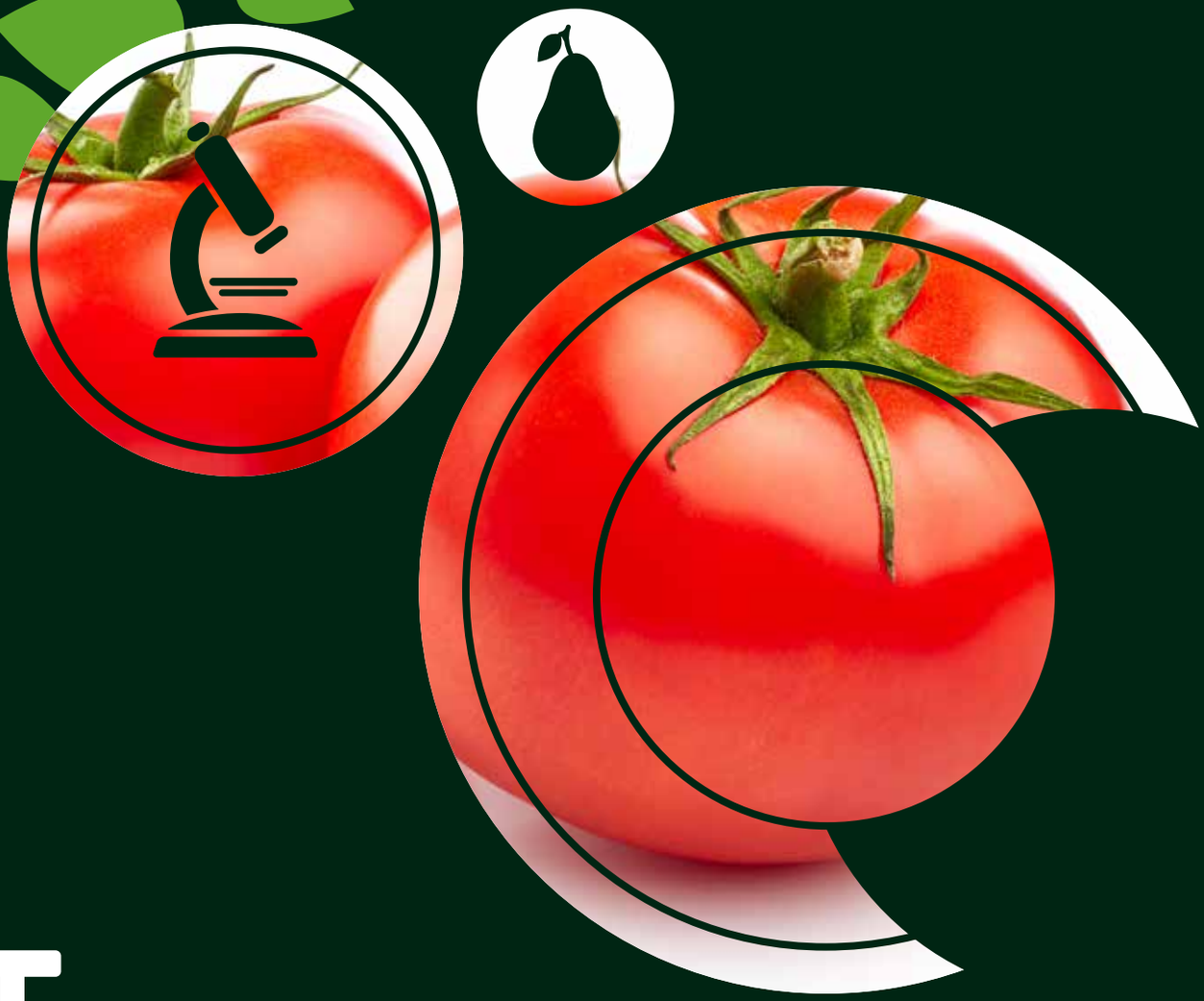
JAARVERSLAG 2021



VLAAMS CENTRUM VOOR
BEWARING VAN TUINBOUWPRODUCTEN

INHOUD

Voorwoord	4
Bestuursorganen & personeel	5
Advies rond kwaliteit en bewaring	6
Advies bewaarcondities 2021	8
Modulair beslissingssysteem voor de plukdata 2021	10
Bepaling van plukdatum in de boomgaard	12
Wering onrijp fruit	14
Bewaarcondities van nieuwe appel- & perenrassen	16
Bewaring van planten van braam & framboos	18
Praktische richtlijnen voor DCA-bewaring van hardfruit	20
DCA-bewaring van spitskool	22
Bewaring van innovatieve teelten	24
Witte kool langer bewaarbaar met 1-MCP	26
Toepassing van coatings op groenten	28
Verbeterde Hagelandse peren	30
Uniforme kwaliteit van tomaat doorheen het teeltseizoen	32
Segmentatieonderzoek tomaat	34
Kwaliteit nieuwe paprikarassen	36
Kwaliteitssystemen op VCBT	38
Sappigheid van blauwe bes	40
Lage zuurstofstress als stimulans voor productie van appelaroma	42
Kwaliteitsinspectie van Conference met X-ray en AI	44
Verandering van porositeit van tomaat tijdens rijping	46
Aangepast protocol voor RQ-DCA-bewaring per perenras?	48
Informatieverspreiding	50

VOORWOORD

Op 12 februari 2021 keurde de Vlaamse regering het BVR rond de 'Subsidiëring praktijkcentra actief in het onderzoek, de voorlichting en de ontwikkeling van de plantaardige productie' goed. Dit besluit vormt de wettelijke basis voor de financiering van het VCBT via het Samenwerkingsverband Praktijkcentra Plant en is een belangrijk element in het verzekeren van de stabiliteit van de financiële middelen van het VCBT. In dit kader hebben de praktijkcentra die lid zijn van dit samenwerkingsverband zich geëngageerd tot zowel een gezamenlijk jaarprogramma als jaarverslag. Omwille van de veelheid aan activiteiten van de praktijkcentra is het niet mogelijk om in het beperkte bestek van een jaarprogramma volledig te zijn, en bovendien is dit inhoudelijk eerder georiënteerd naar beleidsvoerders. De belangrijkste belanghebbenden van het VCBT zijn echter de tuinbouwcoöperatieven en individuele telers. Om hen een meer gedetailleerde overzicht te geven van de activiteiten van het VCBT heeft de Raad van Bestuur beslist om ook een meer traditioneel jaarverslag te voorzien over de activiteiten van het VCBT in 2021. Dit jaarverslag stellen wij hier graag voor.

Ook 2022 stond in de schaduw van de Corona-pandemie. De activiteiten van het VCBT zijn blijven doorlopen gedurende het hele jaar, ook tijdens de (gedeeltelijke) lockdowns die werden afgekondigd. Wij wensen alle medewerkers van het VCBT te danken om het hele jaar strikt de veiligheidsrichtlijnen te volgen. Mede hierdoor is er geen uitval geweest bij het personeel en zijn er geen noemenswaardige vertragingen geweest bij het opleveren van de onderzoeksresultaten. De digitaliseringsgolf die in het zog van de pandemie was gestart, zette zich verder en telewerk zal ook in de toekomst een plaats hebben in het VCBT. Een meevaller waren de relancemiddelen die de overheid in de sector pompte om het praktijkonderzoek rond tuinbouw een duwtje in de rug te geven en waarvan het VCBT een graantje mocht meepikken.

De Corona-pandemie had ook een grote invloed op workshops en conferenties die omwille van de covid-richtlijnen ofwel geannuleerd werden ofwel online moesten doorgaan.

Dit was ook het geval voor CAMA 2021 – de XIII international Conference on Controlled and Modified Atmosphere – die oorspronkelijk in mei 2020 door het VCBT en KU Leuven in Leuven zou georganiseerd worden en uitgesteld was tot 16-18 augustus 2021. Toen het in april 2021 duidelijk werd dat de pandemie nog niet over zou zijn in de zomer werd de moeilijke beslissing genomen om deze conferentie online te organiseren. Dit was een uitdaging voor de medewerkers van het VCBT en de Naoogstgroep van de KU Leuven die het organiserend comité van deze conferentie vormden, maar uiteindelijk werd CAMA 2021 een groot succes met 176 aanwezigen uit 34 landen.

Een belangrijke gebeurtenis was de oprichting van de spin-off Optiflux nv door de KU Leuven, het VCBT en het VBT, met financiële inbreng van Belorta, BFV, het Gemma Frisiusfonds en de LRM. De doelstelling van dit bedrijf is om onderzoek van het VCBT en de Naoogstgroep van KU Leuven rond geavanceerde bewaartechnieken en business intelligence te valoriseren ten voordele van de sector. Wij wensen dit bedrijf een goede vaart.

In 2021 werden de ISO-17025- en GEP-accreditaties van het VCBT bestendigd. Deze kwaliteitssystemen zijn zeer belangrijk voor het VCBT vermits zij zowel een hoge kwaliteit van het onderzoek garanderen maar op langere termijn voor kostenbesparing zorgen omdat goede beslissingen slechts mogelijk zijn op basis van betrouwbare meetresultaten. Zij zijn ook belangrijk als instrument om het personeel te motiveren en zorgen voor internationale uitstraling.

Het VCBT dankt het Departement Landbouw en Visserij, het Vlaams Landbouwinvesteringsfonds, het Agentschap Innoveren & Ondernemen, de Europese Commissie, het FWO, de 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

- S. Kint
- M. De Moor

DIRECTEUR & WETENSCHAPPELIJK COÖRDINATOR

- B. Nicolaï

BESTUURSCOMITÉ

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

STUURGROEPEN

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

PERSONEEL

Personeel VCBT v.z.w.

- 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

- T. Andargie
- A. Benchennouf
- C. Cardinez
- A. Castro
- I. Cenens
- T. Defraeye
- E. Dekempeneer
- B. Dequeker
- A. Dizon
- J. He
- M. Hertog
- X. Hui
- S. Karimi
- P. Le Ho
- M.V.T. Nguyen
- M. Pieters
- L. Pols
- S. Pols
- J. Salagovic
- A. Tempelaere
- K. Terzoudis
- A. Ty
- H. Vancauteren
- T. Vanempten
- L. Van Doorselaer
- P. Verboven
- U. Verma
- C. Verreydt
- Y. Zhao

ADVIES ROND KWALITEIT EN 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.

ADVIES IS DYNAMISCH: ELK SEIZOEN STELT ZIJN EIGEN PROBLEMEN

TROUBLESHOOTING EN LANGE TERMIJN OPLOSSINGEN

Telers en bedrijven met een vraag willen snel antwoord. Hiervoor zoeken we praktische oplossingen op korte termijn. Maar een echt groot probleem is dikwijls niet 1-2-3 op te lossen en vraagt een strategische, lees een projectmatige, aanpak. Dan starten we een meerjarig project op, meestal met collega partners uit andere disciplines. Energiebesparing, DCA (dynamisch gecontroleerde atmosfeer), de toepassing van 1-MCP (1-methylcyclopropeen) op Conference, omschakeling koelmiddelen, bewaarafwijkingen, bedrijfshygiëne en smaak waren speerpunten in 2021.

NIEUWS OVER PROJECTEN

VCBT participeert in verschillende nationale en internationale projecten. Daarover brengen we regelmatig nieuws. Resultaten en informatie over evenementen van regionale, nationale en Europese projecten bereiken via onze nieuwsbrieven en artikels ons doelpubliek. De adviesdienst brengt de sector ook bij elkaar om over een nieuw project te brainstormen of op excursie te gaan.

Figuur 1: VCBT zorgde voor Nederlandse versie van Frudistor app

MEET US ON SOCIAL MEDIA!

Sinds de corona-uitbraak is digitale communicatie niet meer weg te denken. VCBT heeft een Facebook en Twitter-kanaal waar wekelijk berichten verschijnen. Facebook richt zich naar het brede publiek, twitter richt zich meer naar de tuinbouwsector.

TECHNISCHE ONDERSTEUNING

VCBT geeft technische ondersteuning op verschillende fronten. We helpen telers bij de juiste afstelling van hun oogst- of sorteermachines, waardoor schade beperkt. Of we helpen je met advies bij de bouw of renovatie van koelcellen. Bij bestaande koelcellen kan je bij ons terecht voor advies omtrent aanpassingen van je koelcel of over energiebesparingen. Start je met een nieuwe technologie als DCA? Dan kan je bij ons ook terecht voor vragen over de betreffende technische apparatuur!

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.

CONTROLES VAN MEETTOESTELLEN

Maandelijks richt VCBT ook controles in van de meettoestellen die door de klanten (proeftuinen, veilingen en telers) worden gebruikt om kwaliteitsmetingen uit te voeren 'in het veld.' Na afspraak kan je je penetrometer, brixmeter, titrator,... binnenbrengen om te laten controleren. Ook andere bedrijven die geen lid zijn van VCBT kunnen van deze dienst gebruik maken tegen betaling. We maakten ook instructies hoe je de metingen correct moet uitvoeren. Die vind je in 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/.

NETWERKING

We zijn lid van de EUFRIN werkgroep kwaliteit en leiden de EUVRIN werkgroep Postharvest Chain. 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. 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.

NIEUWSBRIEVEN

Onze nieuwsbrieven vallen maandelijks bij ongeveer 900 abonnees in de mailbox. Allerhande actuele thema's kwamen hier aan bod. Van kurkuma, gember, witloof tot appel en peer: alle teelten passeerden de revue. In de nieuwsbrief vind je info en tips over bewaring en kwaliteit, stand van zaken van projecten, geplande evenementen,..

VOORDRACHTEN

Op uitnodiging of zelf georganiseerd, geven we meer dan 20 voordrachten over diverse onderwerpen. Vaste thema's zijn bewaring van groenten en fruit, koelinfrastructuur en kwaliteitsmetingen. Maar ook andere onderwerpen worden behandeld, afhankelijk va de interesse en de actualiteit.

STUDIEDAGEN

In 2021 organiseerden we drie studiedagen. De thema's waren: bewaring van kleinfruit, ontsmetting en coatings en nieuwe trends in de naoogsttechnologie.

BEDRIJFSBEZOEKEN

Zelfs in coronatijden gingen we op bedrijfsbezoek. 20% van de bedrijfsbezoeken werden omgezet naar een online meeting, andere deden we live. Belangrijke thema's hier waren de begeleiding van de bedrijven die startten met DCA of deelnamen aan het pilootproject plukdatabepaling. Daarnaast gingen we ook ter plaatse voor troubleshooting.

PITFRUIT APP

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

TECHNISCHE ONDERSTEUNING

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

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.

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

ADVIES BEWAARCONDITIES 2021

Bij de inzet krijgen de Vlaamse telers ook een advies voor bewaarcondities. Hierbij houden we rekening met seizoenseffecten die hun invloed hebben op bepaalde bewaarziekten. In 2021 ging extra aandacht naar het voorkomen van bewaarrot en fysiologische ziekten die meer voorkomen in sombere, natte jaren.

2021 WAS EEN NAT JAAR: BEWAARROT STOND CENTRAAL

VOORZICHTIGHEID MET CA-GEVOELIGE RASSEN

De oogst van 2021 was, door de somberdere groeiomstandigheden, eerder gevoelig voor afwijkingen die veroorzaakt worden door gassamenstelling (lage O_2, hoge CO_2). Extra aandacht ging daarom naar het voorkomen van inwendig bruin in rassen die hiervoor gevoelig kunnen zijn (Conference, Braeburn, Cox's, Kanzi, Celina, Cepuna, ...). Voor deze rassen golden een aantal extra aandachtspunten.

- Wachttijd voordat de zuurstofconcentratie verlaagd wordt.
- Maximale concentratie aan CO_2, vooral in de eerste weken/maanden van de bewaring.
- Minimale concentratie aan O_2: dit gaat hand in hand met de gevoeligheid voor CO_2.
- 1-methylcyclopropeen: de gevoeligheid voor lage O_2 en hoge(re) CO_2 wordt nog vergroot door een behandeling met 1-MCP.

VOORUITZICHTEN BEWAARKWALITEIT

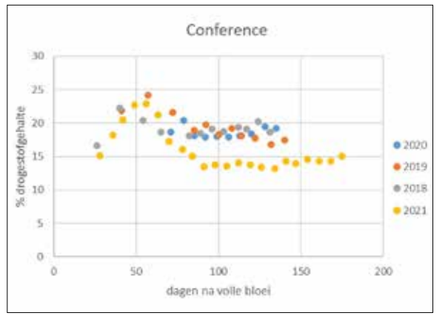
De vruchten van 2021 hebben algemeen een lager drogestofgehalte dan in 2020 en de jaren ervoor. In figuur 1 zijn de drogestofgehalten (in %) weergegeven in 2021 in vergelijking met de drie vorige jaren. 2021 scoort gemiddeld 2% lager dan vorig jaar. Waar we in vorige jaren meer nadruk moesten leggen op bewaarziekten die gerelateerd waren aan warmte, lag in 2021 de nadruk veel meer op problemen die voorkomen in sombere en natte jaren. Bewaarrot is een belangrijk aandachtspunt voor seizoen 2021-2022.

INKOELING: MET BELEID

Het suikergehalte was eerder aan de lage kant en dit maakte peren gevoelig voor bevriezingsschade èn vochtverlies. Daarom werden Conference-peren de eerste 3-4 weken op -0.5°C ingekoeld en pas nadien op -0.8°C. Om vochtverlies te beperken werd een snelle inkoeling geadviseerd en afdekking van de kisten.
Tabel 1 geeft een overzicht van de geadviseerde bewaarcondities voor lange bewaring voor 2021-2022.

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.



Figuur 1. Drogestofgehalte vanaf bloei tot oogst van Conference

TABEL 1. BEWAARCONDITIES VOOR LANGE BEWARING VOOR 2021-2022

CULTIVAR	VRUCHT-TEMPERATUUR (°C)	O_2 (%)	CO_2 (%)	WACHTTIJD VÓÓR ULO (DAGEN)
PEER ZONDER 1-MCP*				
Conference	-1.0	21	<0.7	21
	-1.0	3	<0.7	vanaf dag 21 maximaal O_2 afbranden tot 10% of via natuurlijke ademhaling
Doyenné, Durondeau (ook Sweet Sensation®)	-0.5	2.0 à 2.5	<0.7	21
Durondeau	1.0			
B.A. Lucas	-0.5 - 0			
APPEL ZONDER 1-MCP*				
Jonagold Jonagoldmutanten Belgica Greenstar Pinova	1.0	1.0	2.5 à 3.0	1
Boskoop Cox's O.P.	3.0 à 3.5	2.0 à 2.5	<0.7	7 à 10
Braeburn	1.0	2.5 à 3.0	<0.7	21
Elstar	1.0	2.0 à 2.5	<1.0	1
Gala Golden Gloster	1.0	1.0 à 2.0	2.0 à 2.5	1
Kanzi®	4**	2.0	<0.7	21

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

*** Kanzi traag inkoelen*

CONSULTANCY ABOUT STORAGE CONDITIONS OF POME FRUIT

Every year the Flanders Centre of Postharvest Technology (VCBT) provides the storage conditions all commonly cultivated cultivars (Table 1). Dry matter contents of the fruit was lower than in previous years. All information is available on vcbt.be

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

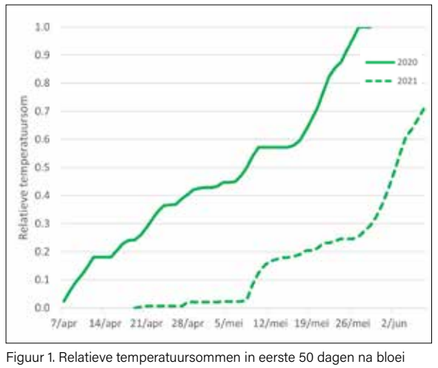
MODULAIR BESLISSINGSSYSTEEM VOOR DE PLUKDATA 2021

Elk jaar bepaalt VCBT de landelijke plukdata. Die geven een goede indicatie van de vroegheid/laatheid van een bepaald jaar. Een eerste indicatie van de pluk geven we al vanaf begin juli, zodat telers hun werkzaamheden goed kunnen plannen. 2021 was een eerder somber seizoen waarin de pluk normaal tot eerder wat laat viel

MEESTAL LEIDT EEN VROEG PLUK TOT EEN VROEGE PLUK

PLUKVOORSPELLING = STAPPENPLAN

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



Figuur 1. Relatieve temperatuursommen in eerste 50 dagen na bloei

SOMBERE NABLOEIPERIODE

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

PLUK: 2 WEKEN LATER DAN IN 2020

De referentiemetingen in het lab blijven de meting van hardheid, opgelostestof (suikers), zetmeelomzetting, zuurheid en kleur. Voor deze metingen hebben we een BELAC accreditatie (certificaatnr. 225-TEST) die garant staat voor de betrouwbaarheid van deze metingen. In het veld meten we met een draagbare spectrofotometer: zie elders in dit jaarverslag. De rijping van de vruchten was ruim twee weken vertraagd in vergelijking met 2020. De geadviseerde plukdata voor lange bewaring staan vermeld in Tabel 1.

TABEL 1. PLUKDATA 2021-2022 VOOR LANGE BEWARING

CULTIVAR	PLUKDATA VOOR LANGE BEWARING 2021-2022
Conference	6 - 18 september
Doyenné	12 - 18 september
Durondeau	6 - 10 september
Cepuna	12 - 17 september
Belgica	6 - 10 september
Boskoop	20 - 26 september
Braeburn	18 - 23 oktober
Elstar	6 - 10 september
Gala	1 - 5 september
Golden	24 - 30 september
Jonagold + mutanten	20 september - 1 oktober
Kanzi ®	15 -21 september

OOK IN 2021 METINGEN BIJ TELERS

Ook in 2021 deden we perceelsspecifieke plukdatabepalingen. Hiervoor brengen telers op 2 data in juli (voor Conference) of augustus (voor Jonagold) een vruchtstaal binnen op het VCBT-lab. Hier doen we dan een meting met NIR (nabij-infraroodspectroscopie) op en voorspellen we de plukdatum op perceelsniveau. Meer informatie over de NIR-meting: elders in dit jaarverslag.

Figuur 2: De instrumentele metingen blijven de referentie voor de plukdatabepalingen

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). Fruit were picked about two weeks later than in previous years. VCBT also continued the service of the prediction of optimal picking date for individual pear and apple orchards based on NIR. 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

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

BEPALING VAN PLUKDATUM IN DE BOOMGAARD

VCBT voorspelt al vele jaren de plukdata voor lange bewaring van tal van appel- en perenrassen. Voor Jonagold, Conference en Kanzi doen we dit zelfs op perceelsniveau, omdat er een groot verschil in plukdatum van éénzelfde cultivar tussen verschillende percelen is. VCBT gebruikt hiervoor NIR-spectroscopie in het lab. Om in de toekomst deze NIR-metingen in de boomgaard te kunnen doen, breidde VCBT haar onderzoek nog verder uit met verschillende draagbare NIR-meters. VCBT transformeerde de huidige voorspellingmodellen om deze te kunnen gebruiken voor deze draagbare meter. Hoe we in de toekomst praktisch met deze draagbare meters aan de slag willen gaan, hebben we dit jaar uitgetest op een 10-tal percelen.

TELERS KUNNEN VIA HUN 'TEELT'APP EEN AANVRAAG DOEN VOOR EEN RIJPHEIDSMETING

DE NIR-TECHNIEK IN HET LAB

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

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

NOOD AAN DRAAGBARE METER

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

SELECTIE VAN GEBRUIKSVRIENDELIJKE EN BETROUWBARE METER

VCBT selecteerde al in 2018-2019 een betrouwbare draagbare meter. Het toestel F-750 (Felix Instruments) bleek zeer 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.

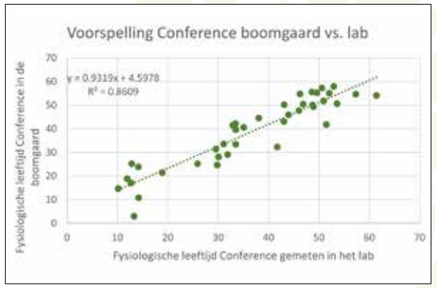
Meten in de boomgaard is wel handig maar minder gecontroleerd. Licht en temperatuur zouden de metingen kunnen beïnvloeden. Ook hiervoor zetten we enkele experimentjes op. Een lichtcorrectie bleek gelukkig niet nodig. Temperatuur beïnvloedde de spectra wel maar de goede robuustheid van de historische voorspellingsmodellen vangt ook deze temperatuursinvloed goed op. Voor een uitrol in de praktijk zochten we naar een iets goedkoper alternatief en het kleine broertje van de F-750, de F-751, voldeed aan de voorwaarden (Figuur 1). Deze meters zijn goed vergelijkbaar, alleen de spectrale range van de F-751 is kleiner. In 2020 kocht VCBT al zo'n goedkoper toestel en in 2021 kwam er nog eentje bij. Goed uitgerust stonden we dus klaar om in 2021 experimenten te doen.

BIG DATA ANALYSE VOOR KLEINE METERS

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

DEMO BIJ TELERS: AANVRAAG – METING – RESULTAAT IN APP

VCBT koos voor de test het teeltopvolgingsplatform van pcfruit, de EVA-app, als communicatiemiddel met de telers. De app voorzag een userinterface waarbij de telers hun percelen kunnen kiezen voor een aanvraag tot pluktijdstipvoorspelling. Door middel van een REST API vraagt het VCBT de aanvragen op uit de app. De aanvragen bevatten de identificatie van de teler en het perceel alsook de locatie in GPS-coördinaten en het aangeplante ras. Met deze informatie kon een medewerker van VCBT geheel autonoom de NIR-spectra in het veld gaan opmeten. Na verwerking verstuurde VCBT het voorspellingsresultaat via de REST API aan de app en hiermee dus aan de teler. Deze werkwijze demonstreerden we succesvol bij een drietal bereidwillige telers voor in totaal een 10-tal percelen Jonagold en Conference. In de toekomst kan de communicatie voor aanvraag/weergave resultaten natuurlijk ook via andere apps lopen, indien daar interesse voor is.



Figuur 2: Voorspellingsvergelijking voor fysiologische leeftijd voor Conference tussen de draagbare meter en het labtoestel.

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

VCBT has been predicting the picking dates for long-term storage of apple and pear varieties for many years. For Jonagold and Conference we even do this at orchard level. VCBT uses NIR spectroscopy in the lab to do the predictions. To perform in the future these NIR measurements in the orchard, VCBT has evaluated several portable NIR meters. Furthermore, we investigated how we can adapt the current prediction models for this. In 2021 VCBT tested the practical applicability in pilot orchards of Jonagold and Conference. The EVA app was used as a user interface to communicate the test results to growers. In the future any suitable app may be used for this purpose.

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.

WERING ONRIJP FRUIT

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

TE VROEG GEPLUKT FRUIT KOMT NOOIT OP SMAAK

HANDELSNORM BEPAALT MINIMALE RIJPHEID BIJ VERKOOP

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

STARTDATUM VOOR ZOMER- EN BEWAARRASSEN

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

SMAAK EN AROMA ZIJN HET DOEL

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

TABEL 1. AANVOERDATA VOOR ZOMER- EN BEWAARRASSEN APPEL EN PEER 2021

CULTIVAR	AANVOERDATUM
Delbarestivale	17/8/2021
Triomphe de Vienne	24/8/2021
Durondeau	31/8/2021
Conference	31/8/2021
Gala	31/8/2021
Belgica	2/9/2021
Elstar	2/9/2021
Doyenné	9/9/2021
Boskoop	20/9/2021
Jonagold	20/9/2021
Golden	20/9/2021
Braeburn	15/10/2021

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

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

PERCEEL KAN AFWIJKEN VAN GEMIDDELDE

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

ASSESSMENT OF THE COMMERCIALISATION DATE OF APPLE AND PEAR CULTIVARS

At the beginning of the season fruit is expensive and growers try to pick their summer fruit as early as possible to get a premium price. This is not always good from a quality point of view, since the fruit 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 2021 are mentioned in table 1.

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

Figuur 1: 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)

BEWAARCONDITIES VAN NIEUWE APPEL- & PERENRASSEN

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. Ook smaak wordt meegenomen in de beoordelingen. In 2020-2021 deden we onderzoek over de bewaring van Migo®, Fred®, Red Angel en Sunspark.

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

NIEUWE AANPAK IN HET RASSENONDERZOEK

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

PLUKDATUM EN ETHYLEENMETINGEN BASIS VOOR BEWAARONDERZOEK

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

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

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

MIGO®: VOOR EEN GOEDE AFRIJPING VOLSTAAT EEN WARMTEBEHANDELING

Op vraag van de opdrachtgever ging VCBT na hoe we het perenras goed konden laten afrijpen. Sommige afnemers en retail verlangen immers bepaalde rijpheid van de peren. Hiervoor legden we een hele reeks regimes aan van temperatuurbehandelingen (20°C) al of niet gecombineerd met ethyleen (100 ppm). We keken naar de afrijping na 30, 90 en 150 dagen bewaring. Het effect van de ethyleenbehandeling was enkel zichtbaar bij de vruchten die slechts 30 dagen bewaring kregen. Peren die langer bewaard werden rijpten voldoende af ze door een tijd bij hogere temperatuur te plaatsen. Toevoeging

TABEL 1. RIJPHEIDSPARAMETERS VAN RED ANGEL PEREN ROND DE PLUK IN 2020

PLUKDATUM	HARDHEID (KGF)	OPGELOSTESTOFGEHALTE (°BRIX)	ZETMEELSCORE (1-10)	ETHYLEENPRODUCTIE (µL/KG/HR)
10/9/2020	5.8 ± 0.2	15.8 ± 0.1	1.72 ± 0.52	0.4
17/9/2020	5.1 ± 0.1	16.5 ± 0.2	4.42 ± 0.83	0.22
24/9/2020	5.2 ± 0.1	15.8 ± 0.1	3.29 ± 0.36	0.13
1/10/2020	4.6 ± 0.1	15.8 ± 0.1	4.13 ± 0.71	3.7

van ethyleen heeft dan geen meerwaarde meer. Vruchten die vooraf behandeld zijn met 1-MCP, rijpen zeer moeilijk af, zelfs door toevoeging van ethyleen. Dit alles weerspiegelt zich ook in de ethyleenproductie van de vruchten zelf. Vanaf 90 dagen bewaring is de ethyleenproductie van de onbehandelde vruchten al zo hoog dat een extern toegediende ethyleen weinig extra zal bijbrengen. We zien in de metingen dat de met 1-MCP behandelde vruchten na bewaring tot 100 keer minder ethyleen produceren: dit verklaart hun geblokkeerde reactie op de afrijpingsbehandeling.

FRED®: VERSCHILLENDE HERKOMSTEN IN GEWONE KOELING

Van Fred® was nog niet veel gekend. We hebben 3 herkomsten bewaard in gewone koeling (20.9% O_2, 0.03% CO_2, 0°C). Fred® blijkt gevoelig voor CO_2: bij te hoge CO_2, zeker in het begin van de bewaring treedt inwendig bruin op. De gevoeligheid hiervoor is afhankelijk van de herkomst: niet elk perceel is even gevoelig. In de testen lag 1-MCP toegepast 10 en 20 dagen na de oogst aan een concentratie van 165 of 325 ppb. 1-MCP verhoogt het risico op inwendig bruin en dit risico wordt groter naarmate het middel korter bij de oogst wordt toegepast. Voorlopig passen we geen 1-MCP toe op Fred® en bewaren we hem in gewone koeling.

PLUKDATUMBEPALING VAN RED ANGEL

Voor Red Angel volgde VCBT de rijpheidsparameters rond de oogst op. In Tabel 1 staan de belangrijkste resultaten vermeld. Het valt op dat bij de laatste meting op 1 oktober de ethyleenproductie al erg hoog is en we duidelijk al over de optimale plukdatum heen zijn.

SUNSPARK: PLUKDATUM ERG BELANGRIJK

Voor Sunspark testten we een optimale en late plukdatum. De parameters bij de oogst staan vermeld in Tabel 2. Vruchten van de late pluk blijken gevoeliger voor inwendig bruin terwijl optimaal geplukte vruchten perfect bewaren tot in mei. Sunspark werd bewaard in ULO bij 2% O_2, 0.7% CO_2 en 2.5 à 3°C. Bij deze condities traden weinig problemen op bij bewaring tot in mei.

TABEL 2. RIJPHEIDSPARAMETERS VAN SUNSPARK BIJ DE OOGST

	OPTIMALE PLUK	LATE PLUK
Plukdatum	7/10/20	22/10/20
Hardheid (kgf)	7.6 ± 0.3	7.3 ± 0.3
Opgelostestofgehalte (°Brix)	12.9 ± 0.4	12.2 ± 0.4
Zetmeelscore (1-10)	9.3 ±0.5	9.7 ±0.5
Streifindex	0.06	0.06
Ethyleenproductie µL/kg/hr	0.15 ±0.02	0.31 ±0.20

OPTIMAL STORAGE CONDITIONS FOR NEW POME FRUIT CULTIVARS

In 2021-2021 the optimal storage conditions of the cultivars Migo®, Sunspark, Fred® and Red Angel were investigated. Picking date, application of 1-MCP and storage conditions were tested. Most observations were done according the ISO/IEC 17025 standard. These experiments are repeated during several years as some disorders are related to climatic conditions. This research results in detailed guidelines for each cultivar.

Dit onderzoek werd gefinancierd door EFC (Migo® en Sunspark) en Belorta (Fred® en Red Angel)

BEWARING VAN PLANTEN VAN BRAAM & 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.

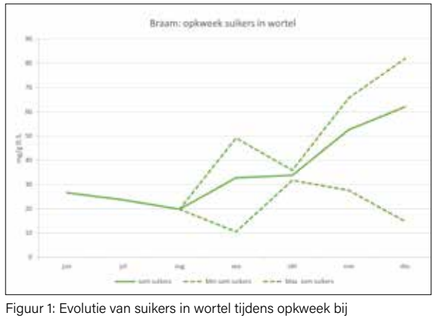
RESULTATEN VAN HET COOLPLANT-PROJECT ZIJN GEBUNDELD IN EEN HANDIGE TEELT- EN BEWAARGIDS

'COOLPLANT'

Het LA-traject 'COOLPLANT' werkte 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 en eindigde in september 2021. De resultaten van het onderzoek zijn gebundeld in een teelt- en bewaargids met als titel 'Opkweek en bewaring van plantmateriaal van frambozen en bramen.' Deze gids kan via de website van VCBT (https://vcbt.be/publicaties-en-demonstraties/) geraadpleegd worden. Eenvoudige richtlijnen adviseren telers in het realiseren van een optimale opkweek- en bewaarstrategie gebaseerd op controleerbare parameters zoals bemestingsregimes, teelttechnische maatregelen, koel- en ontdooiregimes en analyses van reservestoffen in het plantmateriaal. VCBT voerde dit project uit samen met pcfruit, die de teeltaspecten voor haar rekening nam.

STAALNAMEPROCEDURE VOOR ANALYSE VAN RESERVESTOFFEN

De bewaarbaarheid van frambozen en bramen planten kan aan de hand van de aanwezige reservestoffen, zetmeel en suikers (glucose, fructose en sucrose) in de plant voorspeld worden. Een nauwkeurige en snelle techniek is ontwikkeld om weefselstalen van wortels en knoppen te nemen en te analyseren zodat reservemateriaal kan worden bepaald. Als teler kan je een analyse laten uitvoeren bij het VCBT om de bewaarbaarheid na te gaan. Dikke wortels (>2mm) en knoppen worden bemonsterd en gevriesdroogd in een lyofilisator. Na fijnmalen en zeven worden de oplosbare suikers uit de stalen geëxtraheerd en de hoeveelheid glucose, fructose en sucrose wordt bepaald via HPLC-ELSD. De zetmeelinhoud van het staal, wat overblijft na extractie van de suikers, wordt met een enzymatische kit en spectrometrie bepaald.



Figuur 1: Evolutie van suikers in wortel tijdens opkweek bij braamplanten

Figuur 2: Evolutie van suikers in wortel tijdens bewaring bij braamplanten

STREEFWAARDEN VAN RESERVESTOFFEN

De evolutie van de reservestoffen is opgevolgd bij bramen (Loch Ness) en frambozen (Kwanza) geplant in april en ingepakt en ingekoeld in december. De planten werden maximaal tot juli bewaard. Figuur 1 toont voor braam tijdens de opkweek de evolutie van de suikers (som van glucose, fructose en sucrose) in de wortel. Tijdens de opkweek merken we een duidelijk stijgende trend zowel voor de suikers als voor het zetmeel. Tijdens de bewaring is een dalende trend in reservestoffen waarneembaar (Figuur 2).

Met de resultaten van alle analysen van reservestoffen gedurende 2 opeenvolgende seizoenen werden streef- en grenswaarden voor reservestoffen voor een goede teelt in wortel en knop voor braam en framboos opgesteld (Tabel 1). De hoeveelheid reservestoffen is noodzakelijk aan het einde van de opkweekfase en aan het einde van de bewaring voor een goede teelt. De streefwaarden liggen voor framboos opmerkelijk hoger dan voor braam.

Voor braam en framboos wordt respectievelijk een absolute grenswaarde van 12 mg en 15 mg zetmeel /g droge stof in de knoppen op het einde van de bewaring gesteld. Bij lagere waarden wordt schade verwacht omdat de knoppen niet meer uitlopen.

TABEL 1. STREEFWAARDEN VOOR EEN GOEDE TEELT VAN BRAAM EN FRAMBOOS

	STREEFWAARDEN EINDE OPKWEEK BRAAM	
	suikers (mg/g D.S.)	zetmeel (mg/g D.S.)
wortel	60	50
knop	80	15
	STREEFWAARDEN EINDE BEWARING BRAAM	
	suikers (mg/g D.S.)	zetmeel (mg/g D.S.)
wortel	30	40
knop	60	12
	STREEFWAARDEN EINDE OPKWEEK FRAMBOOS	
	suikers (mg/g D.S.)	zetmeel (mg/g D.S.)
wortel	100	35
knop	120	15
	STREEFWAARDEN EINDE BEWARING FRAMBOOS	
	suikers (mg/g D.S.)	zetmeel (mg/g D.S.)
wortel	80	25
knop	100	15

COOLPLANT - OPTIMAL STORAGE CONDITIONS FOR RASPBERRY AND BLACKBERRY PLANTS

The Long term refrigerated storage 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. VCBT published in 2021 a manual with guidelines in terms of plant properties and cooling strategies that are needed in order to have a successful storage result.

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

PRAKTISCHE RICHTLIJNEN VOOR DCA-BEWARING VAN HARDFRUIT

Dynamisch gecontroleerde atmosfeer (DCA) bewaring kan kwaliteitsverlies tijdens bewaring beperken. DCA zoekt naar de laagst mogelijk zuurstofconcentratie voor de vruchtbewaring. Het systeem past de zuurstofconcentratie in de bewaarruimte dynamisch aan op metingen van de bio-respons van de vruchten op lage-zuurstof-stress. DCA op basis van de chlorofylfluorescentie van de bewaarde vruchten en de ethanolconcentratie in de vruchten en in de bewaarruimte is al langer in gebruik. RQ-DCA gebruikt het respiratiequotiënt (RQ) van de vruchten. Voor appel werden in het verleden al heel wat goede resultaten gemeld en tijdens de loop van het vierjarig LA-traject konden we ook bemoedigende resultaten voor Conference voorleggen. Dit jaar werd het project beëindigd en werden al de bevindingen in een DCA-manual bijeengebracht. De belangrijkste thema's van de manual zijn hieronder opgesomd.

DE VRUCHTKWALITEIT NA DCA-BEWARING IS BETER DAN NA GEWONE ULO

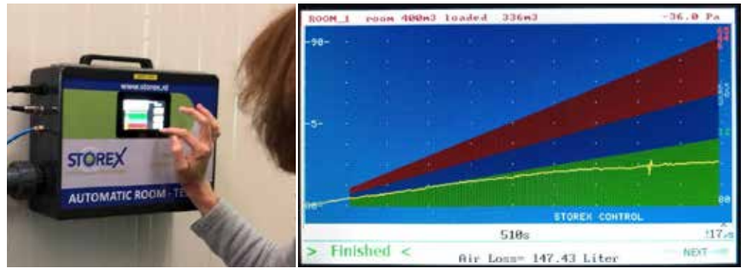
WERKINGSPRINCIPE VAN DCA

Klassieke ULO-bewaring van Jonagold en Conference gebeurt bij verlaagde O_2-concentratie en verhoogde CO_2-concentratie. Deze condities houden we gedurende het gehele bewaartraject constant. Deze streefwaarden werden in het verleden empirisch bepaald en voorkomen zoveel mogelijk kwaliteitsverlies. In deze streefwaarden zit nog een zekere veiligheidsmarge om bijvoorbeeld seizoeneffecten op te vangen. Bij DCA-bewaring gaan we de O_2-concentratie geleidelijk aan verder laten zakken met kleine stapjes waarna we telkens nagaan of het fruit stress ondervindt. Bij RQ-DCA bepalen we telkens de respiratiequotiënt (RQ). Als deze dicht bij 1 ligt, is alles normaal en gaan we ervan uit dat het fruit nog geen stress ondervindt en zuurstof verder kan dalen. Wordt de RQ merkelijk groter dan 1, dan geeft dit aan dat de vruchten beginnen te fermenteren en dus duidelijk onder stress staan. Dan gaan we de O_2-concentratie in de bewaarruimte opnieuw verhogen. Hierdoor gaat de O_2-concentratie tijdens de gehele bewaring op en neer maar is deze gemiddeld lager dan in ULO-condities. Hierdoor zullen verschillende kwaliteitseigenschappen zoals hardheid en de groene achtergrondkleur beter behouden blijven. De hypothese die we onderzochten was: Zal het fruit op tijd een stress-signaal, door middel van een hoge RQ, geven wanneer de O_2-concentratie onder de adviesconcentratie voor ULO zakt zonder de inwendige afwijkingen te ontwikkelen ?

Figuur 2: HarvestWatch systeem in testopstelling in VCBT

Figuur 1: Storex DCS meetbox (links) en analyzer (rechts). Foto ©Storex NV

Figuur 3: Optiflux systeem. Foto ©Optiflux NV



Figuur 4:
Storex ART en meetresultaat van een koelcel geschikt voor DCA-bewaring

WELKE VRUCHTEN ZIJN GESCHIKT VOOR DCA-BEWARING ?

Schilbruingevoelige cultivars worden bij voorkeur in DCA bewaard. DCA-bewaring streeft naar bewaring bij extra lage zuurstof. Hierdoor vertragen oxidatieprocessen. Schilbruin is een oxidatie van een stof (α-farneseen) in de schil. In DCA-bewaring zal schilbruin daarom minder een probleem vormen dan in standaard ULO-condities waar de zuurstofconcentraties wat hoger zijn. Cultivars die gevoelig zijn voor schilbruin, hebben daarom extra voordelen bij DCA: ze zullen minder snel schilbruin vertonen dan in gewone ULO. Cultivars, die gevoelig zijn voor 1-MCP, lopen soms het risico om inwendig problemen te geven na bewaring. Deze vruchten verdragen vaak wel DCA en kunnen in DCA-bewaring een betere en langere houdbaarheid bereiken dan in normale ULO, zonder toepassing van 1-MCP. Biologische teelt heeft zeer weinig middelen om de kwaliteit tijdens bewaring optimaal te houden. DCA-bewaring is voor de bio-teelt een belangrijke methode om de bewaarkwaliteit sterk te verbeteren. Wanneer men DCA effectief wil toepassen is het ook belangrijk om in eenzelfde koelcel een zo homogeen mogelijke partij te bewaren. Liefst van hetzelfde perceel en van eenzelfde plukperiode.

LEKTEST

De luchtdichtheid van de koelcel kan je eenvoudig bepalen door de onderdrukmethode. Hierbij sluit je de koelcel luchtdicht zoals bij de ULO/DCA-bewaring en brengt haar vervolgens op onderdruk.

De vuistregel is als volgt: loopt de druk in koelcel op van -80 Pa naar -40 Pa (4.08 mm WK) in een periode van 10 minuten of meer, dan is de koelcel geschikt voor ULO-bewaring. Doet de druk in de koelcel er minstens 13 minuten over om van –80 Pa naar -40 Pa te stijgen, dan is de koelcel geschikt voor DCA-bewaring.

De scrubbers mogen ook niet te veel zuurstof inbrengen met hun acties.

Controleer de O_2 en CO_2 waarde in de koelcel zowel voor als na een scrub-actie van de scrubber. Als de CO_2 zakt, werkt de scrubber goed. Stijgt de O_2 teveel (meer dan 0,3%)? Dan is het mogelijk dat er zich een lek in het circuit bevindt.

EISEN AAN DE KOELCEL EN SCRUBBER

Voor een goede DCA-bewaring is het noodzakelijk dat de koelcel zeer luchtdicht is. De koelcel moet immers, bij O_2-concentraties die al lager zijn dan ULO-condities, nog verder van zichzelf kunnen zakken in zuurstof door de ademhaling van het fruit. Als de lek van zuurstof naar binnen, die er onvermijdelijk altijd is, even groot is als het verbruik van zuurstof door ademhaling zal de O_2-concentratie niet meer veranderen en blijft de koelcel op een te hoge O_2-concentratie waardoor er geen voordelen meer zijn aan de DCA-bewaring.

KWALITEITSVERSCHILLEN NA BEWARING

Het kwaliteitsbehoud bij RQ-DCA is meestal beter en niet slechter dan ULO-bewaring. Uit onze proeven bleek ook dat DCA gemakkelijker ging wanneer de vruchten gesorteerd waren en dus een homogenere partij vormden. Over de verschillende jaren heen stelden wij positieve kwaliteitseffecten vast op hardheid en kleurbehoud ten opzichte van gewone ULO-bewaring. Ten opzichte van ULO met 1-MCP waren de verschillen minder duidelijk.

ENERGIEBESPARING EN EMISSIEREDUCTIE

Doordat DCA-bewaring zorgt voor een lagere ademhaling zal het fruit ook minder warmte en CO_2 produceren. Hierdoor moet er minder gekoeld en ook minder gescrubd worden. DCA-bewaring kan hierdoor ten opzichte van gewone ULO-bewaring 5% energie besparen.

PRACTICAL GUIDELINES FOR DCA STORAGE OF POME FRUIT

Dynamic controlled atmosphere storage (DCA) minimizes quality loss compared to ULO storage by reducing O_2 concentrations to the lowest possible levels based on a bio response of the fruit. DCA works best for scald sensitive cultivars and cultivars that are sensitive to 1-MCP as well as organically grown fruit when 1-MCP is not allowed. Special attention should be given to the air tightness of the cool rooms and scrubbers as the rooms should be able to reduce O_2 concentrations passively by respiration of the fruit. Energy savings up to 5% can be expected compared to normal ULO storage because of a reduced respiration and CO_2 production.

Onderzoek in het kader van het LA-traject "Praktische richtlijnen voor dynamisch gecontroleerde atmosfeerbewaring van hardfruit", HBC.2016.0806, gefinancierd door Agentschap Innoveren en Ondernemen en het Verbond van Belgische Tuinbouwcoöperaties (VBT)

DCA-BEWARING VAN SPITSKOOL

Door naast de temperatuur ook de zuurstofconcentratie in de koelcel te verlagen kan je de bewaarduur van spitskool met enkele maanden verlengen. De verlaagde zuurstofconcentraties vertragen de ademhaling en verscheidene metabole processen. Hierdoor behoudt de kool zijn kwaliteit beter. Ook onderzochten we of DCA-bewaring nog een extra verbetering kan geven.

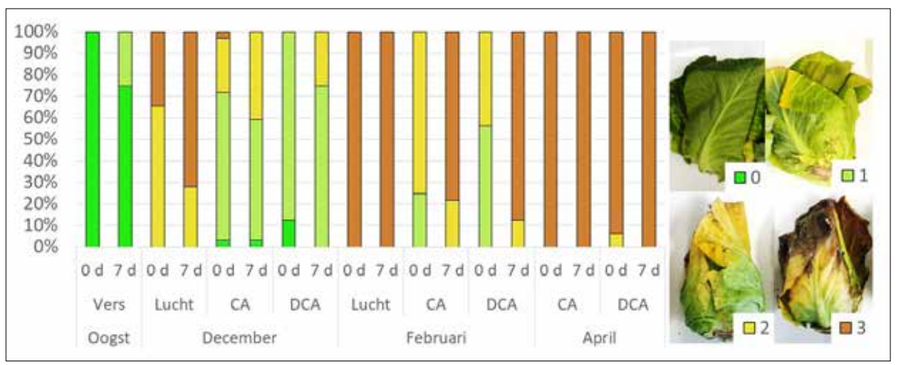
SPITSKOLEN UIT (D)CA-BEWARING OGEN FRISSER DAN UIT GEWONE KOELING

TEST VAN DRIE BEWAARREGIMES

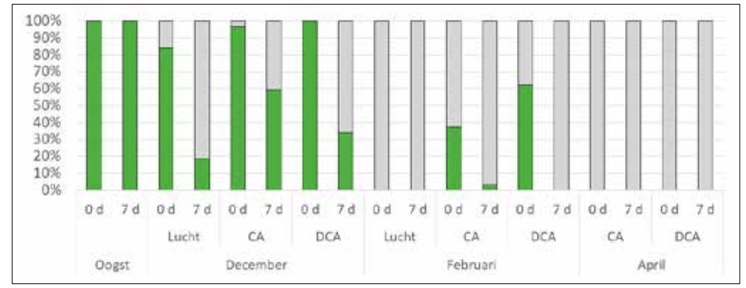
We bewaarden spitskool bij 1 °C bij drie verschillende regimes: gewone lucht, CA en DCA. De spitskolen werden geoogst in september en bewaard in 300L containers waarin we de atmosfeer kunnen regelen en de ademhaling meten. De kwaliteit van de spitskolen werd gemeten bij de oogst, in december en februari en april. De containers van de kolen bewaard bij gewone lucht werden continu geventileerd met propere, gewone lucht. In de containers voor CA-bewaring werd de zuurstofconcentratie constant gehouden, terwijl deze voor de DCA-bewaring fluctueert naargelang de kool zich 'goed of slecht' voelt. Dit laatste bepalen we door het respiratiequotiënt (RQ) on-line te meten. Wanneer de RQ een vooropgestelde grenswaarde overschrijdt, veronderstellen we dat de kool stress ondervindt. De zuurstofconcentratie kan op deze manier dynamisch verhoogd en verlaagd worden, afhankelijk van het opgemeten signaal op een wijze dat de kolen zich steeds 'goed' voelen.

BETER KWALITEITSBEHOUD BIJ (D)CA BEWARING

De externe kwaliteit van de kolen werd geëvalueerd op basis van de beoordeling van de buitenbladeren (Figuur 1), de aanwezigheid van schimmels (Figuur 2) en de mogelijkheid tot opschonen (Figuur 3). De buitenbladeren werden beoordeeld op een schaal van 0 (verse, groene en frisse bladeren) tot 3 (geelbruine, verwelkte of rottende bladeren). De aanwezigheid van schimmels werd apart geëvalueerd. Hierbij maakten we geen onderscheid in de hoeveelheid schimmel. Over het algemeen waren kolen met een slechte bladscore meer beschimmeld dan deze met nog een fris uitzicht. De resultaten van de externe kwaliteit tonen aan dat de verlaagde zuurstofconcentratie bij CA en DCA bewaarde kolen de bewaarduur aanzienlijk verlengt. De kolen bewaard in lucht kregen in december immers reeds een slechtere bladscore dan de (D)CA kolen in februari. Ook zien we schimmel minder snel tot ontwikkeling komen bij verlaagde zuurstofconcentraties.



Figuur 1: Kwaliteitsverloop van bewaarde spitskool. De buitenbladeren werden beoordeeld op een schaal van 0 (verse, groene en frisse bladeren) tot 3 (geelbruine, verwelkte of rottende bladeren). Kolen bewaard bij gewone lucht, CA en DCA werden beoordeeld bij de oogst, in december, februari en april meteen na uitslag en na 7 dagen uitstalling (7°C).



Figuur 2: Beoordeling op het wel (grijs) en niet (groen) aanwezig zijn van schimmel op de spitskolen bij oogst en na bewaring bij lucht, CA en DCA. Kolen werden beoordeeld meteen na uitslag en na 7 dagen uitstalling (7°C) (7d). Er wordt bij deze beoordeling geen rekening gehouden met de graad van beschimmeling.

(D)CA SPITSKOOL TOT FEBRUARI TE BEWAREN

Hoewel de in lucht bewaarde kolen in december reeds fors kwaliteitsverlies leden, waren ze mits opschonen nog geschikt voor verkoop. In februari waren deze kolen echter volledig rot en beschimmeld, waarbij opschonen geen verkoopbaar product meer oplevert (Figuur 3). Bij het opschonen worden immers de buitenste, vergeelde, al dan niet beschimmelde bladeren verwijderd. Dit kent echter een limiet, slechte kolen zoals de tot in februari bij lucht bewaarde kolen, hebben ook vergeelde, onfrisse bladeren binnenin. De in CA en DCA bewaarde kolen waren bij beide metingen nog steeds geschikt voor verkoop, al dient opgemerkt te worden dat er in februari meer opschoonwerk nodig was dan in december. Zo ging in december slechts zo'n 10% van het koolgewicht verloren, terwijl dit in februari opliep tot 18%. Bewaren tot april was echter een brug te ver, ook de (D)CA kolen waren toen niet meer verkoopbaar.

ADEMHALING ALS RUIMINGSINDICATOR

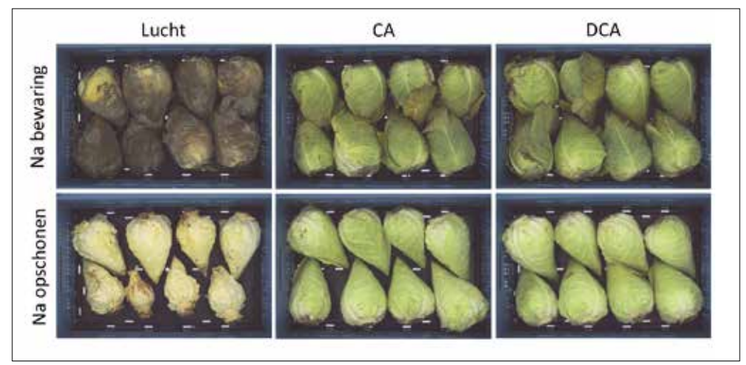
Ook dit jaar zagen we dat de ademhaling tijdens de bewaring eerst afneemt, stabiliseert maar dan opnieuw toeneemt. Door de koele bewaring maar ook door het toepassen van (D)CA wordt het metabolisme van de kolen vertraagd en daardoor verlaagt ook de ademhaling. Dit zien we vooral in de eerste maand van de bewaring. Daarna blijft de ademhaling vrij constant of licht stijgend. Vanaf eind januari begint de ademhaling flink te stijgen. Dit geeft aan dat het metabolisme opnieuw op gang komt en de kwaliteit ook sneller zal achteruitgaan. Dit kan misschien een signaal zijn om de koelcel te ruimen. De kwaliteitsmetingen van april bevestigen dit ook.

TWEEDE JAAR OP RIJ GOEIE RESULTATEN MET CA-BEWARING

Dit seizoen konden we de positieve resultaten van vorige seizoen bevestigen: bewaren bij gecontroleerde atmosfeer zorgt voor een beter kwaliteitsbehoud. (D)CA-bewaring van spitskool verlengt de bewaarduur met enkele maanden in vergelijking met de traditionele bewaring bij verlaagde temperatuur en hoge relatieve vochtigheid. De verschillen tussen het vastzetten of dynamisch veranderen van de zuurstofconcentratie (CA/DCA) zijn klein maar wel aanwezig. DCA bewaarde kolen krijgen in februari een betere bladscore, maar moeten evengoed worden opgeschoond.

(D)CA STORAGE OF POINTED CABBAGE

In contrary to the traditional white and red head cabbages, pointed varieties are difficult to store by only controlling temperature and relative humidity. Due to its higher economic value, storing pointed cabbage in controlled atmosphere might be a better alternative. We confirmed that CA-storage can prolong the storage time with a good quality maintenance. Using a dynamic controlled storage treatment can result in even better quality retention.



Figuur 3: Na bewaring worden de spitskolen opgeschoond voor verkoop. De bovenste rij toont kolen die rechtstreeks uit de koeling komen, de onderste rij toont dezelfde kolen na het opschonen. De kolen op de figuur werden bewaard tot februari bij gewone lucht, CA en DCA.

BEWARING VAN INNOVATIEVE TEELTEN

VCBT werkt samen met alle praktijkcentra plant aan het project 'Slimme combinatie van teeltkeuze en technologie voor een rendabele klimaatrobuuste land- en tuinbouw'. In dit kader wordt het potentieel van nieuwe teelten geëvalueerd en gevalideerd. Gember, kurkuma en yacon kunnen we in onze klimaatomstandigheden succesvol telen. Het PCG heeft reeds heel wat ervaring met deze teelten. Behoud van kwaliteit en bewaarbaarheid spelen een belangrijke rol in het succes van deze nieuwe teelten. Om deze nieuwe teelten goed te kunnen bewaren is het nodig dat het vers geoogste product een degelijke curing (wondheling) ondergaat alvorens koel te bewaren. Deze wondheling is noodzakelijk voor het afharden van de schil. VCBT onderzocht de invloed van curing condities bij gember, kurkuma en yacon met het oog op een kwaliteitsvolle bewaring.

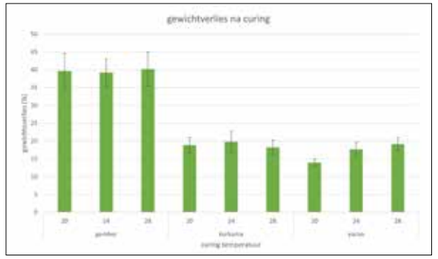
VOCHTVERLIES IS EEN AANDACHTSPUNT BIJ BEWARING VAN GEMBER EN YACON

CURING VAN GEMBER, KURKUMA EN YACON

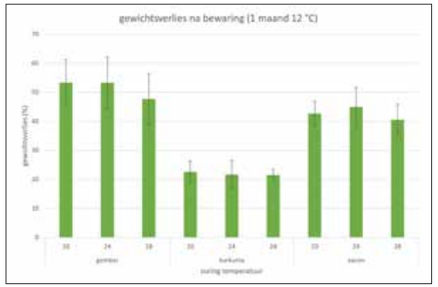
Onmiddellijk na het oogsten plaatsten we de knollen gedurende 1 week in klimaatkasten met regelbare temperatuur en luchtvochtigheid. Tabel 1 toont de verschillende curing condities. Na de curing volgde een koude bewaring (12 °C, 75% tot 90% gedurende 1 maand) en daarna werd de bewaarkwaliteit beoordeeld.

TABEL 1. CURING OMSTANDIGHEDEN VOOR GEMBER, KURKUMA EN YACON

OBJECT	TEMPERATUUR (°C)	R.V. (%)	TIJDSDUUR (DAGEN) - PERIODE
Gember-kurkuma	28	75	7 - (18-24/11)
Gember-kurkuma	24	75	7 - (18-24/11)
Gember-kurkuma	20	75	7 - (18-24/11)
Yacon	28	90	7 - (2-8/12)
Yacon	24	90	7 - (2-8/12)
Yacon	20	90	7 - (2-8/12)



Figuur 1: Het gewichtsverlies (gemiddelde waarde met 95 % betrouwbaarheidsinterval) na curing voor de verschillende vruchten en curing temperaturen.



Figuur 2. Het gewichtsverlies (gemiddelde waarde met 95 % betrouwbaarheidsinterval) na bewaring voor de verschillende vruchten en curing temperaturen.

GEMBER EN YACON ZIJN ZEER GEVOELIG VOOR VOCHTVERLIES TIJDENS BEWARING

Figuur 1 en Figuur 2 tonen respectievelijk na curing en bewaring het gewichtsverlies voor de verschillende vruchten en curing condities. Gember is tijdens curing reeds zeer gevoelig voor gewichtsverlies (40 %) terwijl kurkuma en yacon hun gewicht beter behouden (20 % gewichtsverlies). Ook na koude bewaring blijft het vochtverlies voor gember en yacon toenemen terwijl dit voor kurkuma eerder beperkt blijft. Significante verschillen tussen de curing temperaturen zijn niet vastgesteld.

Foto 1: De yacon vruchten worden in de klimaatkasten geplaatst bij verschillende curing condities

OPGELOSTESTOF BIJ YACON STIJGT SPECTACULAIR NA BEWARING

Pas geoogst hebben vruchten van gember of kurkuma een opgelostestofgehalte van ongeveer 3 °Brix (Figuur 3). Na het curen is er voor gember en kurkuma een beperkte stijging (tot ongeveer 5 °Brix). Ook na bewaring (1 maand 12 °C) blijft deze waarde behouden. Yacon start op 5 °Brix en na curen stijgt deze waarde tot 7 °Brix. Na bewaring gedurende 1 maand op 12 °C blijft het opgelostestofgehalte stijgen tot meer dan 15 °Brix! Een duidelijk verschil in opgelostestof tussen de curing temperaturen is niet aantoonbaar.

ZACHTERE YACON NA CURING EN BEWARING

De hardheid wordt gemeten met universele testmachine als kracht nodig om met puntige plunjer een gaatje te prikken 2 mm diep met snelheid van 2 mm/s (gember en kurkuma) of 5 mm diep met snelheid van 5 mm/s (yacon) met load cel van 30 kg. De hardheid na het curen en ook na bewaring blijft zeker bij gember en in iets mindere mate na bewaren ook bij kurkuma behouden; bij yacon is er een significante daling zowel na curen als na bewaren (Figuur 4). We merken een sterkere daling met hogere curing temperatuur maar deze verschillen tussen de curing temperatuur zijn niet significant.

SCUFFTEST GEEFT INDICATIE OVER SCHILVASTHEID

Het schudden van gember of kurkumavruchtjes (toerental 200 gedurende 5 minuten) levert aan de hand van het gewicht van de achtergebleven stukjes schil in het schudbakje informatie over de schilvastheid. Voor yacon is deze methode niet werkbaar omdat door het schudden van de ongewassen knollen overgebleven aarde samen met sap achterblijft op de bodem van het schudbakje. Wel is het mogelijk om vruchten te schudden bij een lager toerental gedurende 5 minuten en nadien te beoordelen op schade van het schiloppervlak. Beoordeling gebeurt door het aantal vlekken te tellen.

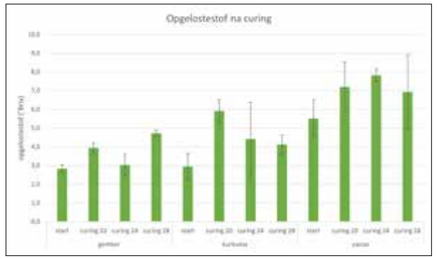
BESLUIT: BEWARING IS NOG EEN UITDAGING

Meting van gewichtsverlies, opgelostestofbepaling, hardheidsmeting en scufftest analysen geven een aanduiding van de bewaarkwaliteit van gember, kurkuma en yacon. Uit deze eerste analysen is duidelijk dat het zeker voor gember en yacon een uitdaging is om deze vruchten gedurende een langere periode van meerdere maanden kwaliteitsvol te bewaren. Curen bij een hogere relatieve luchtvochtigheid en afdekken van de vruchten zowel tijdens curen als bewaren zou een positief effect kunnen hebben. Dit moet zeker verder worden onderzocht want een hogere luchtvochtigheid bevordert het ontstaan van schimmels. Kurkuma is minder gevoelig voor vochtverlies en dit is een voordeel voor een betere houdbaarheid. Op dit ogenblik geven de verschillende curing temperaturen geen significante verschillen.

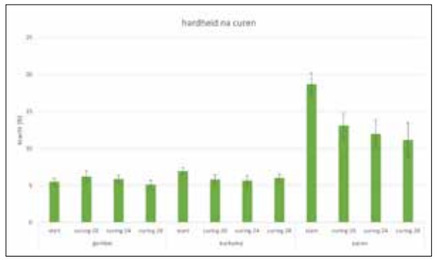
STORAGE OF INNOVATIVE CROPS

Ginger, turmeric and yacon can be grown successfully in our climate conditions. Keeping quality and storability play an important role in the success of these new crops. In order to properly store them, it is necessary that the freshly harvested product undergoes proper curing (wound healing) before being kept cool. This wound healing is necessary for the hardening of the skin. VCBT investigates the influence of curing conditions on ginger, turmeric and yacon on their quality.

Onderzoek in het kader van het project 'Slimme combinatie van teeltkeuze en technologie voor een rendabele klimaatrobuuste land- en tuinbouw', gefinancierd door de Vlaamse overheid Departement Landbouw & Visserij



Figuur 3: Het opgelostestofgehalte (gemiddelde waarde met 95 % betrouwbaarheidsinterval) na curing voor de verschillende vruchten en curing temperaturen



Figuur 4: De hardheid (gemiddelde waarde met 95 % betrouwbaarheidsinterval) na curing voor de verschillende vruchten en curing temperaturen.

WITTE KOOL
LANGER BEWAARBAAR MET 1-MCP

Sinds 2020 kunnen we een aantal groentesoorten na de oogst behandelen met een middel dat de veroudering remt. VCBT testte het middel 1-methylcyclopropeen (1-MCP) in de lange bewaring van witte kool. Na zes maanden bewaring zijn de resultaten positief.

OP WITTE KOOL PAS JE 1-MCP BEST TOE SNEL NA DE OOGST

TOELATING 1-MCP NAAR GROENTEN UITGEBREID

Fruittelers gebruiken het product 1-MCP al sinds 2005 om de rijping van appels en peren te remmen. In de groenteteelt is het middel pas op de markt sinds 2020. Daarom testte VCBT het op tal van groenten, zoals witte kool, spruitjes, paprika, tomaat, aubergine, witloof en aardbei. Niet op al deze groenten is het middel toegelaten, wel op witte kool. Op witte kool zijn de resultaten bemoedigend. Voor de toelating: raadpleeg: fytoweb.be

1-MCP REMT DE VERODERING

Elke vrucht veroudert na de oogst. Tijdens de bewaring proberen we dit verouderingsproces zoveel mogelijk te remmen om wat langer te kunnen bewaren. Ethyleen is een plantenhormoon dat de veroudering van planten versnelt. Hoewel de meeste groenten zelf erg weinig ethyleen produceren, zijn ze er wel gevoelig voor. 1-MCP, met actieve stof 1-methylcyclopropeen, is op de markt onder de commerciële naam 'Applesmart.' Het product is interessant om in te zetten tegen de effecten van ethyleen want de stof verhindert de werking ervan. We verwachten dat 1-MCP niet op alle groenten en fruit hetzelfde effect zal hebben. Niet alle producten ondervinden immers dezelfde invloed van ethyleen op de rijpings- en verouderingsprocessen.

SNEL BEHANDELEN NA DE OOGST GEEFT FRISSERE KOLEN

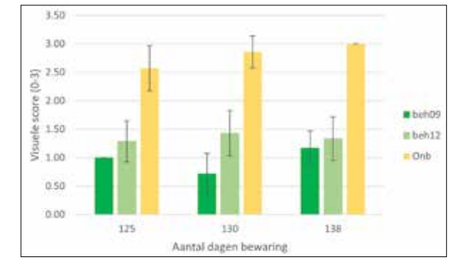
Tien bakken met witte kolen van het ras Coronet zijn geoogst op 9 oktober 2020. 1-MCP werkt het best kort na de oogst. Toch is het niet altijd mogelijk voor telers om een behandeling meteen uit te voeren. Daarom keken we ook naar het effect van de wachttijd voor behandeling. De drie verschillende behandelingen worden weergegeven in tabel 1.

TABEL 1. BEHANDELINGEN MET 1-MCP OP WITTE KOOL

BEHANDELING	DOSIS	TOEPASSINGSTIJDSTIP
1	0	/
2	650 ppb	dag van de oogst (9/10/20)
3	650 ppb	3 dagen na oogst (12/10/20)

Drie bakken zijn behandeld op de dag van de oogst, drie andere bakken zijn drie dagen later behandeld en drie bakken zijn niet behandeld. De bewaaromstandigheden waren voor alle objecten identiek: 138 dagen bij 1°C en vervolgens nog 35 dagen bij 3°C.
Nadien hebben we de kolen beoordeeld. De witte kolen werden gewogen, zowel volledig als geschoond, waarbij we het aantal afgehaalde bladeren telden bij het opschonen. Ook kleur, hardheid en frisheid van de bladeren is gemeten. Op twee verschillende manieren scoorden we de geelverkleuring van de bladeren. Enerzijds door instrumenteel te meten met een spectrofotometer en anderzijds visueel. De spectrofotometer meet de b*-waarde die van -60 tot +60 loopt: hoe geler, hoe hoger de b*-waarde. De spectrofotometerwaarden gaven duidelijk aan dat de onbehandelde kolen geler waren. Bij een visuele beoordeling van de bladeren kenden we aan de kolen een score toe volgens een schaal van 0 (= frisgroen) tot 3 (volledig rottend blad).

Figuur 1 toont de resultaten. De bladeren van de onbehandelde kolen (behandeling 1) vertonen een sterkere geelkleuring in vergelijking met de behandelde kolen (behandelingen 2 en 3). Hier blijven de bladeren groener doordat de afbraak van chlorofyl trager is. Zie ook Figuur 2.



Figuur 1: Gemiddelde geelkleuring van onbehandelde en behandelde (1-MCP) witte kolen op verschillende dagen na de oogst, op basis van visuele waarneming. 0= frisgroen blad, 3= rottend geel blad.

KOSTPRIJS: ONGEVEER 30 EURO PER TON KOOL

Applesmart is niet gratis. Je moet ook hier kosten en baten afwegen. Het middel kost je ongeveer 6€ per kubieke meter koelcel. Bij een stapeldichtheid van 200 kg/m^3 betekent dit 3 eurocent per kg kool. Het wordt goedkoper wanneer je meer tonnen kool kan behandelen per volume koelcel omdat je het product betaalt per eenheid volume koelcel.

NIET VOOR ALLE GROENTEN EEN POSITIEF RESULTAAT

VCBT deed dit onderzoek op een hele waslijst van groenten en fruit. Voor kolen pakte de behandeling met 1-MCP goed uit. De kolen waren opvallend groener na bewaring en uitstalling. Het beste effect bereik je wanneer je de toepassing zo kort mogelijk na de oogst uitvoert. De kolen zijn dan best wel al gekoeld. Er waren ook minder duidelijke of zelfs onbestaande effecten. Op paprika zagen we bijvoorbeeld geen effect.

WHITE CABBAGE CAN BE KEPT LONGER WITH 1-MCP

Since 2020, 1-MCP has a registration for the treatment of a number of vegetables after harvesting with an agent that inhibits aging. VCBT tested the active ingredient 1-methylcyclopropene (1-MCP) in the long storage of white cabbage. After six months of storage, the results are positive. Treated cabbages remain fresher and greener. We tested 1-MCP also on other vegetables with variable success. For example on bell pepper no effect was observed.

Figuur 2: Witte kolen na 138 dagen bewaring . Van links naar rechts: onbehandeld, behandeld op 09/10/20 en behandeld op 12/10/20.

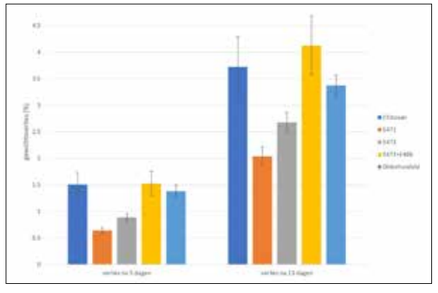
TOEPASSING VAN COATINGS OP GROENTEN

Een betere bewaarkwaliteit, langere houdbaarheid en minder voedselverspilling dat beloven eetbare coatings. Gecoate vruchten met een niet eetbare schil zoals avocado's zijn in de supermarkt al een realiteit. Hebben coatings ook potentieel om de houdbaarheid van tomaten en paprika's te verbeteren? VCBT onderzocht het effect van enkele eetbare coatings op het gewichtsverlies, de hardheids- en kleurverandering tijdens de bewaring van tomaat en van groene paprika.

VEEL COATINGS OP DE MARKT, MAAR WEINIG ZIJN TOEGELATEN IN BELGIË

HOE WERKEN COATINGS EN WELKE PRODUCTEN ZIJN OP DE MARKT?

Coatings vormen een laagje rond de vrucht. Ze hebben impact op het verouderingsgedrag want ze beïnvloeden de vocht- en gasuitwisseling tussen vrucht en omgeving. De bijkomende barrière tussen vrucht en omgeving kan het kwaliteitsverlies en bederf beperken. Wanneer je in België coatings op vruchten toepast, moeten deze een toelating (E-nummer) hebben, want alleen toegelaten additieven mogen worden gebruikt. De Europese verordening EC 1333/2008 vormt het wettelijk kader en bijlage 2 vermeldt de toegelaten additieven (Tabel 1). Op vruchtgroenten, zoals tomaat en paprika, zijn E473 en E474 toegelaten. Producten op basis van E471 (mono- en diglyceriden van vetzuren), E473 (sucrose esters van vetzuren), E473+ E466 (sucrose esters van vetzuren en carboxymethylcellulose) en chitosan werden door VCBT op kleine schaal uitgetest op groenten van eigen bodem. Niet alles wat getest werd is momenteel wettelijk toegelaten in Belgie (zie Tabel 1)



Figuur 1: Gewichtsverlies bij tomaat (bewaring bij 18 °C) voor de verschillende coatings.

TOMATEN MET COATING VAN E471 OF E473 VERLIEZEN MINDER VOCHT

Tomaten (Rebelski) werden na de oogst manueel gecoat (via dippen) met E471, E473, E473+E466 of chitosan. Na het opdrogen van de coating werden deze vruchten samen met de onbehandelde tomaten 13 dagen bewaard op 18 °C. Gewichtsverlies, hardheid, kleurverandering en opgelostestofgehalte werden bepaald.

Figuur 1 toont de resultaten van de gewichtsverandering voor de verschillende behandelingen na 5 dagen en na 13 dagen. Coaten van tomaten met E471 of E473 geeft significant minder gewichtsverlies ten opzichte van onbehandelde tomaten. Tomaten gecoat met E471 waren na 13 dagen ook iets harder dan de overige tomaten, maar het verschil was niet significant. Op het vlak van kleur en opgelostestofgehalte werden na het coaten geen significante verschillen vastgesteld.

PAPRIKA'S LANGER GROEN NA COATING MET CHITOSAN OF E473 EN E466

Ook groene paprika's (Mavera) kregen na de oogst manueel via dipping een extra coatinglaagje met E471, E473, E473+E466 of chitosan. Na het opdrogen van de coating werden deze vruchten samen met de onbehandelde groene paprika's 17 dagen op 18 °C bewaard. Gewichtsverlies, hardheid, kleurverandering en opgelostestofgehalte werden bepaald. Het coaten van groene paprika met chitosan of E473 en E466 zorgde voor een beter behoud van de groene kleur. Figuur 2 toont de evolutie van a-waarde in de kleurmetingen voor de verschillende behandelingen, hoe groter en negatiever de a-waarde, hoe groener de kleur van de paprika. Een laagje chitosan of suikerester met carboxymethylcellulose (E473+E466) rond de paprika vertraagt de kleuromslag van groen naar oranje. Significante verschillen in hardheid, opgelostestofgehalte of gewichtsverlies werden door het toepassen van een coating niet vastgesteld.

TABEL 1. TOEGELATEN ADDITIEVEN ALS COATING OP ONBEWERKTE VERSE VRUCHTEN

COMPONENT	E-NUMMER	TOEGELATEN OP
Bijenwas	E901	citrusvruchten – meloenen - appelen – peren - perziken – ananas - bananen – mango's - avocado's – granaatappels
Candelilla was	E902	citrusvruchten – meloenen - appelen – peren - perziken – ananas
Carnauba was (1)	E903	citrusvruchten – meloenen - appelen – peren - perziken – ananas - granaatappels – mango's - avocado's – papaja's
Schellak	E904	citrusvruchten – meloenen - appelen – peren - perziken – ananas - granaatappels – mango's - avocado's – papaja's
Mono- en diglyceriden van vetzuren	E471	citrusvruchten – meloenen - ananas – bananen - papaja's – mango's - avocado's - granaatappels
Sucrose esters van vetzuren	E473	alle vruchten
Sucroglyceriden	E474	alle vruchten

(1) Maximale toepassing = 200 mg/kg enkel voor oppervlakte behandeling van fruit

APPLICATION OF COATINGS ON VEGETABLES

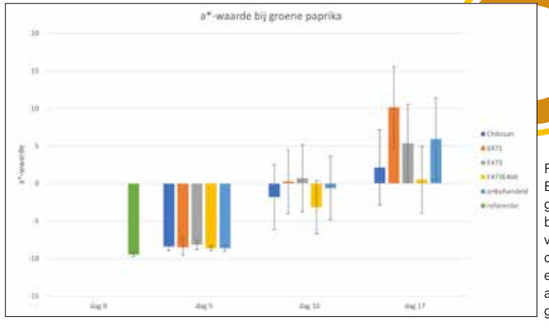
Tomatoes coated with monoglycerides of fatty acids (E471) or sucrose esters (E473) lose less moisture during storage than the untreated fruit. Green (bell) peppers coated with a layer of chitosan or sugar esters (E473) retain their color better than untreated ones. Yet we will not find these coated fruits on the shelf so soon because every coating requires the necessary (European) permission for use and suitable equipment is required for applying the coating.

GOEDE COATINGTECHNIEK IS BELANGRIJK

De uitgevoerde laboratoriumtesten tonen een betere houdbaarheid voor gecoate tomaten of paprika's in vergelijking met de niet behandelde vruchten. Toch blijft bijkomend onderzoek nodig naar geschikte behandelapparatuur want het correct aanbrengen van het eetbare laagje op de kwetsbare vruchten vergt de nodige aandacht in de praktijk. Voor sommige toepassingen wordt de coating over het product gespoten, voor andere toepassingen moet het product worden gedompeld. Verder onderzoek is nodig om uit te testen welke spuitkoppen, droogtijd en ventilatoren best worden toegepast.

TWIJFELS BIJ CONSUMENT OVER COATINGS

Uit een enquête blijkt dat de consument interesse heeft in het verlengen van de bewaartijd en het verbeteren van de kwaliteit van verse groenten en fruit. Maar ongeveer de helft twijfelt om gecoate vruchten te eten en slechts 16 % van de ondervraagden is bereid om meer te betalen voor gecoate vruchten. Appels, tomaten en komkommer genieten de voorkeur om met een eetbare coating te worden aangekocht.



Figuur 2: Evolutie van de groene kleur bij bewaring van paprika voor de verschillende coatings (hoe groter en negatiever de a-waarde, hoe groener de paprika)

VERBETERDE HAGELANDSE PEREN

Veel boomgaarden in het Hageland zijn uitgerust met druppelirrigatie. Door de vaak lichtere bodemtextuur is irrigatie dikwijls nodig om voldoende opbrengst en vruchtmaat te realiseren. Met de focus op productie en vruchtmaat durven fruittelers irrigatie en fertigatie ook vaak in te zetten onder het motto 'hoe meer hoe beter'. Toch kan een overmatige watergift ook tot kwaliteits- en bewaarproblemen leiden bij bepaalde perenrassen. De timing van de watergift blijkt bij deze rassen belangrijk te zijn voor de bewaarkwaliteit. Watergift op de verkeerde momenten leidt in bepaalde experimenten tot inwendig bruin in de bewaring .

MINDER WATERGIFT LEIDT TOT KLEINERE VRUCHTMAAT BIJ CONFERENCE

DIFFERENTIATIE IN IRRIGATIE OP DROOGTEGEVOELIG PERCEEL

In deze proef kozen we voor één proefperceel in het Hageland met een typisch zandleem profiel. OP het perceel liggen drie irrigatieschema's in vier herhalingen, waarbij vooral de timing van het watergeven verschilt. We leggen hier de nadruk op de bodemvochtdynamiek (Figuur 1) en de evolutie van de stamwaterpotentiaal. De opbrengst, met aandacht voor de vruchtmaat, en de kwaliteit bij de oogst werd bepaald. Binnenkort zullen we de bewaarkwaliteit beoordelen.

NATTE SEIZOEN: AANPASSING PROEFOPZET

De irrigatiesturing gebeurt in functie van volgende periodes:

- F1 (april - 6 weken na volle bloei)
- F2 (6 weken na volle bloei tot afsluiten van de scheuten)
- F3 (diktegroei van de vruchten tot oogst)

De proefopzet voorzag een variatie in irrigatie tijdens deze fases. Initieel werd vooropgesteld om vanaf 6 weken na de bloei in irrigatie te variëren. Eén object zou bedruppeld worden volgens advies, terwijl de overige objecten geen water of maar 75 % van het advies zouden krijgen. Door de vele regen hebben we de objecten opnieuw gedefinieerd (Tabel 1).

TABEL 1. OORSPRONKELIJK GEPLANDE EN AANGEPASTE IRRIGATIESCHEMA PER PERIODE (F1-F2-F3)

BEHANDELING	OORSPRONKELIJK GEPLANDE WATERGIFT	AANGEPASTE UITGEVOERDE WATERGIFT
1	advies-advies-advies	irrigatie volgens praktijk
2	advies-0-0	geen irrigatie tot oogst
3	advies-75% advies-75% advies	geen irrigatie tot start vruchtdikking (31/7)

Zelfs deze aanpassingen leidden niet tot verschillen in droogtestress tussen de verschillende plots. Dit konden we zien in de metingen van de bodemvochtstalen en stamwaterpotentiaal.

OPBRENGST EN SORTERING

Voor de opbrengstbepaling plukten we per plot 2 bomen op 13 september. Over de volledige proef varieerde de opbrengst van 13.6 kg/boom tot 30.16 kg/boom. De gelijke vochttoestand en vergelijkbare stamwaterpotentiaal leidde tot niet-significant verschillende opbrengsten. De verschillen tussen de herhalingen waren doorgaans groter dan de verschillen tussen de objecten (Tabel 2).

TABEL 2. OPBRENGSTRESULTATEN PER BOOM, TOTALE OPBRENGST EN OPBRENGST +65 MM (KG/BOOM)

OBJECT	OPBRENGST (KG/BOOM)	
	TOTAAL	+65MM
Praktijk	21,59	12,80
Geen irrigatie	24,66	12,75
Geen irrigatie tot 31/7	20,48	9,69
p-waarde*	0.60	0.22

*Niet-parametrische Kruskal-Wallis test

BESLUIT: 2021 JAAR MET GOEDE MAAT

De weersomstandigheden van 2021 bemoeilijkten de proefopzet. We zien geen verschillen in bodemvochttoestand of stamwaterpotentiaal. Toch resulteren lagere bodemvochtgehaltes in een lagere of meer negatieve stamwaterpotentiaal. Deze op zijn beurt kunnen we correleren met een kleinere vruchtmaat.

Deze resultaten vinden bevestiging in de algemeen goede vruchtmaat van 2021. De regelmatige en soms overvloedige regen zorgde voor een hoger bodemvochtgehalte, een minder negatieve stamwaterpotentiaal en een betere maatsortering.

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. In 2021 different irrigation schemes were used where the timing of irrigation varied. New pear cultivars seem to be sensitive for internal browning during storage when they are irrigated too late in the growing season. Due to the wet season only small effects were observed.

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

Figuur 1: Kaolinbak gevuld met ongestoorde bodemmonsters (links), lage en hoge drukpers (rechts boven en rechts onder).
Foto ©Bodemkundige Dienst België

UNIFORME KWALITEIT

VAN TOMAAT DOORHEEN HET TEELTSEIZOEN

In het Taromaat project streven we naar een uniforme smaak en kwaliteit van tomaat doorheen het jaar. Doel is om met alle verzamelde proefdata een smaakmodel op te stellen. Hiervoor bestudeerden we al enkele jaren de effecten van individuele éénmalige of dynamische teeltmaatregelen. Eerder bleek al dat het toepassen van teeltmaatregelen erg subtiele effecten geeft. In 2021 focusten we op gecombineerde teeltmaatregelen en smaak na de oogst.

WE KUNNEN NU CULTIVARS SCREENEN OP SAPPIGHEID

RAS BEPAALT IN BELANGRIJKE MATE DE SMAAK

In het Taromaat project willen we inzicht krijgen in de factoren die een effect hebben op smaak. Zo brengen we de variabiliteit in smaak en kwaliteit doorheen het jaar en binnen een segment in kaart. De toegepaste teelttechnieken, zoals verschillende watergift of belichting of een verhoging van CO_2-gehalte in de serre kunnen al dan niet een effect hebben op de kwaliteit en smaak van tomaten. In de voorbije jaren zagen we dat de effecten van de teelttechnieken ook erg afhangen van de rassenkeuze. Teelttechnieken kunnen ook een verschillend effect hebben binnen het teeltseizoen.

SMAAKMODEL STEUNT OP AROMA- EN KWALITEITSMETINGEN

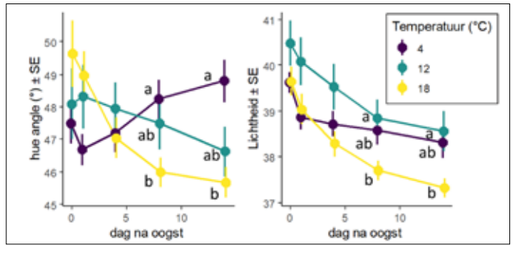
Smaak staat centraal in dit project. Een belangrijk onderdeel van smaak is aroma. Dit is het geheel van vluchtige componenten dat we waarnemen met onze neus. Om de variatie in het tomatenaroma te bestuderen gebruiken we een SIFT-MS (Selected Ion Flow Tube Massa Spectrometrie). (Figuur 1). De smaak van een tomaat is het resultaat van de interactie tussen het aroma en andere componenten zoals suikers en zuren die we waarnemen in onze mond. VCBT meet daarom ook het opgelostestofgehalte en de zuurheid. Ook metingen zoals de hardheid en de kleur geven ons meer informatie over de kwaliteit na oogst. Samen met data afkomstig van een smaakpanel zal een smaakmodel worden opgesteld.

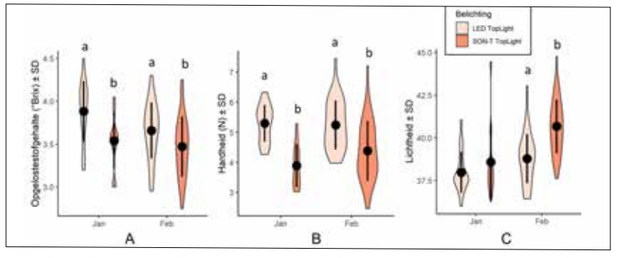
Figuur 1: Het SIFT-MS toestel is aangesloten zodat het de headspace van een tomatensapje kan opmeten.

KLEINE EFFECTEN VAN BELICHTING OP KWALITEIT

Je kan de smaak van tomaat beïnvloeden door teelttechnieken in de serre. In 2019 en 2020 werden een hele reeks aan dynamische en éénmalige teelttechnieken getest. In 2021 lag er nog een belichtingsproef op Proefcentrum Hoogstraten. De planten groeiden onder LED TopLight of SON-T Toplight. De oogst van de vruchten ervan viel in januari en februari. We zien zeer kleine verschillen in opgelostestofgehalte tussen LED en SON-T TopLight (Figuur 2A). De vruchten onder LED TopLight zijn steviger dan de vruchten onder SON-T TopLight (Figuur 2B). Terwijl we het effect van de belichting zien op beide analysemomenten, is het effect van de belichting op de kleur van de vruchten beperkt. Enkel in februari is er een verschil in de lichtheid tussen de LED en SON-T TopLight (Figuur 2C).

Figuur 3:
De gemiddelde hue en lichtheid van Foundation tomaten bij verschillende bewaartemperatuur zijn weergegeven met de standaard error. De hue angle (°): hoe hoger hoe meer oranje een tomaat. De lichtheid (schaal 1-100): hoe hoger hoe lichter een tomaat. Significante verschillen tussen de bewaartemperaturen op een bepaald tijdstip hebben verschillende letters.





Figuur 2: Significante verschillen van de belichtingsproef met (A) het gemiddelde opgelostestofgehalte, (B) de stevigheid en (C) de lichtheid onder LED en SON-T TopLight. De vioolplot geeft de spreiding van de data weer. Het punt is het gemiddelde en de zwarte lijnen de standaarddeviatie van de data. Significante verschillen hebben een andere letter.

GEEN INTERACTIE BIJ GECOMBINEERDE TEELTMAATREGELEN

Om te kijken of smaak verder te sturen is met de combinatie van teelttechnieken lag er een proef waarin een hoge en lage EC behandeling werd gecombineerd met drie verschillende onderstammen (DR 0141 TX, Emperador en Arnold). Voor de kwaliteitsmetingen op VCBT zagen we geen interactie tussen het aanleggen van verschillende EC en de keuze voor een bepaalde onderstam. Over het algemeen heeft de EC een groter effect op de kwaliteitskenmerken na oogst dan het gebruik van een verschillende onderstammen.

TEMPERATUUR NA OOGST BEPAALT EINDKLEUR

Eind 2020 lag een bewaarproef op twee cultivars, Foundation en Prunus. We bewaarden de tomaten bij drie temperaturen (4°C, 12°C en 18°C) gedurende 14 dagen. Lage en hoge temperaturen kunnen respectievelijk een verlies of ontwikkeling aan aromaverlies in de hand werken. VCBT volgde de ontwikkeling van de stevigheid, de kleur, het opgelostestofgehalte en de zuurheid gedurende 14 dagen na de oogst. De stevigheid van de vruchten nam zoals te verwachten af voor beide cultivars af. De tomaten bij verschillende temperaturen bleven even stevig. Ook zagen we geen uitgesproken verschillen tussen de bewaartemperaturen voor het opgelostestofgehalte en de zuurheid tijdens de bewaring. Dit heeft vermoedelijk te maken met de bemonstering vermits er voor deze destructieve metingen steeds andere tomaten dienden te worden gebruikt. Er waren wel verschillen in kleur en dit zowel voor Foundation als Prunus. Naargelang de bewaartemperatuur, verandert de kleurontwikkeling tijdens de bewaring. Dit effect is duidelijker te zien op het eind van de bewaring. Tomaten bewaard bij 18°C volgen een normaal patroon en worden meer donkerrood. Tomaten van de cultivar Foundation worden meer oranje en worden minder donker tijdens de bewaring bij een lagere temperatuur (Figuur 3). Tomaten van de cultivar Prunus behouden eerder hun meer oranje kleur bij 4°C. Deze kleurverschillen zijn wellicht te wijten aan koudeschade.

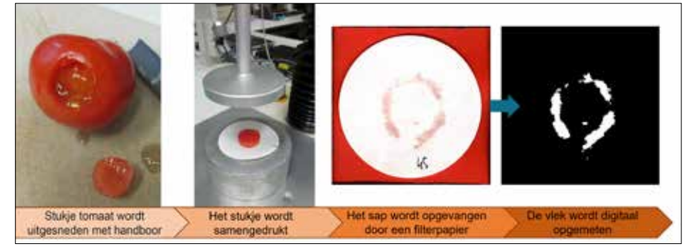
NIEUWE METING VOOR SAPPIGHEID

De sappigheid kan de smaakbeleving van het eten van een tomaat beïnvloeden. Vlezige en sappige tomaten hebben immers een ander mondgevoel. Daarom werd er op vraag van de begeleidingsgroep onderzocht of dit objectief kan worden gemeten. Een methode vinden voor de hele tomaat is moeilijk. We konden wel een methode uitwerken waarbij enkel het pericarp (de buitenste wand van de tomaat) wordt bemonsterd (Figuur 4). Hiervoor boor je een cirkelvormig stukje tomatenweefsel uit de tomaat met een handboor. Daarna wordt dit weefselstukje samengedrukt over een bepaalde afstand. Het sap dat daardoor uit het stukje tomaat komt, vangen we op door een filterpapier. Na scanning van het filterpapier en oppervlakteberekening van de vlek kunnen we dan een hoeveelheid sap berekenen. Hiervoor werkten we al de kalibratiecurve uit. Verder zullen we in 2022 ook kijken of er eventuele cultivarverschillen zijn en op welke meetdatum we deze verschillen het best kunnen vaststellen.

TAROMAAT – TO A MORE UNIFORM QUALITY OF TOMATO DURING THE ENTIRE SEASON

The goal of the TarOMAAT project is 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. Small differences were found in a lighting trial. Combination trials were set up to assess interactions between treatments of plants with different EC and rootstocks. No interaction was found. Individual effects of EC were greater than differences due to rootstock. A storage trial showed differences in colour when tomatoes were stored at 4°C. A method to measure the amount of juice in the pericarp of the fruit is under development.

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.



Figuur 4: VCBT ontwikkelde een sappigheidsmeting voor tomaat

SEGMENTATIEONDERZOEK TOMAAT

Elk jaar testen we in het segmentatieonderzoek een groot aantal nieuwe rassen. Zo proberen we verbeterde rassen te identificeren voor het Flandria-keurmerk. Dit onderzoek werd uitgevoerd voor zowel de belichte als onbelichte doorteelt voor de segmenten Baron, Prince, Princess en Elite. VCBT volgt de kwaliteitseigenschappen na de oogst op, met instrumentele vruchtkwaliteitsmetingen binnen de ISO 17025 accreditatie. Wanneer een nieuw ras aan de kwaliteitseisen van het Flandria-lastenboek, voldoet kan het tot het segment worden toegevoegd.

EEN TOMAAT MET EEN LAGERE PRIKSCORE IS GEVOELIGER VOOR SCHADE NA DE OOGST

ISO 17025 GEACCREDITEERDE KWALITEITSMETINGEN

De kwaliteit en houdbaarheid van tomaten uit zowel belichte als onbelichte teelt wordt vijf keer per jaar beoordeeld. Voor de belichte teelt doen we dit van januari tot juli, voor de onbelichte van april tot september. De pas geoogste tomaten worden uitgestald voor 10 dagen bij 18°C en 80% relatieve vochtigheid. Tijdens deze bewaarperiode worden een aantal objectieve, instrumentele kwaliteitsmetingen uitgevoerd, zoals de bepaling van de prikschadegevoeligheid, het opgelostestofgehalte, de stevigheid en de kleur van de vruchten. VCBT is voor deze metingen geaccrediteerd conform ISO17025 (cert.nr. TEST225). Dit garandeert technisch betrouwbare analyseresultaten. Per segment wordt er gekeken naar verschillen in de naoogstkwaliteit van de rassen en welke rassen beter presteren.

PRIKSCORE METEN MET SCHUDDER

Tijdens het oogstproces, de sortering, het transport of bij de consument kunnen tomaten schade oplopen. De prikschadegevoeligheid is een belangrijke parameter die weergeeft hoe goed een ras deze handelingen kan weerstaan. Prikschade meten we voor losse tomaten en op de eerste dag na de oogst. 24 onbeschadigde vruchten met kroon worden geselecteerd. Die tomaten worden per 6 in een EPS-kist geplaatst die is vastgemaakt aan een elektrische schudder. Deze schudt de tomaten met een snelheid van 200 bewegingen per minuut en een amplitude van 8 centimeter gedurende 5 minuten. Daarna worden het aantal prikjes per tomaat geteld. Met het aantal prikjes wordt een prikscore berekend. Hoe hoger het aantal prikjes, hoe lager een tomatenras scoort voor de prikscore en hoe minder deze tomaat bestand is tegen schade na de oogst.

OPGELOSTESTOFGEHALTE ALS MAAT VOOR ZOETHEID

Het opgelostestofgehalte is het geheel van opgeloste suikers, maar ook een hoeveelheid zuren en zouten en wordt gemeten in °Brix. Algemeen kan je zeggen dat een tomaat met een hoger opgelostestofgehalte ook zoeter zal zijn. Het opgelostestofgehalte van een tomaat is dus erg belangrijk voor de smaak van een tomaat. We meten het opgelostestofgehalte op dag 3 en dag 10 na de oogst door enkele druppels tomatensap op te meten met een refractometer.

IDEALE TOMAAT IS NIET TÉ HARD OF TÉ ZACHT

De stevigheid van een tomaat neemt in het algemeen af na de oogst. Het is belangrijk dat de tomaten voldoende stevig blijven. Toch mogen tomaten ook niet te stevig of te zacht zijn net na de oogst. De stevigheid van de verschillende rassen wordt daarom op dag 3 en dag 10 na de oogst gemeten. We meten de stevigheid met een textuurmeter met een plunjer met een 3,5 mm plunjer die de vrucht samendrukt over een afstand van 2 mm en een snelheid van 2 mm/s (Figuur 1). 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.

Figuur 1: Meting van stevigheid van tomaat met een textuurmeter.

KLEURMETING OOK OP HELE KISTEN

Twintig tomaten per ras worden bemonsterd met een spectrofotometer (Figuur 2) op het eind van de bewaarproef (dag 10). De spectrofotometer stelt de kleur objectief vast aan de hand van twee waarden: de hue angle en de helderheid.. De hue angle geeft aan de hand van graden een 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. Vermits we bij VCBT steeds op zoek zijn naar betere en snellere methoden werd er geïnvesteerd in een kleurenkast (Colourlab). Dit is een toestel dat de kleur van de vruchten kan meten op het niveau van een volledige kist. Hierdoor verlopen de metingen sneller. Het afgelopen jaar zijn er heel wat dubbele metingen verzameld met zowel de spectrofotometer als de Colourlab om deze laatste te valideren.

TABEL 1. RASSENLIJST FLANDRIA VOOR 2022 (NIET-BELICHTE TEELT)

	LOSSE TOMATEN		TROSTOMATEN	
SEGMENT	PRINCE	BARON	ELITE	PRINCESS
Toegelaten rassen	Admiro Ebrando Kanavaro Mattinaro	Buvena Rebelski	Bronsino Foundation Speedax Xandor	Marinice Xaverius HTL 1709405*
Op te volgen proefrassen**	HA 27478 HTL 1804362		HTL 1804289 NUN 09325	

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

NIEUWE RASSEN VOOR 2022

Voor zowel de belichte als onbelichte doorteelt werden er 22 rassen getest voor de verschillende Flandria-segmenten. 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. Voor het prince segment verdween het ras Epundo uit de lijst. Nieuwe proefrassen zijn HTL 1804362 en HA 27478 voor het Prince segment, HTL 1804289 en NUN 09325 voor het Elite segment. Deze nieuwe proefrassen kunnen telers op beperkt areaal aanplanten.

Figuur 2: Kleurmeting tomaat met spectrofotometer.

TOMATO SEGMENTATION RESEARCH

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

Dit onderzoek valt binnen de basisfinaciering door Vlaanderen, Departement Landbouw en Visserij (Vlaamse Overheid) en het Verbond van (VBT) en de provincie Vlaams-Brabant.

KWALITEIT NIEUWE PAPRIKARASSEN

Binnen het gebruikswaardeonderzoek paprika doet VCBT het onderdeel vruchtkwaliteit na de oogst. In 2021 beoordeelden we groene, gele en rode paprika's. Hierbij keken we naar de stevigheid, het opgelostestofgehalte en de kleur van de vruchten van 18 verschillende rassen. Een systeem van KO-criteria dient om op basis van alle verzamelde data nieuwe rassen te identificeren. Als een nieuw ras beter presteert dan een referentieras kan het zo worden toegelaten tot de rassenlijst van het volgende teeltseizoen.

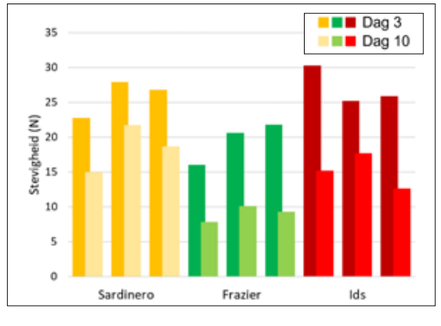
RASSEN DIE VOLDOEN AAN DE KO-CRITERIA KUNNEN TOEGELATEN WORDEN VOOR HET FLANDRIAKEURMERK

INSTRUMENTELE VRUCHTKWALITEITSMETINGEN VOLGENS ISO 17025 OP HET VCBT

In 2021 hebben we zeven rode rassen, vijf gele rassen en zes groene rassen paprika's getest. De oogst van deze paprika's loopt van eind maart tot november. Tijdens het begin, midden en op het eind van de teelt brengen de proeftuinen paprika's naar VCBT. Hier volgt een uitstalling van tien dagen bij 18°C en 80% relatieve vochtigheid. Gedurende die tijd voeren we een aantal instrumentele kwaliteitsmetingen uit zoals de metingen van de stevigheid, het opgelostestofgehalte en de kleur. Voor deze instrumentale vruchtkwaliteitsmetingen is het VCBT geaccrediteerd volgens ISO 17025, dit garandeert technisch objectieve analyseresultaten.

RODE EN GELE PAPRIKA'S ZIJN STEVIGER DAN GROENE

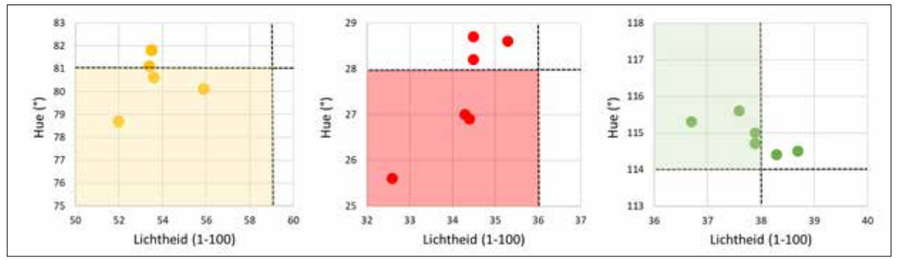
Een consument wil graag een paprika die zijn stevigheid voldoende kan behouden, maar de vruchten mogen natuurlijk ook niet te stevig zijn. Hiervoor meten we de aangeleverde vruchten op de derde en tiende dag van uitstalling. Per ras meten we tien paprika's driemaal met een textuurmeter ter hoogte van de evenaar. De textuurmeter is voorzien van een parallelle plaat waarmee de vrucht samengedrukt wordt over een afstand van 5 mm aan een snelheid van 10 mm/s. De resultaten van deze metingen worden uitgedrukt in Newton. Figuur 1 geeft de stevigheid weer van de referentierassen tijdens het teeltseizoen 2021. De rode en gele paprika's zijn over het algemeen iets steviger in vergelijking met de groene paprika's.



Figuur 1: De stevigheid van de rode en gele referentierassen tijdens het teeltseizoen van 2021 ligt net iets hoger dan de stevigheid van het groene referentieras. Dit is het geval voor zowel dag 3 als dag 10.

OPGELOSTESTOFGEHALTE IN 2021 LAGER VOOR GELE RASSEN

Het opgelostestofgehalte is belangrijk voor de smaak van de paprika's want het is een maat voor de suikers, zuren en opgeloste zouten in het sap van de paprika's. Het opgelostestofgehalte van een ras bepalen we door tien paprika's op te meten, zowel op dag 3 als dag 10. Per paprika snijden we drie cilindervormige stukjes uit met een handboor op de evenaar van de vrucht. Het sap dat we uit die stukjes drukken meten we op de digitale refractometer. Een minimum van 6 °Brix valt te verwachten voor gele en rode paprika's. Groene paprika's zijn minder rijp en hebben daarom een opgelostestofgehalte van ongeveer 4 °Brix. Op dag 3 lag het gemiddelde opgelostestofgehalte van de groene paprikarassen over het gehele seizoen tussen 3.8 °Brix en 4.2 °Brix. Het opgelostestofgehalte van de rode en gele paprika's ligt dan weer rond 6 °Brix. Het afgelopen teeltseizoen zagen we lagere waarden voor de gele rassen nl. een range van 5.1 tot 5.9 °Brix op dag 3 en 5.2 tot 5.9 °Brix op dag 10. Voor de rode rassen lag het gemiddeld opgelostestofgehalte dan weer iets hoger, nl. tussen 6.0 tot 6.5 °Brix op dag 3 en 6.1 °Brix tot 6.4 °Brix op dag 10.



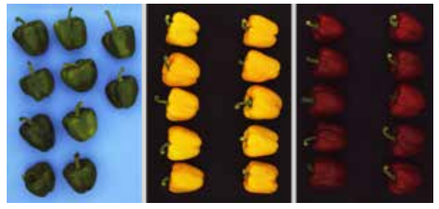
Figuur 2: De gemiddelde kleur overheen het teeltseizoen voor de verschillende rassen in de proef per paprikakleur. De horizontale en verticale lijnen geven de KO-grenzen weer. Buiten de grens voldoet het ras niet aan het Flandria keurmerk.

KLEUR METEN PER VRUCHT MET SPECTROFOTOMETER

De kleur van de gele en rode paprika's meten we op dag 10 gemeten met een spectrofotometer. De groene paprika's worden gemeten op dag 3. Van elk ras meten we tien paprika's vijf maal 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, gele en groene paprika's hebben respectievelijk een hue-waarde van 25-30°, 75-80° en 115-118°. Lagere hue-waarden zijn over het algemeen beter, maar de paprika's mogen uiteraard ook niet te donker zijn. De helderheid geeft de licht- of donkerheid weer van een kleur en loopt van 0 (donker/zwart) tot 100 (licht/wit). Figuur 2 geeft de gemiddelde waarden voor de kleur weer overheen het seizoen en per paprikakleur.

KLEUR METEN PER KIST MET KLEURENKAST

VCBT investeerde in een kleurenkast (Colourlab). Dit toestel kan de kleur van vruchten op het niveau van een hele kist onder gestandaardiseerde lichtomstandigheden met een speciale camera voor kleurbepalingen. Zo kunnen we de kleur voor de hele vrucht gemakkelijk meten in plaats van puntsgewijs te meten. Het toestel maakt een foto van de paprika's (Figuur 3), waaruit de hue en lichtheid kunnen worden bepaald. Onderzoek om dit op de juiste manier te doen loopt momenteel nog. Het afgelopen jaar hebben we op de spectrofotometer en de kleurenkast dubbele metingen verzameld om het Colourlab toestel te valideren ten opzichte van de spectrofotometer. Werk dat nog niet is afgerond...



Figuur 3: De kleurenkast (Colourlab) neemt foto's van een batch paprika's onder gecontroleerde lichtomstandigheden. De foto's tonen de referentierassen Frazier (groen), Sardinero (geel) en Ids (rood).

NIEUWE RASSEN VOOR 2021

Een systeem van 'Knock Out' (KO) criteria wordt gebruikt om te beslissen of een ras al dan niet wordt toegelaten voor teelt onder het Flandria-keurmerk. Belangrijke parameters opgenomen in het systeem zijn bijvoorbeeld productie, kleur, hardheid, de aanwezigheid van scheurtjes, vorm, smaak en het oordeel van de keurders. Onderzoekers en kwaliteitsverantwoordelijken van de veilingen leggen de minimale scores vast. Rassen die voldoen aan de KO-criteria kunnen worden toegevoegd aan de rassenlijst (Tabel 1). Voor het teeltseizoen 2022 verdween het ras Maurena bij de rode en Atalante en Morbidelli bij de gele rassen. Bij de groene rassen valt Barkley weg onder het Flandria-keurmerk. Het gele ras Solaste, komt er bij als proefras. Ook bij groen komt er één ras als toegelaten ras en één ras als nieuw aan te vragen ras bij, namelijk Raymond en PR10.0215.

TABEL 1. RASSENLIJST VOOR TEELTSEIZOEN 2022

KLEUR	ROOD	GEEL	GROEN
TOEGELATEN RASSEN	Gina	Agostini	Frazier
	Hayden	Allrounder	Pursuit
	Ids	Gialte	Raymond (E20B.0385)
	Maduro	Sardinero	
	Maranello	Morbidelli	
	Mavera		
NIEUWE RASSEN aan te vragen		Solaste (E20B.0375)	PR10.0215

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 production and quality attributes. 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 that comply with knock-out criteria are allowed to be commercialised under the Flandria quality label. VCBT has started to assess the use of a colour cabinet to measure the colour of the bell peppers in 2021. A new method is under development.

Dit onderzoek wordt gefinancierd door de Lava-veilingen.

KWALITEITS-SYSTEMEN OP VCBT

Het laboratorium van VCBT is een geaccrediteerd laboratorium en voldoet aan de norm ISO 17025:2017. Deze norm beschrijft de eisen voor een kwaliteitsmanagementsysteem voor laboratoria, zowel op organisatorisch als technisch gebied. De accreditatiescope omvat de uitvoering van routinematige kwaliteitsanalyses bij appelen, peren, tomaten en witloof. In 2021 finaliseerden we het validatiewerk voor een nieuwe analysemethode voor drogestofbepaling bij appel en peer. Digitalisatie en automatisatie van de traceerbaarheid van stalen is volop in ontwikkeling. De GEP-erkenning bleef doorlopen in 2021.

Figuur 1: Schijfjes peer klaar om in de droogoven te gaan.

UITBREIDING VAN DE VCBT SCOPE MET DE DROGESTOFMETING IS GEPLAND VOOR 2022

SCOPE

Het toepassingsgebied van de accreditatie staat 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	Opgelostestof-gehalte	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	Appel - Peren - Tomaten - Paprika - Snijvlak van witloof	Kleur	Obtaining spectrometric data for object-color evaluation (ASTM E1164-12 + ASTM E 1331-15)
MET005	Fruit – groenten	Afmeting - 150 mm	Eigen methode
MET006	Fruit – groenten	Gewicht - 12 kg	Eigen methode
MET007	Appelen 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-gevoelig-heid bij tomaten	Measurement of puncture injury susceptibility of tomatoes. PhD-thesis Michèle Desmet, Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen, KU Leuven (2003).

UITBREIDING SCOPE MET DROGESTOFGEHALTE

In het voorjaar van 2022 staat een uitbreiding van onze accreditatiescope op de agenda. Hiervoor rondden we het validatiewerk af voor een nieuwe analysemethode die het drogestofgehalte bepaalt in hardfruit. Validatieparameters zoals juistheid, reproduceerbaarheid en herhaalbaarheid werden bepaald. Op verschillende niveaus bouwden we kwaliteitscontroles in. Verder kalibreerden we terdege de temperatuur in de droogoven en namen we de nodige berekeningen onder de loep. Tenslotte kregen alle laboratoriumtechnologen een training om de methode accuraat te kunnen uitvoeren. De methode is gebaseerd op gravimetrie wat wil zeggen dat we het gewicht van vruchtschijfjes gaan bepalen voor en na het drogen (Figuur 1), waaruit dan het drogestofgehalte kan berekend worden.

OPTIMALISATIE VAN ETHYLEENMETING

In 2020 kocht VCBT een nieuwe compact-GC voor snelle en accurate gasanalyes. Zowel de ademhalingsgassen, de ethyleen- als de 1-MCP-concentratie kunnen we hiermee bepalen in luchtstalen. In 2021 onderzochten we uitvoerig het staalnameprotocol voor het bepalen van de ethyleenproductie van appel en peer. De optimalisatie gebeurde zowel voor de oogst als tijdens de lange bewaring. De tijdsduur en de temperatuur vóór de analyse bleken cruciaal.

Figuur 2: Bewaarhoes uitgerust met barcodes.

TRACEERBAARHEID VAN STALEN

Om de traceerbaarheid van de stalen in onze koelinfrastructuur te optimaliseren werkt VCBT aan een plaatsregistratiesysteem op basis van barcodes. Alle mogelijke posities/aansluitingen voor bewaarcontainers zullen we voorzien van een barcode alsook de bewaarcontainers zelf (Figuur 2). De stalen zelf hebben nu al een barcode. Hierdoor kunnen we bij een bewaarexperiment deze gemakkelijk aan mekaar linken in een databasesysteem. In dit databasesysteem zitten ook de registraties van de bewaaromstandigheden. Het programmeren van deze applicatie is nu lopende.

GOOD EXPERIMENTAL PRACTICES

In 2021 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. Hiermee voldoen we 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 WERKZAAM-HEID	EFFECT OP KWALITEIT	FYTO-TOXICITEIT
Fungiciden	x	x	x
Groeiregulatoren	x	x	x
Insecticide/ acaricide		x	x

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 2021 VCBT focused on validation tests for the determination of dry matter in apples and pears. Quality controls and training were carried out. We also optimized our traceability system of the samples in the cooling infrastructure, therefore we are developing our own database system. In 2021 both our ISO accreditation and GEP license were extended.

VCBT is geaccrediteerd door BELAC onder het certificaatnummer 225-TEST. De ISO-accreditatie valt binnen de basisfinanciering door Vlaanderen, Departement Landbouw en Visserij en het Verbond van de Belgische Tuinbouwcoöperaties (VBT).

SAPPIGHEID
VAN BLAUWE BES

Niet enkel smaak en geur, maar ook textuur bepalen de sensorische beleving bij de consumptie van fruit. Waarneming van textuur begint bij onze tastzin wanneer we vruchten vastpakken, aangevuld met sensorische informatie tijdens het kauwen op basis van prikkels vanuit de lippen, de tong en het gehemelte. Textuur is een kwaliteitsaspect waar we niet altijd even bewust bij stilstaan. Toch bestaat het risico op afwijzing wanneer het product niet voldoet aan de verwachting.

GEBREK AAN SAPPIGHEID LINKEN WE VAAK AAN MELIGHEID

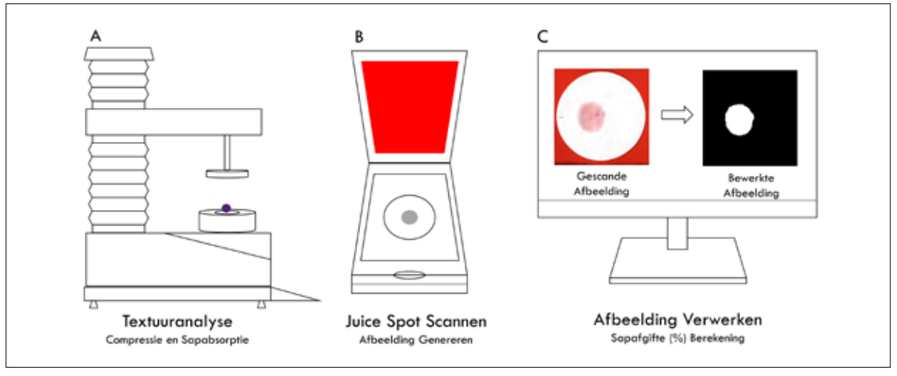
NOOD AAN OBJECTIEVE METING VAN SAPPIGHEID

Sappigheid is een sensorisch attribuut dat bijdraagt tot de textuur van vruchten. Tijdens het kauwen komt sap vrij uit het vruchtweefsel. De smaakervaring is doorgaans sterker naarmate er meer sap vrij komt wat het belang van sappigheid verder benadrukt. Textuur is geen vaststaand gegeven maar verandert doorheen de tijd, zo ook sappigheid. Wanneer de sappigheid afneemt, leidt dit tot een ruwere en drogere textuur en minder smaak, die we vaak in verband brengen met 'meligheid'. In blauwe bes en ander kleinfruit speelt textuur, en sappigheid in het bijzonder, een belangrijke rol bij de appreciatie. Met de toenemende globalisering zijn blauwe bessen van wisselende herkomst nagenoeg jaarrond beschikbaar op de Vlaamse markt. Een objectieve kwaliteitscontrole is hierdoor extra belangrijk, zeker voor zo'n lastig attribuut als sappigheid. Verder kan sappigheidsmeting een belangrijk onderzoeksinstrument zijn om de impact van naoogstcondities op kwaliteit van blauwe bes verder uit te breiden en te objectiveren.

SAPPIGHEID METEN VIA INGEDRUKTE BES

De ontwikkelde methode vertrekt van een textuurmeter die het VCBT standaard inzet voor de meting van vruchtstevigheid. Voor de sappigheidsmeting werkt de meter met een ronde vlakke plaat van 7 cm. Hiermee drukken we de individuele bessen samen tot 40 % van hun oorspronkelijke hoogte. Bij deze extreme samendrukking zullen de bessen barsten en meer of minder sap vrijzetten dat we opvangen op een filtreerpapiertje dat onder de vrucht ligt (Figuur 1A). De gekleurde vochtplek op het papier digitaliseren we vervolgens met een scanner (Figuur 1B), waarna automatisch het oppervlakte van de vochtvlek wordt bepaald (Figuur 1C).

Deze waarde drukken we relatief uit ten opzichte van de grootte van de vrucht. Op grond van een 40-tal bessen kan je zo een gemiddelde krijgen voor de betreffende partij. Deze objectieve beoordeling van de hoeveelheid sap vrijgezet tijdens deze gecontroleerde compressie is nu een maat voor sappigheid.



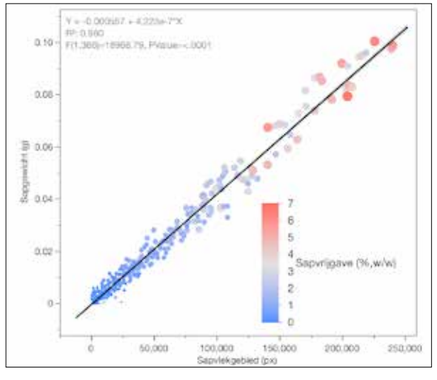
Figuur 1: Overzicht van de ontwikkelde methode voor sappigheid. (A) gestandaardiseerde compressie van de vrucht op filterpapier, (B) inscannen van het filterpapier met het vrijgekomen sap (C) digitale verwerking van de gescande afbeelding.

VLEKOPPERVLAK GEEFT GOED BEELD VAN HOEVEELHEID SAP

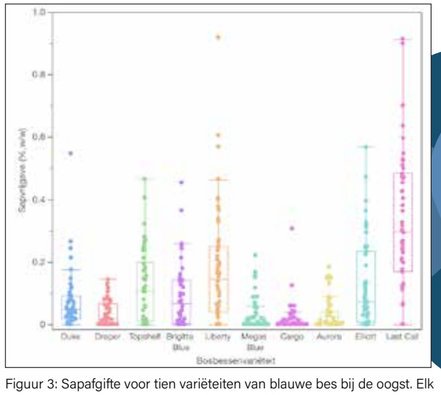
Om de methode te valideren hebben we voor een groot aantal vruchten niet alleen het oppervlakte van de vochtvlek, maar ook de gewichtstoename van het filtreerpapier bepaald om zo de hoeveelheid vrijgezet sap te kunnen wegen. Dit toont een zeer duidelijk lineair verband wat aangeeft dat de voorgestelde methode een goed beeld geeft van de absolute hoeveelheid sap die tijdens de compressie wordt vrijgezet (Figuur 2). Uiteindelijk wordt de sapafgifte uitgedrukt als percentage, waarbij het gewicht van het vrijgezette sap relatief wordt uitgedrukt ten opzichte van het volume van de vrucht. Deze laatste berekenen we aan de hand van de vruchtdiameter onder aanname van een bolvorm.

DUIDELIJKE VERSCHILLEN IN SAPPIGHEID TUSSEN VARIËTEITEN

Sappige blauwe bessen zijn geliefd bij de consument, maar niet ieder variëteit is even sappig. Vaak focust de veredeling ook meer op zaken als opbrengst en stevigheid. Bij de verkoop van blauwe bes is er geen onderscheid tussen variëteiten. De beschikbaarheid doorheen het jaar is mogelijk door import vanuit steeds wisselende herkomst. Hierdoor krijgt de consument ongemerkt een breed scala aan blauwe bessen voorgeschoteld die sterk kunnen wisselen qua textuur en sappigheid. Om deze verschillen inzichtelijk te maken hebben we de sappigheidstest uitgevoerd op een tiental verschillende variëteiten (Figuur 3). 'Last Call' vertoonde de grootste spreiding in sapafgifte en gaf doorgaans de hoogste waarde van de geteste variëteiten, wat suggereert dat deze het meest sappig is. 'Cargo', 'Aurora', 'Megas Blue' en 'Draper' vertoonden een consistent lage sapafgifte, wat wijst op minder sappige variëteiten. Het is dus goed mogelijk dat consumentenklachten met betrekking tot sappigheid van blauwe bes eerder te maken hebben met het wisselend genetisch aanbod en niet noodzakelijk wijzen op specifieke naoogstproblemen. Met de beschikbaarheid van deze objectieve meetmethode kunnen we dit verder onderzoeken, al dan niet in combinatie met sensorische testen.



Figuur 2: Lineair verband tussen het oppervlakte van de vochtvlek en het gewicht van het vrijgekomen sap. De grootte en kleur van de symbolen geeft de sapafgifte weer als een percentage (gewicht van het vrijgezette sap relatief ten opzichte van het volume van de vrucht).



Figuur 3: Sapafgifte voor tien variëteiten van blauwe bes bij de oogst. Elk symbool geeft een individuele meting weer. Het geheel geeft een goede indruk van de variatie binnen een partij.

INSTRUMENTAL METHOD OF JUICINESS MEASUREMENT FOR BLUEBERRY

A texture analyser-based juice release determination method was developed to evaluate juiciness in blueberry. Juice release is derived from the amount of liquid released from the mechanical compression of the fruit relative to its size. The developed method was used to analyse several blueberry varieties which promisingly has shown relative differences in juice release and by extension of the juiciness attribute.

LAGE ZUURSTOFSTRESS ALS STIMULANS VOOR PRODUCTIE VAN APPELAROMA

CA-bewaring is uitermate geschikt is om de kwaliteit van appel gedurende lange tijd te behouden. Denk hierbij aan stevigheid en kleur. Toch heeft CA-bewaring soms een ongewenst effect op het aroma van appel, omdat de vruchten meteen na de CA-bewaring vaak een verminderde aromaproductie vertonen. Het kost vaak tijd voordat appelen na CA-bewaring weer in staat zijn hun typisch aromaprofiel terug op te bouwen. De vraag is nu of er mogelijkheden zijn dit proces te stimuleren.

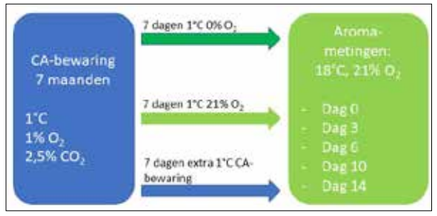
ESTERS ZIJN DE BELANGRIJKSTE VERBINDINGEN UIT HET APPELAROMA

APPELSMAAK = SUIKERS, ZUREN EN AROMA

Ook al richt de consument zich vaak op de uiterlijk waarneembare kwaliteitskenmerken bij de keuze van vruchten, smaak bepaalt toch zijn uiteindelijke appreciatie. De karakteristieke appelsmaak is het resultaat van de interactie tussen opgeloste stoffen zoals suikers en zuren, en vluchtige aromatische verbindingen. Het appelaroma bestaat uit een complex mengsel van vluchtige organische verbindingen zoals esters, alcoholen, aldehyden, terpenen, en ketonen. De esters vormen de belangrijkste groep hierin en kunnen op verschillende manieren in de vrucht worden geproduceerd.

CA-BEWARING KAN HET APPELAROMA BEÏNVLOEDEN

Om appel van voldoende kwaliteit jaarrond aan te kunnen bieden, bewaren we ze in koelcellen onder gewijzigde atmosfeer (CA) bij verlaagde zuurstof- (O_2) concentraties en verhoogde koolstofdioxide- (CO_2) concentraties. Deze CA-condities zorgen ervoor dat de vruchtrijping vertraagd verloopt. Hoewel CA-bewaring uitermate geschikt is om veranderingen in kleur en stevigheid tegen te gaan, heeft het als ongewenst neveneffect dat het de productiecapaciteit van bv. de esters beperkt. Daarnaast duurt het na de bewaring nog enige tijd vooraleer de aromaproductie weer opnieuw op gang komt. Dit komt omdat onder de opgelegde CA-condities een gedeelte van de metabole productiepaden geblokkeerd of omgeleid worden. Hierdoor is soms onvoldoende substraat aanwezig voor de esterproductie op het moment dat de vruchten uit de CA-bewaring komen.



Figuur 1: Proefopzet van aroma-experiment.

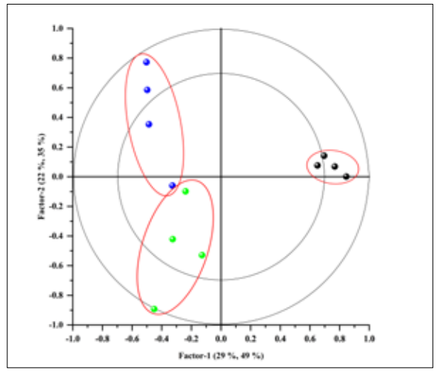
LAGE ZUURSTOFSTRESS OP HET EINDE VAN BEWARING BEÏNVLOEDT HET AROMA

Voor de productie van esters uit alcoholen, via esterificatie, is O_2 vereist. Bij afwezigheid van zuurstof, stopt deze esterificatie waardoor de alcoholen op zullen hopen. Tegelijkertijd leiden extreem lage zuurstof condities al tot een hogere aanmaak van alcoholen via fermentatieve processen. Wanneer het zuurstofniveau wordt hersteld, kunnen deze opgehoopte alcoholen alsnog worden omgezet tot esters resulterend in een verhoogde esterproductie. Theoretisch zou het dus mogelijk moeten zijn de esterproductie direct na CA-bewaring te stimuleren door vlak voor het einde van de CA-bewaring een korte periode van fermentatie te induceren. Om dit uit te testen zetten we een experiment op (zie Figuur 1). Hierin bewaren we Jonagold appelen 7 maanden in CA-bewaring. Daarna verdelen we de appelen in 3 partijen waarbij we 1 gedeelte gedurende 7 dagen bij 1 °C blootstellen aan 0% O_2 en een tweede deel van de appelen aan gewone lucht (21% O_2). Een derde deel van de vruchten (controle) laten we nog een extra week in CA staan zonder tussentijdse behandeling. Daarna worden de appelen twee weken in uitstalling bij 18 °C geplaatst. Op dag 0, 3, 6, 10, en 14 meten we dan het aroma.

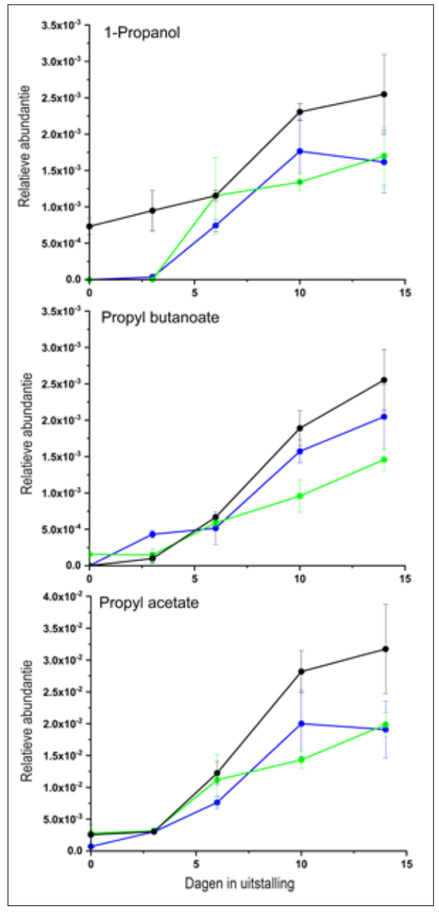
Direct na de 7 dagen blootstelling aan 0% of 21% O_2, zijn er duidelijke verschillen in het aroma te zien (Figuur 2). Vruchten blootgesteld voor 7 dagen aan 0% O_2 hebben een grotere variatie aan esters in veel hogere concentraties dan de controlevruchten. De vruchten die een week bij luchtcondities hebben gestaan, vertonen een hogere concentratie aldehyden, vluchtige componenten met een typische groene grasgeur. Deze vruchten hebben minder verschillende esters maar de concentratie ervan is hoger dan in de controlevruchten. Verrassend genoeg hadden de vruchten afkomstig uit 0% O_2 meer alcoholen op het einde van de uitstalling, wat deze vruchten in staat stelt gedurende een langere periode de typische appelesters te blijven produceren in vergelijking tot de controlevruchten (Figuur 3).

KOPPELING AROMAPRODUCTIE IN DCA-BEWARING

In deze studie hebben we laten zien dat het mogelijk is de aromaproductie na CA-bewaring te beïnvloeden door een korte periode van zuurstofstress te introduceren. In dit experiment hebben we de condities manueel aangelegd. Het is ook mogelijk om dergelijke condities mee op te nemen als onderdeel van dynamische gecontroleerde atmosfeer (DCA) bewaring. Een DCA-systeem past de gascondities dynamisch aan doorheen de bewaring in functie van het ademhalingsmetabolisme van de vruchten. In dit kader zou het mogelijk ook gekoppeld kunnen worden aan metingen van de aromaproductie.



Figuur 2: Classificatie van de de verschillende behandelingen aan de hand van de aromasamenstelling van appel die al dan niet 7 dagen bij 1 °C werden blootgesteld aan 0% of 21% O_2. (blauw: lucht, zwart: 0% O_2, groen: controle).

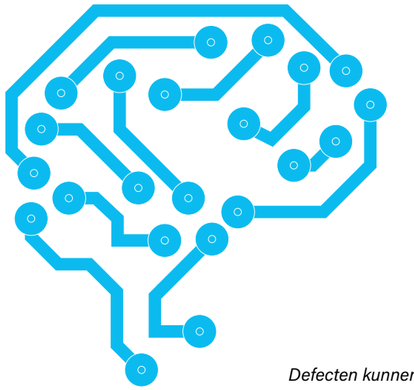


Figuur 3: Veranderingen in 3 geselecteerde aroma componenten tijdens de uitstalperiode bij 18 °C. Elk punt geeft het gemiddelde van vier metingen weer. (blauw: lucht, zwart: 0% O_2, groen: controle).

LOW OXYGEN STRESS TO STIMULATE APPLE AROMA PRODUCTION

Though CA storage is highly successful at keeping the fruit firm, it has the unintended consequence of reducing the fruit's capacity to generate esters, aromatic organic compounds that add to the apple's distinct aroma. In addition, it takes time for apples to regain their capacity to produce aroma compounds after being taken from CA storage. The question is whether there might be ways to restore aroma production after CA storage.

Met dank aan FWO voor het toekennen van de SB-beurs 1SC7522N



KWALITEITSINSPECTIE VAN CONFERENCE MET X-RAY EN AI

Defecten kunnen zich ontwikkelen in het vruchtvlees van peren gedurende suboptimale bewaring na de oogst. Deze interne defecten zijn echter vaak uitwendig onzichtbaar. De laatste jaren werden X-ray gebaseerde technologieën naar voren geschoven voor de kwaliteitsinspectie van fruit. Deze techniek kijkt doorheen het vruchtvlees van peren en kunnen we dus gebruiken om interne defecten op te sporen. Enkele uitdagingen typisch voor de fruitindustrie zijn de hoge interne variabiliteit in biologische producten en de grote diversiteit aan interne defecten. Bovendien vereisen industriële toepassingen een hoge doorvoersnelheid. In dit onderzoek hebben we nagegaan hoe we X-ray beelden van Conference op een snelle en accurate manier met artificiële intelligentie (AI) kunnen beoordelen op de aanwezigheid van interne defecten.

DEEP LEARNING GEBRUIKT DEZELFDE PATROONHERKENNING ALS DE MENS

NOOD AAN NAUWKEURIGE DETECTIESYSTEMEN

Om gedurende het hele jaar door peren te kunnen verkopen, bewaren we de vruchten na de oogst in gecontroleerde omstandigheden in koelcellen. Hoewel de bewaarcondities continu gemonitord en bijgestuurd worden, kunnen er zich in het fruit toch inwendige gebreken ontwikkelen, zoals bruine vlekken en holtes in het vruchtvlees (zie Figuur 1). Dergelijke vruchten zijn uiteraard ongewenst en kunnen leiden tot grote verliezen. Het is daarom belangrijk om aangetaste vruchten snel en betrouwbaar te kunnen uitsorteren.

Aangezien het om defecten in het vruchtvlees gaat, zijn externe symptomen haast nooit aanwezig. Jammer genoeg focussen de beschikbare commerciële sorteersystemen voor kwaliteitsinspectie zich voornamelijk op externe kenmerken. De sorteersystemen voor interne kwaliteitsinspectie zijn momenteel weinig betrouwbaar. Ze kunnen enkel defecten net onder de schil detecteren of de sterkst aangetaste vruchten.

INTERNE KWALITEITS-INSPECTIE MET INLINE X-RAY SCANNER

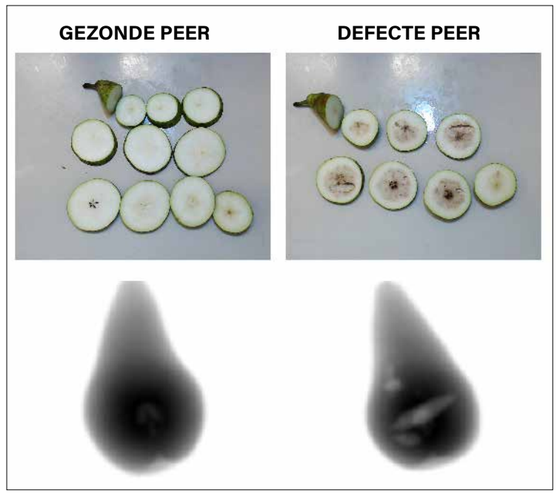
Met behulp van X-stralen kunnen we letterlijk binnenin biologische materialen, zoals fruit en groenten, kijken. Het is daarom een veelbelovende manier om het vruchtvlees te beoordelen op de gewenste interne kwaliteit. Een X-stralendetector vertaalt lokale verschillen in absorptie van de X-rays, veroorzaakt door de vorm en interne structuur van het product, in een beeld van grijswaarden evenredig met de hoeveelheid opgemeten straling die doorheen de vrucht is geraakt. Hoe minder materiaal aanwezig is, of hoe lager de densiteit, des te hoger de grijswaarde in het beeld. Interne gebreken hebben typisch een lagere of hogere densiteit dan gezond weefsel wat wordt opgepikt door de detector.

SORTERING MET ARTIFICIËLE INTELLIGENTIE

Om de beelden van de vruchten heel snel en automatisch te beoordelen, kunnen we vervolgens slimme computeralgoritmes gebruiken. Klassieke algoritmes beoordelen ieder beeld door een reeks van vaste stappen en regels. Het is moeilijk om dergelijke regels zelf te bedenken. De mens kan op basis van enkele voorbeelden al snel verschillende patronen herkennen die defecte van gezonde vruchten onderscheiden. Een nieuwe tak binnen artificiële intelligentie, deep learning, gebruikt ditzelfde patroonherkenningsvermogen om algoritmes op te stellen. Net zoals bij de mens, moeten deze algoritmes eerst een leerperiode doorlopen, waarbij X-stralenbeelden van gezonde en defecte vruchten getoond worden. Na deze leerperiode is het algoritme zelf in staat om nieuwe X-stralenbeelden van gezonde en defecte vruchten te onderscheiden.

LEERPERIODE VAN HET ALGORITME

Omdat het algoritme een goed leerproces zou doorlopen, werden een groot aantal X-ray beelden van Conference peren voorzien (Figuur 1). We gebruikten X-stralenbeelden van gezonde vruchten en leerden dus aan het algoritme hoe deze er typisch uitzien. Wanneer het algoritme dan een beeld van een defecte vrucht ontvangt, zal die opmerken dat deze andere kenmerken heeft dan gezonde vruchten. De benadering van dit classificatieprobleem heet anomaliedetectie, waarbij de gezonde vruchten als normaal worden beschouwd en de vruchten met interne defecten als een anomalie. Het voordeel van deze benadering is dat het algoritme voornamelijk X-stralenbeelden van gezonde vruchten nodig heeft tijdens zijn leerperiode. Daarmee voorkomen we dat we zelf een dataset met een breed scala aan defecten moeten voorzien.



Figuur 1. Een gezonde en defecte Conference-peer en het overeenkomstige X-raybeeld.

De gezonde Conference peren scanden we eerst met X-ray CT. Dit leverde ons een digitale versie op van elke peer waarbij het vruchtvlees telkens zichtbaar was in 3D. Daarna simuleerden we een inline X-ray scanner. De 3D digitale peren in 3D werden hierbij gebruikt om vanuit verschillende oogpunten een veelvoud van X-ray beelden van de inline scanner te maken. Meer dan 6.000 X-stralenbeelden werden op deze manier voorzien en gebruikt in de leerperiode van ons classificatiealgoritme.

COMBINATIE VAN XRAY SCANNER EN AI IS SUCCESVOL

Eens het algoritme de leerperiode met de vele X-stralenbeelden van de gezonde vruchten had doorstaan, werd het uitgetest. Hiervoor werden een reeks van 2.600 X-stralenbeelden van zowel gezonde peren als peren met holtes en intern bruin voorzien. In 95% van de gevallen werden de X-stralenbeelden van de peren correct geclassificeerd, zijnde als een gezonde of defecte peer. De eerste testen tonen dus aan dat de combinatie van een X-ray scanner en een algoritme gebaseerd op artificiële intelligentie succesvol zijn om de interne kwaliteit van Conference peren te inspecteren. Deze methode kunnen we ook toepassen op andere perenrassen en andere soorten fruit en groenten.

Bron:
Inline Nondestructive Internal Disorder Detection in Pear Fruit using Explainable Deep Anomaly Detection on X-ray images (Van De Looverbosch T., He J., Tempelaere A., Kelchtermans K., Verboven P., Tuytelaars T., Sijbers J., Nicolai B.)

NON-DESTRUCTIVE INTERNAL QUALITY INSPECTION OF CONFERENCE PEARS USING AN INLINE X-RAY SCANNER AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Due to suboptimal storage conditions after harvest, internal disorders regularly develop in pear fruit, such as internal browning or cavities. This type of disorders occur inside the fruits and are thus externally invisible. In recent years, X-ray technology has been proposed as a promising method to ensure food quality and safety. However, the assessment of the image data is challenging as biological products always show a high inherent variability for both healthy and defect fruits. Therefore, the potential of deep learning has been exploited for a more reliable inspection of X-ray images. To this end, many X-ray radiographies of healthy Conference pears were collected, as generated from X-ray CT scans by a computer mimicking a real X-ray scanner. Thereafter, the algorithm was trained on these radiographies from all healthy pears. When our trained algorithm receives a radiography from a defect pear, it cannot recognize the typical image features as present in the healthy fruits. Based on this, the defect pears are distinguished from the healthy fruits. This approach is called anomaly detection. Finally, the performance of our algorithm was tested on a set of radiographies from healthy and defect fruits resulting in a classification accuracy of 95%.

Dit onderzoek werd ondersteund door KU Leuven (C1/16/002, C3/19/059), FWO (G060516N, Hercules I013518N) en Agentschap Innoveren en Ondernemen (HBC.2016.0806)

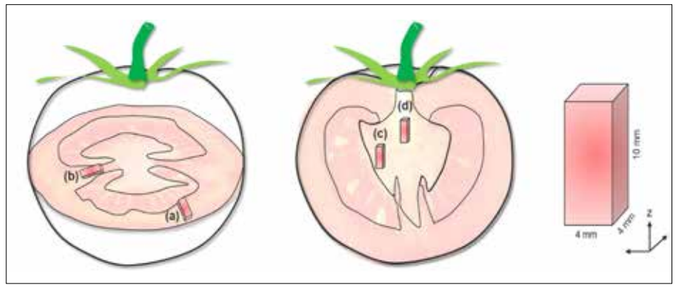
VERANDERING VAN POROSITEIT VAN TOMAAT TIJDENS RIJPING

Rijping van tomaten start door een kenmerkende stijging van de ethyleenproductie en een toename van de ademhaling. Omdat beide processen O_2 verbruiken en CO_2 produceren, ontwikkelen zich gasconcentratiegradiënten in het fruit. Dit kan op zijn beurt de ademhaling en de biosynthese van ethyleen beïnvloeden. Gasdiffusie in fruit hangt af van de hoeveelheid en connectiviteit van poriën tussen de cellen in verschillende weefsels van de rijpende tomaat. We hebben de morfologische veranderingen van verschillende tomatenweefsels tijdens ontwikkeling en rijping onderzocht door cellen en poriën in beeld te brengen op basis van microcomputertomografie (micro-CT) met hoge resolutie. Op basis van microstructurele kenmerken van de weefsels berekenden we karakteristieke O_2-diffusiecoëfficiënten. De resultaten suggereren dat zuurstofarme omstandigheden optreden binnenin de vrucht tijdens de rijping die worden veroorzaakt door de toenemende gasdiffusieweerstand van de groeiende vrucht. Dit kan een toename van de weefselporositeit veroorzaken om zo het zuurstofgebrek te verhelpen.

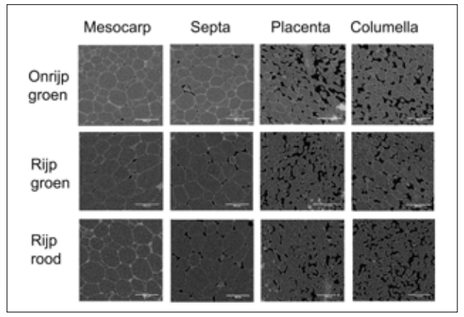
HOE MEER HET PORIËNNETWERK VERBONDEN IS, HOE BETER GASSEN DOOR HET WEEFSEL KUNNEN BEWEGEN.

MICRO-CT VAN TOMATEN: POROSITEIT IN BEELD

De porositeit van stukjes weefsels van tomaat werd in beeld gebracht met behulp van X-stralen micro-CT. Röntgenstralen worden gedeeltelijk door het monster geabsorbeerd, terwijl de rest erdoorheen gaat en door een röntgengevoelige detector wordt gedetecteerd als 2D-projectiebeelden. Door het monster tijdens het scannen stapsgewijs te roteren, worden honderden of duizenden hoekprojectiebeelden gecombineerd om een 3D-beeld te reconstrueren. Door micro-CT met hoge resolutie te gebruiken, kan een gedetailleerde reconstructie van de 3D-microstructuur van cellen en intercellulaire poriën in fruitweefsels worden opgesteld. In dit onderzoek maakten we micro-CT beelden van tomaten in 4 rijpheidsstadia van onrijp groen (39 dagen na bloei) tot rijp rood (74 dagen na bloei), in vijf herhalingen voor verschillende weefseltypes (Figuur 1). Daarvoor maakten we gebruik van micro-CT apparatuur en reconstructiesoftware van de XCT kernfaciliteit van KU Leuven (xct.kuleuven.be). Beeldverwerking van de rauwe CT beelden (Figuur 2) om het poriënnetwerk te visualiseren gebeurde met behulp van de 3D-software Avizo (Thermo Fisher Scientific, Waltham, V.S.). De resulterende 3D-beelden van de netwerken worden in Figuur 3 gegeven voor drie rijpheidsstadia en twee weefsels: de columella in de kern van de vrucht en het mesocarp net onder de schil. Hoe meer het netwerk verbonden is, hoe beter gassen door het weefsel kunnen bewegen.



Figuur 1: Positie van de weefselstalen van tomaat uit het mesocarp (a), de septa (b), de placenta (c) en de columella (d) voor micro-CT scans. Rechthoekige stalen van 4 × 4 × 10 mm werden genomen van vruchten in verschillende rijpheidsstadia (OG, onrijp groen (39 daf; MG, rijp groen 53 daf; RO, rijp oranje 67 daf; RR 74 daf, rijp rood).



Figuur 2: Doorsnedes van de CT-beelden van de weefsels van tomaat voor 3 verschillende rijpheidsstadia. Mesocarp en septa zijn erg dens weefsel met weinig poriën; in placenta en en columella zijn er meer en grotere poriën aanwezig. Op deze 2D-beelden lijken er geen grote verschillen te zijn tussen de verschillende rijpheidsstadia.

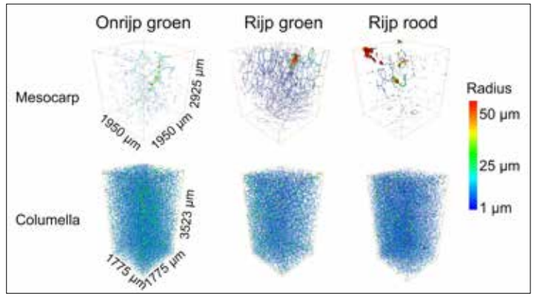
ZUURSTOFDIFFUSIVITEIT VAN TOMATEN VERANDERT TIJDENS RIJPING

De karakteristieke snelheid waarmee zuurstof doorheen een weefsel kan bewegen, wordt weergegeven door de diffusiecoëfficiënt: hoe hoger de waarde van de coëfficiënt, hoe makkelijker zuurstof doorheen het weefsel beweegt en hoe kleiner de gradiënten over het weefsel. Aan de hand van de 3D-beelden kunnen we de coëfficiënten berekenen voor elk rijpheidsstadium van de vruchten. De verschillende diffusiecoëfficiënten worden in Figuur 4 geplot op een doorsnede van een tomaat. De hogere porositeit van columella en placenta zorgen voor een hoge waarde in de kern van de vrucht; in de septa en mesocarp zijn de waarden echter veel kleiner bij onrijpe vruchten. Tijdens de rijping stijgt de coëfficiënt in de buitenste weefsels door de toenemende netwerkvorming. In erg rijpe vruchten zien we dat er weefselafbraak optreedt, die de coëfficiënten weer doen afnemen.

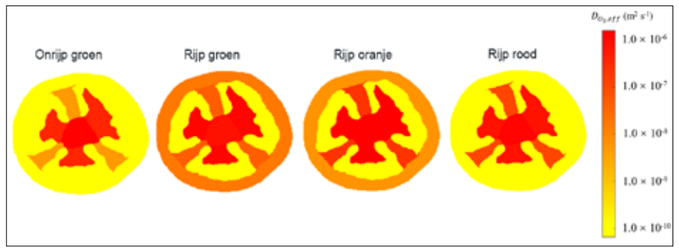
BETEKENIS VAN DE VERANDERENDE POROSITEIT VAN TOMAAT TIJDENS RIJPING?

De poriënvorming in de buitenste weefsellagen van tomaat die we waarnemen tijdens de rijping, doet denken aan het proces van poriënvorming in planten die in ademnood komen. Dit proces is al uitgebreid bestudeerd in planten die deels onder water kunnen overleven, zoals rijst. Deze planten vormen zogenaamd aerenchym met een hoge porositeit om zuurstof aan te voeren van boven het wateroppervlak naar de lagere overstroomde plantendelen. Waarom en hoe tomaten een gelijkaardig proces doorlopen tijdens rijping, is voer voor verder onderzoek. We kunnen wel alvast de hypothese stellen dat er op dat moment een zuurstofnood ontstaat door de verhoogde ademhaling en ethyleenproductie die de weefsels noodzaakt om de aanvoer van zuurstof te vergemakkelijken.

Bron: Xiao, H., Piovesan, A., Pols, S., Verboven, P., Nicolaï, B., 2021. Microstructural changes enhance oxygen transport in tomato (Solanum lycopersicum) fruit during maturation and ripening. New Phytol. 232, 2043–2056. https://doi.org/10.1111/nph.17712



Figuur 3: 3D-beelden van het poriënnetwerk in mesocarp en columella van tomaten in 3 rijpheidsstadia. Terwijl het fijnmazige netwerk in columella niet verandert tijdens de rijping, zien we drastische verandering in het mesocarp: de netwerkvorming neemt toe bij de start van de rijping en neemt nadien weer af tijdens de afrijping.



Figuur 4: 2-D-kaart van de karakteristieke O_2-diffusiecoëfficiënten van verschillende weefsels van tomaat tijdens rijping. De coëfficiënt neemt sterk toe in het mesocarp bij de start van de rijping, en neemt nadien weer af.

POROSITY CHANGES IN TOMATO FRUIT DURING RIPENING

Climacteric ripening of tomato fruit is initiated by a characteristic surge of the production rate of ethylene, accompanied by an increase in respiration rate. As both activities consume O_2 and produce CO_2, gas concentration gradients develop in the fruit that cause diffusive transport. This may, in turn, affect respiration and ethylene biosynthesis. Gas diffusion in fruit depends on the amount and connectivity of cells and intercellular spaces in 3-D. We investigated micromorphological changes in different tomato tissues during development and ripening by visualizing cells and pores based on high-resolution micro-computed tomography, and computed effective O_2 diffusivity coefficients based on microstructural features of the tissues. We demonstrated that mesocarp and septa tissues have larger cells but small and more disconnected pores than the placenta and columella, resulting in relatively lower effective O_2 diffusivity coefficients. Cell disintegration occurred in the mesocarp and septa during ripening, indicating lysigenous air pore formation and resulting in a gradual increase of the effective O_2 diffusivity. The results suggest that hypoxic conditions caused by the increasing size and, hence, diffusion resistance of the growing fruit may induce an increase of tissue porosity that results in a greatly enhanced O_2 diffusivity and, thus, helps to alleviate them.

Dit onderzoek werd gefinancierd met een doctoraatsbeurs van de China Scholarship Council (grant number 201806850087). Verdere financiering werd voorzien door FWO (SB beurs No. 1S44318N), KU Leuven (C1 project C16/16/002) en het Hercules Fonds (Project AKUL001(HER/09/016)).

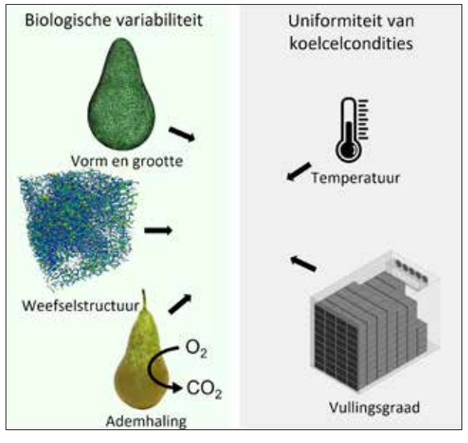
AANGEPAST PROTOCOL VOOR RQ-DCA-BEWARING PER PERENRAS?

Een succesvolle implementatie van DCA op basis van de respiratiecoëfficiënt (RQ) in de industrie vereist dat er een verband is tussen de gemeten RQ in de lucht van de koelruimte en die binnen in de bewaarde vruchten. Door de grote variabiliteit zowel in een partij fruit als tussen verschillende rassen, verschilt het individuele productgedrag sterk, en daarmee ook de RQ-respons. Momenteel weten we niet welk verband er is tussen de RQ van de lucht en de RQ van het fruit. Het is ook niet duidelijk hoe representatief de RQ van de lucht is voor al het fruit in de koelruimte. In dit onderzoek gebruiken we daarom een model om het gastransport binnen peren van drie verschillende rassen te berekenen. We houden rekening met biologische variabiliteit in vruchteigenschappen en variaties in bewaaromstandigheden door Monte-Carlo-simulaties uit te voeren. Zo wordt de RQ-respons van een hele koelcel peren onthuld. Het doel is om het effect van de waargenomen variabiliteit op de RQ in de peer en in de lucht te kwantificeren, om hiermee richtlijnen te geven voor de praktische uitrol van RQ-DCA.

NIET ELK RAS HEEFT DEZELFDE DREMPEL VOOR RQ

HOE BETROUWBAAR KUNNEN WE RQ METEN IN EEN KOELCEL?

De respiratiecoëfficiënt RQ is de verhouding van de snelheid van CO_2-productie en O_2-consumptie van de vruchten. Bij normale ademhaling, zelfs bij lage O_2-concentraties, ligt de RQ dicht bij een waarde van 1. Bij té lage O_2-concentraties zal de RQ-waarde sterk stijgen omdat de vrucht overschakelt op fermentatie. Dit zal leiden tot kwaliteitsverlies en uiteindelijk weefselschade. In dynamisch gecontroleerde atmosfeerbewaring (DCA) meten we RQ om de optimale O_2-concentratie in te stellen zodat de RQ onder een veilige drempelwaarde blijft. De snelheden van CO_2-productie en O_2-consumptie in de vrucht kunnen we enkel benaderend inschatten door veranderingen van de gasconcentraties in de lucht van de koelcel te meten. De vraag rijst dan of dit voldoende betrouwbaar is om het gedrag van de vruchten te voorspellen. Daarvoor ontwikkelen we een stochastisch multischaal diffusie-reactiemodel dat we toepassen om de verschillende processen en parameters in rekening te brengen en hun effect in te schatten (Figuur 1). Zo gaan we het effect na van verschillen in vorm, weefselstructuur en ademhaling van de vruchten alsook de variaties in temperatuur en vullingsgraad van de koelcel.



Figuur 1: Schematische weergave van de analyse van de effecten van vrucht-eigenschappen en condities in de koelcel op de gasuitwisseling en RQ-meting van peren tijdens DCA bewaring. Centraal staat een stochastisch reactie-diffusiemodel van de vruchten.

UNIFORMITEIT VAN PARTIJEN ÉN KOELCELTEMPERATUUR ZIJN BELANGRIJK

Resultaten van de analyse tonen aan, dat de RQ, gemeten in de lucht, een onderschatting is van de RQ van de peren vanwege gasgradiënten in het fruit. Verder zien we grote variaties in RQ. Deze variabiliteit is het resultaat van de biologische variabiliteit (grootte en ademhaling) van het fruit en van typische luchttemperatuurgradiënten in de koelcel. Het effect van de vullingsgraad van de koelcel kamer blijkt eerder klein.

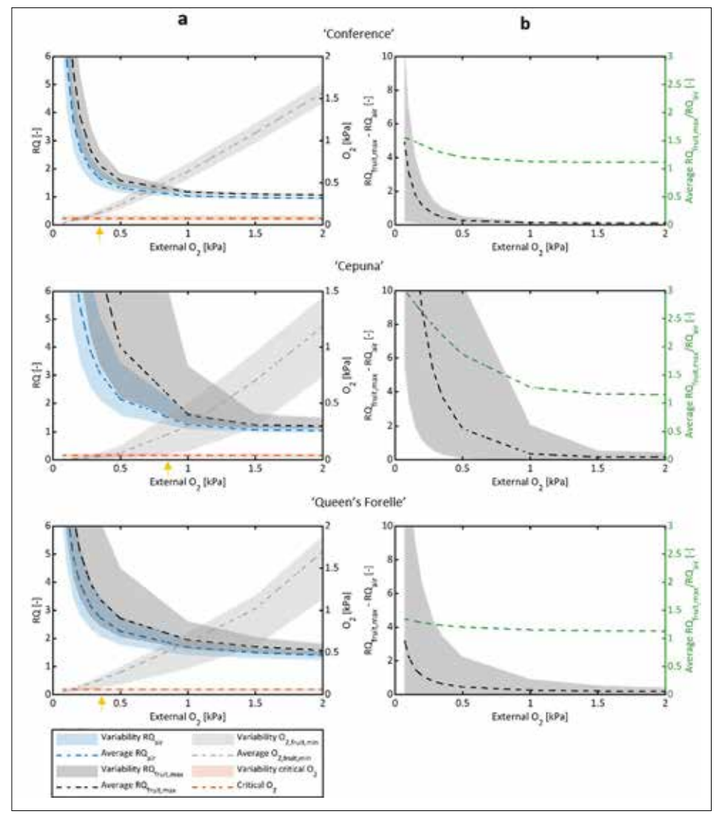
GEMETEN RQ IS BETROUWBARE CONTROLEPARAMETER

Ondanks de onderschatting en variabiliteit van de RQ-waardes in de lucht kunnen we deze gebruiken voor een betrouwbare detectie van het optreden van hypoxie in de koelcel omdat de waarde van de RQ in de lucht toeneemt voordat de fermentatie in de vrucht begint te domineren (Figuur 2). Deze bevinding geeft aan dat de gemeten RQ een goede parameter is om DCA-bewaring van verschillende rassen te regelen. Voor Cepuna begint de RQ gemeten in lucht al te stijgen net onder 1% O_2 terwijl de grens voor fermentatie (rode stippellijn in figuur 2) op ongeveer 0.5% O_2 ligt.

ELK RAS HEEFT ZIJN EIGEN 'OPTIMALE' DCA GRENZEN

Door verschillen in vruchteigenschappen varieert de RQ-respons tussen de rassen (Figuur 2). Cepuna vereist de hoogste O_2 (0,85 %), terwijl we Conference en Queen's Forelle idealiter kunnen bewaren bij een zeer lage O_2 (0,35 %) in DCA. De methodes die in dit onderzoek zijn ontwikkeld en toegepast, kunnen we nu gebruiken om de RQ-DCA-bewaring van elk ras volledig te optimaliseren.

Waar men tot nu toe vaste protocols hanteert, enerzijds voor appel, anderzijds voor peer, kan het in de toekomst mogelijk zijn om nog verder te specifiëren per ras. Want niet elk ras heeft dezelfde drempel voor RQ, zo blijkt.



Figuur 2: Relaties tussen RQ in koelcel (RQ_{air}) en de RQ van de vruchten ($RQ_{fruit,max}$) voor Conference, Cepuna, en Queen's Forelle: (a) De lijnen geven de gemiddelden voor RQ_{air}, $RQ_{fruit,max}$, en de minimale zuurstofconcentratie in de vrucht ($O_{2,fruit,min}$) in functie van de O_2-concentratie in de lucht. De resultaten komen van 400 simulaties per ras. De grijze intervallen geven de spreiding weer tussen de minimumwaarde en de maximumwaarde per partij. De kritische O_2 (rode lijn) duidt aan wanneer fermentatie een probleem wordt; (b) De zwarte lijnen geven het verschil tussen de gemiddelde RQ_{air} en $RQ_{fruit,max}$, met hun spreiding. De groene lijn is de verhouding van $RQ_{fruit,max}$ tot RQ_{air}. De gele pijl duidt de optimale RQ aan voor DCA van de verschillende rassen, rekening houdend met de verwachte spreiding.

MULTISCALE MODELING OF RQ-DCA STORAGE OF DIFFERENT PEAR CULTIVARS USING A HYBRID PHYSICS-BASED STOCHASTIC APPROACH

Respiratory quotient-based dynamic controlled atmosphere (RQ-DCA) storage properly controls the respiration of the product. A successful implementation in the industry requires that the link between the measured respiratory quotient in the air and that inside the horticultural product is known. Due to large variability both within a batch of fruit and between different cultivars, the individual product behavior, and hence the RQ-response, differs significantly. Currently, no information exists about how the RQ of the air correlates with the RQ of the fruit, and how representative this RQ is for all fruit inside the room. In this work, we used a multiscale stochastic diffusion-reaction model to compute gas transport within pears of three different cultivars. Biological variability in material properties and variations in cool room conditions were taken into account by performing Monte-Carlo simulations. As such, the RQ-response of an entire population of pears was revealed. The goal of this research was to quantify the effect of the observed variability on the RQ within the pear and the surrounding air to guide practical implementation of RQ-DCA.

Onderzoek in het kader van het LA-traject "Praktische richtlijnen voor dynamisch gecontroleerde atmosfeerbewaring van hardfruit op basis van vruchtademhaling (DCA)", HBC.2016.0806, gefinancierd door Agentschap Innoveren en Ondernemen, het Verbond van Belgische Tuinbouwcoöperaties (VBT) en toeleveranciers. Financiering van FWO.

INFORMATIEVERSPREIDING

CONFERENTIEBIJDRAGEN

- Bessemans N. 'Model-based sensitivity analysis of RQ-models used for dynamic CA storage at cool room level,' XIII International controlled and modified atmosphere research conference CAMA2021, Leuven, Belgium (Virtual), 16 – 18 August 2021.
- Janssens M. 'The link between the volatile profile and quality of white pointed cabbage after storage under controlled atmosphere,' XIII International controlled and modified atmosphere research conference CAMA2021, Leuven, Belgium (Virtual), 16 – 18 August 2021.
- Nguyen M.V.T 'Effect of 1-MCP on ripening of tomato cv. Savior growing in winter and summer', XIII International controlled and modified atmosphere research conference CAMA2021, Leuven, Belgium (Virtual), 16 – 18 August 2021.
- Nicolaï B. 'Gas transport and hypoxia in fleshy fruit during postharvest storage', RoxyCOST workshop, Chania, Greece, 18-20 October 2021.
- Piovesan A. (2021) 'Multiscale modelling of capillary imbibition in 3D printed lab-on-chips.' In MicroTAS 2021. Palm Spring (Hybrid meeting).
- Pols S. 'Understanding Low Oxygen Stress in Apple Fruit During Postharvest Storage', RoxyCOST workshop, Chania, Greece, 18-20 October 2021.
- Pols S. 'Understanding Low Oxygen stress in Apple Fruit During Postharvest Storage', International plant systems biology EMBO Workshop, Virtual, 26 – 27 April 2021
- Pols S. 'Understanding Low Oxygen stress in Apple Fruit During Postharvest Storage', XIII International controlled and modified atmosphere research conference CAMA2021, Leuven, Belgium (Virtual), 16 – 18 August 2021
- Schenk, A. (2021). Frudistor: A Storage Damage Software-Based System. XIII International controlled and modified atmosphere research conference CAMA2021, Leuven, Belgium (Virtual), 16 – 18 August 2021.
- Verlinden B.E. 'Real-time aroma measurements of Conference pears to monitor quality using TDU GC-MS and a broadband mid-infrared trace gas sensor using a super continuum light source', XIII International controlled and modified atmosphere research conference CAMA2021, Leuven, Belgium (Virtual), 16 – 18 August 2021.
- Zhao Y. 'Basal resistance of strawberry against B. cinerea depends on the antioxidant profile,' 72nd International Symposium on Crop Protection, Gent, Belgium (Virtual),18 May 2021
- Zhao Y. 'Unravelling plant responses triggered by Botrytis cinerea during strawberryfruit ripening', 9th ISHS international strawberry symposium, Rimini, Italy (Virtual), 1-5 May 2021.

VOORDRACHTEN

- 'Bewaring planten framboos/braam' voor kleinfruittelers op 18/02/2021
- 'Aardbeiplanten bewaring: wel of geen ULO?' voor kleinfruittelers op 18/02/2021
- 'Pluktijdstip rode bessen' voor kleinfruittelers op 18/02/2021
- 'Rode vruchtkorrels bij bramen' voor kleinfruittelers op 18/02/2021
- 'Omgaan met verhoogd CO_2 in de koelcel' voor heftruckchauffeurs Cooperatie hoogstraten op 18/03/2021
- 'Bewaarcondities voor witloofwortels' voor witlooftelers (57 inschrijvingen) op 31/03/2021
- 'Bewaartechnieken voor hardfruit' voor Agrocampus op 1/04/2021
- 'Kwaliteitszorg in de fruitteelt' voor Agrocampus op 15/04/2021
- 'Snelle en vroege plukdatabepaling' voor werkgroep pitfruit pcfruit op 21/04/2021
- 'Bewaartechnieken van oogstproducten' voor Agrocampus op 27/04/2021
- 'Storage results of Cepuna, GS62' voor Internation research group EFC op 7/06/2021
- 'Storage results of Fred' voor Focus Group Fred (Agroscope, Wädenswill, CH)) op 14/06/2021
- 'Plukdata 2021 en nuttige tips voor pluk, bewaring en SmartFresh-toepassing' voor BFV hardfruittelers op 10/08/2021
- 'Goed bewaarfruit: what's in a name?' voor fruittelers zuid limburg in kader van Sabe project op 18/08/2021
- 'Plukdata 2021 en nuttige tips voor pluk, bewaring en SmartFresh-toepassing' voor Pomologische Oost-Vlaanderen, dag van de Proeftuin op 18/08/2021
- 'Plukdata 2021 en nuttige tips voor pluk, bewaring en SmartFresh-toepassing' voor Belorta nederlandstalige telers op 19/08/2021
- 'Dates de cueillette et conseils de conservation' voor Belorta franstalige telers op 19/08/2021
- 'Eigenschappen Fred peer bij oogst en na bewaring' voor Belorta telers en geïnteresseerden op 31/08/2021
- 'Demo draagbare spectrometer pluktijdstip op opendeur pcfruit' voor Hardfruittelers op 3/09/2021
- 'Stand van zaken kwaliteit hardfruit 2021' voor Hardfruittelers BFV (~100 telers) op 23/11/2021
- 'Stand van zaken kwaliteit hardfruit 2022' voor studie-avond 'Nieuwe trends in naoogsttechnologie op 24/11/2021
- 'De peer binnenstebuiten: sorteren op interne gebreken met X-stralen' voor studie-avond 'Nieuwe trends in naoogsttechnologie op 24/11/2021
- 'Pluktijdstipbepaling van appel en peer rechtstreeks aan de boom' voor studie-avond 'Nieuwe trends in naoogsttechnologie op 24/11/2021

WORKSHOPS

- Webinar bewaring kleinfruit op 18/02/2021
- Studienamiddag rond ontsmetting en coatings op 28/10/2021
- Studie-avond "Nieuwe trends in naoogsttechnologie" (webinar) op 24/11/2021

PUBLICATIES

Publicaties in de vakpers

- Dequeker, B., Salagovic, J., Verboven, P., Schenk, A., & Verlinden, B., 2021. Groeimodellen van appel en peer voorspellen vruchtontwikkeling. Fruit, 12, 8-9.
- Holsteens, K., Nicolaï, B., Salagovic, J., Van de Poel, B., Vanhees, D., Verlinden, B., Verboven, P., 2021. Computermodellen voorspellen vruchtopbrengst met sensoren. Proeftuinnieuws,22,
- Locus, E., Schenk, A., Marien, K., 2021. Te koop: eetbare coatings. Fruit, 4-5.
- Locus, E., Schenk, A., Marien, K., 2021. Coatings op tomaat of paprika : state of the art. Proeftuinnieuws 17, 30-31.
- Locus, E., & Schenk, A., 2021. Ozon en waterstofperoxide verkleinen ziektedruk in koelcellen. Proeftuinnieuws 15, 10-11.
- Locus, E., & Schenk, A., 2021. Reductie van de ziektekiemen in de lucht is beperkt in tijd. Fruit, 13, 11-12.
- Locus, E., & Schenk, A., 2021. Coatings als duurzaam alternatief voor plastic verpakkingen. Proeftuinnieuws, 7, 20-21.
- Moelants J, Wittemans L, Vanhees D, Van Steenkiste J, 2021. Rassenproef trostomaten doorteelt 2021: Referenties weten productie en kwaliteit te combineren. Proeftuinnieuws 16: 19-22
- Moelants J, Wittemans L, Van Steenkiste J, Vanhees D., 2021 Rassenproef trostomaten belichte teelt 2020-2021: Standaardrassen bevestigen. Proeftuinnieuws 14: 12-14
- Schenk, A., & Bobelyn, E., 2021. Plukdata 2021. Nauwkeurige voorspellingen dankzij modulair beslissingssysteem.. Fruit, 11, 14-15, 10-12.
- Schenk, A., 2021. Bewaartips voor kersen. Fruit, 11, 19-21.
- Schenk, A., 2021. MA-verpakkingen prei scoren goed. Proeftuinnieuws, 7, 22-23.
- Schenk, A., Janssens, P., & Dillen, J., 2021. Betere peren door meer kennis van de bodem. In Fruit 5, 18-20.
- Schenk, A., 2021. Kwaliteit staat centraal in online studieavond over bewaring. Fruit, 3, 18.
- Schenk, A., & De Vis, F., 2021. Coolplant. Optimale bewaring plantmateriaal braam en framboos. Fruit, 1, 4-6.
- Vanhees, D., & Schenk, A., 2021. Nieuwe rassen voor de belichte tomatenteelt scoren kwalitatief even goed als referentie. Proeftuinnieuws, 1, 8.
- Vanhees, D., Van Herck L., Leenaerts J., 2021. Rassenproef groene paprika 2021: Nieuwkomer PR10215 is het productiefst. Proeftuinnieuws 17: 32-33
- Vanhees, D., Van Herck L., Leenaerts J. , 2021. Rassenproef gele paprika 2021: Referentierassen blijven kwalitatief het sterkst. Proeftuinnieuws 17: 33-34
- Vanhees, D., Van Herck L., Leenaerts J. , 2021. Rassenproef rode paprika 2021: Hayden blinkt uit in goede vruchtkwaliteit. Proeftuinnieuws 17: 36-37
- Vanhees, D., 2021. Geringe seizoen- en jaareffecten op kwaliteit paprika na de oogst. Proeftuinnieuws 7: 28-29
- Vanhees D, Schenk A., 2021. Nieuwe rassen voor de belichte tomatenteelt scoren kwalitatief even goed als referentie. Proeftuinnieuws 1: 8
- Van Herck L., Jolien L, Vanhees D., 2021. Stand van zaken rassenproeven rode, gele en groene paprika. Proeftuinnieuws 28-29
- Wittemans L, Moelants J, Vanhees D, Van Steenkiste J, 2021. Rassenproef losse tomaten doorteelt 2021: Als de kwaliteit meezit, wringt het schoentje bij de productie. Proeftuinnieuws 15: 15-17
- Wittemans L, Van Steenkiste J, Vanhees D., 2021. Rassenproef losse tomaten belichte teelt 2020-2021: Hoofdrassen moeilijk te verslaan. Proeftuinnieuws 14: 10-11.

Wetenschappelijke artikels

- Achille, C., Parra Cabrera, C., Dochy, R., Ordutowski, H., Piovesan, A., Piron, P., Van Looy, L., Kushwaha, S., Reynaerts, D., Verboven, P., Nicolai, B., Lammertyn, J., Spasic, D., Ameloot, R. with Ameloot, R. (corresp. author) (2021). 3D Printing of Monolithic Capillarity-Driven Microfluidic Devices for Diagnostics. Advanced Materials, Art.No. 2008712, 1-7. doi: 10.1002/adma.202008712
- Chigwaya, K., Karuppanapandian, T., Schoeman, L., Viljoen, D.W., Crouch, I.J., Nugraha, B., Verboven, P., Nicolai, B.M., Crouch, E.M. (2021). X-ray CT and porosity mapping to determine the effect of 'Fuji' apple morphological and microstructural properties on the incidence of CO_2 induced internal browning. Postharvest Biology and Technology, 174, Art.No. ARTN 111464. doi: 10.1016/j.postharvbio.2021.111464
- Ho, P.L., Tran, D.T., Hertog, M.L A T M., Nicolai, B.M. (2021). Effect of controlled atmosphere storage on the quality attributes and volatile organic compounds profile of dragon fruit (Hylocereus undatus). Postharvest Biology and Technology, 173, Art.No. ARTN 111406. doi: 10.1016/j.postharvbio.2020.111406
- Holtof, M., Van Lommel, J., Gijbels, M., Dekempeneer, E., Nicolai, B., Vanden Broeck, J., Marchal, E. (2021). Crucial Role of Juvenile Hormone Receptor Components Methoprene-Tolerant and Taiman in Sexual Maturation of Adult Male Desert Locusts. Biomolecules, 11 (2), Art.No. 244. doi: 10.3390/biom11020244
- Joseph, M., Van Beers, R., Postelmans, A., Nicolai, B., Saeys, W. (2021). Exploring oxygen diffusion and respiration in pome fruit using non-destructive gas in scattering media absorption spectroscopy. Postharvest Biology and Technology, 173, Art.No. ARTN 111405. doi: 10.1016/j.postharvbio.2020.111405
- Mata, C., Magpantaya, J., Van de Poel, B., Hertog, M., Nicolai, B. with Nicolai, B. (corresp. author) (2021). Expression and protein levels of ethylene receptors, CTRs and EIN2 during tomato fruit ripening as affected by 1- MCP. Postharvest Biology and Technology, 179, Art.No. 111573. doi: 10.1016/j.postharvbio.2021.111573
- Nicolai, B. (2021). Editorial. Postharvest Biology and Technology, 176. doi: 10.1016/j.postharvbio.2021.111492
- Nugraha, B., Verboven, P., Janssen, S., Hertog, M.L A T M., Boone, M., Josipovic, I., Nicolai, B.M. (2021). Oxygen diffusivity mapping of fruit and vegetables based on X-ray CT. Journal of Food Engineering, 306, Art.No. ARTN 110640. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2021.110640
- Piovesan, A., Vancauwenberghe, V., Van De Looverbosch, T., Verboven, P., Nicolai, B. with Verboven, P. (corresp. author) (2021). X-ray computed tomography for 3D plant imaging. Trends In Plant Science, 1-15. doi: 10.1016/j.tplants.2021.07.010
- Schneider, H.M., Strock, C.F., Hanlon, M.L., Vanhees, D.J., Perkins, A.C.,Ajmera, I.B. et al. (2018) Multiseriate cortical sclerenchyma enhance root penetration in compacted soils.Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 118(No. 6),e2012087118.https://doi.org/10.1073/pnas.2012087118
- Van de Looverbosch, T., Raeymaekers, E., Verboven, P., Sijbers, J., Nicolai, B. (2021). Non-destructive internal disorder detection of Conference pears by semantic segmentation of X-ray CT scans using deep learning. Expert Systems With Applications, 176, Art.No. ARTN 114925. doi: 10.1016/j.eswa.2021.114925
- Vanhees, D., Loades, K., Bengough, A.G., Mooney, S. & Lynch, J. (2021) The ability of maize roots to grow through compacted soil is not dependent on the amount of roots formed. Field Crops Research, 264, 108013
- Walsh, K., Lu, R., Nicolai, B. (2021). Special issue: Recent advances in the use of visible and vibrational spectroscopy/imaging for measurement of postharvest quality. Postharvest Biology and Technology, 171, Art.No. ARTN 111347. doi: 10.1016/j.postharvbio.2020.111347
- Xiao, H., Piovesan, A., Pols, S., Verboven, P., Nicolai, B. (2021). Microstructural changes enhance oxygen transport in tomato (Solanum lycopersicum) fruit during maturation and ripening. New Phytologist, 232 (5), 2043-2056. doi: 10.1111/nph.17712
- Zewdie, T.A., Delele, M.A., Fanta, S.W., Alemayehu, M., Alemayehu, G., Adgo, E., Nyssen, J., Verboven, P., Nicolai, B. (2021). Optimisation of onion bulb curing using a heat and mass transfer model. Biosystems Engineering, 214, 42-57. doi: 10.1016/j.biosystemseng.2021.12.009

DOCTORATEN

- Nugraha, B. (2021) Gas exchange modeling in fruit using diffusivity maps computed from X-ray CT images.
- Strouwen, A. (2021). Optimal Design of Dynamic Experiments in Bioscience Engineering.

VLAAMS CENTRUM VOOR
BEWARING VAN TUINBOUWPRODUCTEN

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

www.vcbt.be