchtmassa en massa droge stof. De modelsimulaties van de vruchtmassa, massa droge stof en opgelostestofgehalte toonden uiteindelijk goede overeenkomst met de werkelijke metingen voor zowel appel als peer in 2018, 2019 en 2020. Een voorbeeld van resultaten van het groeimodel wordt weergegeven in figuur 1.

VALIDATIE EN UITBREIDING VOOR GROEIMODELLEN STAAN OP DE PLANNING VOOR 2021

Voor volgend seizoen zal het voorspellend vermogen van de modellen gevalideerd worden met nieuwe vruchtmetingen. De data van de voorbije seizoenen zullen gebruikt worden om de modellen op te stellen en te kalibreren. Het model zal dan op basis van het gemiddeld weerspatroon in de boomgaard een voorspelling maken van de vruchtkwaliteit. Naarmate het seizoen vordert, zal het reeds waargenomen weer ingebracht worden in het model, zodat de nauwkeurigheid van het model zal verbeteren. Bijkomende experimenten zijn bovendien gepland voor de meting van enkele parameters in de modellen, waaronder de initiële osmotische potentiaal, de permeabiliteit van de schil voor vocht en de verhouding xyleem-floëem in de waterfluxen. Daarenboven zal het model uitgebreid worden met submodellen van het zetmeel, suiker- en zuurmetabolisme. Het model zal uiteindelijk toelaten om efficiënt de vruchtopbrengst en -kwaliteit te kunnen voorspellen. Tot slot kan de impact van variaties in klimaatcondities op de vruchtkwaliteit en -opbrengst onderzocht worden.

VERGELIJKING VAN DRAAGBARE SPECTROFOTOMETERS

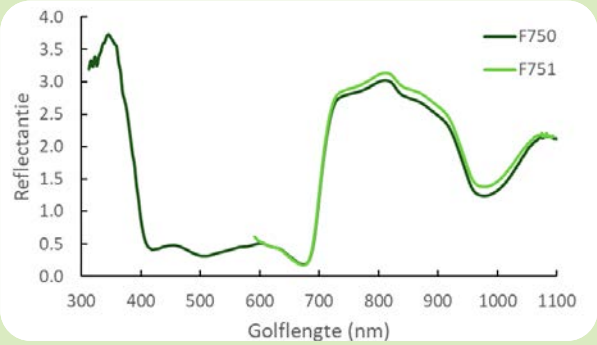
Wanneer de effectieve plukdatum nadert, nemen NIR-spectra de voorspellingen in het model over. NIR-spectra worden al opgemeten in het VCBT labo om de pluktijdstippen te voorspellen. Het is echter handiger om deze spectra direct op te meten in de boomgaard met een draagbaar toestel. Het F750 toestel van Felix Instruments wordt al enkele jaren getest door VCBT. In 2020 testen we het F751 toestel voor het eerst uit. Dit is een goedkoper toestel met een andere spectrofotometer. Dit resulteert in een verschillende spectrale range, die kleiner is bij de F751 (zie figuur 2). VCBT onderzocht de werking van het F751 toestel in vergelijking met de F750. De werking van de GPS, de nauwkeurigheid van de metingen, of de tijdspanne nodig om een meting te nemen, onder de loep genomen. We verifieerden opnieuw het effect van de condities die men in de boomgaard kan tegenkomen, zoals verschillende temperaturen of lichtintensiteiten op de spectra bij de F751. De spectra verschillen een beetje tussen de toestellen. Voor elk toestel moeten er aparte modellen worden opgesteld.

OPTIMALISATIE VAN DATAPROCESSING

Spectra kunnen soms foutief gemeten worden op beide toestellen. Dit komt zeer weinig voor, bv wanneer een blad in de weg zat bij de meting of wanneer de vruchten nog te klein waren, vroeg in het seizoen. Dit zorgt ervoor dat de vorm van de foutieve spectra zeer verschillend is van deze van een correcte meting. Wanneer deze foutieve metingen niet worden opgemerkt in het veld, komen deze spectra in de datasets terecht. Deze foutieve spectra moeten dan achteraf uit de datasets verwijderd worden met een filteringsmethode.

PLUKTIJDSTIPVOORSPELLINGEN IN EEN WEBGEBASEERDE SOFTWARE

Het uiteindelijke doel van het project is een online tool. Deze wordt op dit moment ontwikkeld. Binnen de tool zal het gemakkelijk zijn voor elke teler om een perceel aan te duiden. Doorheen het seizoen kan er dan op verschillende momenten een pluktijdstip voor een specifiek perceel worden gegeven via de tool. Dit pluktijdstip wordt ook doorheen het seizoen bijgewerkt aan de hand van de verder verzamelde data.



Figuur 2: Uitgelezen spectra van éénzelfde Conference peer. De spectra vallen op een verschillende range voor beide toestellen, maar zijn ook licht verschillend tussen de toestellen. Er moeten aparte modellen voor beide toestellen worden ontwikkeld.

Onderzoek in het kader van het LA-traject "Beslissingsondersteunend systeem voor pluktijdstipvoorspelling van hardfruit", LA-150895, gefinancierd door Agentschap Innoveren en Ondernemen en het Verbond van Belgische Tuinbouwcoöperaties (VBT), Green Diamond, New Green en Boerenbond.

Decision support system for picking date determination of pome fruit
The optimal picking date of pome fruit (apples and pears) is determined every year by VCBT. However earlier predictions of the optimum picking date are preferable for planning. Therefore a growth model has been developed that predicts fruit mass, dry mass and soluble solids. Closer to the optimum picking date NIR (near-infrared) measurements are added to the model. Within this project portable NIR devices are tested. Data processing and the construction of different models to predict the picking date have been further optimized. The goal would be implementing this knowledge into an online tool in 2021.

Wering onrijp fruit

Elk jaar weer opnieuw is het uitkijken naar de nieuwe oogst appelen en peren! Vaak halen deze vroege vruchten hoge prijzen. Toch is het belangrijk dat het aangeboden fruit voldoende rijp is. Onrijp primeurfruit stelt de consument teleur waardoor hij niet geneigd zal zijn tot een herhalingsaankoop. 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 bepaalt het VCBT de data vanaf wanneer verwacht kan worden dat de verschillende variëteiten een voldoende rijpheidsgraad bereikt hebben om aan deze kwaliteitsnorm te voldoen.

STARTDATUM VOOR ZOMER- ÈN BEWAARRASSEN

Er bestaat vooral de neiging om de zomerrassen 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.

De kleur van de vrucht is niet altijd een goede maatstaf voor de rijpheid

Tabel 1: **Aanvoerdata voor zomer- en bewaarrassen appel en peer 2020**

CULTIVAR	AANVOERDATUM	CULTIVAR	AANVOERDATUM
Delbarestivale	4/08/2020	Elstar	24/08/2020
Triomphe de Vienne	11/08/2020	Gala	24/08/2020
Durondeau	24/08/2020	Boskoop	14/09/2020
Conference	22/08/2020	Jonagold	14/09/2020
Belgica	20/08/2020	Golden	14/09/2020
Doyenné	24/09/2020	Braeburn	05/10/2020

Figuur 1: Telers kunnen zelf de rijpheid van hun vruchten bepalen door een meting te doen van het suikergehalte (rechts), de zetmeelomzetting (midden) en de hardheid (links)

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

Veel consumenten kiezen voor een mooi gekleurde vrucht. De buitenzijde van de vrucht is echter niet altijd een goede maatstaf voor de rijpheid. Sommige kleurmutanten kleuren al heel vroeg in het seizoen mooi rood hoewel ze absoluut nog niet rijp zijn. Het volstaat daarom 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. Als deze normen bereikt zijn, volgt er een advies om de betreffende cultivar te laten aanvoeren. Bij appel primeren hier een minimale zetmeelwaarde en opgelostestofgehalte, terwijl voor peer de hardheid en opgelostestofgehalte de belangrijkste parameters zijn. Bovendien worden ook nabij-infraroodspectra (NIR) bepaald die we kunnen gebruiken in modellen om de plukdatum te bepalen.

ALGEMENE VERSUS PERCEELSSPECIFIEKE METINGEN

De primeurdata die VCBT vaststelt zijn algemene data. Individuele percelen kunnen daar van afwijken. VCBT spoort telers sterk aan om zelf simpele 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).

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

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. The harvest dates for 2020 are mentioned in table 1.

Bewaring van nieuwe rassen grootfruit

Sinds 2019 is het rassenonderzoek grondig veranderd. We pakken het nu meer gestructureerd aan, in 4 fasen. Nadat een ras in fase 1 in het rassenonderzoek van pcfruit beloftevol genoeg blijkt te zijn om naar fase 2 te gaan, kan op VCBT een beperkt maar gedegen bewaaronderzoek starten. In fase 3 en 4 van het onderzoek vindt dan verdere verdieping plaats. Via dit bewaaronderzoek wil VCBT meewerken aan de introductie van een nieuw ras met alle nodige kennis van teelt, maar ook van bewaring en houdbaarheid. Ook smaak wordt meegenomen in de beoordelingen. Makkelijk te telen rassen zijn niet steeds de makkelijkste in de bewaring. In 2019-2020 heeft VCBT aspecten van de bewaring van Cepuna, Celina, Fred en Regal Red onderzocht.

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.

> Het bewaaronderzoek voor een nieuw ras start met de bepaling van de juiste plukdatum

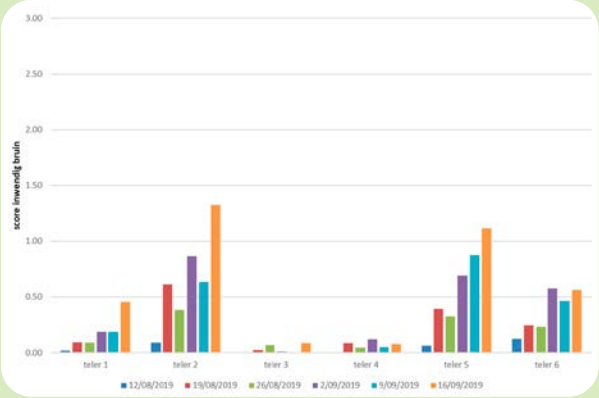
Er zullen ook al een aantal weloverwogen gascondities getest worden. Omdat goede bewaarbaarheid helemaal afhangt van de plukdatum, zal ook het plukdatumonderzoek van het nieuwe ras meteen vanaf fase 2 meelopen.
In fase 3 en 4 volgen aroma- en smaakonderzoek, inzetbaarheid en timing van 1-methylcyclopropeen (1-MCP) en andere specifieke vragen.

PLUKDATUM EN ETHYLEENMETINGEN

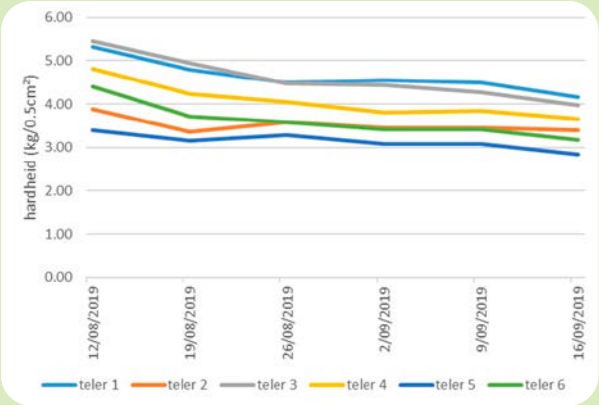
De plukdatum bepaalt de bewaarbaarheid van de vruchten. Daarom steekt VCBT veel energie in het nauwkeurig bepalen van de optimale plukdatum van een nieuw ras. Hiervoor worden rond de vermoedelijke plukdatum verschillende keren stalen geplukt. De evolutie van de hardheid, het opgelostestofgehalte maar vooral de ethyleenproductie zegt iets over de plukdatum van een ras. Daarom volgen we al deze parameters nauw op. 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.

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

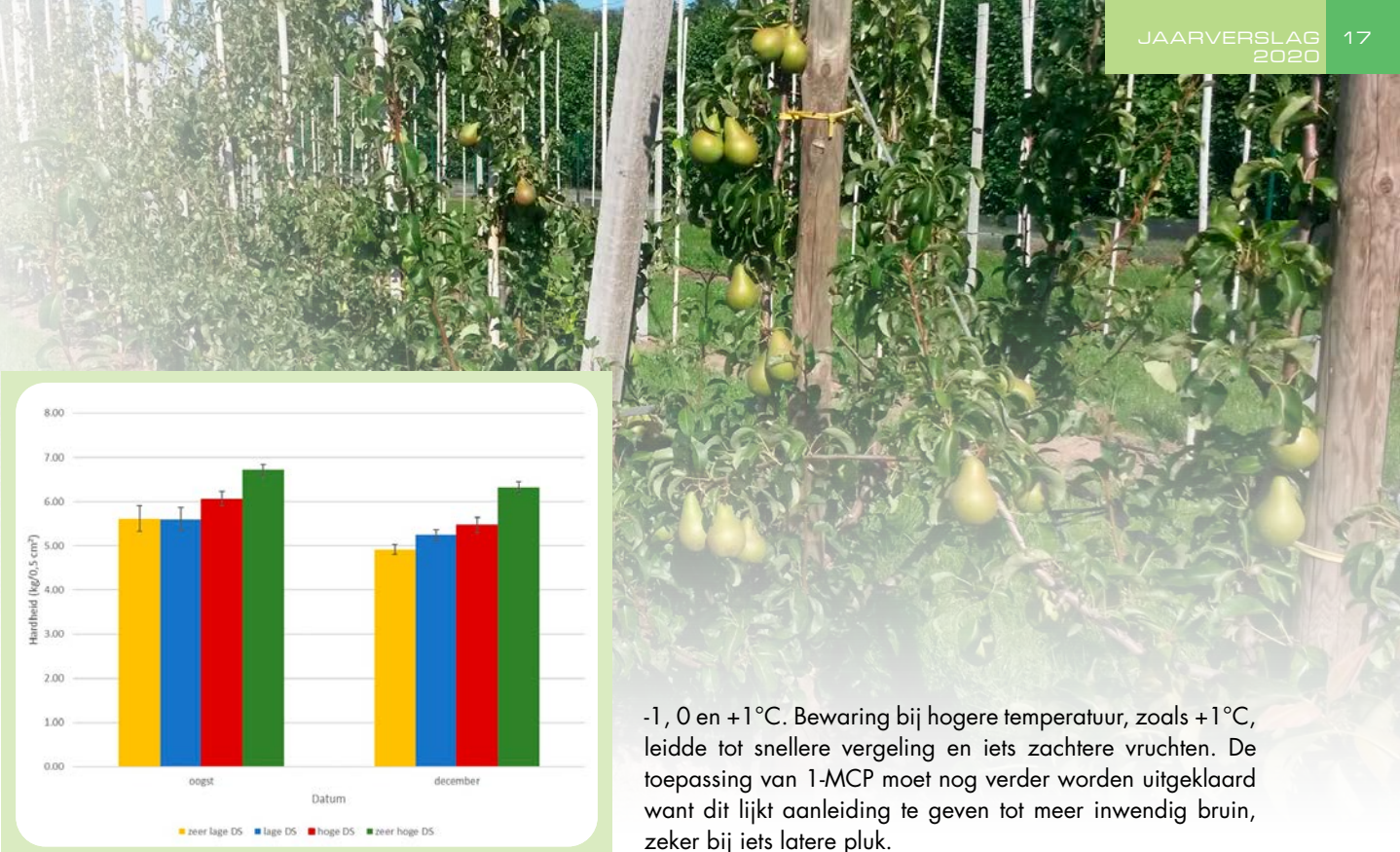
Het rassenonderzoek wordt nagenoeg volledig uitgevoerd onder ISO 17025-accreditatie. Hiermee garandeert VCBT haar klanten technisch betrouwbare analyseresultaten, die ook altijd volledig onderling vergelijkbaar zijn. Afhankelijk van de wensen van de opdrachtgever, worden de metingen gekozen. Meestal bestaat een bewaarproef uit het tweemaandelijks bemonsteren van vruchten uit de verschillende bewaarcondities. Op deze vruchten wordt dan meteen na uitslag en na 7 dagen uitstalling (voor appel bij 18°C, voor peer bij 12°C) gemeten. Hardheid, opgelostestofgehalte, titreerbare zuurheid, achtergrondkleur, zetmeelwaarde,



Figuur 1: Inwendig bruin bij Cepuna in functie van perceel en plukdatum



Figuur 2: Hardheidsverloop voor de oogst van Cepuna in functie van perceel en plukdatum



Figuur 3: Hardheid van Celina (kg/0.5cm²) bij verschillende drogestofgehaltenplukdatum

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. Smaak wordt ook telkens beoordeeld.

CEPUNA: GEDETAILLEERD PLUKDATUMONDERZOEK

Voor Cepuna deed VCBT een zeer gedetailleerd plukdatumonderzoek. Bij zes telers werden op 6 plukdata vruchten geplukt. Het verloop van de hardheid, suikergehalte, zetmeelomslag, drogestofgehalte, ethyleenproductie en ademhaling werd in detail opgevolgd gedurende 6 weken voor de pluk. Van alle telers en alle plukdata zijn ook vruchten na 8 maanden bewaring beoordeeld. Hier was de invloed van plukdatum op het optreden van inwendig bruin duidelijk (Figuur 1): naarmate later werd geplukt, zagen we meer inwendig bruin. Er waren ook grote perceelsverschillen. Bij de pluk is het verloop van hardheid ook verschillend per perceel (Figuur 2). Sommige percelen verliezen sneller hun hardheid dan andere, bv. de vruchten van teler 6.

FRED: TEMPERATUUR EN PLUKDATUM

Voor de peercultivar Fred testten we de invloed van temperatuur en plukdatum op de bewaarbaarheid. Van deze cultivar was nog weinig gekend en dan is de optimale temperatuur het eerste waar we naar zoeken. De peren werden in gewone koeling onder luchtatmosfeer bewaard bij -1, 0 en +1°C. Bewaring bij hogere temperatuur, zoals +1°C, leidde tot snellere vergeling en iets zachtere vruchten. De toepassing van 1-MCP moet nog verder worden uitgeklaard want dit lijkt aanleiding te geven tot meer inwendig bruin, zeker bij iets latere pluk.

CELINA: INVLOED VAN DROGESTOFGEHALTE OP BEWAARBAARHEID

Voor Celina ging VCBT na in hoeverre het drogestofgehalte bepalend was voor de bewaarbaarheid van de vruchten. Hiervoor bewaarden we vruchten van vier verschillende niveaus van drogestofgehalte, gaande van zeer laag tot zeer hoog. De vruchten werden op VCBT bewaard tot december. We zagen dat naarmate het drogestofgehalte hoger was, de hardheid hoger was en beter behouden bleef tijdens bewaring (Figuur 3). Bovendien hadden de vruchten met hogere drogestofgehalte ook een hoger suikergehalte.

REGAL RED: GOEDE REACTIE OP 1-MCP

Red Regal is een Comice-achige peer en kan goed worden behandeld met 1-MCP. Het ras is niet gevoelig voor inwendig bruin. Behandeling met 1-MCP moet correct geplaatst worden om enerzijds geen té harde peren over te houden en anderzijds wel werkzaam te zijn. Wellicht kan dit optimale tijdstip voor 1-MCP bepaald worden op basis van de hardheid van de vruchten, waarbij we de richtlijnen voor Doyenné du Comice moeten volgen.

KLANT IS KONING

Bovenstaande resultaten kwamen tot stand omdat de raseigenaars ook bepaalde specifieke vragen hadden. Er wordt dus steeds een compromis gezocht tussen wat nuttig en wenselijk is voor de klant. Als deze laatste bv. al heel snel iets over aroma's wil weten, dan zal dit in een vroegere fase van het onderzoek getest worden.

Dit onderzoek werd gefinancierd door EFC (Cepuna), Fruithandel Wouters (Celina), Belorta (Fred) en veiling LTV (Regal Red)

Optimal storage conditions for new pome fruit cultivars
In 21019-2020 the cultivars Cepuna, Celina, Fred and Regal Red were tested. Picking date, application of 1-MCP and storage conditions were tested. Most observations are done according the ISO/IEC 17025 standard. These tests are done during several years because some disorders are related to climatic conditions. This leads to detailed guidelines for each cultivar.

COOLPLANT
Optimale bewaring plantmateriaal braam en framboos

Frigobewaring van plantmateriaal van bramen en frambozen is ontstaan met als doel meerdere teelten per jaar te realiseren. Verse planten worden vanaf april/mei van het eerste jaar opgekweekt en eind december ingepakt. Dan gaan de planten de bewaring in om er in januari/februari (voorjaarsteelt) of juli (najaarsteelt) uit te komen. Het gekoeld bewaren van plantmateriaal is een dure en risicovolle onderneming. Een goede strategie die verliezen door koeling beperkt, is daarom belangrijk.

'COOLPLANT'

Het LA-traject 'COOLPLANT werkt een strategie uit om plantmateriaal van frambozen en bramen voor een vervroegde/verlate teelt zo optimaal mogelijk te bewaren in de koelcel. Het project startte in 2017. Het doel van het project is om eenvoudige richtlijnen op te stellen voor telers voor een optimale opkweek- en bewaarstrategie, die steunt op verschillende controleerbare parameters zoals teelttechnische maatregelen, bemestingsregimes, bewaarmaatregelen en koelregime. VCBT voert dit project uit samen met pcfruit, die de teeltaspecten voor haar rekening neemt.

> Een te dichte verpakking kan tijdens de bewaring leiden tot ophoping van CO_2 en schade geven

EENVOUDIGE RICHTLIJNEN OPSTELLEN VOOR TELER EN BEWAARDER

Telers krijgen elk jaar tijdens en na frigobewaring te maken met planten die meerdere gezondheidsproblemen vertonen: barsten in de schors, gebrek aan witte wortels, slechte uitloop van knoppen, schimmelvorming met een lagere productie of volledige plantuitval als gevolg. Deze problemen zijn niet te herleiden tot één enkele parameter. Ze hebben te maken met verschillende parameters die elkaar beïnvloeden, verspreid over verschillende momenten in de teelt, zoals de opkweek van het plantmateriaal, het inpakken vóór de koeling en de inkoel- en ontdooistrategie. De algemene doelstelling van het project is om eenvoudige richtlijnen op te stellen voor de teler voor een optimale opkweek- en bewaarstrategie.

INKOELSTRATEGIE

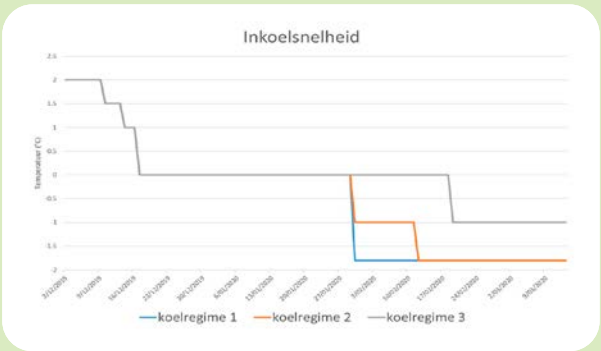
Het inkoelen en bewaren van plantmateriaal in de koelcel is een risicovolle stap. Om de plant- en wortelactiviteit van het plantmateriaal te remmen, bewaart men plantmateriaal bij lage temperatuur. VCBT bewaarde in samenwerking met Bel'Orta bramen- en frambozenplanten gedurende 8 maanden onder verschillende temperatuurregimes om na te gaan welke (in-)koelstrategie de minste plantuitval en de hoogste productie geeft. Een dynamisch inkoelpatroon wordt algemeen aangeraden. In deze strategie wordt de temperatuur stapgewijs naar beneden gebracht: eerst vlot naar 2°C en daarna met 0,1°C temperatuurdaling per week naar de uiteindelijke bewaartemperatuur. Het argument dat hiervoor gebruikt wordt, is dat de plant dan nog kan afharden in de koelcel en kan wennen aan de koude. Hierdoor treedt minder koude schade op. In 2020 bewaarden we planten volgens 3 inkoelstrategiën (Figuur 1). In de koeling bij -1.8°C was er in 2020 veel meer schade: slechts een zeer beperkt aantal knoppen liep nog uit (Tabel 1). Daarom wordt aangeraden om niet te bewaren bij een temperatuur beneden -1°C.

Tabel 1: **Uitgelopen knoppen bij Lochness (braam) en Kwanza (framboos) bij verschillende inkoelregimes in 2020**

OBJECT	% NIET UITGELOPEN KNOPPEN KWANZA	% NIET UITGELOPEN KNOPPEN LOCHNESS
Koelregime 1: -1,8°C	79 (a)	42,0 (b)
Koelregime 2: -1,8°C (stap -1°C)	71 (a)	62,7 (a)
Koelregime 3: -1°C	37 (b)	13,4 (c)

GASSAMENSTELLING TIJDENS KOELING

Voor sommige producten is een licht verhoogde CO_2-concentratie of een lagere zuurstofconcentratie positief voor de bewaarkwaliteit. Anderzijds weten we dat planten zelf ook ademhalen en de gassamenstelling kunnen veranderen in de koelcel. Daarom werd plantmateriaal in samenwerking



Figuur 1: Koelstrategiën voor planten van framboos en braam in 2019-2020

met BelOrta onder verschillende gassamenstellingen tijdens de koeling bewaard. De positieve effecten van gewijzigde atmosfeer zijn er duidelijk niet: zowel bij bramen als bij frambozen zien we dat een hoge CO_2-concentratie (20%, 10% en 5% CO_2) nadelig is voor de plant. De knoppen lopen niet of slecht uit en bijgevolg bereikt de plant een heel lage productie. 10% CO_2 t.o.v. 0,03% CO_2 geeft een vermindering van 25 tot 35 % van de productie. 5% CO_2 kan al een vermindering van 15% geven op de productie. CA- of gewijzigde atmosfeerbewaring lijkt voor plantmateriaal van framboos en braam dus niet zinvol en zelfs risicovol.

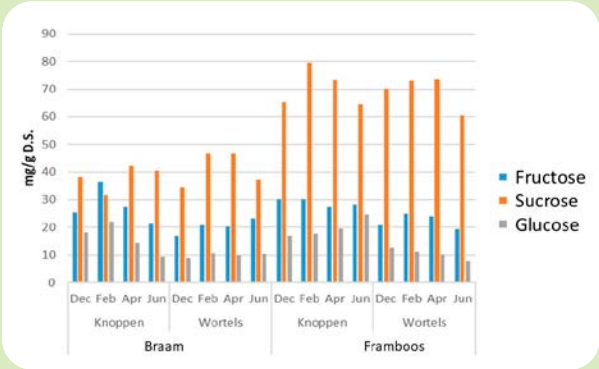
GASSAMENSTELLING IN DE VERPAKKING

Tijdens de bewaring produceert zowel de plant zelf als het substraat nog CO_2 door ademhaling. Planten kunnen zo in een gesloten verpakking hun omgeving verrijken met CO_2 tot ze er zelf schade van kunnen ondervinden. Als inpakmateriaal wordt daarom best voldoende geperforeerd materiaal gebruikt, bijvoorbeeld kisten met een geperforeerd plastic bovenop (Figuur 2). Een volledig afgesloten zak kan zeker tijdens de inkoeling, wanneer de plant nog warm en actief is, leiden tot een ophoping van CO_2, warmte en vocht waardoor schimmels zich kunnen ontwikkelen over het plantmateriaal en knoppen kunnen aangetast worden en niet meer uitlopen.

NORMEN VOOR GEHALTEN AAN RESERVESTOFFEN IN PLANTWEEFSEL

Tijdens de bewaring verbruikt de plant nog een gedeelte van haar reservestoffen door ademhaling. Om de lange bewaring te overleven moeten er voldoende reservestoffen aanwezig zijn in de plant bij de inzet in bewaring. Daarom onderzocht VCBT in 2019 en 2020 de evolutie van de reservestoffen tijdens de bewaring van de planten. Figuur 3 geeft een dergelijk verloop weer voor bramen- en frambozenplanten vanaf de inzet in bewaring in december tot in juni. In het begin van de bewaring is er nog een lichte toename, maar naarmate de bewaring langer duurt, zien we de gehalten suikers afnemen. Het is nu de bedoeling om een bepaalde minimale grens vast te leggen waarbij planten de bewaring vlot kunnen overleven.

Figuur 2: Kisten met planten worden best afgedekt met geperforeerd plastic om condens en ophoping van CO2 te vermijden



Figuur 3: Evolutie van de suikers (glucose, sucrose en fructose) tijdens de bewaring van de frambozen- en bramenplanten in de knoppen en wortels

Onderzoek in het kader van het LA-traject "COOLPLANT – Optimale bewaring van frambozen- en bramenplanten in de koeling", HBC 2016.0784, gefinancierd door Agentschap Innoveren en Ondernemen, het Verbond van Belgische Tuinbouwcoöperaties (VBT), Boerenbond, Driscoll's of Europe B.V. en Delphy Team Houtig Kleinfruit

Coolplant - Optimal storage conditions for raspberry and blackberry plants
The long storage in refrigeration of raspberry and blackberry plants aims at having more than one production cycle per year. New plants are grown from April/May in the first growing year and packed in December. Then they are refrigerated and stored until January/February (spring production) or July (autumn production). This storage of plant material is a risky and expensive business. Good guidelines in terms of plant properties and cooling strategies are needed in order to have a successful storage result.

(D)CA bewaring van spitskool

Spitskool is in tegenstelling tot de traditionele witte en rode sluitkolen moeilijk te bewaren bij enkel een verlaagde temperatuur (-0.5 tot 1 °C) en verhoogde relatieve vochtigheid (> 95%). Vanwege de hogere economische waarde van spitskool bewaren steeds meer telers spitskool bij gecontroleerde atmosfeer. VCBT kon reeds bevestigen dat CA-bewaring de bewaarduur van spitskool aanzienlijk kan verlengen met behoud van een goede kwaliteit. In 2020 onderzocht VCBT of bewaring bij dynamisch gecontroleerde atmosfeer (DCA) resulteert in een extra kwaliteitsbehoud. Naast de kwaliteit, werd ook het aroma van de kolen bestudeerd. Wanneer de zuurstofconcentraties immers te laag zakken, verhoogt de kans op de ontwikkeling van off-flavors, die de smaak en geur van het product beïnvloeden.

(D)CA RESULTEERT IN EEN VERLENGD KWALITEITSBEHOUD

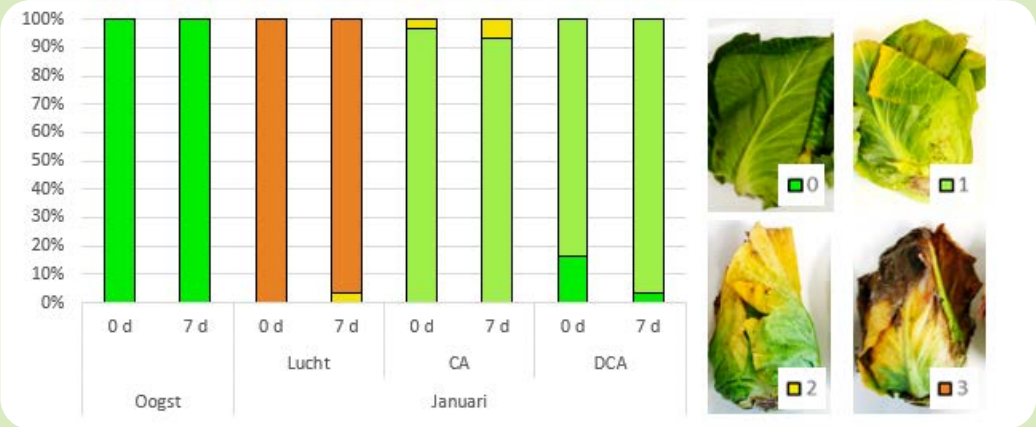
VCBT deed een bewaarproef bij drie verschillende condities: gewone lucht, CA en DCA (Tabel 1). Spitskool werd geoogst in september en bewaard tot en met mei in 300L containers waarin de atmosfeer geregeld kan worden. Bij CA-bewaring bleef de zuurstof en koolzuurconcentratie in de lucht constant, bij DCA-bewaring werd de zuurstofconcentratie aangepast doorheen het seizoen op basis van RQ-metingen. De kwaliteit van de spitskolen werd doorheen het seizoen drie maal beoordeeld: bij oogst, in januari en in mei.

> CA- en DCA-bewaarde spitskolen hadden nog frisse, groene bladeren in januari, terwijl de kool in gewone lucht al waardeloos was.

In Figuur 1 zien we dat de kolen bewaard in gewone lucht sterk verwelkte, bruine en beschimmelde bladeren vertoonden in januari, terwijl de CA- en DCA-bewaarde kolen nog frisse, groene bladeren hadden. De DCA-bewaarde kolen hebben hierbij een wat betere bladscore ten opzichte van de CA-kolen. In mei waren de kolen uit gewone lucht volledig beschimmeld en rot. De CA- en DCA-bewaarde kolen vertoonden nu verwelkte, bruine bladeren. Dit betrof echter enkel de buitenste bladeren en kon in meeste gevallen opgeschoond worden. Hoewel extern duidelijk verschillen zichtbaar zijn (Figuur 1), werden binnen in de kool weinig verschillen vastgesteld van de interne kleur en het opgelostestofgehalte.

DE ADEMHALING VAN SPITSKOOL IS TRAGER BIJ (D)CA

De ademhaling van de spitskolen werd doorheen de bewaring opgevolgd door middel van zuurstofmetingen in de containers (Figuur 2). Voor de CA en DCA bewaarde kolen gebeurde dit continu, voor de in lucht bewaarde kolen gebeurden enkele puntmetingen. Het verloop van de ademhaling is voor de verschillende bewaarcondities gelijkaardig. Het verlagen van de temperatuur en zuurstofconcentratie zorgt voor een vertraging van de ademhalingssnelheid en blijft vervolgens lange tijd stabiel. Vanaf februari neemt de ademhaling opnieuw toe, en blijft deze stijgen tot de eindmeting. Deze stijging gaat gepaard met een achteruitgang in kwaliteit en een verandering in het koolaroma. Hoewel het verloop bij de verschillende bewaarmethoden gelijkaardig is, zien we duidelijke verschillen in de snelheden. De in lucht bewaarde kolen ademen het meest, de in DCA bewaarde kolen het minst. Een tragere ademhaling gaat gepaard met een vertraging van verscheidene metabolische processen die zorgen voor kwaliteitsverlies. Hoewel er met (D)CA potentieel



Figuur 1: De bladscore van de bewaarde spitskolen. Data van mei werden niet weergegeven aangezien alle kolen uit gewone lucht rot waren en alle kolen uit CA en DCA score "3" kregen. De beoordeling werd uitgevoerd bij oogst en na bewaring bij lucht, CA en DCA. Telkens werd de beoordeling direct na uitslag (0 d) en nog een keer na 7 dagen uitstal bij 7°C (7 d) uitgevoerd.

is om langer te bewaren dan januari, was mei te optimistisch. Verder is belangrijk op te merken dat door middel van RQ-metingen weinig of geen stress opgemeten werd ondanks de achteruitgaande kwaliteit. Vermoedelijk is een alternatieve parameter nodig om de kwaliteit en stresstoestand van spitskool beter op te volgen tijdens de bewaring.

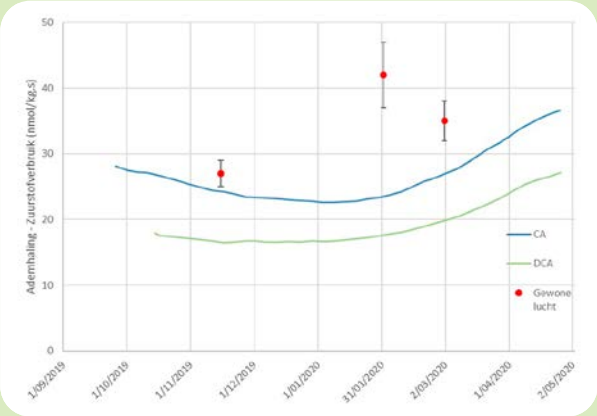
AROMA ALS MOGELIJKE PARAMETER VOOR STRESSTOESTAND

Om na te gaan of de kwaliteitsachteruitgang van spitskool bepaald kan worden aan de hand van aroma, werden kolen bewaard bij 0 % zuurstof waarbij wekelijks de kwaliteit en het aroma in de bewaarcontainer werd opgemeten. In Figuur 3 zien we hoe het aroma van de spitskolen verandert naarmate ze langer in een stresssituatie verkeren. Hoewel de kolen kwalitatief nog niet te onderscheiden waren, kon wel een duidelijk verschil in aroma worden gemeten.

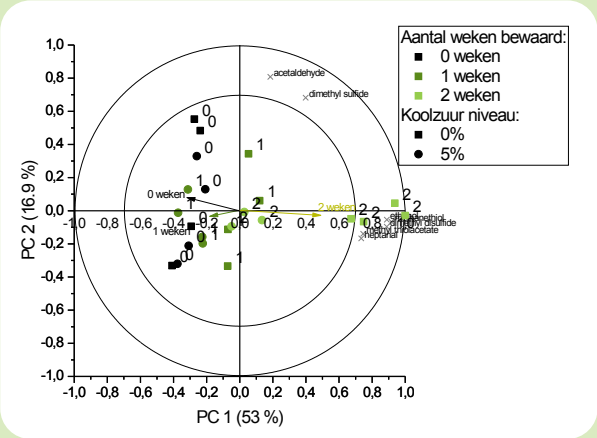
De productie van off-flavors zoals disulfide dimethyl, ethanol of heptanal is hoger naarmate de kolen langer in fermentatieve condities bewaard worden. Zulke aroma-componenten zouden dus kunnen dienen als parameter om het stressniveau op te volgen, waarbij er op tijd ingegrepen kan worden zonder verlies van kwaliteit.

Tabel 1: **De verschillende bewaarcondities**

	TEMPERATUUR (°C)	ZUURSTOF-CONCENTRATIE (%)	KOOLZUUR-CONCENTRATIE (%)
Gewone lucht	1	20.8	0.03
CA	1	1	5
DCA	1	Variabel (min. 0.2 – max. 1)	5



Figuur 2: De ademhalingssnelheid tijdens de bewaring in lucht (rood), CA (blauw) en DCA (groen).



Figuur 3: Biplot van de PCA analyse van het gemeten headspace aroma over een periode van twee weken. De aroma componenten worden weergegeven als grijze kruisjes. De verschillende koolzuur concentraties en de bewaarduur wordt weergeven door middel van symbolen en kleuren respectievelijk. De gemiddelde score van bewaarduur wordt door de pijlen weergegeven.

(D)CA storage of pointed cabbage
In contrary to the traditional white and red head cabbages, pointed varieties are difficult to store at low temperature (-0.5 to 1 °C) and elevated relative humidity (> 95%) alone. Due to its higher economic value, innovative growers are storing pointed cabbage in controlled atmosphere. VCBT did confirm that CA-storage can prolong de storage time with a good quality maintenance. In 2020, VCBT studied if storage using a dynamic controlled storage treatment can result in even better quality retention. Since the production of off-flavors can occur due to too low oxygen concentrations which affects both smell and taste of the product, the aroma of the cabbages was studies as well.

Lekkere Conference op elk moment van het bewaarseizoen

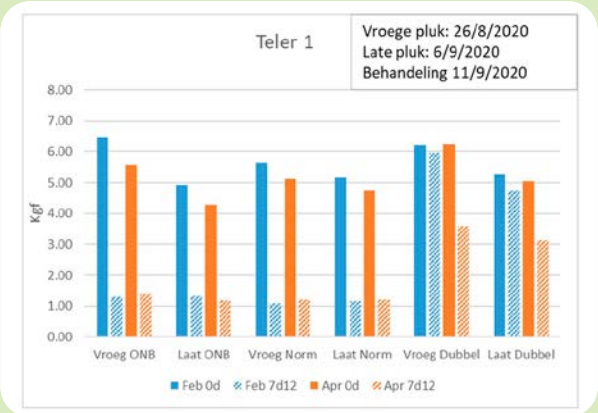
In de afgelopen jaren zagen we vaak dat Conference na lange bewaring en/of verre transporten wat betreft uitstalleven tekortschoot. De vruchten waren na slechts enkele dagen al zeer zacht of vertoonden ouderdomsverschijnselen. Voor dergelijke trajecten en bewaarduren dringt zich een alternatief op en dat is beschikbaar onder de vorm van 1-methylcyclopropeen (1-MCP). 1-MCP is een product dat na de oogst wordt toegepast op de vruchten en de rijping van de vruchten blokkeert, waardoor hun houdbaarheid verlengt.
De juiste timing en dosis van 1-MCP op Conference is complexer dan bij appel. Het demonstratieproject "Lekkere Conference op elk moment van het bewaarseizoen" heeft als doel om telers te tonen hoe je kan spelen met 1-MCP om de gewenste zachte of harde Conference peer te bekomen na een bepaalde bewaarduur.

1-MCP OP CONFERENCE

De fruitsector kreeg een aantal jaren geleden een handig middel ter beschikking om de houdbaarheid van fruit te verlengen, nl. 1-methylcyclopropeen of 1-MCP, de actieve stof van o.a. Smartfresh, Fysium of Applesmart.
Met 1-MCP kunnen we de ethyleenproductie van appel en peer blokkeren. Bij appel was de toepasssing eenvoudig: de meeste consumenten houden van een zeer knapperige vrucht. Bij peer ligt het complexer, een peer moet zacht worden op het schap, dus moet je een evenwicht zoeken tussen de rijping remmen en het potentieel om zacht te worden. Bij de toepassing op peer moet je opletten voor het optreden van evergreens: peren die nooit meer geel worden, altijd groen blijven. De handel accepteert dit niet.
1-MCP moet bij Conference zeer precies ingezet worden: op het juiste moment: niet té vroeg, maar ook niet té laat. Te vroeg toegepast levert het de zogenaamde evergreens op: de nooit rijpende Conference, en te laat werkt het niet en is het weggegooid geld en moeite.

DEMONSTRATIE STAAT CENTRAAL

Omdat VCBT inzag dat er nood was aan meer uitleg bij de toepassing van 1-MCP bij Conference, is dit demoproject gestart. Hiervoor werkten we samen met 7 fruittelers, de firma Hermoo en pcfruit.
De telers hebben een cruciale rol in een demoproject: ze fungeren immers als voorbeeld voor hun collega's. Pcfruit heeft met haar voorlichtingsdienst St@f bijeenkomsten georganiseerd bij deze telers waar toelichting werd gegeven bij het project. De firma Hermoo deed de toepassingen van Smartfresh (1-MCP) in het kader van dit project.
Met de betrokken telers is samengezeten om na te gaan wat de wensen waren omtrent de kwaliteit van hun Conference. Wilden ze lang houdbare Conference die ze ver konden transporteren? Dan zou een 1-MCP toepassing moeten worden gericht op een eerder vroege toepassing want de peer moet vroeg in de ethyleenproductie gestopt worden. Of wanneer de telers ook huisverkoop hadden en ook al in januari bv. wilden Conference verkopen die wel goed



Figuur 1: Hardheid van de peren van teler 1 na bewaring. 0d = meteen na bewaring, 7d12 = na 7 dagen uitstalling bij 12°C

Figuur 2: Hardheid van de peren van teler 3 na bewaring. 0d = meteen na bewaring, 7d12 = na 7 dagen uitstalling bij 12°C

bewaart, maar wel goed aanrijpt, dan moet je 1-MCP op een andere manier gaan inzetten nl. ietsje later in de pluk, wanneer de peer zelf al beter kan ethyleen produceren. Zo zijn we te werk gegaan voor de verschillende telers. Dat leverde dus ook verschillende peren op na bewaring: van snel rijpend tot groene.

VOORBEELDEN RESULTATEN 2020

Bij teler 1 werd 1-MCP toegepast op vroeg (26/8) en laat (6/9) geplukte Conference. De toepassing werd uitgevoerd op 11/9 met een enkele en dubbele dosis. Figuur 1 toont de hardheid van de peren in februari en april. De enkele dosis blijkt onvoldoende voor deze toepassing die pas 14 dagen na de vroege pluk plaatsvond. De dubbele dosis is effectief voor beide plukdata. Peren blijven harder tot in april, en ze blijven harder na uitstalling.
Bij teler 3 zagen we een gelijkaardig beeld: geplukt op 6/9 en behandeld op 19/9 werkt de dubbele dosis wel nog: we zien hardere peren na uitstalling in februari, in april zijn de peren nog harder wanneer ze uit de bewaring komen, na uitstalling is het effect verdwenen en rijpen ze af.
Ook zien we een effect op de kleur van de peren. Dikwijls zijn de behandelde peren nog groener.

ENKELE DINGEN OM TE ONTHOUDEN UIT DIT PROJECT..

- Peren met een te laag suikergehalte onder 12°Brix, moet je nooit behandelen, die komen nooit op smaak, ook niet na lange bewaring. Rijpheid opvolgen vóór de oogst is daarom belangrijk.
- Bij een late toepassing of een late pluk werkte een dubbele dosis dikwijls wel nog goed. Wanneer je als teler dus zeker wil zijn van een goed effect op latere plukken of wanneer je wat laat bent met de toepassing na de oogst, vraag dan eventueel naar een hogere dosis.
- Soms is het effect van 1-MCP er wel, maar is het uitgewerkt in januari of februari, houdt het dus niet vol tot de hele lange bewaring. Door ethyleenproductie te volgen met een nauwkeurige meter tijdens de bewaring kan je dit opvolgen.
- Tussentijds af en toe een 10-tal behandelde en onbehandelde vruchten uithalen en warm leggen om na te gaan of ze al narijpen is een goede manier om te weten hoe het staat met het effect van de 1-MCP: dan weet je hoe lang jouw toepassing werkt en kan je tijdig open doen.

Europees Landbouwfonds voor Plattelandsontwikkeling: Europa investeert in zijn platteland

Dit demoproject "Lekkere Conference op elk moment van het bewaarseizoen" wordt gefinancierd door het Departement Landbouw en Visserij en het Europees Landbouwfonds voor Plattelandsontwikkeling (ELFPO)

Tasteful Conference pears during the whole storage season
During the last seasons Conference pears sometimes had a too short shelf life or could not resist far transport distances. The use of 1-MCP can help to improve shelf life of Conference but we need to apply it in a way that it does not block completely the ripening process. Therefore a perfect timing of the application is very important. In this demonstration project the possibilities of alternative applications are demonstrated in order to achieve pears with good shelf life and ripening capacities. In this demonstration project we applied 1-MCP at different timings after harvest on early and late picked fruits. An example of the fimness evolution is shown in Figure 1 and 2.

Verbeterde Hagelandse peren door kennis van de bodem

De regio Hageland ligt in België tussen Leuven, Aarschot en Sint-Truiden en wordt gekenmerkt door heterogene bodemeigenschappen. Het grondtype kan variëren van zware klei tot leem tot grof zand met een laag waterhoudend vermogen. De teelt van peren is één van de belangrijkste landbouwgewassen in de regio. Perenbomen zijn gevoelig voor waterstress. Waterstress leidt tot kleinere vruchten, terwijl telers een hogere prijs krijgen voor dikkere peren. In dit project brengen we de heterogeniteit van de percelen in beeld, meten het effect op vruchtkwaliteit en zoeken naar systemen voor verbetering.

HETEROGENITEIT IN PERCELEN IN KAART

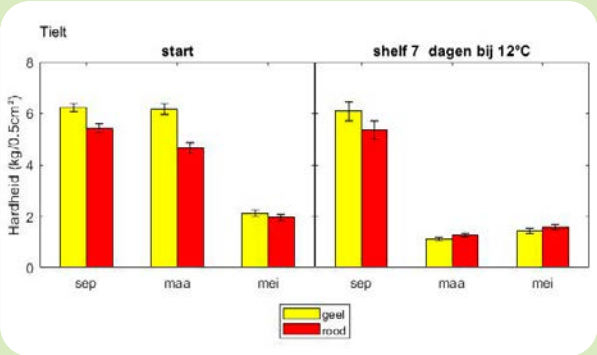
Het Hageland wordt gekenmerkt door een dikwijls lichtere bodemtextuur met meer variatie in vochttoestand, textuur en profielopbouw die je zelfs op perceelsniveau vindt. Dit weerspiegelt zich in de heterogeniteit van de kwaliteit van de vruchten. Een belangrijke vraag voor veel Hagelandse telers is dan ook, hoe ze deze verschillen in de bodem kunnen identificeren en bijsturen om een constante kwaliteit te produceren. Een belangrijke doelstelling binnen het project is, om de Hagelandse perentelers te laten kennismaken met de mogelijkheden die precisielandbouw biedt binnen de fruitteelt om hun productie te optimaliseren.

VERIS BODEMSCANNER BRENGT BODEMEIGENSCHAPPEN IN KAART

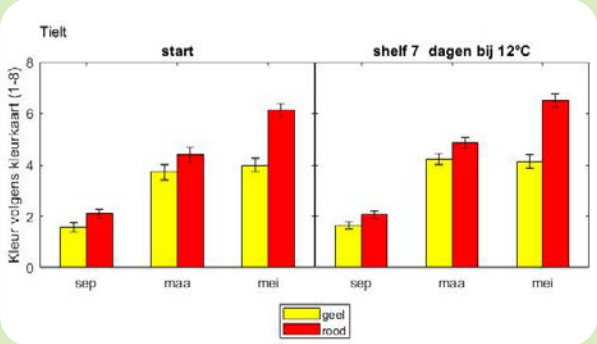
In dit project is de variatie aan bodemeigenschappen bij verschillende percelen met de VERIS bodemscanner in kaart gebracht. Deze verschillen werden dan gelinkt aan verschillen in opbrengst en vruchtkwaliteit. Zo werd gedemonstreerd in welke mate verschillen in bodemeigenschappen binnen percelen leiden tot verschillen in opbrengst en vruchtkwaliteit. Verder werd ook bekeken welke bodemeigenschappen het belangrijkst zijn voor verschillen in opbrengst en vruchtkwaliteit.

> Door bemesting en irrigatie variabel toe te passen kan je inspelen op de heterogeniteit van de bodem.

De bemesting en irrigatie kan in een boomgaard vrij vlot per zone variabel worden toegediend. Een belangrijk aandeel van de boomgaarden in het Hageland is immers uitgerust met een druppelirrigatie en fertigatiesysteem. Wanneer het effect van de bodemvariabiliteit op de kwaliteit van de vruchten gekend is, kan de teler nog andere bijkomende maatregelen nemen om de vruchtkwaliteit te verhogen.



Figuur 1: Hardheidsevolutie van de verschillende zones in Tielt-Winge in seizoen 2019-2020



Figuur 2: Evolutie van de achtergrondkleur (1 = groen, 8 = geel) van de verschillende zones in Tielt-Winge in seizoen 2019-2020

Hij kan er bijvoorbeeld voor kiezen bepaalde zones sneller te plukken of korter/langer te bewaren. Ook de snoei of wortelsnoei kunnen plaatsspecifiek worden verfijnd, indien de variatie in de bodem en het effect ervan gekend is.

SELECTIE VAN ZES PROEFPERCELEN

Na een oproep door Boerenbond voor medewerking aan dit project, werden zes percelen geselecteerd. Deze selectie gebeurde op basis van scans met de VERIS U3 bodemscanner van Agrometius. De bodemscan, bodemkaart en satellietbeelden werden vergeleken en zo werden de 6 meest interessante

percelen uitgekozen om in detail op te volgen. Hier werden per perceel 2 zones afgebakend; een zone met hoge EC (rode zone) en een zone met lage EC (gele zone). In elke zone werden 3 plotjes afgebakend die telkens bestonden uit 2 perenbomen. In deze plotjes werden in 2018 en 2019 de bodemstalen genomen en de proefoogst uitgevoerd. De peren werden bewaard op VCBT in ULO-condities.

VERSCHILLEN IN BODEM WEERSPIEGELEN ZICH IN DE PEREN

De verschillen in bodemgeleidbaarheid zijn vooral het gevolg zijn van verschillen in textuur (grondsoort) binnen de percelen. Bijgevolg is ook de waterhuishouding verschillend voor de verschillende zones. Voor elke zone werd een bodemwaterbalans opgesteld, waarbij kan worden opgevolgd hoeveel droogtestress de perenbomen op elk moment ondervinden. Bij meerdere percelen zien we dat de droogtestress, die de bomen ondervinden, verschillend is voor de verschillende zones. Het is echter niet zo dat de zone met hoge EC steeds meer droogtestress ondervindt dan de zone met lage EC of omgekeerd. Dit verschilt per perceel en hangt of van de grondsoort. Bij de oogst in 2018 en 2019 vertaalden de verschillen in bodemeigenschappen en waterhuishouding binnen de percelen zich meestal ook in een verschil in productie, gemiddeld vruchtgewicht en kwaliteit.

VOORBEELD: TIELT-WINGE

In Tielt-Winge bleek de zone met hoge EC (rood) het meest droogtegevoelig, als gevolg van een hoger zand- en kleigehalte (Tabel 1). In 2018 was de opbrengst in de droogtegevoeligere zone ook duidelijk lager, waren de peren hier kleiner en hadden ze een lagere hardheid.

Ook in 2019 was de opbrengst en hardheid lager in de meer droogtegevoelige zone en waren de peren hier ook geler (Figuur 1 en 2).

Tabel 1: **Stressfactor** (1 = geen stress, lager = meer stress) **bij 3 verschillende groeistadia voor de gele en rode zone bij perceel Tielt-Winge**

GROEISTADIUM	STRESSFACTOR GELE ZONE	STRESSFACTOR RODE ZONE
Start-celdeling	0.99	0.96
Scheutgroei	0.99	0.90
Dikking	1.00	0.87
Totaal	**0.99**	**0.90**

BESLUIT

We zien dus bij de meeste percelen dat de verschillen in grondsoort een verschillende droogtegevoeligheid met zich meebrengen. Dit vaak ook leidt tot verschillen in opbrengst en/of kwaliteit van de peren. Door de irrigatie van de zones op een andere manier aan te sturen, is er dus wel potentieel om de opbrengst en kwaliteit in deze zones te verbeteren. De mogelijkheid om de irrigatiesturing plaatsspecifiek aan te passen zal steeds bekeken moeten worden in functie van de locatie van de zones (dwars op de rijen of met de rijen mee) en de mogelijkheid om bepaalde blokken apart aan te sturen of een deel extra druppelslangen te voorzien.
In de verschillende zones werd in 2019 ook het stikstofgehalte in het profiel op verschillende tijdstippen doorheen het groeiseizoen gemeten maar hier werden geen eenduidige verschillen vastgesteld tussen de zones.

Project uitgevoerd door VCBT, Bodemkundige Dienst van België vzw en Boerenbond in opdracht van de provincie Vlaams-Brabant.

Better quality of Hageland pears through a better insight in the soil
The Hageland region is situated in Belgium between Leuven, Aarschot and Sint-Truiden and is specified by heterogeneous soil properties. Soil type can vary between heavy clay over profound silt loam to coarse sand with low water holding capacity. Pear fruit growing is one of the major agricultural crops in the region. Is has been proven that pear trees are susceptible to water stress. Water stress results in fruit size decline, while farmers get the best price for big fruits. An EC scan was carried out, in summer in 2018, in 6 'Conference' pear orchards with a VERIS U3 soil scanner and EC values were compared to
fruit yield and quality (fruit size, fruit color, total soluble solids).

Gemootheid meten bij tomaat

In de supermarkt kan een consument verschillende soorten tomaten terugvinden. De range aan tomaten is erg breed, van kleine snoeptomaatjes tot grote vleestomaten. Bovendien is het niet enkel van belang dat deze tomaten goed smaken, ze moeten er ook goed uitzien. Daarom wordt vorm als een parameter opgenomen in het segmentatie-onderzoek. Op dit moment worden de beoordelingen voor vorm visueel uitgevoerd door kwaliteitsverantwoordelijken en onderzoekers. In 2020 is VCBT gestart om deze visuele beoordelingen voor gemootheid om te zetten naar geautomatiseerde beeldanalyses. Hiervoor werd een nieuwe schaal van gemootheid voorgesteld. Deze wordt verder getest. Verder wordt er een grote hoeveelheid foto's verzameld om met artificiële intelligentie aan een algoritme te bouwen dat automatisch de tomaten kan classificeren.

WAT IS GEMOOTHEID PRECIES?

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 term die wordt gebruikt om aan te duiden hoe 'geplooid' of 'geribd' een tomaat is. Uit bevragingen blijkt echter dat het moeilijk is deze term te beschrijven. Het tegenovergestelde van gemootheid is een tomaat die perfect perfect rond en glad is. Maar anderzijds is een tomaat met bijvoorbeeld bonken niet gemoot. Ook een tomaat met een ovale vorm, wat dus niet perfect rond is, is op zijn beurt niet gemoot. Het is dus duidelijk dat het erg moeilijk is om de term te kwantificeren vermits het over een kenmerk gaat dat niet direct gelinkt is aan kenmerken zoals bijvoorbeeld het gewicht of de diameter.

EVALUATIE VAN GEMOOTHEID

Gemote tomaten vind men voornamelijk bij de vleestomaten. Vermits de consument dit gemote uitzicht verwacht bij een vleestomaat, is het belangrijk dat nieuwe rassen op gemootheid worden geëvalueerd. Het is belangrijk te weten hoeveel het percentage gemote vruchten bedraagt tijdens het seizoen. Men ziet bijvoorbeeld dat er meer gemote vruchten worden geoogst aan het begin van het teeltseizoen dan op het einde. Voor vleestomaten is het daarom belangrijk om te weten of het gemote karakter kan blijven behouden. Aan de andere kant mag de gemootheid van deze tomaten ook niet te ver gaan vermits men dan geribde vruchten krijgt. Voor andere losse tomatenrassen is het dan weer belangrijk dat de gemootheid afwezig blijft.

Figuur 1: Beoordeling van gemootheid voor het ras Rebelski uitgevoerd op het proefstation voor de groenteteelt (PSKW). Het percentage gemote tomaten wordt bepaald.

SCHAAL VOOR GEMOOTHEID

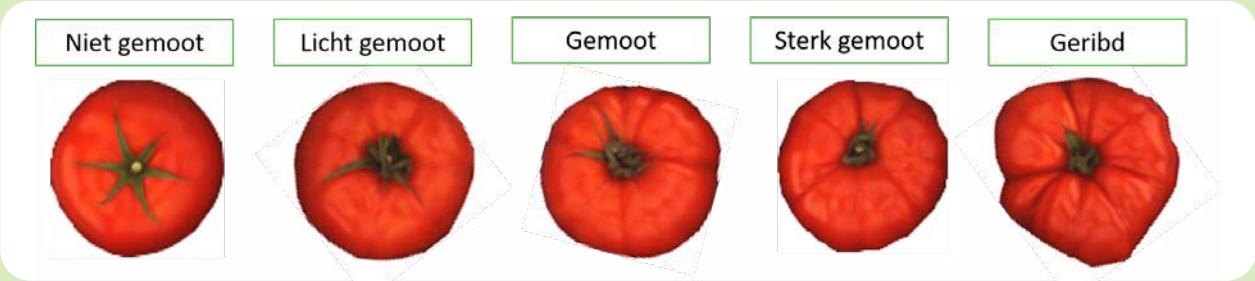
De verschillende rassen vleestomaten worden beoordeeld op het percentage gemootheid (Figuur 1). Hiervoor worden tomaten beschouwd als niet gemoot, gemoot of geribd. Om verdere kwantitatieve metingen te kunnen doen, werden een reeks van beoordelingen uitgevoerd.

> Gemootheid van tomaat is moeilijk te definiëren. VCBT stelde een schaal op met vijf klassen.

Hiervoor werd er gevraagd om een range aan tomaten met verschillende gemootheid te rangschikken van minst naar meest gemoot. Deze beoordelingen werden dan gebruikt om een schaal op te stellen met verschillende klassen van gemootheid. Deze schaal wordt nu verder getest naar toepasbaarheid en kan, indien nodig, verder worden aangepast. Op dit moment zijn er vijf klassen voor gemootheid (Figuur 2).

HET GEBRUIK VAN FOTO'S ALS DATA

Op dit moment worden de beoordelingen voor gemootheid nog visueel uitgevoerd. Dit vraagt tijd en expertise. Op VCBT willen we onderzoeken of het daarom ook sneller kan met behulp van computer vision technieken. Computer vision is de verzamelnaam voor technieken die gebruikt worden om computers en programma's foto's of afbeeldingen te laten begrijpen. Een foto is opgebouwd uit verschillende pixels, hoe meer pixels er in de foto zitten hoe groter of scherper het beeld op de foto is. Elke pixel wordt gelinkt aan een waarde, deze waarde is dan gelinkt aan een bepaalde kleur of helderheid. Een computer kan dan een foto lezen aan de



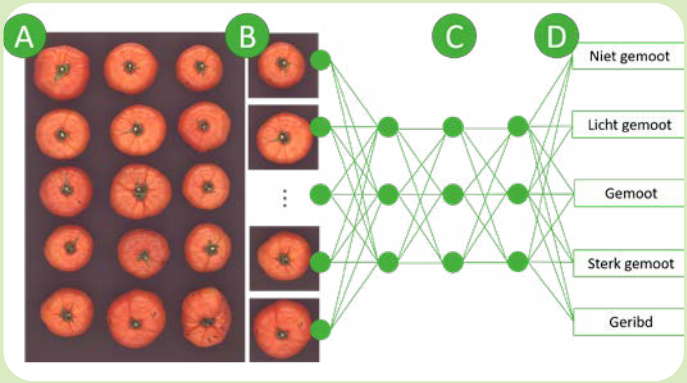
Figuur 2: Vijf klassen voor gemootheid

hand van alle pixelwaarden. Op deze manier kan een programma dus een foto interpreteren als ruwe data. Het is belangrijk dat elke foto onder dezelfde omstandigheden wordt genomen want lichtinval en schaduwen kunnen bijvoorbeeld de waarden van elke pixel beïnvloeden. De foto's worden daarom genomen met een colourlab toestel (Figuur 3). In dit toestel kan een volledige kist tomaten worden geplaatst. De zijkanten van het colourlab toestel zijn uitgerust met LED-panelen waardoor dezelfde belichting kan worden gegarandeerd voor elke foto.

Figuur 3: Het colourlab toestel wordt gebruikt in het gemootheidsonderzoek.

GEAUTOMATISEERDE BEELDANALYSES DOOR MIDDEL VAN ARTIFICIËLE INTELLIGENTIE

Een foto bevat zeer veel pixels en het kan zijn dat niet alle pixels even belangrijk zijn voor een vormanalyse. Bovendien is de vorm van de tomaat, specifiek de gemootheid, een erg complex meetgegeven. In het volgende deel van dit onderzoek wil VCBT nagaan of het gebruik van artificiële intelligentie de foto's van de tomaten kan sorteren in de verschillende klassen voor gemootheid. Dit kan gebeuren door enerzijds machine learning of anderzijds deep learning toe te passen (Figuur 4). Voor beide technieken hebben we zeer veel foto's nodig als dataset om een computer algoritme op te stellen en te trainen. Wanneer het algoritme voldoende getraind is, kan het algoritme op basis van de foto's genomen in het verleden, nieuwe foto's sorteren in de verschillende klassen.



Figuur 4: Representatie van de geautomatiseerde beeldanalyse. (A) Een foto wordt genomen van een batch tomaten. (B) Elke tomaat wordt apart ingelezen in het programma. (C) Een algoritme kan de informatie van de foto's lezen en interpreteert deze via verschillende stappen; (D) De tomaten worden in verschillende klassen gesorteerd.

Tomato shape analysis
Tomatoes come in all shapes and sizes. Shape is especially important for beef tomatoes. Visual analysis by quality and research personal is currently part of the variety trials. In this project we investigate if it is possible to quantify shape automatically. A new scale to classify 'gemootheid' is being tested. This forms the basis of building an artificial intelligence algorithm. For this photos of the tomatoes can be used as input.

Taromaat
naar een meer uniforme kwaliteit van tomaten tijdens het volledige seizoen

In het Taromaat project streven we ernaar om de smaak en kwaliteit van tomaat doorheen het jaar te behouden. De smaak van een tomaat wordt beïnvloed door een groot aantal parameters en is het resultaat van een complexe interactie van verschillende componenten (suikers, zuren, aroma). In het Taromaat project wordt er aroma gemeten met SIFT-MS. De aromadata kunnen verder worden gecombineerd met resultaten uit smaakproeven en kwaliteitsmetingen om een smaakmodel op te stellen. Resultaten van de voorbije jaren tonen aan dat teeltmaatregelen om smaak te sturen maatwerk zullen worden. Om dit verder te bestuderen zullen er gecombineerde teeltmaatregelen worden aangelegd. Ook de rassenkeuze heeft een duidelijke invloed op de smaak, daarom werd het project uitgebreid en werden er meerdere rassen bestudeerd.
In 2020 startten we ook met de opvolging van smaak na de oogst.

HET TAROMAAT PROJECT

De rassenkeuze, het seizoen en de toegepaste teelttechnieken beïnvloeden de smaak van tomaten. Dit betekent ook dat er smaakverschillen kunnen ontstaan doorheen de tijd, tussen telers of afhankelijk van de toegepaste teeltmethode. Met het Taromaat project willen we inzicht krijgen in wat precies een effect heeft op smaak, om zo de variabiliteit in smaak en kwaliteit doorheen het jaar en binnen een segment in kaart te brengen. Door de variabiliteit te verminderen hopen we vruchten van een constante kwaliteit aan te kunnen bieden. Het project richt zich in de eerste plaats op smaak, omdat smaak één van de belangrijkste veredelingsdoelen is van de hedendaagse tomatenveredelaar.

SIFT-MS: TECHNIEK OM AROMA OBJECTIEF TE METEN

De karakteristieke smaak van tomaat is het resultaat van een interactie van diverse componenten zoals suikers, zuren (waargenomen in de mond) en aromatische vluchtige stoffen (waargenomen door de neus) en een complexe interactie onderling. Om de variatie in aroma van tomaat te bestuderen, gebruiken we zowel sensorische als instrumentale analyses. Binnen het VCBT wordt hiervoor een SIFT-MS (Selected Ion Flow Tube Massa Spectrometrie) gebruikt. Dit is een moderne, snelle en precieze meettechniek om variatie in het aroma van tomaat te evalueren. De methode werd op punt gesteld op zowel intacte, versneden vruchten en sapjes. De gebruikte benadering is gebaseerd op non-targeted fingerprinting technieken. Dit wil zeggen dat men de vluchtige componenten niet hoeft te identificeren of kwantificeren. In plaats daarvan wordt de informatie vergaard via massa spectrometrie.
De vluchtige componenten die worden afgegeven door een tomaat of sapje, kunnen worden gemeten in de headspace van een staal (Figuur 1). Door de hoeveelheid van vluchtige componenten en de verschillende samenstelling te bekijken krijgt men een volledig massaspectrum. Een multivariate data analyse vergelijkt verder de resultaten van de instrumentele analyses met de resultaten van de sensorische panels. Zo wordt er een gedetailleerde relatie tussen de SIFT-MS data en de specifieke sensorische attributen opgesteld. Met deze data zal een smaakmodel kunnen worden opgesteld.

TEELTMAATREGELEN BELOVEN MAATWERK TE WORDEN

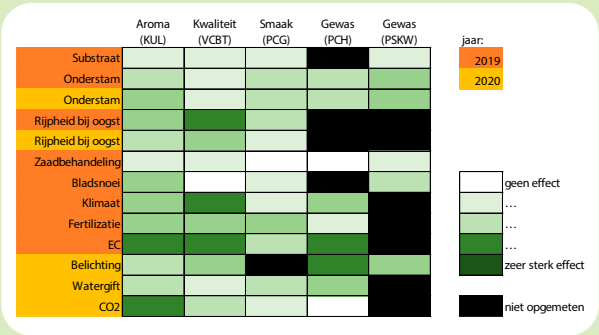
De toegepaste teelttechnieken voor de oogst beïnvloeden het aroma, de smaak en de kwaliteit van tomaten. In 2019 werden er al een reeks dynamische en éénmalige teelttechnieken getest. Deze werden in 2020 uitgebreid. Het afgelopen jaar werden verschillende watergift strategieën, verschillende belichting en het toepassen van CO_2-bemesting getest. We zagen hier dat eenzelfde teeltmaatregel een verschillend effect kan hebben op gewasontwikkeling, vruchtkwaliteit, aroma en sensorische waarnemingen (Figuur 2). De effecten van de teelttechnieken waren ook sterk seizoensgebonden en waren dus niet noodzakelijk van

Figuur 1:
Het meten van sapjes en volledige tomaten met het SIFT-MS toestel. De intacte tomaten worden in glazen bokalen geplaatst, afgesloten en na een uur wordt het aromaprofiel in de headspace gemeten. Achteraf kan een sapje van de tomaat worden gemaakt, dat kan worden ingevroren en gemeten op een later tijdstip.

blijvend karakter. We kunnen hieruit besluiten dat teeltbehandelingen maatwerk zullen worden. In 2021 bekijken we of met het combineren van verschillende teelttechnieken de smaak verder te sturen is. Op basis van de data van de afgelopen twee jaar is gekozen voor een combinatie van verschillende onderstammen met verschillende EC-niveaus voor de proeven van 2021.

UITBREIDING NAAR SEGMENTATIE

Met SIFT-MS kunnen de aromaprofielen van verschillende tomatenrassen van elkaar worden onderscheiden. In de eerste poging voor een smaakmodel zagen we dat de variatie aan aroma, geïntroduceerd door de verschillende teelttechnieken, een matige correlatie tot stand brengt tussen instrumentele en sensorische data. De oorzaak hiervoor is vermoedelijk de beperkte spreiding aan variatie in smaak. Om een brede 'aromaruimte' aan te leggen werden er meer dan 30 verschillende tomatenrassen verder bemonsterd. Deze rassen werden ook getest in het segmentatieonderzoek, waardoor het mogelijk werd de data uit te breiden en te linken aan data van een consumentenpanel. Daarnaast proefde ook een getraind sensorisch panel deze verschillende variëteiten. Ook kwaliteit na de oogst werd verder gemeten. Om een brede spreiding aan data te verkrijgen, werden ook verschillende rassen van specialties getest. De cultivarscreening wordt nog verder gezet in 2021.



Figuur 2: Schematisch overzicht van de grootteorde van de verschillende effecten van de teeltmaatregelen op aroma, kwaliteitseigenschappen, smaak en gewaseigenschappen.

OPVOLGING VAN TELERS

Net zoals in 2019 werden er in 2020 ook enkele Foundation telers opgevolgd. Bij alle telers werd zoveel mogelijk relevante teeltdata verzameld (onder meer temperatuur, CO_2, RV, lichtinval, EC-waarden en nutriëntsamenstelling van het drainwater). Daarnaast werden doorheen het seizoen instrumentele kwaliteitsbepalingen uitgevoerd op vruchten afkomstig van deze teelten. De verschillen tussen telers waren eerder beperkt en de verschillen in vruchtkwaliteit waren vooral gerelateerd aan het moment van oogst doorheen het teeltseizoen (Figuur 3).

BEHOUD VAN SMAAK NA DE OOGST

Smaak kan veranderen na de oogst in functie van de bewaartemperatuur. Om de smaak na oogst te handhaven werd eind 2020 een bewaarproef uitgevoerd. Hierin bekeken we of lage temperaturen een aromaverlies in de hand werkte. Andersom kunnen hogere temperaturen het aroma verder doen ontwikkelen. Voor deze metingen werden twee verschillende cultivars gebruikt (Foundation en Prunus) die op 4, 12 en 18 °C werden bewaard.

Onderzoek in het kader van het LAtraject "Naar een meer uniforme kwaliteit van tomaten tijdens het volledige seizoen", HBC.2017.0831, gefinancierd door Agentschap Innoveren en Ondernemen en het Verbond van Belgische Tuinbouwcoöperaties (VBT), Boerenbond, LAVA, Axia Vegetable Seeds, Colruyt, Enza Zaden, Gautier Semences, Greenyard, Hazera, HBB, Interscience, Monsanto, NaturalPowerSeed, Nunhems, Philips Lighting, Rijk Zwaan en Syngenta.

Taromaat – To a more uniform quality of tomato during the entire season
The Taromaat project has the goal to optimize taste-oriented cultivation techniques and to introduce new technologies for the fast and efficient measurement of aroma. Aroma can be measured with SIFT-MS, a fast, non-destructive measuring technique. Differences between growers were related to harvest date. Results show that steering taste by applying certain growing conditions will need to be closely tailored. The research has been further expanded by looking at the differences between cultivars.

Segmentatieonderzoek tomaat

Jaarlijks worden er nieuwe tomatenrassen getest voor het segmentatieonderzoek tomaat. Dit stelt ons in staat om verbeterde rassen te identificeren voor het Flandria-keurmerk. Het segmentatieonderzoek werd uitgevoerd voor zowel de belichte als onbelichte doorteelt voor de segmenten Baron, Prince, Princess en Elite. De resultaten omtrent productie, teelt- en smaakparameters worden opgevolgd op verschillende proefcentra. VCBT volgt de kwaliteitseigenschappen na de oogst op. Hiervoor worden verschillende instrumentele vruchtkwaliteitsmetingen uitgevoerd binnen de ISO 17025 accreditatie. Wanneer een nieuw ras aan de kwaliteitseisen van het Flandria-lastenboek voldoet kan, het tot het segment worden toegevoegd.

INSTRUMENTELE VRUCHTKWALITEITSMETINGEN VOLGENS ISO 17025

Vijf maal per jaar worden er tomaten van nieuwe interessante rassen voor de Belgische markt aangevoerd vanuit de praktijkcentra (Proefstation voor de Groenteteelt en Proefcentrum Hoogstraten) waar deze werden aangeplant. De staalname voor de belichte teelt loopt van januari tot juli. Van april tot september wordt de onbelichte teelt bemonsterd. Na de oogst worden de tomaten uitgestald voor een periode van 10 dagen bij 18°C en 80% relatieve vochtigheid. Tijdens deze bewaarperiode worden een aantal objectieve, instrumentele kwaliteitsmetingen uitgevoerd in het laboratorium. Zo wordt er de prikschadegevoeligheid, het opgelostestofgehalte, de stevigheid en de kleur van de vruchten bepaald. VCBT is voor deze metingen geaccrediteerd conform ISO17025 (cert.nr. TEST225), dit garandeert technisch betrouwbare analyseresultaten.

PRIKSCHADEGEVOELIGHEID

De verschillende opeenvolgende handelingen tijdens het oogstproces, de sortering en het transport kunnen een tomaat beschadigen. De prikschadegevoeligheid is een belangrijke parameter die weergeeft hoe goed een ras deze handelingen kan weerstaan. De prikschadegevoeligheid wordt bepaald voor losse tomaten en gemeten op dag 1 na de oogst. Voor elk ras worden er 24 onbeschadigde vruchten geselecteerd met kroontje. De tomaten worden per 6 in een EPS-kistje

Figuur 1: Met de schudtafel meet VCBT de prikschadegevoeligheid van vruchten

Figuur 2: Met de spectrofotometer meet VCBT de kleur van vruchten

geplaatst dat is vastgemaakt aan een elektrische schudder (Figuur 1). Met een snelheid van 200 bewegingen per minuut en een amplitude van 8 centimeter worden de tomaten geschud gedurende 5 minuten. Daarna worden het aantal prikjes per tomaat geteld. Aan de hand van het aantal prikjes word een prikscore berekend. Hoe hoger het aantal prikjes, hoe lager een tomatenras scoort voor de prikscore.

OPGELOSTESTOFGEHALTE

Het opgelostestofgehalte van een tomaat is belangrijk voor de smaak. Algemeen kan je zeggen dat hoe hoger het opgelostestofgehalte is, des zoeter de tomaat zal zijn. Naast suikers bevat het opgelostestof in tomatensap ook uit zuren en zouten. Het opgelostestofgehalte wordt weergegeven in °Brix. Op dag 3 en dag 10 na de oogst wordt het opgelostestofgehalte gemeten. Op beide dagen worden 10 tomaten bemonsterd door enkele druppels tomatensap met een refractometer te meten.

STEVIGHEID

De stevigheid van de verschillende rassen wordt ook op dag 3 en dag 10 na de oogst gemeten. Een textuurmeter uitgerust met een plunjer met een 3,5 mm plunjer drukt de vrucht samen over een afstand van 2 mm en een snelheid van 2 mm/s. Twintig tomaten per ras worden tweemaal gemeten ter hoogte van de evenaar. De textuurmeter meet de maximale kracht die hiervoor nodig is en drukt deze uit in Newton.

KLEUR

De kleur van de tomaten wordt gemeten op dag 10 van de bewaarproef. Twintig tomaten per ras worden bemonsterd met met een spectrofotometer (Figuur 2). De kleur wordt objectief vastgesteld aan de hand van twee waarden: de hue angle en de helderheid. De hue angle geeft aan de hand van graden een kleurevolutie weer van rood (0°) naar geel (90°) naar groen (180°) naar blauw (270°). Voor tomaten ligt de hue-waarde rond 40-50°. De helderheid loopt van 0 (donker/zwart) tot 100 (licht/wit), voor tomaten ligt de helderheid gemiddeld rond 35-45. Donkerrode tomaten zullen dus een lagere hue en lichtheidswaarde hebben dan lichtere of meer oranje tomaten.

NIEUWE (REFERENTIE)RASSEN VOOR 2021

Verschillende potentiële rassen voor het Flandria-segment passeerden het labo. Op basis van de kwaliteitsdata, gewaskenmerken, de resultaten van het smaakonderzoek en de kwaliteit na bewaring wordt er een nieuwe rassenlijst opgesteld (Tabel 1). De verschillende rassen in de proef worden steeds met elkaar, maar ook met een referentieras vergeleken. Wanneer een ras het al enkele jaren goed doet in een segment kan het ras het oude referentieras vervangen. Voor het segment Prince werd er beslist om over te stappen van Kanavaro naar Mattinaro als referentieras. Ook binnen het segment Princess zien we een verandering. Het referentieras was voorheen Merlice, maar dat zal vanaf 2021 naar Marinice verschuiven. Voor de belichte doorteelt werden er vier nieuwe proefrassen geïdentificeerd.

Nieuwe proefrassen zijn HTL 1804505 voor het Prince segment, HTL 1606671 voor het Elite segment en HTL 1709336 en NUN 09276 voor het Princess segment. Voor de onbelichte doorteelt werden er twee nieuwe proefrassen toegevoegd: HTL 1805656 voor het Baron segment en Rendera voor het Princess segment. Deze nieuwe proefrassen kunnen telers op beperkt areaal aanplanten.

Tabel 1: **Rassenlijst voor 2021**

	BELICHTE DOORTEELT				ONBELICHTE DOORTEELT			
	LOSSE TOMATEN		TROSTOMATEN		LOSSE TOMATEN		TROSTOMATEN	
SEGMENT	PRINCE	BARON	ELITE	PRINCESS	PRINCE	BARON	ELITE	PRINCESS
TOEGELATEN RASSEN	Admiro	Buvena	Foundation	Marinice	Admiro	Buvena	Foundation	Marinice
	Ebrando	Rebelski	Speedax	Merlice	Ebrando	Rebelski	Speedax	Xaverius
	Epundo		Xandor	Xaverius	Epundo		Xandor	
	Kanavaro			HTL 1708271	Kanavaro		EZ 1593*	
	Paulanca			EZ 1593	Paulanca			
OP TE VOLGEN PROEFRASSEN**	HTL 1804505		HTL 1606671	HTL 1709336		HTL 1805656		Rendera
				NUN 09276				

* Nieuw ras – aan te vragen voor het zaaien
** Nieuw proefras – werkwijze nieuwe proefrassen volgen

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

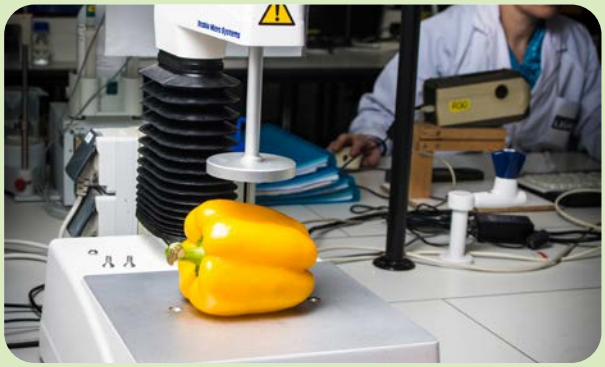
Tomato segmentation research
This research aims to identify new tomato cultivars for the Flandria quality label. Different parameters such as production, cultivation, taste and quality are followed during the growing season. Tomato cultivars that perform better than the current reference cultivars can 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.

Gebruikswaardeonderzoek paprika

Elk jaar worden er nieuwe paprikarassen getest in het gebruikswaardeonderzoek paprika. Uit deze nieuwe rassen worden er verbeterde rassen geïdentificeerd voor het Flandria-keurmerk. Verschillende aspecten, zoals gewaseigenschappen, productie, smaak en kwaliteit worden nauwkeurig opgevolgd gedurende het teeltseizoen. Het VCBT voert het onderdeel vruchtkwaliteit na de oogst uit binnen dit gebruikswaardeonderzoek. Het onderzoek wordt opgesplitst per kleur en in 2020 werden er gele en rode paprika's beoordeeld. De stevigheid, het opgelostestofgehalte en de kleur van de vruchten werd opgevolgd. Een systeem van KO (Knock Out) -criteria wordt gebruikt om op basis van alle verzamelde data nieuwe rassen te identificeren.

INSTRUMENTELE VRUCHTKWALITEITSMETINGEN VOLGENS ISO 17025 OP HET VCBT

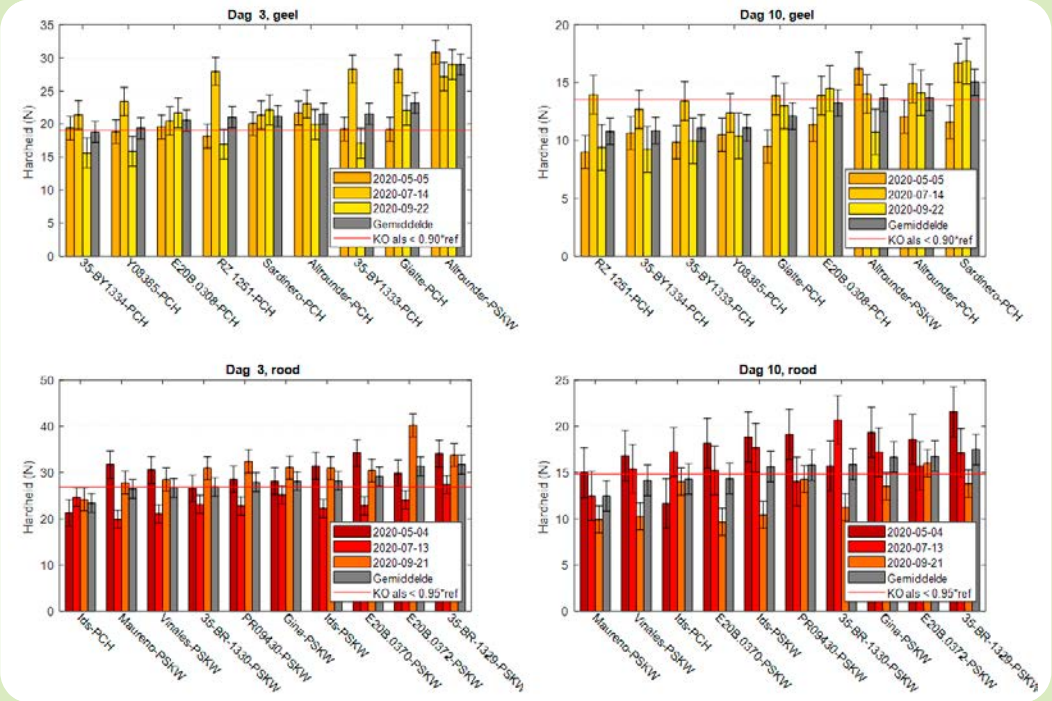
Jaarlijks worden er rassenproeven paprika aangeplant op het Proefstation voor de Groententeelt en op Proefcentrum Hoogstraten. In 2020 werden er rode en gele paprika's getest. De oogst van de paprika's loopt van eind maart tot november. VCBT neemt tijdens deze teelt drie maal stalen: aan het begin, in het midden en op het eind van de teelt. De geoogste paprika's worden tien dagen lang bewaard bij 18°C en 80% RV. Tijdens de proef worden een aantal instrumentele kwaliteitsmetingen uitgevoerd. Voor deze instrumentale vruchtkwaliteitsmetingen is het VCBT geaccrediteerd volgens ISO 17025 (certificaatnr. 225-TEST). Dit garandeert technisch objectieve analyseresultaten.



Figuur 1: Een textuurmeter met parallelle platen wordt gebruikt om de stevigheid van een paprika te meten

STEVIGHEID BIJ OOGST EN NA UITSTALLING

De stevigheid van een paprika is belangrijk na de oogst. Een consument wil graag een paprika die zijn stevigheid voldoende kan behouden, maar de vruchten mogen natuurlijk ook niet te hard zijn. Om dit na te meten worden de aangeleverde vruchten op zowel dag 3 als dag 10 na de oogst gemeten. Per ras meten we tien paprika's driemaal ter hoogte van de evenaar. Hiervoor wordt een textuurmeter gebruikt voorzien van twee parallelle platen (Figuur 1).
De vrucht wordt samengedrukt over een afstand van 5 mm aan een snelheid van 10 mm/s en de meting wordt uitgedrukt in Newton. Figuur 2 geeft de stevigheid weer van de rode en



Figuur 2: De stevigheid van de rode en gele paprikarassen tijdens het teeltseizoen van 2021. De KO-criteria zijn gebaseerd op een percentage van de referentiecultivar. Indien de gemiddelde waarde (grijze balk) voor de stevigheid onder de rode horizontale lijn ligt, betekent dit dat het ras onvoldoende stevig was in de proef.

gele paprika's tijdens het teeltseizoen 2020. De rode paprika's zijn over het algemeen iets steviger in vergelijking met de gele paprika's.

OPGELOSTESTOFGEHALTE

Het opgelostestofgehalte van tien paprika's wordt bepaald op zowel dag 3 als dag 10. Hiervoor gebruiken we per paprika 3 cilindervormige stukjes die met een handboor op de evenaar van de vrucht worden uitgesneden. Wanneer men de stukjes paprika samendrukt, verkrijgt men enkele druppels sap. Dit sap vangen we op en lezen we uit op de digitale refractometer. Het opgelostestofgehalte in paprika is belangrijk voor de smaak. Voor elk ras verwacht men een minimum gemiddeld opgelostestofgehalte van 6 °Brix overheen het teeltseizoen. Het afgelopen teeltseizoen zagen we een range van 5.3 tot 6.4 °Brix op dag 3 en 5.3 tot 6.3 °Brix op dag 10 voor de gele paprika's. Dit wil dus zeggen dat niet alle rassen aan de verwachtingen konden voldoen. Voor de rode paprika's zagen we een gemiddeld opgelostestofgehalte van 6.0 tot 6.8 °Brix op dag 3 en 5.8 °Brix tot 7.0 °Brix op dag 10. De nieuwe rode paprikarassen voldeden dus beter aan de vooropgestelde kwaliteitseisen.

KLEUR

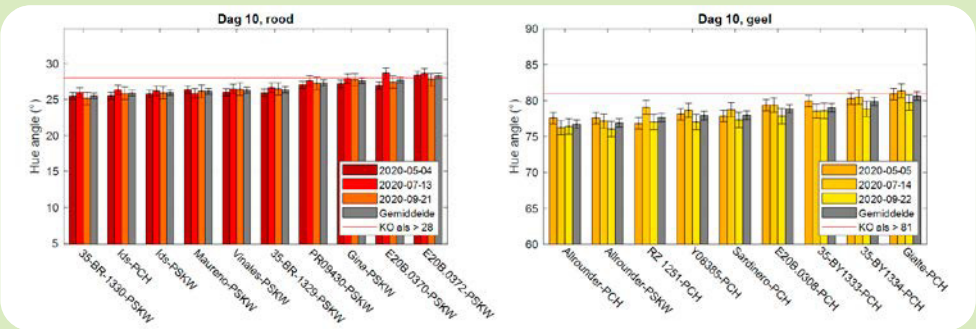
De kleur van de paprika's wordt op dag 10 gemeten met een spectrofotometer. Tien paprika's per ras worden elk vijf maal gemeten ter hoogte van de evenaar. De spectrofotometer geeft de kleur weer in een hue-waarde en een waarde voor de helderheid. De hue-waarde geeft de kleurevolutie van rood (0°) naar geel (90°) naar groen (180°) naar blauw (270°). Rode en gele paprika's hebben respectievelijk een hue-waarde van 25-30° en 75-80°. De helderheid geeft de licht- of donkerheid weer van een kleur en loopt van 0 (donker/zwart) tot 100 (licht/wit). Figuur 3 geeft de hue-waarden weer voor de gele en rode paprika's van het afgelopen teeltseizoen. Lagere hue-waarden zijn beter voor zowel rode als gele paprika's. Voor de lichtheid scoorden alle paprika's, met uitzondering van één ras in het gele paprikasegment goed.

NIEUWE RASSEN VOOR 2021

Er wordt gebruik gemaakt van een systeem van 'Knock Out' (KO) -criteria om te beslissen of een ras al dan niet wordt toegelaten voor teelt onder het Flandria-keurmerk. Dit wil zeggen dat een ras niet buiten opgelegde grenzen mag vallen, anders wordt het niet toegelaten. Belangrijke parameters in het systeem zijn bijvoorbeeld productie, kleur, hardheid, de aanwezigheid van scheurtjes, vorm, smaak en het oordeel van de keurders. De minimale scores worden vastgelegd door de onderzoekers en kwaliteitsverantwoordelijken van de veilingen. Rassen die voldoen aan de KO-criteria kunnen worden toegevoegd aan de rassenlijst (Tabel 1). Voor het teeltseizoen 2021 werden er twee nieuwe rassen toegevoegd voor de rode paprika's (Hayden en Margrethe). Voor de gele paprika's werd het ras Morbidelli, vorig jaar nog een nieuw ras, toegevoegd tot de toegelaten rassen. Eén nieuw ras kwam uit de proeven voor de gele paprika's met name RZ 35 BY-1333.

Tabel 1: **Rassenlijst voor teeltseizoen 2021**

KLEUR	ROOD	GEEL	GROEN	ORANJE
Toegelaten rassen	Gina	Atalante	Barkley	DSP 7054
	Ids	Allrounder	Frazier	Original
	Maduro	Gialte	Persuit	Jack Miller
	Maranello	Sardinero		
	Mavera	Morbidelli		
	Maureno			
Nieuwe rassen (aan te vragen)	Hayden	RZ 35 BY-1333	Mavera	Tito Rabat
	Margrethe			



Figuur 3: De hue-waarden worden gebruikt om de rode en gele kleur van paprika's te meten. Bij een hue-waarde hoger dan 28 voor rode paprika's en een hue-waarde hoger dan 81 bij gele paprika's worden de KO-grenzen voor de hue-waarde overschreden.

Dit onderzoek wordt gefinancierd door de Lava-veilingen.

Supporting segmentation research 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, taste and quality characteristics. The 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.

Computermodellen GROW!

voorspellen opbrengst met behulp van sensornetwerk

Om een optimale balans te vinden tussen opbrengst en vruchtkwaliteit, om het ideale pluktijdstip beter te voorspellen, of om ons aan te passen aan de turbulente schommelingen van de markt of klimaat, hebben we een beter begrip nodig van wat er in de serre gebeurt. Binnen het GROW! project werd er daarom een dicht sensornetwerk uitgerold om diverse gegevens te verzamelen gedurende verschillende teeltseizoenen van tomaten. Op basis van deze data werden wiskundige modellen gedefinieerd. Deze modellen stellen ons in staat om de biofysische processen beter te begrijpen. Zo kunnen deze modellen een realistische voorspelling doen van stengellengte, stengeldiameter, het aantal bladeren en de onderlinge positie ervan en de bladoppervlakte-index als functie van lokale temperatuur, relatieve vochtigheid en lichtinstraling voor het ras Merlice. Ook relevante vruchtparameters zoals verse en droge massa, diameter en opgelostestofgehalte kunnen worden voorspeld.

MICROKLIMAAT BEÏNVLOEDT DE ONTWIKKELING VAN TOMATENPLANTEN

Planten reageren en anticiperen continu op veranderingen in hun omgeving door, onder andere hun metabolisme, waterhuishouding, groei en ontwikkeling aan te passen. Hoewel sommige veranderingen niet altijd direct waarneembaar zijn, kunnen ze wel een beduidend effect hebben op de ontwikkeling van de plant en de opbrengst. De belangrijkste omgevingsfactoren in de serre, namelijk temperatuur, luchtvochtigheid en lichtinstraling, variëren niet alleen over een groeiseizoen, maar ook ruimtelijk in de serre. Dit is het zogenaamde microklimaat. Ondanks een goede centrale klimaatsturing in de serre, zijn planten in de glasteelt aan microklimaatschommelingen onderhevig. Zo kunnen planten verschillende niveaus aan stress ondervinden, ook al staan ze in dezelfde serre. Aangezien stress vaak gepaard kan gaan met een verminderde opbrengst, is het essentieel dit microklimaat op te sporen en bij te sturen.

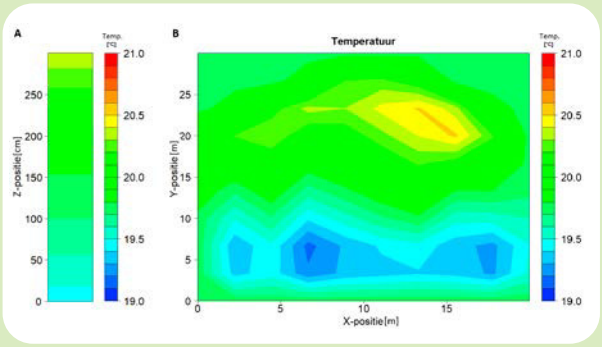
Figuur 1: GROW! sensoren opgehangen in de serre zijn in staat het microklimaat te registeren

METEN IS WETEN

Een omvangrijke dataset werd verzameld door klimaat, plant- en vruchtparameters te volgen tijdens verschillende teeltseizoenen. Er werden specifieke plantparameters zoals stengelgroei en -diameter, bladoppervlakte, aantal bladeren, fotosynthese-activiteit en transpiratie opgemeten, alsook bepaalde vruchtparameters zoals gewicht, aantal vruchten, kleur, diameter en hardheid. Tegelijkertijd werden ook verschillen in het microklimaat van de planten gemeten door het dicht netwerk van GROW! sensoren (Figuur 1). Hierdoor konden zowel seizoenmatige en etmaalveranderingen, als kunstmatige verschillen (door de serre op hogere of lagere temperatuur te brengen) opgemeten worden. Al deze gegevens werden verzameld over verschillende groeiseizoenen en bij elkaar gebracht in een grote centrale databank van plant-, vrucht- en klimaatgegevens.

DE DIGITALE TWEELING ALS HULP VOOR VOORSPELLINGEN

Deze grote hoeveelheid data vertalen in informatie, die zinvol is voor de optimalisatie van opbrengst en kwaliteit, kan door middel van een wiskundige model. Het model integreert experimentele en fysiologische kennis en ontrafelt hoe externe en intrinsieke parameters de groei beïnvloeden en in welke mate ze belangrijk zijn. Het huidige GROW!-model voorspelt stengellengte en -diameter, het aantal en onderlinge positie van bladeren en vruchten en de bladoppervlakte-index (LAI) in functie van lokale temperatuur, relatieve vochtigheid en lichtinstraling voor het ras Merlice (Figuur 2). Bovendien kunnen we relevante vruchtparameters voorspellen, zoals verse en droge massa, maat en opgelostestofgehalte. Ingrepen zoals snoeien en verhangen worden bij dergelijke berekeningen ook in overweging genomen. In de nabije toekomst wordt het model verder uitgebreid met modellen voor ethyleenproductie en kwaliteitseigenschappen zoals hardheid en kleur. Uiteindelijk wordt het model zo een digitale tweeling van de echte vrucht of de hele plant, die

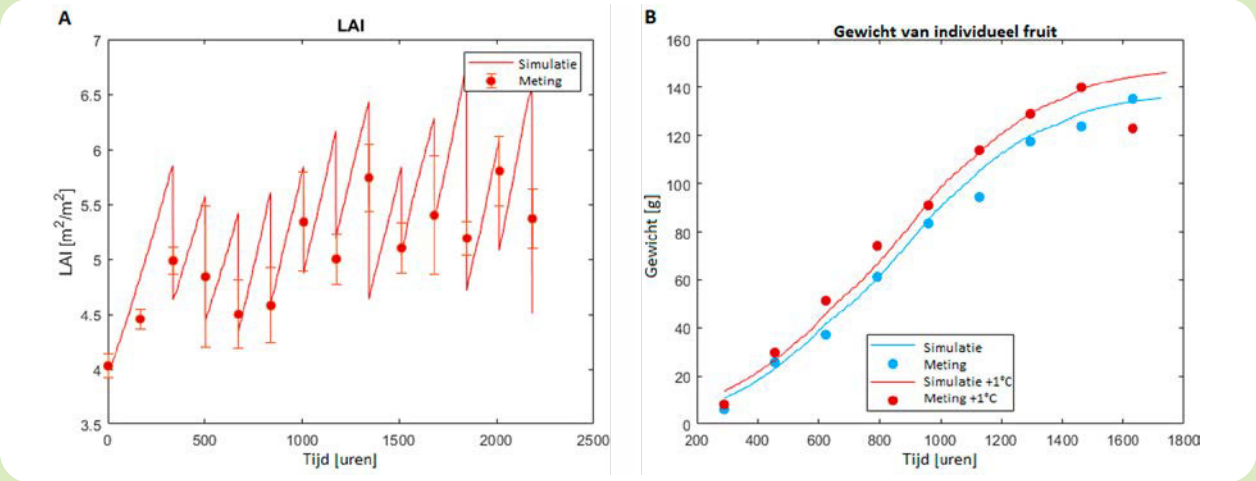


Figuur 2: Opgemeten verschillen in het microklimaat van een serre.
(A) Temperatuurverschillen in de hoogte en
(B) temperatuursverschillen op basis van de standplaats in de serre.

zich in het gegeven klimaat identiek gedraagt. Met de digitale tweeling kan een teler dan prognoses maken over opbrengst en kwaliteitseigenschappen op basis van gemeten condities in de serre. Ook voorspellingen zullen mogelijk zijn over wat verschillende condities of teelttechnische ingrepen zullen betekenen voor de opbrengst. Dat is dus sneller en goedkoper dan alles in de praktijk uit te proberen.

PLAATSSPECIFIEKE OOGSTVOORSPELLING EEN STAP DICHTERBIJ

Reeds jarenlang werken onderzoekers aan groeimodellen voor tomaten en andere teelten. Doordat de rekenalgoritmes steeds vlotter op te lossen zijn, en we meer kunnen meten in de serre, wordt het stilaan mogelijk om plaatsspecifieke voorspellingen te maken. Figuur 3 toont welke effecten snoei en microklimaat hebben op plant- en vruchtontwikkeling. De gegevens die werden verzameld in het GROW! project tonen echter een belangrijke variatie aan, die niet kan verklaard worden met de aanname van uniforme omstandigheden in de serre. Door in de toekomst deze informatie over het microklimaat te combineren met de output van de modellen kunnen er bijvoorbeeld groei- en opbrengstkaarten worden aangemaakt voor elke serre. Deze kaarten kunnen dan continu worden aangepast (zoals een weersvoorspelling) om de teler te ondersteunen. Waar tot nu toe één centraal meetstation klimaatgegevens verzamelt, zal dat in de nabije toekomst dus op hoge ruimtelijke resolutie kunnen.



Figuur 3: Berekeningen van het groeimodel in vergelijking met metingen in de serre. (A) Bladoppervlakte-index (LAI) waarbij rekening wordt gehouden met snoeimomenten.(B) Vruchtmassa van individuele vruchten, vergelijking van het effect van verschillende omstandigheden. Door het verschijnen, de groei en de oogst van trossen te berekenen in combinatie met het plantmodel, wordt het mogelijk om de opbrengst van de hele plant en uiteindelijk van de hele serre te voorspellen.

Dit onderzoek werd uitgevoerd in het kader van het Interreg Vlaanderen-Nederland project 'GROW!', met steun van het Europees fonds voor Regionale Ontwikkeling met co-financieringsteun van de Vlaamse Overheid, de Provincie Antwerpen en de Provincie Vlaams-Brabant. Tevens dank aan FWO voor het toekennen van een mandaat aspirant strategisch basisonderzoek.

GROW! computer models can predict yield by using a sensornetwork
Within the GROW! project a dense sensor network was installed in tomato greenhouses. The collected data, obtained over several growing seasons, enables the mathematical modelling of stem length, stem diameter, leaf position, fruit position and leaf area index in function of local temperature, relative humidity and light (PAR) for the cultivar Merlice.

Rol van ethyleen voor de houdbaarheid van witloof

Om witloof mooi wit te houden moet je koelen. Wanneer witloof op hogere temperatuur ligt, wordt het veel sneller groen. Bovendien zijn de kroppen dan ook gevoeliger voor ethyleen, waardoor de gevoelige rassen ook nog eens roodverkleuring kunnen krijgen. Hoewel dat laatste niet vaak voorkomt: in de witloofketen werd er nauwelijks ethyleen gemeten en uit proeven blijkt dat de meeste van onze witloofrassen niet zo gevoelig zijn voor ethyleen.

TEMPERATUUR EN ETHYLEEN IN WITLOOFKETEN GEÏNVENTARISEERD

Het VCBT inventariseerde in februari en maart 2020 de witloofketen in detail en volgde vooral de temperatuur en ethyleenconcentratie op. Daarvoor startten we bij de teler, passeerden bij de veiling, om vervolgens via de distributie en retail tot bij de consument te geraken.

In Tabel 1 vind je bij welke temperatuur en hoe lang het witloof in bepaalde delen van de keten verblijft. Veel telers koelen hun trekbakken niet vooraleer ze de kroppen oogsten. Pas nadien worden de kroppen gekoeld.

Op de veiling was het in de witloofkoelcel ongeveer 6°C. De situatie in de distributie verschilde nogal: de opslagtemperatuur varieerde van 6°C tot 12°C. In de winkels lag het witloof meestal redelijk goed gekoeld, hetzij in een koeltoog, hetzij in een gekoelde kamer.

ETHYLEEN WERD NAUWELIJKS GEMETEN IN DE WITLOOFKETEN

Ethyleen is het rijpingshormoon van fruit en groenten. Rijpende appels geven bijvoorbeeld veel ethyleen af. Om de aanwezigheid van ethyleen in kaart te brengen, werd de keten van witloof eerst grondig gescreend. Luchtmetingen werden uitgevoerd bij een witloofteler in de forcerie, tijdens het oogsten en verpakken van de kroppen, op de veiling, in de koelcellen, in het distributiecentrum van de supermarkt tot in de winkel en tenslotte bij de consument.
De gehalten ethyleen die we aantroffen, vielen overal erg mee. De hoogste concentratie werd gemeten bij de bewaring thuis bij de consument, en dan alleen wanneer het witloof wordt bewaard samen met veel rijpe appels. In Tabel 1 staan de gehalten ethyleen die werden gemeten in de keten, samen met de temperatuur. De combinatie van beide factoren is belangrijk, want een witloofkrop is gevoeliger voor ethyleen bij hoge temperatuur dan bij lage. Wanneer we dus een bepaalde concentratie meten, is het van belang om te weten of daarbij ook een hoge temperatuur hoort.

Tabel 1: **: Ethyleenconcentraties en temperatuur in de witloofketen**

DEEL VAN DE KETEN		GEMIDDELDE ETHYLEEN-CONCENTRATIE (PPM)	TEMPERATUUR (C°)	VERBLIJFSDUUR VAN DE WITLOOFKROPPEN
WITLOOFTEELT	Forceerruimte	0,00	+/- 15	21 dagen
	Werkruimte	0,00	19	+/- 2 uur
	Opslagruimte	0,00	7	maximum 1 dag
VEILING	Hal	0,00	10	maximum 1 dag
	Koelcel witloof	0,03	6	maximum 1 dag
DISTRIBUTIECENTRUM SUPERMARKTKETEN 1	Opslagruimte groenten	0,01	6-8	maximum 1 dag
	Klaargemaakte bestelling op pallet	0,01	10	maximum 2 uur
DISTRIBUTIECENTRUM SUPERMARKTKETEN 1	Opslagruimte witloof	0,02	12	maximum 1 dag
	Klaargemaakte bestelling op pallet	0,00	12	maximum 2 uur
WINKEL SUPERMARKTKETEN 2	Gekoelde winkelafdeling	0,05	3-6	tot verkoop
WINKEL SUPERMARKTKETEN 3	Gekoelde opslagruimte	0,01	4-7	tot verkoop
KOELKAST CONSUMENT	Koelkast fruitvak	0,10	5	1 week
VCBT	Koelcel appels	2,26	1	/

VCBT kan snel de ethyleen-gevoeligheid van een nieuw witloofras testen

ETHYLEEN VEROORZAAKT ROODVERKLEURING, MAAR LANG NIET BIJ ELK RAS

In februari 2020 werd vanuit het Praktijkpunt Landbouw Vlaams-Brabant kroppen van zes witloofrassen (Fakir, Daufine, Hermés, H4200, Darling en Flexine) aangeleverd. Om na te gaan welk effect ethyleen heeft op roodverkleuring, werden de kroppen gedurende vijftien dagen blootgesteld aan 5 ppm ethyleen bij 18°C. Rekening houdend met de ethyleengehaltes die het VCBT eerder had gemeten in de praktijk, gaat het hier over een zware test.

Alleen bij Daufine ontstond er noemenswaardige roodverkleuring (Figuur 1). In de rassenlijst witloof krijgt Daufine ook een minder goede score voor roodverkleuring. Zonder ethyleen vertoonde Daufine geen roodverkleuring en wanneer we Daufine eerst behandelden met een ethyleenblokker en daarna blootstelden aan ethyleen, zagen we ook geen schade.

LAGE TEMPERATUUR AANHOUDEN BLIJFT BELANGRIJKSTE KWALITEITSMAATREGEL

Moet je als teler nu angstvallig ethyleen vermijden? Nee, maar een gewaarschuwd man/vrouw is er twee waard. Je kan maar beter voorzichtig zijn. Witloof stockeren in een fruitkoelcel met rijpende appels lijkt geen goed idee, hoewel de meeste rassen niet meteen schade zullen vertonen. Met gevoelige rassen, zoals Daufine, moet je wel opletten. Daufine vertoonde al heel snel schade na blootstelling aan ethyleen.

Met een nieuw ras, waarvan de gevoeligheid nog onbekend is, ben je best ook voorzichtig, tot er testen zijn uitgevoerd. Het VCBT kan zo'n test snel uitvoeren. De belangrijkste kwaliteitsmaatregel bij witloof blijft de handhaving van een lage temperatuur in de hele keten. Je moet wel vermijden om te bruusk in te koelen en we raden een temperatuur aan tussen 2 en 5°C.

Figuur 1: Witloof van het ras Daufine na 15 dagen op 18°C: v.l.n.r. onbehandeld, continu behandeld met 5 ppm ethyleen, eerst behandeld met een ethyleenremmer en daarna continu 5 ppm ethyleen.

Influence of ethylene on chicon quality
Ethylene can cause red discoloration of chicons. The higher the temperature, the more risk of damage. Only a few cultivars are really sensitive for ethylene. VCBT tested 6 cultivars: Fakir, Daufine, Hermés, H4200, Darling and Flexine. Cv. Daufine for example is very sensitive and turns red after a few hours in combination with ethylene. The complete chain from field to consumer was screened: temperatures and ethylene concentration were monitored. Only in a few places small low concentrations of ethylene were detected. See Table 1. When the chicons were first treated with 1-methylcyclopropene (not approved in Belgium for this application), they appear to be insensitive for ethylene.

Digitale archivering van tomatensegmentatiedata

Tomaten geteeld onder het Flandria-keurmerk moeten aan de strenge kwaliteitseisen van het Flandria-lastenboek voldoen. Ook de nieuwe rassen die jaarlijks worden getest, moeten voldoen aan deze eisen vooraleer ze tot een segment kunnen worden toegelaten. De productie, teelt-, smaak- en kwaliteitseigenschappen worden opgevolgd op verschillende proefcentra voor zowel de belichte als onbelichte doorteelt. De data die tijdens deze rassenproeven worden verzameld, komen uiteindelijk terecht in een databasesysteem ontworpen door VCBT. Zo worden alle data over een ras bewaard en kunnen ze achteraf worden geraadpleegd. Uit de data worden automatisch eindscores berekend. Verder kunnen tabellen en grafieken worden uitgelezen om zo de beoordeling van de rassen te ondersteunen.

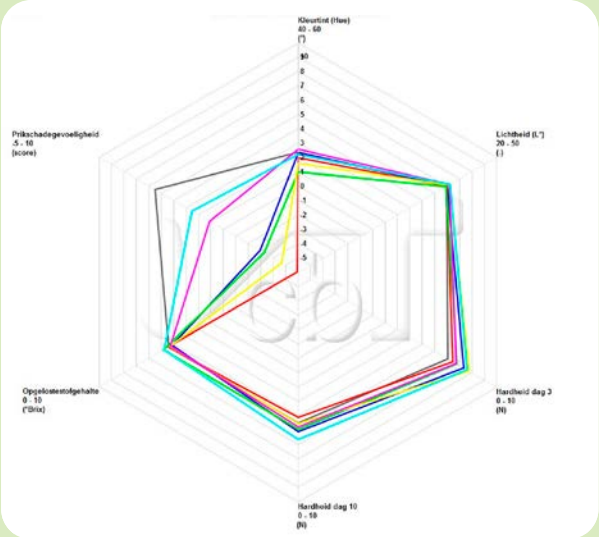
SEGMENTATIEONDERZOEK VAN NIEUWE TOMATENRASSEN

Elk jaar worden er nieuwe tomatenrassen aangeplant op de praktijkcentra voor het segmentatieonderzoek tomaat, voor zowel de belichte als onbelichte doorteelt. Tijdens deze proeven worden er enorm veel data verzameld. Deze data dienen om de evolutie van de gewas- en vruchtkenmerken op te volgen doorheen de tijd. De metingen worden deels subjectief gemeten, door bijvoorbeeld experts van de veilingen en praktijkcentra die de planten en tomaten beoordelen. Anderzijds gebeuren er ook objectieve metingen en instrumentele metingen. Op basis van al deze data worden de segmenten Princess, Baron en Elite herzien en kunnen er eventueel nieuwe rassen in proef worden genomen of toegelaten tot het segment. Om dit beslissingsproces verder te ondersteunen werd de segmentatiedatabase ontwikkeld.

DATABASESYSTEEM VOOR SEGMENTATIEDATA

De proeftuinen leveren elk hun ruwe data aan in een afgesproken formaat en deze data worden geüpload naar de segmentatiedatabase. Sinds 2006 werden er meer dan 21000 observaties in de database opgenomen. In het totaal werden er al 865 rassen getest. Met deze ruwe data kunnen dan afgeleide parameters en algemene kwaliteitsscores worden berekend. Verder worden er ook verschillende statistische analyses uitgevoerd om rassen van elkaar te kunnen onderscheiden. De verschillende rassen kunnen per segment worden geraadpleegd in tabellen in de web-interface op de website van VCBT. Hierbij worden voor een bepaald tijdstip in het seizoen de opgeslagen data opgeroepen en kunnen verschillende eigenschappen worden geselecteerd (Figuur 1).

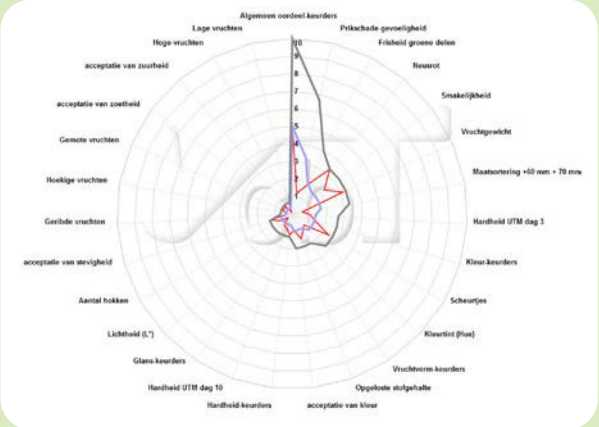
Figuur 1: Voorbeeld van een tabel die online kan worden geraadpleegd in de tomatendatabase. Hier werd er voor een bepaalde sessie de prikscore en het aantal prikken in tabelvorm omgezet voor enkele rassen vleestomaten.



Figuur 2: Een spiderplot maakt de beoordeling van verschillende rassen meer intuïtief. In deze spiderplot worden 7 verschillende rassen met elkaar vergeleken voor de kwaliteitsparameters opgemeten door VCBT. Elk ras wordt hier weergegeven in een andere kleur. Er is duidelijk te zien dat er de minste spreiding zit op het opgelostestofgehalte en de lichtheid van de tomaten. Omgekeerd zien we dat deze rassen zeer verschillend zijn voor prikschadegevoeligheid.

KWALITEITSSCORE PER RAS

Met de data in de database kan een eindscore worden berekend. Dit is een nummer op een schaal van 0 tot 100. Deze eindscore geeft een beeld van de kwaliteit van een ras. Verschillende kwaliteitseigenschappen worden opgenomen in de scoreberekening. Niet iedere kwaliteitseigenschap van een ras is even belangrijk. Bovendien zijn bepaalde eigenschappen van een groter belang in een bepaald segment, maar van minder belang in een ander. Al de kwaliteitseigenschappen worden daarom verschillend gewogen per segment voor elke scoreberekening. Het wegingscijfer dat hiervoor gebruikt wordt ligt tussen 0 en 15 en geeft aan hoeveel belang er wordt gehecht bij het beoordelen van de kwaliteit van tomaten aan de kwaliteitseigenschap. De wegingen worden op regelmatige basis herzien in samenspraak met de veilingen en kwaliteitsverantwoordelijken.



Figuur 3: Een spiderplot voor een ras geeft weer of dat ras (rode lijn) binnen de grenzen van de verwachtingen ligt voor de kwaliteitsscore. De ondergrens is weergegeven in een paarse lijn, terwijl de bovengrens is weergegeven in grijs. De bovengrens is gerelateerd aan de weging voor elk van de kwaliteitseigenschappen opgenomen in de score.

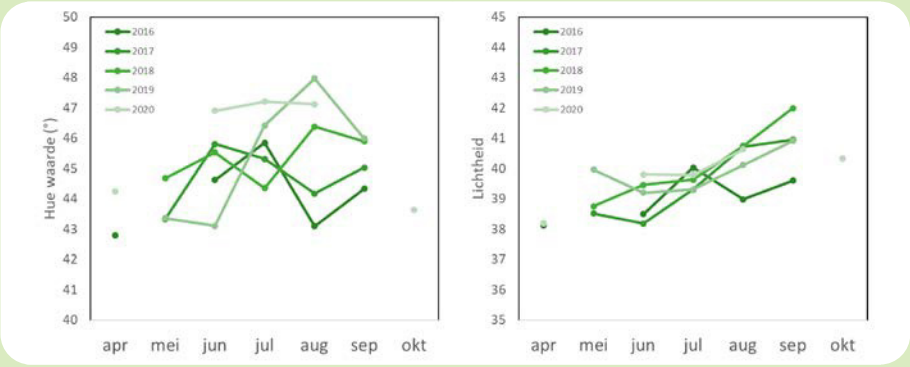
Een belangrijk kwaliteitseigenschap is bijvoorbeeld de kleur van de tomaat. De hue-waarde wordt in VCBT gemeten en is een maat voor hoe rood een tomaat is. Voor losse tomaten is het belang van kleur bij de tussentype tomaten (wegingscijfer is 4) is groter dan de hue-waarde bij de vleestomaten (wegingscijfer is 3). Bij de weging van elke kwaliteitseigenschap wordt er ook veel aandacht gegeven aan de beoordelingen van de keurders voor elk ras. Met behulp van de wegingscijfers wordt dan verder de score berekend. Hoe hoger de eindscore, hoe beter een ras presteert voor de kwaliteitseigenschappen die belangrijk zijn voor dat segment. De eindscore in combinatie met de data omtrent de productie en de planteigenschappen, leidt uiteindelijk naar een beslissing of een nieuw ras al dan niet wordt toegelaten.

DATA IN BEELD IN SPIDERPLOTS

Cijfers zeggen natuurlijk niet alles, daarom kan de visualisatie van de data hulp bieden bij het verder beoordelen van de rassen. Een spider- of radarplot is een grafiek die een overzicht geeft van multivariate data. Het is een instrument dat verschillende rassen kan vergelijken wanneer alle rassen tegelijk worden geplot (Figuur 2). Een spiderplot geeft ook aan hoe goed een ras past binnen een bepaald segment. Hierbij zijn er onder- en bovengrenzen vastgelegd om het ras te kunnen beoordelen (Figuur 3).

MEERWAARDE VAN DE SEGMENTATIEDATABASE

Het is duidelijk dat de segmentatiedatabase een meerwaarde is voor het segmentatieonderzoek. De verworven data wordt niet enkel centraal opgeslagen, de database kan steeds worden bevraagd achteraf. De visuele representaties van de data kunnen de beoordeling van de nieuwe rassen vergemakkelijken en de berekeningen van eindscores voor kwaliteit kunnen snel een overzicht geven van welke rassen al dan niet beter presenteren ten opzichte van de eindscore van een referentieras. De database kan ook verdere inzichten geven omtrent specifieke vragen. Zo kan er bijvoorbeeld worden nagegaan of een (referentie)ras al dan niet afwijkt naar kleur overheen verschillende jaren van teelt (Figuur 4). Dit is belangrijk voor wanneer er KO (knock out) -scores moeten worden beoordeeld. De mogelijkheid om de data te kunnen raadplegen overheen verschillende seizoenen is dus ook nodig om huidige rassen correct te kunnen beoordelen.



Figuur 4: De kleur van referentieras Kanavaro in de afgelopen 5 jaar werd uitgelezen door de database voor de onbelichte doorteelt. Hieruit is af te leiden dat vaak in het midden van het teeltseizoen tomaten roder zijn dan aan het begin of de einde van het teeltseizoen (hogere hue-waarde). Het afgelopen jaar waren de tomaten roder dan in 2016, 2017 en 2018. De lichtheid loopt op naar het einde van het seizoen. De seizoenen zijn minder van elkaar te onderscheiden voor lichtheid.

Dit onderzoek wordt gefinancierd door de Lavaveilingen

Digital archiving of tomato segmentation data
All data of cultivars screened in the segmentation trials will end up in a central database. The data collected by the different experimental stations will be uploaded and automatically processed. Since 2006 the data of 865 different cultivars has been collected. This can all be consulted on the website of VCBT. Database users can read out tables and spider graphs. A quality score is also calculated out of weighted quality parameters. The use of the database can assist in the interpretation of the data and in the choice to include a new variety to the segmentation.

De invloed van bewaar-temperatuur op rode vruchtkorrels bij bramen

Bramen zijn zeer gezonde vruchten, maar door hun zachte structuur zijn ze zeer kwetsbaar en moeilijk houdbaar. Om deze bessen kwaliteitsvol bij de consument op tafel te brengen, moet je bramen koel bewaren. Er is echter vastgesteld dat lage bewaartemperaturen aanleiding kunnen geven tot het optreden van ''red drupelet reversion' (RDR) of 'rode vruchtkorrels'. Dit zijn individuele of meerdere zwarte besjes die onomkeerbaar verkleuren tot helderrode besjes. Dit betekent zowel visueel als fysisch een kwaliteitsverlies. VCBT onderzocht de invloed van de bewaartemperatuur op het ontstaan van deze fysische afwijking.

BEWARING VAN BRAMEN GEDURENDE 1 WEEK

VCBT onderzocht het ontstaan van 'rode vruchtkorrels' bij de bewaring van bramen (cv. Loch Ness) verpakt in doosjes van 125 g. De bramen kwamen recht van de veiling, eind oktober, ongekoeld. Ze werden op VCBT meteen gekoeld naar de bewaartemperaturen, zonder tussenstappen. De bakjes stonden onafgedekt in de koelcel, waarbij alle objecten op vergelijkbare plaatsen stonden ten opzichte van het koelelement.

> Door bramen snel te koelen naar 1°C treden rode vruchtkorrels veelvuldig op.

De bramen werden bewaard bij vier verschillende bewaartemperaturen (7°C, 1°C, 0°C en -1°C) gedurende 1 week. Bij elke temperatuur zijn na 1 dag, na 5 dagen en na 7 dagen de vruchten van 12 bakjes van 125 g beoordeeld op het voorkomen van rode vruchtkorrels volgens de score in Tabel 1. Per object werd het aandeel bessen van elke categorie berekend.

Tabel 1: **Beoordelingsscore voor rode vruchtkorrels bij braam**

SCORE KLASSE	% RODE VRUCHTKORRELS/BRAAMOPPERVLAK
1	0
2	<20
3	20 - 40
4	40 - 60
5	60 - 80
6	>80

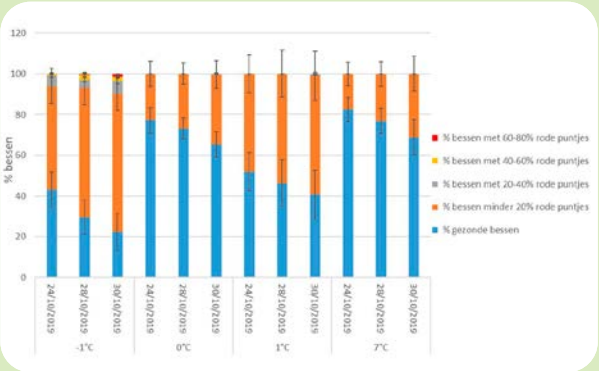
BEWARING BIJ 7°C GEEFT HET MINSTE RODE VRUCHTKORRELS

In Figuur 1 zie je per beoordelingsmoment het gemiddelde percentage gezonde en afwijkende bramen bij de verschillende temperaturen. De error-bars geven het 95 % betrouwbaarheidsinterval weer.

Het hoogste percentage (meer dan 80 %) gezonde bramen is vastgesteld bij een bewaartemperatuur van 7 °C na 1 dag. Dit aantal neemt wat af bij langere bewaring. Bewaren van bramen op -1 °C geeft al na 1 dag bij meer dan de helft van de bessen het 'rode vruchtkorrels verschijnsel'.

Ook bewaring van bramen op 1 °C geeft een relatief grote hoeveelheid bessen met rode vruchtkorrels. Na 7 dagen behoudt het temperatuurregime van 7 °C het hoogste aantal 'gezonde bessen'. Na een week bewaring zien alle bessen er nog behoorlijk uit (Figuur 2 en 3).

In geen enkel bakje wordt na een bewaarperiode van 1 week het optreden van schimmelbederf waargenomen. De bessen bewaard op 7 °C voelden na bewaring wel zachter aan, dan deze bewaard bij lagere temperaturen.



Figuur 1: Percentage gezonde en afwijkende bessen 'RDR' bij verschillende bewaartemperaturen.

BESLUIT

RDR komt dus duidelijk meer voor bij lage temperatuur. De bessen uit deze proef werden in één stap naar de streef-temperatuur gebracht. Dit kan een te grote temperatuurschok geven, die extra stress en schade geeft. Misschien geeft een getrapte inkoeling minder schade, zodat toch een lagere bewaartemperatuur mogelijk is, waarbij de bessen dan ook wat harder en knapperiger blijven.

Figuur 2: Braam (cv. Loch Ness) na bewaring gedurende 1 week op 7°C.

Figuur 3: Braam (cv. Loch Ness) na bewaring gedurende 1 week op -1 °C

Influence of storage temperature on RDR (Red Drupelet Reversion) in blackberries
Blackberries are very delicate and difficult to keep due to their soft structure. Cool storage is necessary to bring the berries to the consumer in good quality status. However, it has been determined that low storage temperatures could lead to the occurrence of "red drupelet reversion". This means a loss of quality both visually and physically. VCBT investigated in the experiment described above the influence of the temperature (7°C, 1°C, 0°C or -1°C) of the cold storage on the occurrence of this physical disorder.
The highest percentage (more than 80%) of healthy blackberries was established at a storage temperature of 7 ° C after 1 day. This number decreases somewhat during longer storage. Storing blackberries at -1°C after just 1 day gives more than half of the berries the 'RDR' disorder. Storing blackberries at 1°C also results in a relatively large amount of berries with red drupelets. The berries stored at 7°C were a bit softer after storage than those stored at lower temperatures.

Pompoenbewaring: Resultaten 2020

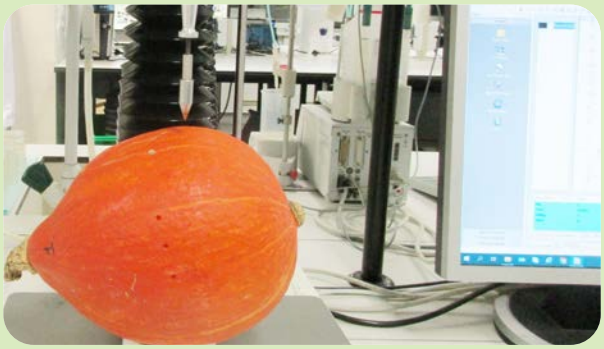
Om te vermijden dat alle pompoenen gelijktijdig op de markt worden aangeboden, is het noodzakelijk om de pompoenen gedurende een bepaalde tijd koel te bewaren. Uiteraard is het belangrijk dat de kwaliteit en de smaak van de pompoenen gegarandeerd blijft tot op het ogenblik dat ze aan de consument worden aangeboden. Opgelostestofgehalte en hardheid bieden misschien de mogelijkheid om de bewaarkwaliteit bij pompoenen in te schatten. Het opgelostestofgehalte en de hardheid bij pompoenen werd opgevolgd vanaf het oogsttijdstip en tijdens de bewaring om na te gaan of deze parameters informatie kunnen geven over de evolutie van de bewaarkwaliteit en de smaak van de pompoenen. De bepaling van het opgelostestofgehalte en de hardheid werd een eerste keer uitgevoerd onmiddellijk na de oogst (startmeting). Vervolgens werden de metingen herhaald op 2 tijdstippen tijdens de bewaring: een eerste keer eind november 2020 en een tweede keer eind januari 2021.

OPGELOSTESTOFGEHALTE EN HARDHEID BIJ HOKKAIDO-POMPOENEN VAN OOGSTTIJDSTIPPEN

De vruchten voor dit onderzoek werden geteeld en geoogst op het Proefstation voor de Groenteteelt (zie Tabel 1). Na de oogst werden de pompoenen bewaard in de koeling op 12 °C.
Van elke variëteit is bij het oogsten de hardheid en het opgelostestofgehalte bepaald. Een volgende meting volgde na bewaring in november 2020.
Op elke vrucht werd de hardheid (van de schil) bepaald met de textuurmeter. De kracht werd gemeten die nodig is om met een puntige plunjer (zie Figuur 1) met een snelheid van 5 mm/s de schil van de pompoen 5 mm te doorboren. Er werden 6 metingen uitgevoerd op de evenaar waarvan 3 metingen uitgevoerd op de meest oranje kant en 3 op de minst oranje kant. De pompoen werd daarna verticaal doorgesneden en op beide snijvlakken van 1 helft werd het opgelostestofgehalte bepaald.

HARDHEID EN OPGELOSTESTOFGEHALTE ZIJN AFHANKELIJK VAN RAS EN OOGSTTIJDSTIP

Bij de oogst was over alle oogstdata heen het opgelostestofgehalte voor de variëteit Orange Summer hoger dan voor de variëteit Fictor. De gemeten hardheid bij de oogst was bij Fictor (over alle oogstdata heen) hoger dan deze gemeten voor Orange Summer.



Figuur 1: De hardheid bij pompoen wordt bepaald met de textuurmeter met een puntige plunjer

Bij de oogst merkten we voor Fictor een geringe stijging van het opgelostestofgehalte bij later oogsten terwijl de kracht nodig om de schil te doorboren bij later oogsten afnam. Voor Orange Summer stelden we bij later oogsten nog een duidelijke stijging vast zowel van het opgelostestofgehalte als van de kracht nodig om de schil te doorboren. Dit zou erop kunnen wijzen dat op 20 augustus de pompoenen van het ras Fictor rijper waren dan deze van de variëteit Orange Summer. Over alle oogstdata heen was er tussen de variëteiten slechts een gering verschil in opgelostestofgehalte; de schil van de pompoenen van de variëteit Fictor lijkt over alle oogstdata heen harder dan deze van de variëteit Orange Summer.

> Een daling van de opgelostestofgehalte geeft misschien het eind van de bewaring aan.

Na bewaring in november was het opgelostestofgehalte (voor alle oogstdata) hoger bij Fictor dan bij Orange Summer (zie Figuur 2). Bij Fictor is het gemeten opgelostestofgehalte na bewaring voor alle oogstmomenten hoger dan dit bij de oogst. Bij Orange Summer daarentegen is voor de vruchten geoogst in oktober het gemeten opgelostestofgehalte na bewaring lager dan bij de oogst; voor de eerdere oogstmomenten is ook hier het opgelostestofgehalte na bewaring iets hoger dan bij de oogst.

De hardheid na bewaring (26/11/20) was bij beide rassen voor de laatste oogst lager dan bij de oogst. Bij Fictor merkten we voor de 2 eerste oogstdata een duidelijke stijging van de hardheid t.o.v. de hardheid bij de oogst (zie Figuur 3). Voor de laatste oogst bij Orange Summer was dus zowel het opgelostestofgehalte als de hardheid op 26/11/20 lager dan bij de oogst. Dit zou erop kunnen wijzen dat voor de Orange Summer pompoen, geoogst in oktober, de bewaarduur het einde heeft bereikt. Bij de helft van de pompoenen van dit object merkten we ook duidelijk zwakke

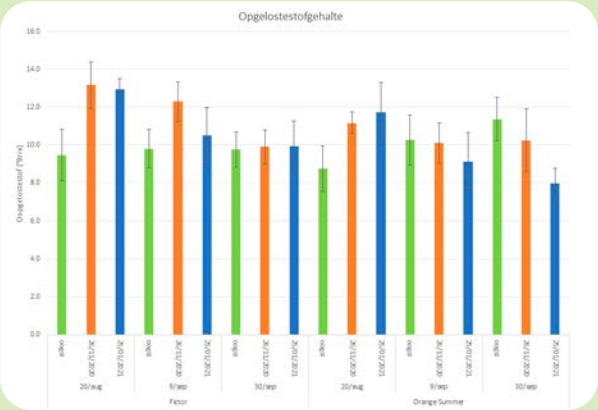
plekken (vlekjes) in de schil. De schil van de onderzochte vruchten van de overige objecten was nog in orde.

Na bewaring tot januari 2021 zien we een daling van het opgelostestofgehalte t.o.v. de bewaring in november voor alle objecten behalve voor de vroeg geoogste Orange Summer. Bij de later geoogste Orange Summer pompoenen is in januari het opgelostestofgehalte lager dan bij de oogst. Dit is niet zo voor Fictor. De hardheid van alle pompoenen gemeten op 25/01/21 is significant hoger dan deze gemeten bij de oogst of na bewaring tot november. De schil van alle onderzochte vruchten was nog in orde.

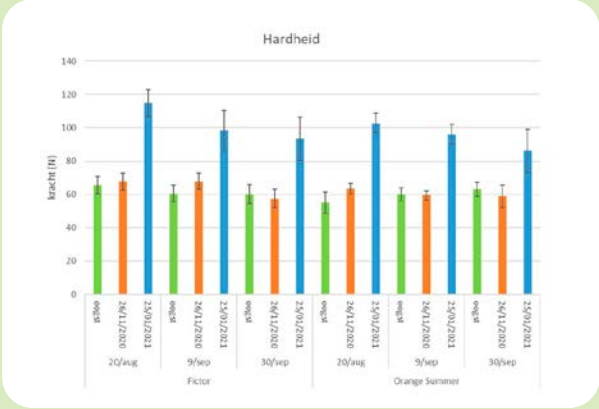
Lagere waarden voor opgelostestofgehalte in vergelijking met de waarden opgemeten bij de oogst zouden een indicatie kunnen zijn dat de ideale bewaarduur ten einde is.

Tabel 1: **Verschillende pompoenen in de studie**

VARIËTEIT	OOGSTTIJDSTIP
Fictor	20/08/2020
Fictor	10/09/2020
Fictor	01/10/2020
Orange Summer	20/08/2020
Orange Summer	10/09/2020
Orange Summer	01/10/2020



Figuur 2: Evolutie van het opgelostestofgehalte bij Fictor en Orange Summer voor verschillende oogstdata



Figuur 3: Evolutie van de hardheid bij Fictor en Orange Summer voor verschillende oogstdata

Pumpkin storage: Results 2020
To prevent all pumpkins from being offered on the market at the same time, it is necessary to store pumpkins for a certain period. Of course it remains important that the quality and taste of the pumpkins is guaranteed until the fruit is offered to the consumer. The soluble solids content and the firmness of pumpkins skin was monitored from the time of harvest and during storage to check whether these parameters can provide information about the evolution of the storage quality. Orange Summer and Fictor, two Hokkaido varieties, were assessed. After storage in November, the soluble solids content and firmness of Orange Summer pumpkins from the latest harvest date was lower than at harvest, in contrast to the other objects. Lower soluble solids content values compared to the values measured at harvest could be an indication that storage time has come to an end.

Bestendigen en uitbreiden van kwaliteitssystemen

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 kwaliteitsanalyses (bepaling van hardheid, suikergehalte, …) bij appelen, peren, tomaten en witloof. In 2020 focuste VCBT zich op het validatiewerk voor nieuwe analysemethodes zoals bv. drogestof- en ethyleengehalte bij hardfruit. De GEP-erkenning bleef ook doorlopen in 2020.

SCOPE

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

Tabel 1 : **Toepassingsgebied (scope) van de accreditatie**

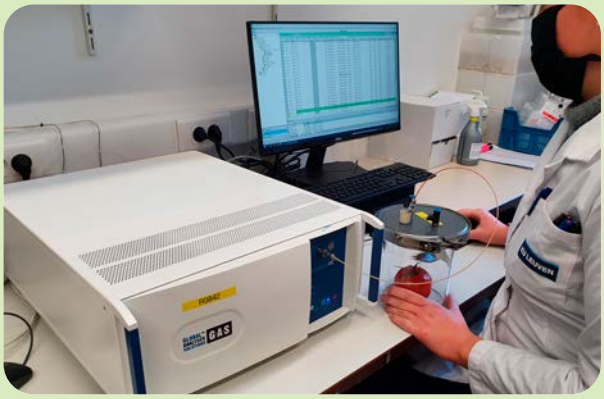
TESTCODE	MONSTERS	GEMETEN EIGENSCHAP - MEETBEREIK	BESCHRIJVING VAN DE BEPROEVINGSMETHODE - UITRUSTING
MET001	Appelen Peren Tomaten Paprika Fruit- en groentesappen	Opgelostestofgehalte	Afgeleide van ISO2173 (2003)
MET002	Appelen Peren Paprika Tomaat	Hardheid	Afgeleide van ASAE S368-4 DEC00 (2001)
MET003	Appelen Peren Tomaten Fruit- en groentesappen	Titreerbare zuren	Afgeleide van ISO 750 (1998)
MET004	Appelen Peren Tomaten Paprika Snijvlak van witloof	Kleur	Obtaining spectrometric data for object-color evaluation ASTM E1164-12 (2017) + ASTM E 1331-15 (2019)
MET005	Fruit – groenten	Afmeting - 150 mm	Eigen methode
MET006	Fruit – groenten	Gewicht - 12 kg	Eigen methode
MET007	Appelen Peren	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.
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, KULeuven (2003).

DROGESTOFGEHALTE

VCBT bepaalt al heel wat kwaliteitskenmerken van hardfruit volgens ISO 17025. Het drogestofgehalte ontbrak nog op het lijstje. Daarom gingen we in 2020 alvast van start met de ontwikkeling van een robuuste analysemethode hiervoor en startten de eerste validatiemetingen.

De drogestofbepaling gebeurt op een gravimetrische manier. We bepalen het gewicht van vruchtschijfjes voor en na het drogen ervan, waaruit dan het drogestofgehalte kan berekend worden. Dit lijkt allemaal eenvoudig maar om deze analyse te kunnen accrediteren, moeten we onderzoeken hoe reproduceerbaar en nauwkeurig deze metingen zijn. Verschillende testen passeerden hiervoor de revue. Ook kreeg de staalname voldoende aandacht. Om nauwkeurig te kunnen drogen beschikt VCBT over een droogoven (Figuur 1). In 2021 worden de validatietesten afgewerkt.

Figuur 1: Drogestofbepaling van peer in droogoven.



Figuur 2: Compact-GC: gasanalyse van tomaat.

ETHYLEENPRODUCTIE

Bij de rijping van hardfruit speelt de ethyleenproductie een grote rol. Zeker als je appelen en peren lang wil bewaren, moeten we een goed idee hebben van de ethyleenproductie. Al verschillende jaren volgen we de ethyleenproductie op via metingen met een compact-GC. In 2020 vernieuwde VCBT haar meetinfrastructuur en kocht o.a. ook een nieuwe compact-GC 4.0 (Figuur 2). Dit toestel is ideaal voor snelle en nauwkeurige gasanalyses. Ook bij deze analyse zijn er heel wat validatietesten nodig om de analyse volledig op punt te stellen.

CONTROLES VAN MEETTOESTELLEN

Los van de accreditatie organiseert VCBT maandelijks ook controles van verschillende meettoestellen die door de klanten (proeftuinen, veilingen en telers) worden gebruikt om kwaliteitsmetingen uit te voeren 'in het veld'. Deze controles vinden de eerste week van elke maand plaats. Geef vooraf wel een seintje vooraleer je je penetrometer, brixmeter, titrator,... binnenbrengt. Ook andere bedrijven die geen lid zijn van VCBT kunnen van deze dienst gebruik maken tegen betaling. Zo komen we tot een goede standaardisatie binnen de sector en kunnen resultaten onderling vergeleken worden. Niet alleen het meettoestel zelf is belangrijk, ook hoe je de meting uitvoert, bepaalt vaak het resultaat. Daarom schreef VCBT kwaliteitshandboeken die beschikbaar zijn op www.vcbt.be. Daar kan je ook verschillende video tutorials vinden over kwaliteitsmetingen en controles onder http://vcbt.be/publicaties-en-demonstraties/. Is alles hierna nog niet volledig duidelijk dan kan VCBT ook een hands-on training geven om je verder wegwijs te maken.

GOOD EXPERIMENTAL PRACTICES

In 2020 kregen we een administratieve verlenging voor onze GEP-erkenning. VCBT leeft de Goede proefmethoden (GEP) na in het kader van de Europese richtlijn EEG 91/414 die de erkenning van gewasbeschermingsmiddelen voor landbouwkundig gebruik regelt. VCBT voldoet hiermee aan de eisen die worden bepaald voor experimenten inzake werkzaamheid, selectiviteit, fytotoxiteit... met het oog op de erkenning van een gewasbeschermingsmiddel. Het toepassingsgebied staat vermeld in Tabel 2 en geldt voor opgeslagen plantaardige producten.

Tabel 2: **Toepassingsgebied (scope) van de GEP-erkenning**

TOEPASSINGSGEBIED	EFFECT OP WERKZAAMHEID	EFFECT OP KWALITEIT	FYTOTOXICITEIT
Fungiciden	x	x	x
Groeiregulatoren	x	x	x
Insecticide/acaricide		x	x

VCBT is geaccrediteerd door BELAC onder het certificaatnummer 225-TEST.
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

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 2020 VCBT focused on validation tests for new analysis methods like determination of dry matter content and ethylene production for apples and pears. Also important quality parameters. In 2020 both our ISO accreditation and GEP license were extended.

Aromaproductie tijdens schimmelaantasting van peer

Om product van goede kwaliteit tot bij de consument te krijgen is het van belang om niet alleen naar visuele kwaliteitskenmerken te kijken, maar ook naar eigenschappen zoals stevigheid, smaak, aroma en microbiële aantasting. Aroma is één van de moeilijkste om objectief op te meten. Toch is het van belang inzicht te krijgen in hoe aroma zich ontwikkelt in functie van de diverse relevante voor- en naoogstfactoren. Hier keken we naar het effect van een schimmelinfectie op het aroma van peer.

AROMA VAN PEER

Aroma van peer is sterk afhankelijk van factoren zoals de cultivar, het rijpheidsstadium van de vrucht, bewaarcondities en bewaarduur, de duur en omstandigheden tijdens het uitstalleven en het gebruik van ethyleen remmers zoals 1-MCP. Bovendien kunnen er als gevolg van microbiële infecties wijzigingen in het aroma optreden. Eerder onderzoek heeft aangetoond dat op grond van het aroma een uitspraak kan worden gedaan over een eventuele microbiële infectie in het geval van vlees, zeevruchten en fruit zoals aardbei. Er is nog maar weinig bekend over de invloed van een microbiële infectie op het aroma van peer.

MICROBIEEL BEDERF VAN PEER

Microbieel bederf leidt doorgaans niet tot gezondheidsrisico omdat aangetaste vruchten tijdig als zodanig worden herkend en worden uitgesorteerd. Een uitzondering hierop is penicillium vruchtrot, veroorzaakt door de schimmel Penicillium expansum, die kan leiden tot de ophoping van het toxine patuline.

> Met SIFT-MS konden we een verschil in aroma tussen gezonde en geïnfecteerde peren meten

De aanwezigheid van P. expansum is niet altijd detecteerbaar aan de buitenzijde wanneer deze zich ontwikkelt in interne holten als gevolg van een infectie door bijvoorbeeld insecten. Andere microbiële aantastingen, die vaak voorkomen in peer, zijn vruchtrot door Botrytis cinerea en Mucor piriformis.

DETECTIE VAN MICROBIEEL BEDERF VIA HET AROMA

Er zijn verschillende studies bekend over detectie van microbieel bederf aan de hand van het aroma profiel. Studies bij garnalen en vlees hebben een sterke correlatie aangetoond tussen het voorkomen van bepaalde vluchtige componenten en de mate van de microbiële infectie. Daarnaast is aangetoond dat vluchtige componenten kunnen worden gebruikt voor de monitoring van rotontwikkeling in vruchten zoals aardbei, appel, cantaloupe, ananas en sinaasappel.
Zo kunnen in 'Fuji' appel verschillende pathogenen worden herkend aan het specifieke aromaprofiel van de besmette vruchten. Hieruit blijkt onomstotelijk dat microbieel bederf het aroma beïnvloedt en dat we dus aan de hand van het aroma onderscheid kunnen maken tussen gezonde en geïnfecteerde vruchten.

SIFT-MS VOOR HET SCREENEN VAN AROMA VAN PEER

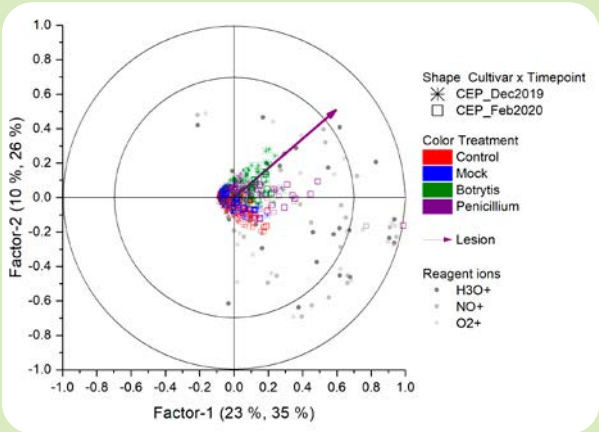
SIFT-MS is een snelle kwantitatieve massaspectrometrische techniek die gebruikt kan worden voor het fingerprinten van aromaprofielen. SIFT-MS wordt ingezet voor diverse doeleinden uiteenlopend van het analyseren van luchtverontreinigingen, materiaal emissies, water en bodem analyses en in toenemende mate voor voeding waaronder echtheidsanalyses.

Het VCBT onderzoekt de toepasbaarheid van deze techniek in het naoogstonderzoek aan groenten en fruit. In dit kader werd er onderzoek gedaan naar het effect van microbiële infectie op de aromasamenstelling van peer. Naast peren geïnfecteerd met Botrytis en Penicillium werden er controle vruchten opgemeten inclusief 'mock' vruchten die behandeld werden alsof ze geïnfecteerd werden, zonder dat het pathogeen effectief geïntroduceerd werd. Met behulp van multivariate statistiek werden de data geanalyseerd om te zien of de verschillend behandelde peren op grond van hun aroma onderscheiden konden worden.

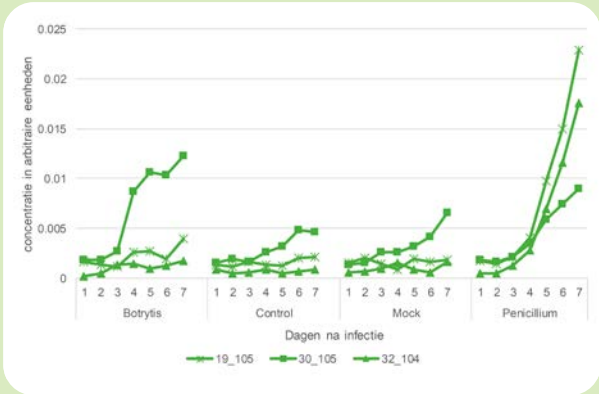
VERSCHIL TUSSEN GEZONDE EN GEÏNFECTEERDE VRUCHTEN

Gedurende zeven dagen na infectie werden de vruchten opgevolgd en de diameter van het aangetaste weefsel opgemeten. Deze maat voor infectie kon direct worden gerelateerd aan het voorkomen van de verschillende vluchtige componenten ongeacht het pathogeen (Figuur 1).

Gegeven dat alleen de met Botrytis en Penicillium geïnfecteerde vruchten aanleiding gaven tot aantastingen, en niet de controle en 'mock' vruchten, kon er direct onderscheid worden gemaakt tussen gezonde en geïnfecteerde vruchten waarbij bepaalde vluchtige componenten duidelijk toenamen in peren geïnfecteerd met Botrytis dan wel Penicillium (Figuur 2).



Figuur 1. Dankzij SIFT-MS, is het mogelijk objectief onderscheid te maken tussen verschillen in bewaarduur, type infectie, en uitstalleven. De figuur toont een multivariate regressieanalyse voor het aroma van Cepuna peren opgemeten december 2019 en februari 2020 (na respectievelijk 4 en 6 maanden bewaring) tijdens een infectie experiment. Deze analyse toont dat het aromaprofiel gebruikt kan worden om de voortschrijdende infectie te voorspellen voor beide pathogenen.



Figuur 2. Productionen gerelateerd aan de vluchtige componenten styreen en phenethyl acetaat vertonen toenemende concentraties doorheen de tijd als gevolg van een infectie met Botrytis dan wel Penicillium.

Dit onderzoek wordt gefinancierd door KU Leuven (KU Leuven-project C3/17/009)

Aroma development in Botrytis- and Penicillium-infected pears
Safeguarding the quality of pears available in the market is one way to maintain and strengthen the status of Belgium as a pear-producing country. To do so, it is not only important to focus on characteristics that are easily noticeable but also to give more attention to parameters such as aroma and spoilage. It was reported in several studies that aroma can be used to detect spoilage in fruits and other commodities. Using the relatively new technique, SIFT-MS, it was indeed shown that aroma volatiles can be used to differentiate healthy from infected pears. This technique can also be used to determine specific compounds that can discriminate between different infection treatments.

Naoogstonderzoek in een genomisch tijdperk

In de afgelopen twintig jaar zijn we in het land- en tuinbouwonderzoek meer en meer gebruik gaan maken van modern moleculaire technieken. De biotechnologie biedt de mogelijkheid gewasveredeling gericht te verbeteren, ook met het oog op het naoogstgedrag, om zo oplossingen aan te dragen voor de voedselvoorziening van de toekomst rekening houdend met op handen zijnde klimaatveranderingen. Nieuwe Nobelprijs winnende technieken zoals CRISPR-Cas zijn momenteel voer voor wetenschappelijke en politieke discussies. Het VCBT draagt op haar manier bij aan fundamentele verbeteringen in de naoogsttechnologie door meer conventionele moleculaire technieken in te zetten in het onderzoek naar hoe appelen omgaan met lagezuurstofstress tijdens lange bewaring.

LAGEZUURSTOFSTRESS TIJDENS LANGE BEWARING

Om de consument jaarrond te kunnen voorzien van appelen van goede kwaliteit, wordt gebruik gemaakt van naoogstbewaring onder lage temperatuur en zuurstofcondities, de zogenaamde CA-bewaring. Deze bewaartechnieken zijn er op gericht om de gascondities rondom de vrucht zo goed mogelijk te controleren om de metabole activiteit van de vruchten af te remmen en zo het natuurlijk rijpingsproces te vertragen. Sommige cultivars, zoals 'Braeburn', zijn gevoeliger aan de opgelegde lagezuurstofstress dan andere cultivars. Lange bewaring kan in zo'n geval leiden tot bewaarafwijkingen, zoals inwendig bruin, en zo economische verliezen induceren.

We weten inmiddels dat inwendig bruin het resultaat is van een verschuiving in het metabolisme richting fermentatie als gevolg van een tekort aan zuurstof. Het is van belang beter te gaan begrijpen hoe deze metabole verschuiving tot stand komt en gereguleerd wordt in de vrucht. In aanvulling hierop is het van belang te zien hoe cultivars hierin van elkaar verschillen en wat hen in staat stelt de lagezuurstofstress al dan niet beter te weerstaan.

LAGEZUURSTOFSTRESS OP GEN-NIVEAU

Om als plant(orgaan) in te kunnen inspelen op lagezuurstofcondities is het essentieel om zuurstof te kunnen waarnemen. Veel onderzoek is gedaan aan modelplanten zoals Zandraket (Figuur 1) en rijst.

Onderzoek heeft aangetoond dat er twee genfamilies verantwoordelijk zijn voor het detecteren van lagezuurstofstress en het activeren van de daaropvolgende stressresponsen. Deze genen activeren een hele waterval van reacties die de plant in staat stellen de impact van de lagezuurstofstress (bijvoorbeeld tijdens overstroming) zo beperkt mogelijk te houden.

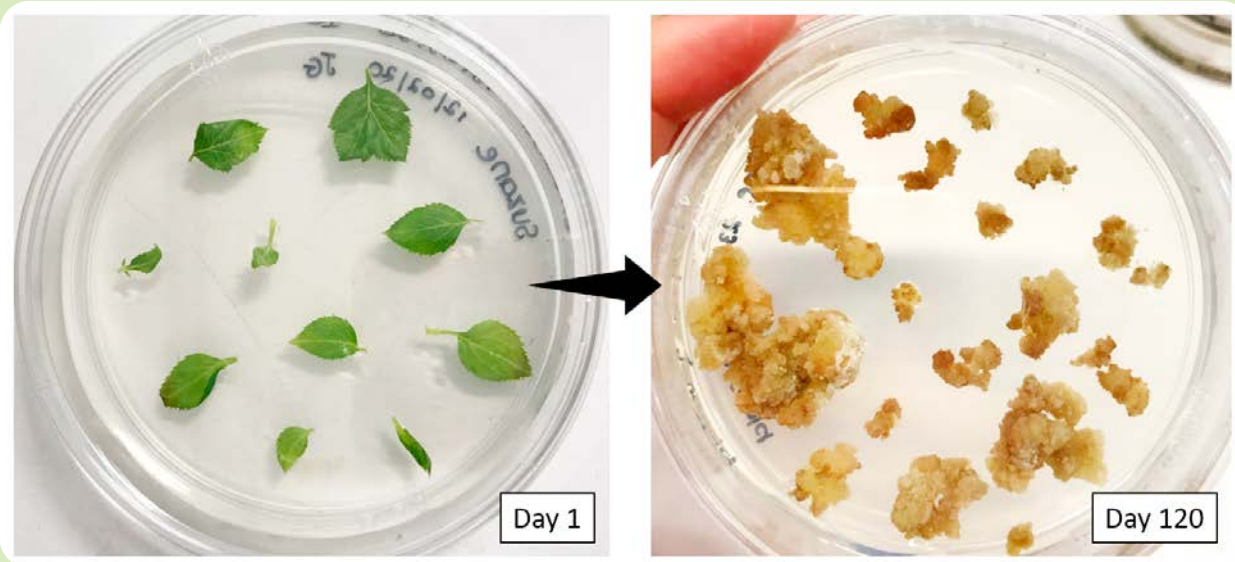
Om de moleculaire response van appel op lagezuurstofstress te begrijpen moeten we terug naar de basis om te zien wat er zich op gen-niveau afspeelt. Door de genregulatie beter te begrijpen gaan we beter zicht krijgen op de metabole veranderingen die optreden tijden CA bewaring. Met deze kennis kunnen nieuwe appel variëteiten worden ontwikkeld die beter bewaarbaar zijn.

Figuur 1: Zandraket (Arabidopsis thaliana), een onooglijk onkruid dat zich heeft opgewerkt tot het paradepaardje van het wetenschappelijk plantbiologisch onderzoek.

Achtergrond figuur: beschikbaar gesteld door John Vaughan-Hirsch (KU Leuven): Wortelop van Arabidopsis

STAP NAAR APPEL

Alhoewel modelsystemen zoals Zandraket en rijst intensief bestudeerd zijn geweest, is er nog weinig bekend over gelijkaardige processen in groenten en fruit die bijvoorbeeld gedurende langere perioden worden blootgesteld aan lagezuurstofstress tijdens bewaring. Deze studies worden vaak gehinderd door allerhande praktische aspecten, zoals de tijd die een appelboom nodig heeft om te groeien en vervolgens vrucht te zetten. Meestal zijn de moleculaire technieken geschikt voor toepassing in relatief eenvoudige celsystemen, zoals we vaak toegepast zien in de farmacologie waar gewerkt wordt met onder meer stamcellen. In ons geval nemen we dan ook onze toevlucht tot ongedifferentieerde appelcellen in plaats van te werken met intacte appelen. Deze cellen werden oorspronkelijk genomen uit bladweefsel en met behulp van weefselcultures met een gepaste dosering van nutriënten en planthormonen opgekweekt op kweekplaten (Figuur 2). Deze cellen worden dan gebruikt om gerichte veranderingen aan te brengen in het genetisch materiaal om te bestuderen hoe deze bijdragen tot een verbeterde weerbaarheid tegen lagezuurstofstress. In dit onderzoek wordt veelal gebruik gemaakt van microscopische technieken om fluorescerende merkers die via het genetisch materiaal werden ingebracht zichtbaar te maken om zo de onderzoeker een glimp te laten zien van wat er zich op het moleculair niveau afspeelt in de cel.



Figuur 2: Het opkweken van klompjes met ongedifferentieerde appelcellen (rechts) uit bladeren van appelzaailingen (Links).

Dit werk werd mogelijk gemaakt dankzij het Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek Vlaanderen (FWO)

Postharvest research in a genomic era
To satisfy consumer demands for year-round supply of high quality apple fruit, postharvest low oxygen storage techniques are employed. Storing the fruit in these altered atmospheres for prolonged periods of time also alters the natural course of the fruit's life and in some cases have detrimental effects on the fruit. Using model plants the molecular background of a so called low oxygen sensor has been identified. This project focusses on establishing knowledge on a similar control mechanism in apple fruit enabling the fruit to adapt itself to low oxygen stress conditions incurred during postharvest storage.

Fruitweefselmodel voor sappigere peren

Wanneer fruit water verliest tijdens lange bewaring heeft dit negatieve gevolgen voor de fruittextuur en vorm. De mechanismen achter dit waterverlies zijn nog niet helemaal begrepen. Bovendien zijn monitoring en controle van textuur en waterverlies tijdens bewaring vandaag nog moeilijk. In dit onderzoek wordt een fruitweefselmodel ontwikkeld, dat ons in staat stelt om watertransport en mechanische vervorming van fruit te simuleren op een cellulaire schaal. Met het model onderzoeken we hoe waterverlies en textuurveranderingen beïnvloed worden door de weefselstructuur en cel-eigenschappen. Bovendien kan het model gebruikt worden om het effect van bewaarcondities op waterverlies en textuur te simuleren en op deze manier beter te voorspellen.

WATERVERLIES BIJ DE BEWARING VAN PEREN

Een typische verse appel of peer bestaat voor zo'n 80% tot 90% uit water. Een belangrijke taak bij de langdurige bewaring van fruit bestaat er dan ook in om verlies van deze belangrijke waterfractie te vermijden. Naast het pure gewichtsverlies, heeft waterverlies namelijk ook een grote impact op de kwaliteit van het fruit na de bewaring.
Om dit beter te begrijpen moeten we kijken naar kleinere schalen. Op een microscopisch niveau zijn peren, net zoals andere groenten en fruit, opgebouwd uit een groot aantal cellen. Deze cellen staan onder druk, de zogenaamde turgordruk, en kleven aan elkaar via de zogenaamde middenlamel. Dit is een laag die fungeert als een soort lijm, die ervoor zorgt dat een stevig geheel gevormd wordt. Het samenspel van deze turgordruk en adhesie bepaalt in belangrijke mate de textuur van het fruit. Bij hoge druk en adhesie zullen cellen barsten als je er in bijt, wat zorgt voor een knapperige en sappige textuur. Wanneer, door waterverlies en rijping, de druk en adhesie in en tussen de cellen afneemt, zullen de cellen niet barsten, als je er in bijt. Ze worden uit elkaar geduwd, wat zorgt voor een onaangename melige textuur.

SLAPPE NEKKEN BIJ PEER

Peren zijn door hun smalle nek erg gevoelig voor uitdroging. Al snel ontstaan 'slappe' nekken. Bovendien kan meer extreme uitdroging leiden tot 'verschrompeling', waardoor de visuele aantrekkelijkheid drastisch vermindert. Om deze reden moeten peren bij een zeer hoge luchtvochtigheid bewaard worden. De lucht wordt verzadigd met water om verdamping tot een minimum te beperken. Door condensatie tijdens het koelproces zal er echter altijd een kleine hoeveelheid water onttrokken worden aan het fruit.

FRUITMODEL: EXTRA INFO BIJ RASSENONDERZOEK

Een wiskundig fruitmodel kan indirect een grote rol spelen in het minimaliseren van water- en kwaliteitsverlies. Ten eerste is de fysiologie van uitdroging en textuurveranderingen in fruit momenteel nog onvoldoende begrepen. Met een wiskundig model onderzoeken we welke eigenschappen belangrijk zijn. Zo kunnen we gericht op zoek gaan naar nieuwe variëteiten die minder gevoelig zijn voor waterverlies of een betere textuur hebben na bewaring. Bovendien laat een wiskundig model ook toe om het effect van nieuwe bewaarmethoden te testen of optimaliseren zonder hiervoor de dure bewaarinfrastructuur te moeten bouwen.

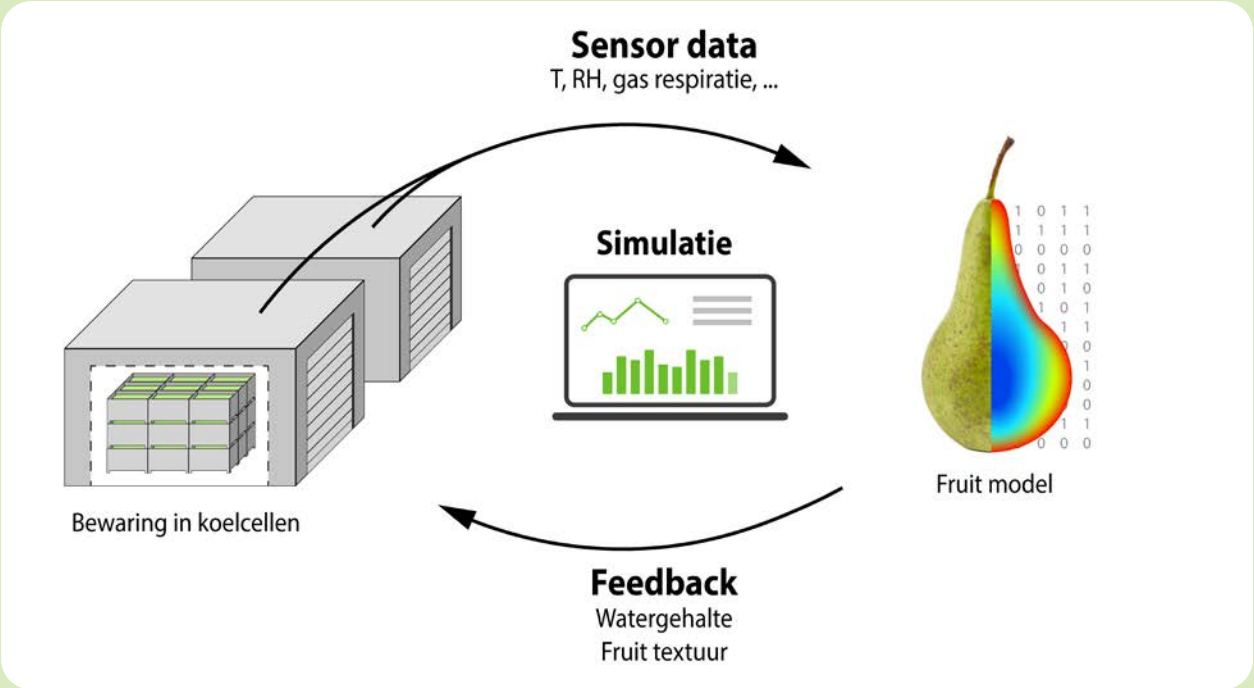
FRUITMODEL: FEEDBACK VAN VRUCHTKWALITEIT IN ULO

Ten tweede is er het probleem van monitoring en controle. In veel koelruimtes worden vandaag omgevingscondities zoals temperatuur en luchtvochtigheid eenvoudig en goedkoop gemeten. Het opvolgen van het watergehalte en de textuur van fruit tijdens de bewaring is echter moeilijk. Meetmethoden hiervoor zijn destructief en gebeuren manueel en steekproefsgewijs. Bovendien zijn koelcellen voor bewaring onder gecontroleerde atmosfeer volledig afgesloten gedurende de hele bewaarperiode. Als gevolg hiervan weet men pas echt hoe het fruit er aan toe is wanneer het de koelruimte verlaat en het dus te laat is. Een model is hier een soort 'missing link', die in staat stelt om de respons van het fruit op de gemeten bewaarcondities te simuleren. Hierdoor verkrijgt men op elk moment nuttige feedback over hoe het met het watergehalte en de textuur van het fruit is gesteld en kan meteen worden bijgestuurd waar nodig (Figuur 1).

3D-MODEL VAN WATERTRANSPORT EN MECHANICA VAN FRUITWEEFSEL

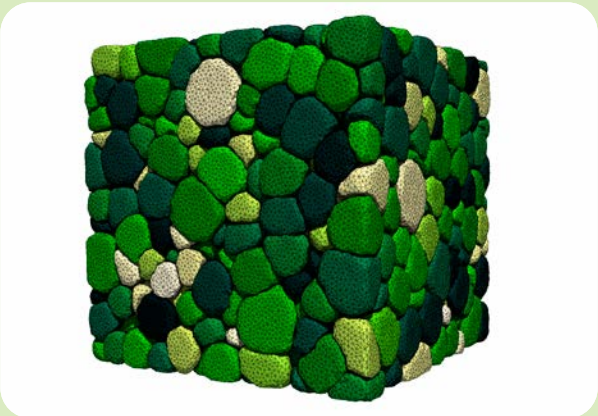
De grote uitdaging bij het modelleren van watertransport in fruitweefsel is dat watertransport onlosmakelijk gekoppeld is met de mechanische vervorming van het fruitweefsel via de turgordruk. Dit maakt het probleem complexer, omdat de watertransportvergelijkingen hierdoor moeten opgelost worden voor een steeds veranderende geometrie.
Om de mechanische vervorming te simuleren in 3D, werd een discrete elementen model (DEM) ontwikkeld (Figuur 2). Hierbij wordt elke plantencel vereenvoudigd tot een bolvormige schil onder druk, te vergelijken met een ballon. De bol bestaat op zijn beurt uit een groot aantal punten of nodes. Dit zijn de 'discrete elementen'.

Om de mechanische eigenschappen van de celwand – een vezelige cellaag die zorgt voor de stevigheid en structuur



Figuur 1: Overzicht hoe het wiskundig model van peer in de praktijk kan gebruikt worden.

van plantcellen – na te bootsen, zijn de nodes met elkaar verbonden door middel van kleine (wiskundige) veertjes. Deze vormen een soort mesh of netstructuur die net zoals de celwand uitgerekt kan worden. Naast kracht van de veertjes ondervinden de nodes nog vier andere krachten, waaronder



Figuur 2: Discrete elementen model (DEM) van fruitweefsel.

een drukkracht (door de turgordruk), een adhesiekracht (door de middenlamel), en viskeuze en wrijvingskrachten. Het DEM werkt door op elk moment de verschillende krachten op elk van de nodes samen te tellen. De resulterende kracht op elke node zorgt ervoor dat de nodes gaan bewegen. Het geheel van nieuwe posities van alle nodes, bepaalt de nieuwe weefselgeometrie.

TOEPASSINGSMOGELIJKHEDEN

Met dit model kunnen we verschillende fruitweefsels in verschillende stadia van uitdroging en rijping simuleren. Door virtuele compressietesten uit te voeren kunnen we rechtstreeks het effect hiervan op de fruittextuur inschatten. Bovendien kunnen we uit dit model macroschaal eigenschappen zoals effectieve waterpermeabiliteit, stijfheid en vervorming afleiden. Hierbij kan opnieuw het onderscheid gemaakt worden tussen eigenschappen van verschillende weefsels bij verschillende graden van uitdroging. Dit zal in de toekomst toelaten om de macroschaal modellen van uitdroging en vervorming van volledige peren te verbeteren.

Dit werk werd gefinancierd door het Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek Vlaanderen (FWO)

Fruit tissue model for more juicy pears
Water loss of fruits during long term storage has a negative impact on fruit texture as well as fruit shape. The mechanisms that cause this water loss are yet to be fully understood and monitoring and control of texture and water loss during storage remains problematic. In this research we develop a fruit tissue model that allows to simulate water transport and mechanical deformation on a cellular scale. We can then use this model to investigate how the fruit microstructure and cellular properties affect water loss and texture changes. Furthermore, the model can be used to simulate the effect of storage conditions on water loss and texture, this way creating a better monitoring tool.

Uitbreiding van RQ-DCA-bewaring naar diverse peercultivars

Tijdens dynamisch gecontroleerde atmosfeer bewaring op basis van respiratiequotiënt (RQ-DCA-bewaring) van peer worden de gassen dynamisch geregeld. Op deze manier wordt de concentratie aan zuurstof zo optimaal mogelijk gehouden. Verschillende peercultivars kunnen echter sterk verschillen qua geometrie, microstructuur of ademhaling, wat gevolgen kan hebben voor de regeling van het RQ-DCA-systeem. De RQ-waarde die in de vrije luchtstroom in de koelcel gemeten wordt, moet namelijk representatief zijn voor wat binnenin de vruchten gebeurt, en moet tijdig aangeven wanneer de peer in ademnood komt. Met computermodellen kan het effect van verschillen tussen cultivars op gastransport, en bijgevolg de RQ-waarde, nagegaan worden.

OPTIMALE KRITISCHE RQ-WAARDE

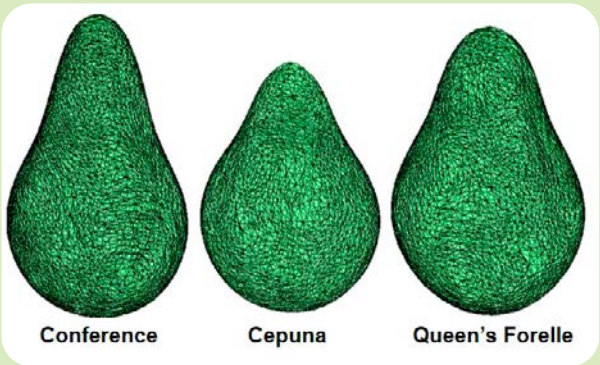
Het respiratiequotiënt (RQ) is de verhouding van de CO_2-productiesnelheid op de O_2–consumptiesnelheid. Zolang de gemeten RQ kleiner is dan een vooraf gedefinieerde kritische RQ, zal men de zuurstof in de koelcel laten dalen.

De computermodellen kunnen nu het effect van de gemeten rasverschillen zoals, b.v. geometrie, op de RQ-waarde kwantificeren.

Tijdens RQ-DCA bewaring is het echter van groot belang om de minimale zuurstofconcentratie binnenin de peren niet onder een kritische waarde te laten zakken. Deze kritische zuurstofconcentratie wordt gedefinieerd als de concentratie waarbij fermentatie de normale respiratie gaat domineren. Bij lagere concentraties is het zeer waarschijnlijk dat kwaliteitsvermindering en defecten optreden, zoals smaakafwijking en bruinkleuring van het vruchtvlees. Door de dichte structuur van peer, kunnen de gascondities binnenin de vrucht sterk verschillen van de concentraties in de lucht eromheen. Voor een zo optimaal mogelijke werking van het DCA-systeem is inzicht nodig in de relatie tussen de RQ die gemeten wordt in de lucht en de RQ binnenin de vrucht, in functie van verschillende vrucht-specifieke karakteristieken. Op deze manier kan voor elke cultivar een optimale kritische RQ bepaald worden, zodat de zuurstof tijdig verhoogd wordt en de kwaliteit van de peren maximaal behouden blijft.

VERSCHILLEN TUSSEN CULTIVARS

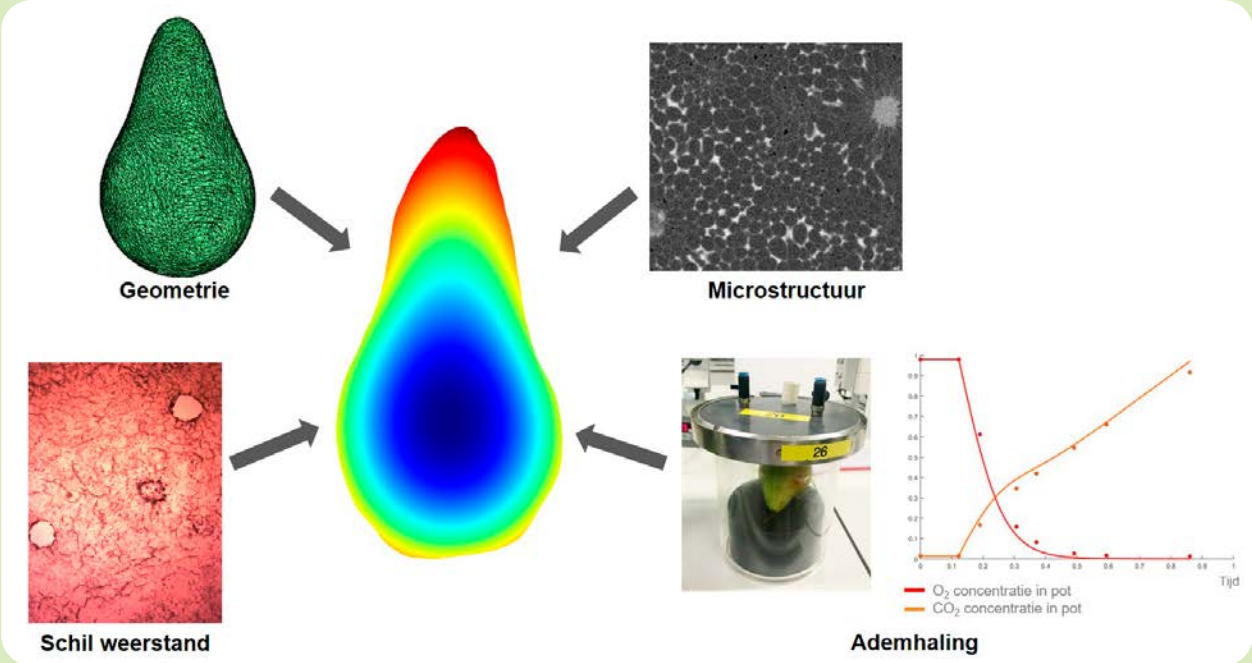
Naast 'Conference' richt dit onderzoek zich ook op 'Cepuna' en 'Queen's Forelle'. De vier vrucht-specifieke parameters die invloed hebben op het gastransport binnenin de peer zijn geometrie (grootte + vorm), microstructuur van het vruchtvlees, schilweerstand en ademhalingskarakteristiek. Om de geometrie op te meten, werden beelden gemaakt van 50 peren per cultivar in de CT-scanner in Gasthuisberg. Aan de hand van deze beelden, konden vormmodellen opgesteld worden, waarin rekening gehouden werd met de biologische variabiliteit. In vergelijking met 'Conference', is 'Cepuna' gemiddeld genomen kleiner en ronder van vorm, terwijl 'Queen's Forelle' gekenmerkt wordt door een bredere nek (Figuur 1). De microstructuur, een complex netwerk van poriën en cellen, werd gevisualiseerd door middel van hoge resolutie X-stralen CT. Ook hier tonen de eerste resultaten enkele verschillen aan. Het vruchtvlees van 'Queen's Forelle' blijkt een lagere porositeit te hebben (4% in vergelijking met 6% ('Cepuna') en 7% ('Conference')), en bovendien lijken de poriën ook minder geconnecteerd te zijn. Omdat gastransport voornamelijk doorheen de poriën plaatsvindt, zal deze dichtere structuur de snelheid van transport en bijgevolg de RQ-waarde mogelijk sterk beïnvloeden. De weerstand van de schil wordt op zijn beurt grotendeels bepaald door de hoeveelheid lenticellen, aangezien deze structuren de gasuitwisseling met de omgeving bevorderen. 'Queen's Forelle' bevat significant kleinere lenticellen, maar doordat deze ook veelvuldiger aanwezig zijn, is het verschil in de verhouding lenticel-oppervlakte t.o.v. totale schil-oppervlakte eerder beperkt: 1.3%, 1.8% en 2.4% voor 'Queen's Forelle', 'Cepuna' en 'Conference', respectief. Tot slot werden ademhalingsproeven bij lage zuurstofconcentraties uitgevoerd om de ademhalingskarakteristiek per cultivar te bepalen.



De gemiddelde geometrie voor de peer cultivars 'Conference', 'Cepuna' en 'Queen's Forelle'.

COMPUTERSIMULATIES VOOR GASTRANSPORT

Zowel tussen verschillende cultivars als binnenin eenzelfde cultivar werd variatie waargenomen. De vraag is nu hoe sterk deze verschillen de RQ-waarde gaan beïnvloeden. Dit effect kan grondig nagegaan worden aan de hand van computersimulaties, waarin het gastransport binnenin een peer onder RQ-DCA condities berekend wordt, en waarin de verschillende parameters in rekening worden gebracht (Figuur 2). Deze computermodellen werden opgesteld en kunnen nu ingezet worden om het effect van de geobserveerde verschillen (qua geometrie, microstructuur, schil weerstand en ademhaling) op de RQ-waarde te kwantificeren. Op deze manier kan er meer inzicht verworven worden in de relatie tussen de gemeten RQ buiten de peer en de RQ binnenin de peer. Hierdoor kan de meest optimale kritische RQ-waarde voor iedere cultivar bepaald worden, zodat de implementatie van RQ-DCA in de praktijk verder geoptimaliseerd kan worden.



Figuur 2: Aan de hand van numerieke simulaties kan het gastransport in een peer onder RQ-DCA condities berekend worden. De opgemeten cultivar-specifieke parameters (geometrie, microstructuur, schil weerstand, en ademhaling) worden in het model in rekening gebracht. Geometrie: vormmodel van het oppervlak van een peer; Microstructuur: grijswaarde-beeld bekomen door X-stralen CT, waarin de cellen en poriën zichtbaar zijn; Schil weerstand: foto van het buitenste laagje van de schil bekeken door een lichtmicroscoop. De openingen die zichtbaar zijn, zijn de lenticellen; Ademhaling: om de ademhalingskarakteristiek te bepalen werden ademhalingsproeven uitgevoerd waarbij de gasconcentraties in een luchtdichte pot opgevolgd werden.

Dit onderzoek werd gefinancierd door het Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek Vlaanderen (FWO)

RQ-DCA storage: extension towards different pear cultivars
During respiratory quotient based dynamic controlled atmosphere storage (RQ-DCA storage) of pear, the gasses are dynamically controlled. Hereby, the oxygen concentration is kept on an optimal level. However, different pear cultivars can show differences with regards to geometry, microstructure and respiration, which can impact the control of the RQ-DCA system. The RQ-value, which is measured in the free airstream in the cool room, has to be representative for what is happening inside the fruit, and has to indicate low-oxygen stress fair on time. The effect of the differences between cultivars on gas transport can be easily investigated with computer simulations.

Een drie-dimensionele kijk in tomaten tijdens hun ontwikkeling en rijping met MRI

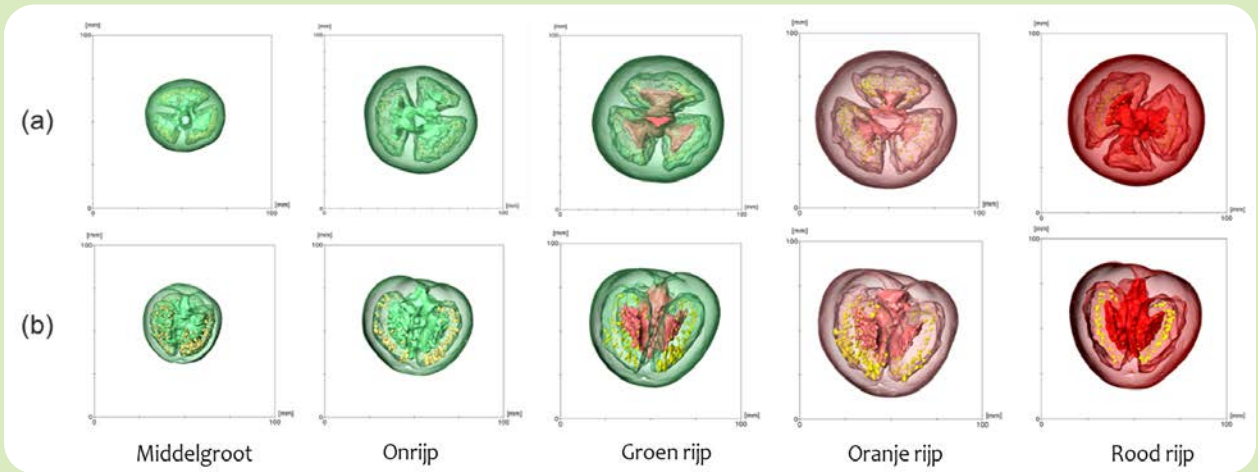
Het ontwikkelings- en rijpingsproces van tomaat omvat genetische en fysiologische processen die de vorming, expansie en structurele veranderingen van het vruchtweefsel veroorzaken. Tegelijk heeft die structuur invloed op de rijping en kwaliteit, aangezien gassen zoals zuurstof, koolstofdioxide en ethyleen doorheen de vruchtweefsels moeten kunnen worden getransporteerd. Een beter inzicht in die structuur zal dus bijdragen tot een beter begrip van de vruchtkwaliteit. In tegenstelling tot andere grotere fruitsoorten, zoals appel en peer, is de tomatenvrucht botanisch gezien een bes die bestaat uit zaden in een vlezige vruchtwand, die is ontwikkeld uit het vruchtbeginsel van een bloem. De vruchtwand kan dan worden onderverdeeld in buitenste vruchtwand, de septa (tussen de locules), de placenta (links naar zaden) en de columella (in het midden). Om licht te werpen op hoe de verschillende weefsels zich ontwikkelen, hebben we een niet-destructieve beeldvormingsmethode toegepast, magnetische resonantie beeldvorming (MRI) genaamd. MRI maakt 3D-beelden van de interne structuur van de vrucht, gebaseerd op verschillen in watergehalte en waterbindende eigenschappen van de verschillende weefsels.

MAGNETISCHE RESONANTIE BEELDVORMING (MRI) VAN TOMATEN

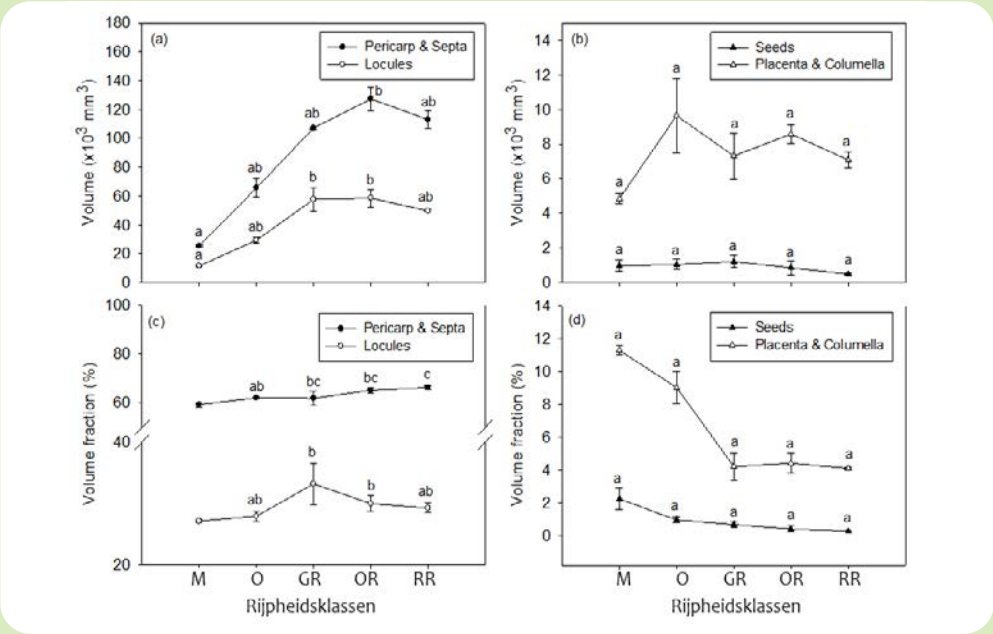
'Merlice'-tomaten uit elk ontwikkelingstadium werden geplukt uit de serre van Proefcentrum Hoogstraten in Hoogstraten, België, op 25, 39, 53, 67 en 74 dagen na bloemzetting, tussen 5 juni tot 17 augustus 2020. Om de vergelijking met eerdere studies mogelijk te maken, werden de ontwikkelings- en rijpingsstadia van elk tomatenmonster genoteerd in termen van grootte, gewicht en oppervlaktekleur van elk monster, wat resulteerde in de volgende karakterisering van de verschillende stadia: middelgrote vruchten (25 d), onrijp (39 d), groen rijp (53 d), oranje rijp (67 d) en rood rijp (74 d). Alle tomaten werden binnen twee dagen na de oogst gebruikt voor de experimenten.

Drie intacte tomaten uit elk stadium werden afzonderlijk gescand met een Ingenia 1.5T MRI-scanner (Koninklijke Philips NV, Amsterdam, Nederland) met een 3D turbo spin-echo

Figuur 1: Foto's van de tomaten in verschillende stadia



Figuur 2: Boven- (a) en zijaanzicht (b) van de MRI beelden van de tomaten



Figuur 3: Weefselvolume (a en b) en volumefractie (c en d) tijdens ontwikkeling en rijping van tomaten. Verschillende kleine letters geven significante verschillen aan tussen stadia voor elke parameter op een significantieniveau van 5%. Verticale balken tonen de standaardafwijking van de gemiddelde waardes. M, middelgroot; O, onrijp; GR, groen rijp; OR, oranje rijp; RR, rood rijp.

scanmodus, waarbij de volgende parameters werden toegepast: een echotijd (TE) van 120 ms, een herhalingstijd (TR) van 2800 ms en een voxelgrootte van 0,5 mm x 0,5 mm x 0,5 mm. Met deze instellingen heeft een enkele scan 5 minuten en 50 seconden nodig om te voltooien.
De MRI-beelden werden geïmporteerd in de beeldverwerkingssoftware Avizo 2019 (Thermo Fisher Scientific, Waltham, VS). Daarmee konden de columella, placenta en zaden van de pericarp worden onderscheiden en werden de locules handmatig uit de afbeeldingen geselecteerd met behulp van een interpolatie-algoritme. Het geheel werd in 3D gevisualiseerd. De morfologische parameters van elke tomaat en elk gesegmenteerd weefsel werden daarna geanalyseerd.

INTERNE STRUCTUUR VAN DE TOMATEN TIJDENS HET RIJPEN

De boven- en zijaanzichten van de interne structuur van elke tomaat uit verschillende ontwikkelings- en rijpingsstadia worden getoond in Figuur 2. De verschillende weefsels zijn hierop duidelijk zichtbaar. Vruchten nemen in volume toe tijdens de groei tot het groen rijp stadium. Meer detail over de volumeveranderingen van de verschillende weefsels zien we in Figuur 3. Zowel de buitenste weefsels als de locules verdrievoudigden in volume van middelgroot tot onrijp groen, daarna zien we een verdubbeling van onrijp tot groen rijp. Naderhand, tijdens het kleuren, zijn de volumeveranderingen voor beide weefsels klein. Vergeleken met de buitenste weefsels neemt het volume van placenta en columella eerder onbeduidend toe met de vruchtgrootte. Het volume van deze weefsels lijkt lichtjes af te nemen van onrijp tot groen rijp, wat kan worden verklaard door het feit dat zich in dit stadium gelachtig materiaal heeft gevormd rond de zaden (wat zichtbaar is in de toename van de locules), en dit materiaal is afgeleid van de placenta van de vrucht. Tenslotte blijft het volume zowat constant tijdens het verder rijpen. Het volume van de zaden verandert niet significant tijdens het hele proces. In een tomaat, van middelgroot tot rijp rood, zijn vruchtwand en septa goed voor meer dan de helft van het totale volume (59,4% tot 65,2%), gevolgd door de locules die voor bijna een derde van het volume tekenen, daarna komen de binnenste weefsels en tenslotte de zaden. De volumefractie van de zaden daalde geleidelijk van, respectievelijk, 11,3% naar 4,1% en van 2,3% naar 0,3%, van middelgroot tot rood rijp, omdat het totale tomatenvolume aanzienlijk toenam.

3D COMPUTERMODELLEN

De drie-dimensionele beelden kunnen nu worden gebruikt om inzicht te krijgen in de veranderende ademhaling en de ethyleensynthese tijdens de rijping. Daarvoor bouwen we nu wiskundige modellen die toelaten om op basis van de beelden de 3D-verdeling van de ademhalingsgassen en ethyleen in de vrucht te berekenen. Zo krijgen we een beter beeld van hoe de rijping verloopt en de kwaliteit van de vrucht gaat verlopen.

Dit onderzoek werd gefinancierd door een beurs vanwege het China Scholarship Council (grant number 201806850087).

3D images of the internal structure of tomato based on MRI
The development and ripening process of tomato is the consequence of genetic and physiological processes that cause the formation, expansion and structural changes of the fruit tissue. At the same time, this structure influences ripening and quality, because specific gases such as oxygen, carbon dioxide and ethylene must be able to be transported through the fruit tissues. A better understanding of the structure will thus contribute to a better understanding of the fruit quality. Botanically speaking, unlike other bulky fruits such as apple and pear, the tomato fruit is a berry made up of seeds in a fleshy pericarp developed from the ovary of a flower. The pericarp can then be divided into an outer pericarp, the septa (between the locules), the placenta (linking to the seeds) and the columella (in the middle). To shed light on how the different tissues develop, we applied a non-destructive imaging method called magnetic resonance imaging (MRI). MRI creates 3D images of the internal structure of the fruit, based on differences in water content and water binding properties of the different tissues.

Informatieverspreiding

CONFERENTIEBIJDRAGEN

- Hui Xiao, Pieter Verboven, Agnese Piovesan, Bayu Nugraha, Bart M. Nicolaï (2020) Contrast-enhanced X-ray micro-tomography of tomato fruit tissues for microscale gas transport simulation. Presented at the Interpore 2020, 12th annual meeting, Qingdao, China.
- Piovesan, A., Dequeker, B., Dochy, R., Parra Cabrera, C., Achille, C., Ameloot, R., Verboven, P., Nicolai, B. (2020) Multiscale modelling and computational design of fluid flow and mass transport in 3d printed lab-on-chips. Presented at the MicroTAS 2020, Palm Spring.
- Piovesan, A., Van De Looverbosch, T., Verboven, P., Achille, C., Parra Cabrera, C., Boller, E., Cheng, Y., Ameloot, R., Nicolai, B. (2020) Dynamic synchrotron microtomography and pore-network modelling for direct in-situ capillary flow observation in 3D printed lab-on-chips. Presented at the Interpore 2020, 12th annual meeting, Qingdao, China.
- Terzoudis, K., Kusma, R., Hertog, M., Nicolai, B. (2020, November 10-12). Low oxygen stress effect on the metabolism of pear fruit (Pyrus communis `Conference´). Postharvest 2020 webinar series, New Zealand.
- Van De Looverbosch, T., Raeymaekers E., Verboven P., Sijbers J., Nicolai B. (2020). Non-Destructive Identification and Quantification of Internal Disorder in of Conference Pears Using X-Ray CT Imaging and Deep Learning. Presented at the Postharvest 2020 Webinar Series, New Zealand, 10 Nov 2020-12 Nov 2020.

VOORDRACHTEN

- Electrical conductivity reveals fruit size potential for 'Conference' pear in the Hageland region. Voor Geophysics and agriculture: the perfect match? op 31/01/2020
- Dry matter as a tool to predict quality and storage of Qtee. Voor Qtee telers Fruit Logistica op 6/02/2020
- Cepuna research results 2019-2020. Voor European Fruit Cooperation (Skype meeting) op 14/05/2020
- Harvista research results 2019-2020 part 1. Voor Agrofresh op 27/05/2020
- Harvista research results 2019-2020 part 2. Voor Agrofresh op 28/05/2020
- Experiences with CH201 pear storage in Belgium. Voor international group storage CH201 op 29/07/2020
- Plukdata en tips bij de inzet (via jitsy). Voor TAG fruit nederlandstalige telers Belorta op 11/08/2020
- Dates de cueillette et conseils de conservation (via jitsy). Voor TAG fruit producteurs francophones Belorta op 11/08/2020
- Plukdata en tips bij de inzet (via ingesproken presentatie). Voor hardfruittelers BFV op 13/08/2020
- Resultaten demoproject 1-MCP Conference (via webinar). Voor opendag telers pcfruit op 14/08/2020
- Najaarslezing: Van wetenschappelijke inzichten tot applicatie voor het bewaren van tuinbouwproducten. Voor Provincie Vlaams Brabant op 19/09/2020
- Setting the scene: probleemschets bij export van fruit. Voor VIL workshop DCA in transport op 13/10/2020
- Hardheid en opgelostestofgehalte maat voor rijpheid pompoen bij oogst? Voor webinar VCBT groenten op 3/12/2020
- Gevoeligheid van witloofkroppen voor ethyleen. Voor webinar VCBT groenten op 3/12/2020
- Bewaring van witloofwortels: invloed van zakken en hogere CO2. Voor webinar VCBT groenten op 3/12/2020
- Innovatieve bewaring voor spitskool. Voor webinar VCBT groenten op 3/12/2020
- #focusonquality #ISO 17025 of hoe VCBT kwaliteitsvol onderzoek garandeert. Voor webinar VCBT groenten op 3/12/2020
- Segmentatie tomaat: Bewaring en kwaliteit van de nieuwste rassen. Voor webinar VCBT groenten op 3/12/2020
- Segmentatie paprika: Bewaring en kwaliteit van de nieuwste rassen. Voor webinar VCBT groenten op 3/12/2020
- Oogstsynchronisatie van appel en peer. Voor webinar VCBT pitfruit op 9/12/2020
- Voorspelling van het optimale pluktijdstip met nabij-infraroodspectroscopie. De techniek in een notendop. Voor webinar VCBT pitfruit op 9/12/2020
- Een draagbare meter voor de bepaling van het pluktijdstip van appel en peer in de boomgaard. Voor webinar VCBT pitfruit op 9/12/2020
- #focusonquality #ISO 17025 of hoe VCBT kwaliteitsvol onderzoek garandeert. Voor webinar VCBT pitfruit op 9/12/2020
- Ervaringen uit de praktijk met nieuwe bewaarmethoden: DCA – QCAP. Voor webinar VCBT pitfruit op 9/12/2020
- Invloed ULO, DCA en smartfresh op aroma/smaak. Voor webinar VCBT pitfruit op 9/12/2020
- DCA bewaring van Jonagold: praktijkervaringen. Voor werkgroep pitfruit op 18/11/2020

WORKSHOPS

- Webinar over DCA bij peer op 24/09/2020
- VIL Workshop DCA in transport op 13/10/2020
- Webinar bewaring groenten op 3/12/2020
- Webinar bewaring fruit op 9/12/2020

PUBLICATIES

Publicaties in de vakpers

- Locus E, Schenk A., 2020. Opgelostestofgehalte: maat voor bewaarkwaliteit pompoen tijdens bewaarproces? Proeftuinnieuws 14:38-39
- Janssens, M., Verlinden, B., 2020. Gecontroleerde atmosfeer verlengt bewaarduur spitskool. Proeftuinnieuws 13: 12-13
- Schenk A, De Vis, F., 2020. Plantmateriaal bramen en frambozen optimaal bewaren. Boer en Tuinder 51-52:56-58
- Schenk A, Verboven P, Verlinden B, Bessemans N. , 2020. Succesvolle DCA-bewaring van Conference / Succesful DCA storage of Conference European Fruit Magazine 12:12-14
- Schenk A, Vanhees D. 2020. Kleurbepaling paprika's kan vanaf nu met een hele kist tegelijk Proeftuinnieuws 17:20-21
- Schenk A, Bobelyn E., 2020. Alweer een vroege pluk Fruit 14-15:8-9
- Schenk A, Verboven P, Van Puyenbroeck E, Deblieck L, Van Belleghem R, Vandenberghe R., 2020. Warmwaterbad tegen bewaarrot. Fruit 14-15:10-11
- Schenk A, Locus E., 2020. Haal het beste uit je plantmateriaal braam of framboos. Fruit 12:8-10
- Schenk A, Cluyts H, Swinnen M., 2020. Koeling op de eerste plaats voor behoud witloofkwaliteit. Proeftuinnieuws 10:16-17
- Schenk A, Locus E., 2020. Bramen niet te koud bewaren kan rode vruchtkorrels beperken Fruit 10:8-9
- Schenk A. , 2020. Lekker Conference op elk bewaarmoment Fruit 22-23 22
- Schenk A, Verboven P, Ampe M, Raeymaekers E, Willekens W, Wouters A. , 2020. Vorstbestrijding met paraffinepotten. Niet te zuinig… Fruit 7:4-5
- Schenk A, Locus E. , 2020. Aardbeien snel koud zetten garandeert beste kwaliteit Proeftuinnieuws 7:24-25
- Schenk A, Locus E. , 2020. ULO voor aardbeiplanten: nuttig of risicovol? Proeftuinnieuws 7:26-27
- Schenk A. , 2020. Drogestofgehalte als maat voor smaak Fruit 6:18-20 25
- Schenk A, Verboven P. , 2020. Hoe tomaten goed laten afrijpen? Boer en Tuinder 40-42
- Schenk, A., 2020. Plukdatabepalingen: maatwerk van VCBT binnen uw handbereik. BFVision zomer 2020: 13
- Schenk, A., Van de Looverbosch, T., Verboven, P., Nicolaï, B., 2020. AI en X-stralen getest op Conference peren. Fruit 11: 6-7
- Vanhees, D. , Leenaerts, J., Van herck L., Van Steenkiste J., 2020. Rode proefrassen kunnen productief goed mee. Proeftuinnieuws 17: 30-31
- Vanhees, D. , Leenaerts, J., Van herck L., Van Steenkiste J., 2020. Nieuwkomer 35-BY1333 combineert virusresistenties met kwaliteit. Proeftuinnieuws 17: 27-28
- Vanhees, D. , Moelants, J., Wittemans, L., Van Steenkiste J., 2020. Rassenproef losse tomaten doorteelt 2020: Weinig nieuwe rassen geselecteerd uit ruim aanbod. Proeftuinnieuws 16: 25-28
- Vanhees, D. , Moelants, J., Wittemans, L., Van Steenkiste J., 2020. Rassenproef trostomaten doorteelt 2020: Marinice en Speedax scoren zoals verwacht. Proeftuinnieuws 16: 20-23
- Vanhees, D. , Benchennouf, A., Hertog, M., Wittemans, L., Van Herck, L., Similon, L., Bosmans, L., Van Steenkiste J., Buysens, S., 2020. Naar een meer uniforme tomatenkwaliteit tijdens het volledige seizoen. Proeftuinnieuws 16: 17-19
- Vanhees, D. , Moelants, J., Wittemans, L., Van Steenkiste J., 2020. Rassenproef trostomaten belichte teelt 2019-2020: Enkele potentiële nieuwkomers. Proeftuinnieuws 14: 44-46
- Vanhees, D. , Wittemans, L., Van Steenkiste J., 2020. Rassenproef losse tomaten belichte teelt 2019-2020: Opvolging voor Rebelski dient zich aan. Proeftuinnieuws 14: 41-43
- Vanhees, D. , Verlinden, B., Moelants, J., Wittemans, L., Van Steenkiste J., 2020. Tussenstand tomatenrassen onder belichting. Proeftuinnieuws 7: 6-7

Wetenschappelijke artikels

- Bessemans, N., Verboven, P., Verlinden, B.E., Janssens, M., Hertog, M.L A T M., Nicolai, B.M. (2020). Apparent respiratory quotient observed in headspace of static respirometers underestimates cellular respiratory quotient of pear fruit. POSTHARVEST BIOLOGY AND TECHNOLOGY, 162, Art.No. ARTN 111104.
- Cantre, D., Mata, C., Verboven, P., Hertog, M.L A T M., Nicolai, B.M. (2020). 3-Dmicrostructural changes in relation to the evolution of quality during ripening of mango (Mangifera indicaL. cv. Carabao). JOURNAL OF THE SCIENCE OF FOOD AND AGRICULTURE, 100 (14), 5207-5221.
- Duan, Y., Wang, G-B., Fawole, O.A., Verboven, P., Zhang, X-R., Wu, D., Opara, U.L., Nicolai, B., Chen, K. (2020). Postharvest precooling of fruit and vegetables: A review. TRENDS IN FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY, 100, 278-291.
- Gruyters, W., Van De Looverbosch, T., Wang, Z., Janssen, S., Verboven, P., Defraeye, T., Nicolai, B. (2020). Revealing shape variability and cultivar effects on cooling of packaged fruit by combining CT-imaging with explicit CFD modelling. POSTHARVEST BIOLOGY AND TECHNOLOGY, 162.
- Ho, P.L., Tran, D.T., Hertog, M.L A T M., Nicolai, B.M. (2020). Modelling respiration rate of dragon fruit as a function of gas composition and temperature. SCIENTIA HORTICULTURAE, 263, Art. No. ARTN 109138.
- Janssen, S., Verboven, P., Nugraha, B., Wang, Z., Boone, M., Josipovic, I., Nicolai, B.M. (2020). 3D pore structure analysis of intact 'Braeburn' apples using X-ray micro-CT. POSTHARVEST BIOLOGY AND TECHNOLOGY, 159, Art.No. ARTN 111014.
- Muhamadali, H., Simoens, K., Xu, Y., Nicolai, B., Bernaerts, K., Goodacre, R. (2020). Evaluation of Sample Preparation Methods for Inter-Laboratory Metabolomics Investigation of Streptomyces lividans TK24. METABOLITES, 10 (9), Art.No. ARTN 379.
- Naets, M., Wang, Z., Verboven, P., Nicolai, B., Keulemans, W., Geeraerd, A. with Geeraerd, A. (corresp. author) (2020). Size does matter – Susceptibility of apple for gray mold is affected by cell size. PLANT PATHOLOGY, 69 (1), 60-67.

- Piovesan, A., Van De Looverbosch, T., Verboven, P., Achille, C., Cabrera, C.P., Boller, E., Cheng, Y., Ameloot, R., Nicolai, B. (2020). 4D synchrotron microtomography and pore-network modelling for directin situcapillary flow visualization in 3D printed microfluidic channels. LAB ON A CHIP, 20 (13), 2403-2411.
- Piovesan, A., Vancauwenberghe, V., Aregawi, W., Delele, M.A., Bongaers, E., de Schipper, M., van Bommel, K., Noort, M., Verboven, P., Nicolai, B. (2020). Designing Mechanical Properties of 3D Printed Cookies through Computer Aided Engineering. FOODS, 9 (12), Art.No. ARTN 1804.
- Retta, M.A., Abera, M.K., Berghuijs, H., Verboven, p., Struik, P.C., Nicolaï, B.M. (2020). JOURNAL OF EXPERIMENTAL BOTANY, 71, 997–1009.
- Van De Looverbosch, T., Bhuiyan, M.H R., Verboven, P., Dierick, M., Van Loo, D., De Beenbouwer, J., Sijbers, J., Nicolai, B. (2020). Nondestructive internal quality inspection of pear fruit by X-ray CT using machine learning. FOOD CONTROL, 113, Art.No. ARTN 107170.
- Vanoli, M., Van Beers, R., Sadar, N., Rizzolo, A., Buccheri, M., Grassi, M., Lovati, F., Nicolai, B., Aernouts, B., Watte, R., Torricelli, A., Spinelli, L., Saeys, W., Zanella, A. with Vanoli, M. (corresp. author) (2020). Time- and spatially-resolved spectroscopy to determine the bulk optical properties of 'Braeburn' apples after ripening in shelf life. POSTHARVEST BIOLOGY AND TECHNOLOGY, 168, Art.No. 111233.
- Verboven, P., Defraeye, T., Datta, A.K., Nicolai, B. (2020) Digital twins of food process operations: the next step for food process models? CURRENT OPINION IN FOOD SCIENCE,35:79–87
- Vicent, V., Ndoye, F-T., Verboven, P., Nicolai, B., Alvarez, G. (2020). Modeling ice recrystallization in frozen carrot tissue during storage under dynamic temperature conditions. JOURNAL OF FOOD ENGINEERING, 278, Art.No. ARTN 109911.
- Vloemans, D., Dal Dosso, F., Verboven, P., Nicolai, B., Lammertyn, J. with Lammertyn, J. (corresp. author) (2020). Exploiting phase change materials in tunable passive heating system for low-resource point-of-care diagnostics. Applied Thermal Engineering, 173, Art. No. 115269.
- Wang, Z., Van Beers, R., Aernouts, B., Watt´e, R., Verboven, P., Nicolaï, B., Saeys, W., (2020). Microstructure affects light scattering in apples. POSTHARVEST BIOLOGY AND TECHNOLOGY, 159, 110996

DOCTORATEN

- Janssen, S. (2020). Gas exchange in apple during controlled atmosphere storage.

**VLAAMS CENTRUM VOOR BEWARING VAN TUINBOUWPRODUCTEN VZW -
FLANDERS CENTRE OF POSTHARVEST TECHNOLOGY**

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