

Nauwkeurige gasanalyse systemen voor kwaliteitsbewaking tijdens fruitopslag

Effecten van ethyleen en ethanol tijdens bewaring van appels en peren

Alex van Schaik en Henk van Reuler

© 2015 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Business unit Bloembollen, Boomkwekerij en Fruit.

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Rapportnummer 2015-15, € 15,-



Projectnummer: 3735000901

PT-nummer: 14004

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR Business Unit Bloembollen, Boomkwekerij en Fruit

Adres : Lingewal 1, Randwijk
: Postbus 200, 6670 AE Zetten
Tel. : 0488 - 473702
Fax : 0488 - 473717
E-mail : infofruit.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING	7
2 ACHTERGROND	9
2.1 Ademhaling	9
2.2 Ethyleen.....	9
2.3 Ethanol	10
3 MATERIAAL EN METHODEN	11
3.1 Appels Elstar (PPO – Fruit).....	11
3.1.1 September 2010 – september 2011.....	11
3.1.2 September 2011 – september 2012.....	12
3.1.3 September 2012 – september 2013.....	12
3.2 Peren Conference (FBR)	13
3.2.1 September 2010 – september 2011.....	13
3.2.2 September 2011 – september 2012.....	13
3.2.3 September 2012 – september 2013.....	14
3.3 Appels Kanzi (FBR).....	14
3.3.1 September 2011 – september 2012.....	14
3.4 Test van de prototypen van de ethyleen- en ethanol sensor (FBR)	15
3.4.1 September 2012 – maart 2013.....	15
4 RESULTATEN	17
4.1 Elstar appels	17
4.1.1 September 2010 – september 2011.....	17
4.1.2 September 2011 – september 2012.....	21
4.1.3 September 2012 – september 2013.....	25
4.2 Resultaten Conference peren.....	29
4.2.1 September 2010 – september 2011.....	29
4.2.2 September 2011 – september 2012.....	33
4.2.3 September 2012 – september 2013.....	33
4.3 Kanzi appels.....	35
4.3.1 September 2011 – september 2012.....	35
4.4 Test prototype sensoren	38
4.4.1 September 2012 – maart 2013.....	38
5 CONCLUSIES	41
5.1 Effecten ethyleen bij appels en peren.....	41
5.2 Effecten ethanol bij appels en peren	41
5.3 Conclusies sensorontwikkeling.....	41

Samenvatting

In het kader van het project Ultragas is bij Wageningen UR op 2 locaties onderzoek uitgevoerd, namelijk bij Food & Biobased Research in Wageningen en bij PPO Fruit in Randwijk.

De centrale doelstelling van het onderzoek was om in de praktijk toepasbare sensoren testen en ontwikkelen voor de toepassing tijdens opslag van Tuinbouwproducten. Tevens was voor Wageningen UR een belangrijke doelstelling de grenseffectwaarden te bepalen voor de gassen ethyleen (etheen) en ethanol. De genoemde gassen zijn meestal in minimale hoeveelheden aanwezig in de bewaarruimtes waardoor er hoge eisen gesteld worden aan de meetbaarheid. De te ontwikkelen sensoren dienen dus ook zeer lage concentraties te kunnen meten.

De grenseffectwaarden van de genoemde gassen zijn de concentraties waarbij er effecten in het product optreden die gevolgen hebben voor de houdbaarheid en kwaliteit van het product.

De meetbaarheid en ook de functie van beide gassen zijn van groot belang voor opslag van tuinbouwproducten en met name appels en peren. Qua meetbaarheid worden hoge eisen gesteld omdat deze gassen meestal in minimale concentraties aanwezig zijn.

Ethyleen is een gasvormig rijpingshormoon dat door appels en peren geproduceerd wordt na de oogst en tijdens bewaring in CA (Controlled Atmosphere) cellen accumuleert. Tevens kan ethyleen fungeren als een belangrijke biomarker voor rijping na de oogst en tijdens bewaring. Ook kan ethyleen functioneel zijn in het voorkomen van fysiologische schade in de vrucht dus kan het juist noodzakelijk zijn om een minimaal niveau in de cel te handhaven

Ethanol kan fungeren als een biomarker voor fermentatie. Appels worden in toenemende mate bij zeer lage zuurstofgehalten bewaard. Als de zuurstofconcentratie te laag wordt gaat de vrucht ethanol produceren. Via het meten van ethanol in de cellucht of in speciale meetboxen verbonden met het celklimaat kan het zuurstofgehalte gestuurd worden op de laagst mogelijke waarde.

Ethyleen als rijpingsindicator

Er zijn diverse experimenten uitgevoerd om na te gaan of de ethyleenproductie van appels en peren tijdens en na de oogst kan dienen als rijpingsindicator.

Dit is met name bepaald bij 2 rassen namelijk de Conference peer en de Kanzi appel.

De ethyleen productie van Conference-peren neemt heel duidelijk toe bij later geplukte partijen fruit.

Dezelfde trend is vastgesteld bij Kanzi appels waarbij ook de invloed van de verschillende boomgaarden is bepaald. Tijdens bewaring is ook de kwaliteit van de appels beoordeeld waarbij de appels van de latere oogstdata meer kwaliteitsverlies vertoonden wat betreft vruchtstevigheid en afwijkingen.

Voor Conference peren lijkt de grenswaarde van ethyleen productie op maximaal 0.4. microliter/kg/uur Maar als rijpingsindicator of voorspelling van pluktijdstip lijkt dit moeilijk te passen omdat dit pas achteraf is vast te stellen. Voor Kanzi-appels lijkt dit op 5 nanoliter/kg/uur bij de aangegeven omstandigheden. Dit lijkt wel toepasbaar in praktische omstandigheden. Voor beide rassen geldt deze grenswaarde als oogsttijdstipindicator.

Grenswaarde-effecten ethyleen en ethanol tijdens bewaring

Er zijn met de 2 rassen (Elstar-appels en Conference peren) uitgebreide proefnemingen uitgevoerd om de relatie vast te leggen tussen de ethyleenconcentratie tijdens de bewaring en de kwaliteit van het product. Deze proefnemingen zijn uitgevoerd in de technische installaties bij FBR en PPO fruit waarbij ook ethyleensensoren zijn geplaatst van EMS. Deze proefnemingen strekten zich uit over meerdere jaren met product van verschillende herkomsten en verschillende oogsttijdstippen.

Bij Conference peren heeft de ethyleen concentratie tijdens bewaring nauwelijks invloed op de kwaliteit van de peren. De hardheid van de peren is één van de belangrijkste kwaliteitstcriteria. Er is geen verschil tussen de hardheid van peren met continu ethyleen verwijdering en ethyleen toevoeging controle.

Ook voor de Elstar zijn in de bewaring uitgebreid de mogelijkheden onderzocht. Hierbij had ethyleen wel grotere invloed. Er is een continu programma uitgevoerd waarbij ethyleen laag is gehouden tijdens bewaring en ethyleen is toegevoegd. Belangrijk kwaliteitsprobleem van de Elstar-appelen is het optreden van de zogenaamde schilvlekjes op de vrucht waardoor deze vrijwel onverkoopbaar wordt. Ethyleen heeft hier een duidelijke invloed maar ook de bewaring in zeer lage zuurstofgehalten (DCS). Deze DCS bewaring wordt gestuurd via de bepaling van de ethanolconcentratie in de vrucht. Omdat ethanol uiteindelijk verdampt vanuit de vrucht kan deze ook in de lucht van de cel gemeten worden.

De Elstar appel produceert tijdens de bewaring in ULO heel weinig ethyleen en lijkt feitelijk onafhankelijk van de herkomst en het pluktijdstip.

De ethyleen toevoeging tijdens bewaring leidt ook tot snellere kwaliteits achteruitgang omdat de hardheid van de vrucht bewaard in ULO af gaat nemen.

Duidelijk is dat er interactie is tussen bewaarconditie en ethyleen gehalte. Immers toevoeging van ethyleen in ULO bewaring geeft extra hardheidsverlies terwijl het verlies van ethyleentoevoeging in DCS bewaring gering is.

Dit geeft aan dat de grenswaarde van ethyleen in de bewaring afhankelijk is van de zuurstofconcentratie in de cel.

Maar er zijn meerdere factoren die de grenswaarde beïnvloeden. In DCS bewaring komen nauwelijks schilvlekjes voor, maar duidelijk veel meer in de ULO bewaring. Wordt hierbij ethyleen toegevoegd dan daalt de aantasting weer.

Grenswaarden

Wat betreft de grenswaarden voor ethyleen moet in ULO van Elstar bewaring een ethyleenconcentratie aangehouden worden van 1-2 ppm om enerzijds weinig hardheidsverlies te krijgen en anderzijds schilvlekjes te bestrijden. Om rijping volledig tegen te gaan moeten we met een grenswaarde rekening houden van 0.5 ppm.

Voor DCS bewaring is het ethyleen gehalte feitelijk van minder belang omdat zowel hoog als laag ethyleen weinig invloed heeft op de productkwaliteit.

Als rijpingsindicator voor Kanzi appelen is ethyleen mogelijk geschikt en zou een ethyleen productie van 5 nl/kg/h als grenswaarde gehanteerd kunnen worden.

Wat betreft de grenswaarde voor ethanol moeten we er van uitgaan dat er in het product geen fermentatie optreedt, dit betekent dat het ethanolgehalte in de vrucht niet verder mag stijgen dan ongeveer 1 ml/100 gram vrucht. Dit vertalen naar ethanolconcentratie in de lucht is een grove benadering maar komt neer op 50 ppb (parts per billion).

Testen sensoren

Een taak voor Wageningen UR was ook het testen van ethanol- en ethyleensensoren die binnen het project zijn opgeleverd.

Vanuit de Radboud Universiteit is een aangepaste ethyleensensor aangeleverd om te testen in het lab van FBR in Wageningen. Hiervoor worden speciale testprocedures ontwikkeld waarbij de sensor dezelfde gasmix krijgt aangeleverd als de referentiemeting met de ETD sensor.

Het bleek dat de ontwikkelde sensor deels ook gevoelig was voor hogere CO₂ concentraties

Dit gegeven is aangegeven als verbeterpunt voor de sensor.

Voor de ethyleensensor is een prototype ontwikkeld die mogelijk voor de markt verder nog ontwikkeld moet worden tot een volledig systeem.

Wel moeten nog een aantal aanpassingen uitgevoerd worden om de invloed van andere gassen en omstandigheden te minimaliseren.

Voor ethanol is de Radboud Universiteit er niet in geslaagd een bruikbaar prototype te ontwikkelen en daarom kon dit niet getest worden bij Wageningen UR.

1 Inleiding

Appels en peren worden na de oogst gedurende kortere of langere tijd opgeslagen. Tijdens de opslag van de levende vruchten gaan de fysiologische processen door. De suikers worden afgebroken tot CO₂. De omstandigheden tijdens de bewaring bepalen in sterke mate de kwaliteit van de vruchten na afloop van deze periode. Belangrijke bewaarcondities zijn de temperatuur, O₂, CO₂ en relatieve luchtvochtigheid.

Een bekende opslagmethode is b.v. onder ULO (Ultra Low Oxygen) condities. De lage O₂ en verhoogde CO₂ concentraties zorgen ervoor dat de ademhaling wordt vertraagd.

Tijdens de opslag produceert het fruit een tweetal gasvormige stoffen, ethyleen en ethanol, die in lage concentraties in de bewaarcel voorkomen.

Op dit moment is het niet mogelijk de veelal lage concentraties van deze twee gassen op een eenvoudige en betrouwbare manier te meten. In dit project wordt onderzocht wat de meetbaarheid en de grenswaarden zijn voor deze gassen.

Dit project heeft mede gediend als co-financiering van een per 1 januari 2010 gehonoreerd project (Ultragas) van de Provincie Gelderland. De financiële ondersteuning van PT was essentieel omdat anders dit project niet uitgevoerd kon worden.

Een van de partners in dit project, de Radboud Universiteit in Nijmegen, ontwikkelt sensoren voor het meten van deze specifieke gassen. In dit project is het toetsen van deze nieuwe sensoren voor sturing van de bewaaromstandigheden voor fruit ook een onderdeel van de werkzaamheden van Wageningen UR.

De doelstelling van het project is dan ook:

- Is het mogelijk de kwaliteit van appels en peren bij de bewaring in ULO cellen te verbeteren door te sturen op de hoeveelheid ethyleen en ethanol?
- Zijn de nieuwe door de Radboud ontwikkelde sensoren bruikbaar om op een betrouwbare manier de grenswaarden van ethyleen en ethanol te bepalen op basis waarvan de bewaring gestuurd kan worden?

2 Achtergrond

2.1 Ademhaling

De naooogst fase is een belangrijk onderdeel van de fruit productieketen. De belangrijkste vraag hierbij is op welke wijze kan het fruit, voor kortere of langere tijd, opgeslagen worden zonder dat er kwaliteitsverlies optreedt? In deze studie richten we ons op de opslag van appels (Elstar) en peren (Conference). Qua oppervlakte zijn dit de belangrijkste appel- en peer rassen die in Nederland worden geteeld.

Tijdens de opslag van de levende vruchten gaan de fysiologische processen door, hierbij worden suikers afgebroken tot CO₂:



Belangrijke factoren zijn de temperatuur, O₂, CO₂ en relatieve luchtvochtigheid. Door deze factoren te beïnvloeden kan het rijpingsproces worden vertraagd. De meest eenvoudige bewaring is die bij lage temperatuur. De volgende stap is de bewaring waarbij naast de temperatuur ook de luchtsamenstelling wordt beïnvloed. Men spreekt dan van het bewaren onder geconditioneerde CA omstandigheden (CA – Controlled Atmosphere). Een voorbeeld is bewaring onder ULO (Ultra Low Oxygen) condities. De lage O₂ en verhoogde CO₂ concentraties zorgen ervoor dat de ademhaling wordt vertraagd. Bij verlaging van het O₂ gehalte is de balans tussen de factoren die een rol spelen bij de opslag erg belangrijk. Bewaring van fruit bij 20 °C geeft een hoge activiteit van de ademhaling. Een O₂ gehalte van 1% is geeft dan zeker problemen. Bij de opslag van appels en peren onder ULO omstandigheden zijn er mogelijkheden om de kwaliteit van het fruit te verbeteren.

Tijdens de opslag produceert het fruit een tweetal gasvormige stoffen, ethyleen en ethanol, die in lage concentraties in de bewaarcel voorkomen. Het meten van de concentraties van beide stoffen biedt de mogelijkheid om het bewaarproces te monitoren en te sturen. De hoeveelheden ethyleen en ethanol zijn echter zeer laag en lastig betrouwbaar te meten.

2.2 Ethyleen

Ethyleen is een gasvormig rijpingshormoon dat een belangrijke invloed kan hebben op de kwaliteit van het fruit. Ethyleen is net als CO₂ als restproduct bij de naooogst processen. Ethyleen heeft twee effecten op fruit:

- aanwezigheid van fruit zorgt voor een toename van de ethyleenproductie;
- aanwezigheid van ethyleen zorgt voor een toename van de gevoeligheid voor ethyleen.

Zo is er een duidelijk verband gevonden tussen de ethyleenproductie, -gevoeligheid en –concentratie en verschillende kwaliteitskenmerken van Elstar-appels en Conference-peren in ULO cellen. Als voorbeelden kunnen hier genoemd worden stevigheid, kleur, rijpingsontwikkeling van fruit in zijn algemeenheid en specifieke bewaarafwijkingen zoals schilvlekjes bij Elstar en inwendig bruin bij Conference.

Ethyleen heeft ook positieve effecten. Zo kan de aanwezigheid van deze stof bepaalde beschadigingen, zoals schilvlekjes, sneller herstellen.

Tijdens het bewaarproces in ULO cellen neemt de hoeveelheid ethyleen geleidelijk toe. Een concentratie van 1 ppm gedurende langere tijd heeft al invloed op het rijpingsproces van b.v. Elstar. Meestal zijn de gehalten bij andere rassen echter veel hoger. De actuele gehalten zijn o.a. afhankelijk van het ras en het stadium van rijping. Er bestaat de mogelijkheid om de concentratie te verlagen door m.b.v. een actief filter op basis van katalytische oxidatie.

Zowel een laag O₂ als hoog CO₂ gehalte vermindert de productie van ethyleen sterk. Daarnaast neemt onder deze omstandigheden ook de gevoeligheid voor ethyleen sterk af.

In eerder onderzoek met peren is gevonden dat ethyleentoename in de ULO-cel een duidelijke signaal is dat de kwaliteit van het opgeslagen fruit achteruit gaat. Dit onderzoek werd uitgevoerd m.b.v. een 'high cost ethyleen analyzer' die niet geschikt is om op bedrijven of koelcellen te worden gebruikt.

Indien de ethyleenconcentratie in de cel gemeten kan worden kunnen de volgende vragen beantwoord worden:

1. Is een verhoogde ethyleenconcentratie in de cel gedurende de bewaring een indicatie voor de rijpheid en kwaliteit van vruchten?
2. Kan door verwijdering van ethyleen de rijping vertraagd worden met als gevolg een positief effect op de kwaliteit van de vruchten?
3. Wat is het effect van een verhoogde ethyleenconcentratie op bewaarafwijkingen bij fruit zoals schilvlekjes bij Elstar?

2.3 Ethanol

Voor ethanol of alcohol zijn er vergelijkbare vragen te stellen. Bij een te laag O_2 gehalte in de ULO cel wordt de ademhaling op een andere wijze gestuurd en wordt ethanol geproduceerd (anaeroob). Als het O_2 gehalte weer stijgt boven een bepaalde waarde wordt de ethanol weer omgezet en wordt het ademhalingsproces weer normaal (aeroob). Hierdoor kan de aanwezigheid van ethanol worden gebruikt om het optimale (= laagst mogelijke) O_2 gehalte te bepalen zonder dat het ademhalingsproces wordt onderbroken.

Op basis van deze relatie is het DCS – Dynamic Control System ontwikkeld. Het DCS systeem wordt in de praktijk al toegepast door het ethanol gehalte in de vruchtvlees te meten. De laatste jaren is de toepassing van het DCS systeem sterk toegenomen en dit geeft aan dat de meerwaarde wordt erkend. DCS speelt een belangrijke rol bij de bestrijding van schilvlekjes bij Elstar en het behoud van stevigheid bij verschillende andere appelrassen.

Het belang van DCS is duidelijk. Een sensor die de ethanol concentratie nauwkeurig en betrouwbaar in de bewaarcel kan meten is niet beschikbaar. Dit is een belemmering voor grootschalige toepassing van DCS.

3 Materiaal en methoden

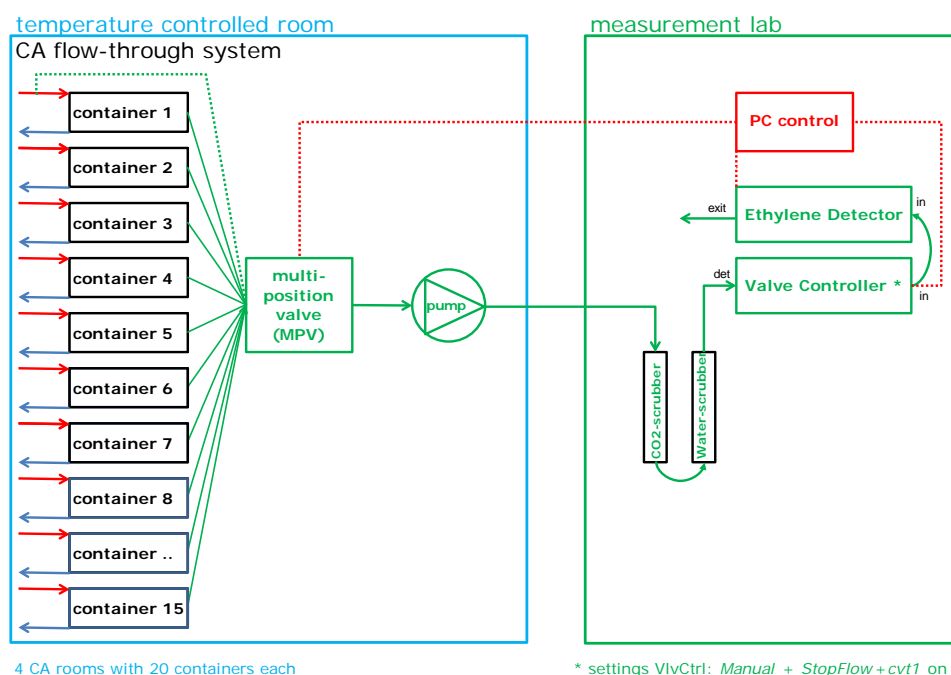
Het onderzoek is uitgevoerd op twee locaties van Wageningen Universiteit & Research Centre (WUR), te weten Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (PPO) – Fruit in Randwijk en bij Food en Biobased Research (FBR) in Wageningen.

Tijdens de looptijd (2009 – 2013) van het project is er op twee locaties aan verschillende onderwerpen gewerkt. Voor de overzichtelijkheid is er gekozen voor een hoofdindeling op soort fruit en een chronologische subindeling. Deze indeling wordt ook gevolgd bij bespreking van de resultaten (H.4). Naast het fruit bewaaronderzoek is er ook een sensor getest.

In de periode oktober 2009 – september 2010 zijn er voorbereidende werkzaamheden uitgevoerd. In september 2010 is het experimentele onderzoek gestart.

Ontwikkeling meet protocollen.

Om ethyleen in laboratorium omstandigheden te kunnen meten in combinatie met diverse opgelegde combinaties van temperatuur, CO₂ en zuurstof is bij FBR een specifieke (meet) infrastructuur geïnstalleerd. Hiervoor is een meet systeem opgebouwd waarmee heel nauwkeurig en inline de ethyleen concentraties bepaald kunnen worden, hiervoor is ook speciaal de ETD detector is geïnstalleerd voor dit project, zie onderstaande diagram.



3.1 Appels Elstar (PPO – Fruit)

3.1.1 September 2010 – september 2011

Bewaaronderzoek

De proef is uitgevoerd in speciale onderzoekcontainers waarin de ethyleenconcentratie kan worden gemeten en geregeld kan worden. De ethyleen metingen zijn uitgevoerd met een Mac View ethyleenmeter. Deze meter is aangesloten op het bestaande meet-en regelsysteem. Om ethyleen toe te dienen is via een mass flow controller zuivere ethyleen toegediend. Om ethyleen te verwijderen is lucht uit de betreffende bewaarcontainer via een luchtpomp door een filter van purafil korrels geleid. De grondkleur is voor deel gemeten met een Minolta meter en deels m.b.v. een kleurenkaart.

Bij gebruik van de Minolta kleurmeter wordt de grondkleur uitgedrukt in een a en b waarde. Een hogere a waarde komt overeen met minder groen. Terwijl een hoger b waarde duidt op meer geel. De hardheid is gemeten met een geautomatiseerde penetrometer.

Gewas : Appels - Elstar
Locatie uitvoering proef: WUR – PPO, Randwijk
Variabelen: 2 herkomsten
2 pluktijdstoppen
ULO omstandigheden: 2 °C, 2% CO₂, 1.5% O₂
Ethyleen concentraties - Natuurlijk verloop (1 -2 ppm)
0 - 1 ppm door scrubben
10 ppm door toevoeging
Bewaarperiode: 9 maanden
Tijdstip ethyleen meting: juni 2011
Kwaliteitsbeoordeling: grondkleur (Minolta), hardheid, in- en uitwendige kwaliteit
Tijdstip: juni 2011
juni 2011 + 1 week uitstalling bij 18 °C

3.1.2 September 2011 – september 2012

Bewaarproef

De bewaarproef zoals beschreven in H. 3.1.1 is herhaald.

In maart 2012 is de ethyleenproductie in duplo bepaald.

Een uitbreiding is de bewaring onder DCS omstandigheden:

DCS omstandigheden: 2 °C, 2% CO₂, variabele lage %O₂ (eindwaarde 0.4%)
ULO en DCS: laag ethyleen (eigen productie)
Continue toevoeging van 10 ppm ethyleen
Kwaliteitsbeoordeling: grondkleur met Minolta kleurmeter, hardheid, in- en uitwendige kwaliteit
Tijdstip: maart 2012
maart 2012 + een uitstalperiode van een week bij 18 °C.

De verlaging van %O₂ is ongeveer vijf weken na de start van de bewaring begonnen. De beginconcentratie was 1% O₂. Dit gehalte is stapsgewijs verlaagd naar een eindwaarde van 0.4% O₂ op basis van regelmatige meting van het ethanol gehalte in het vruchtvlies. Deze eindwaarde werd in december 2012 bereikt.

3.1.3 September 2012 – september 2013

Gewas : Appels – Elstar
Variabelen: 4 herkomsten
1 laat pluktijdstop
Locatie uitvoering proef: WUR – PPO, Randwijk
Bewaaromstandigheden: ULO 2 °C, 2% CO₂, 1% O₂
DCS™ 2 °C, 2% CO₂, variabele lage %O₂ (eindwaarde 0.4%)
ULO en DCS Ethyleen concentraties – Natuurlijk verloop
Toevoeging van 10 ppm continu
tot januari
na januari
Bewaarperiode: 7 maanden
Tijdstip ethyleen meting: maart 2013
Kwaliteitsbeoordeling: kleur, hardheid, in- en uitwendige kwaliteit
Tijdstip: mei 2013, inclusief uitstalperiode van een week bij 18 °C
Ethanol meting: Enkele keren per seizoen is de DCS objecten eventuele ethanol ophoping gemeten om een veilig laag zuurstofgehalte te bereiken. Tevens is de ethanolconcentratie in de containers gemeten vanwege correlatie intern ethanol in de vrucht en de concentratie in de lucht.

3.2 Peren Conference (FBR)

3.2.1 September 2010 – september 2011

Bewaarproef

De proef is uitgevoerd in speciale onderzoekcontainers waarin de ethyleenconcentratie kan worden gemeten en geregeld kan worden. De ethyleen metingen zijn uitgevoerd met een Mac View ethyleenmeter. Deze meter is aangesloten op het bestaande meet- en regelsysteem. Via dit systeem kan de ethyleenconcentratie geregeld worden. Tevens bestaat er de mogelijkheid om ethyleenconcentratie door scrubben te verlagen. Daarnaast is een zeer gevoelige foto akoestische lasersensor (ETD-300, SensorSense) beschikbaar waarmee concentraties op ppb en ppt niveau gemeten kunnen worden. Hiermee kan de ethyleenproductie van individuele vruchten worden gemeten.

Gewas :	Peren - Conference
Variabelen:	2 herkomsten 2 pluktijdstippen
Locatie uitvoering proef:	WUR – FBR, Wageningen
ULO omstandigheden:	-0.5 °C, 0.7% CO ₂ , 3% O ₂ Ethyleen concentraties – Controle (wachterperiode + eigen ethyleen productie in CA) Ethyleen < 3 ppm door scrubben met KMnO ₄ gedurende de periode in CA Ethyleen continue toevoeging vanaf 4 weken wachterperiode 20 – 30 ppm in CA. Ethyleen toevoeging (20 ppm) tijdens laatste 3 weken van de wachterperiode, daarna CA zonder ethyleen toevoeging
Tijdstip ethyleen meting:	einde bewaar periode (zowel onder ULO condities als bij 21% O ₂ en 20 °C)
Bewaarperiode:	9 maanden
Kwaliteitsbeoordeling:	grondkleur (kleurenkaart), hardheid
Tijdstip:	juni 2011 juni 2011 + een week uitstalling bij 10 °C

3.2.2 September 2011 – september 2012

Bewaarproef

Gewas :	Peren - Conference
Variabelen:	diverse herkomsten (Betuwe en Noordholland) 2 pluktijdstippen (1/9/2011 Betuwe; 15/9/2011 Noordholland)
Locatie uitvoering proef:	WUR – FBR, Wageningen
Bewaaromstandigheden:	ULO -0.5 °C, 3% CO ₂ , <0.8% O ₂

Tijdstip ethyleen meting:	oogst
Bewaarperiode:	7 maanden
Kwaliteitsbeoordeling:	grondkleur, hardheid, afwijkingen
Tijdstip:	oogst februari juni

Voor de ethyleen metingen (in duplo) zijn de monsters voor een verschillende tijdsduur in een doorstroomunit (500 ml/min) geplaatst bij 0.5 °C:

Oogst	een nacht
Na de wachterperiode	enkele dagen
Februari	enkele dagen
Juni 2012	enkele dagen

De metingen zijn uitgevoerd met de ETD-300 SensorSense. Na de eerste drie meettijdstippen zijn de vruchten in de ULO bewaring (terug)geplaatst. Aan het eind van de bewaarperiode (juni) zijn ook de kwaliteitsmetingen uitgevoerd.

3.2.3 September 2012 – september 2013

Bewaarproef

Gewas : Peren - Conference

Variabelen: 31 herkomsten

5 pluktijdstippen

Locatie uitvoering proef: WUR – FBR, Wageningen

Bewaaromstandigheden: ULO -0.5 °C, 3% CO₂, <0.8% O₂

Tijdstip ethyleen meting: oogst

In de oogstperiode zijn elke dag vruchten op een bedrijf verzameld en bewaard bij -0.5 °C. Wekelijks zijn de vruchten vervoerd naar FBR weer bewaard bij -0.5 °C. De ethyleenproductie van 10 vruchten is bepaald na een nacht acclimatisatie in een doorstroomsysteem (100 ml/min, lucht, 20 °C). Daarna zijn de peren vanaf 13 h blootgesteld in dit doorstroomsysteem aan 500 ml/min stikstof om fermentatie op te wekken. De daarop volgende ochtend is om 9 h de ethanol in de uitstromende lucht bepaald.

3.3 Appels Kanzi (FBR)

3.3.1 September 2011 – september 2012

Gewas: Appels - Kanzi

Variabelen: 6 herkomsten

5 pluktijdstippen (n.b. pluk 4 en 5 wijken af vanwege commerciële voorpluk na pluktijdstip 3)

Locatie uitvoering proef: WUR – FBR, Wageningen

ULO omstandigheden: 4 °C, 1.2% CO₂, 1.5% O₂ na een wachtperiode van 14 dagen en langzame zuurstofdaling

Bewaarperiode: 7 maanden

Tijdstip ethyleen meting: oogst

februari 2012

Kwaliteitsbeoordeling: hardheid en klokhuisbruin

Tijdstip: juni 2012 + een week uitstal bij 18 °C

Op ieder pluktijdstip zijn 30 vruchten in duplo bemonsterd. Op de dag van oogst is de ethyleenproductie gemeten door de netzakken met vruchten te plaatsen in roestvrijstalen container van 65 l. Deze container werd gedurende een nacht bij 6 °C doorstroomt met ethyleenvrije lucht met een flowrate van 500 ml/min. De vruchten zijn onder ULO condities bewaard.

Voor de ethyleenmeting in februari 2012 zijn de monster in 3 – 4 dagen in een doorstroomsysteem met ethyleen vrije lucht (flowrate van 500 ml/min) bij 6 °C geplaatst. De ethyleenmeting is uitgevoerd met de ETD-300 SensorSense (zie H. 3.1.2)

Na de meting zijn de vruchten weer teruggeplaatst in de ULO bewaring. Aan het einde van het bewaarperiode (juni) is de meting herhaald en is de kwaliteitsbeoordeling uitgevoerd.

3.4 Test van de prototypen van de ethyleen- en ethanol sensor (FBR)

3.4.1 September 2012 – maart 2013

SensorSense als bedrijf en ook participant in het Ultragas project heeft een LSE NH₃ detector omgebouwd om ethyleen meting mogelijk te maken. De belangrijkste wijzigingen in vergelijking met de SensorSense tot akoestische laserdetector ETD zijn:

- Lagere meetfrequentie (ca. 1x per drie minuten);
- Ontbreken van water en CO₂ scrubbers;
- Interne pomp voor aanzuigen van monsters;
- Touchscreen control;
- Vereenvoudigde bediening geschikt voor industriële toepassing;

Deze ethyleen sensor is getoetst op labschaal om na te gaan of de ethyleenmeting bij diverse concentraties en bij afwijkende luchtcondities correct was.

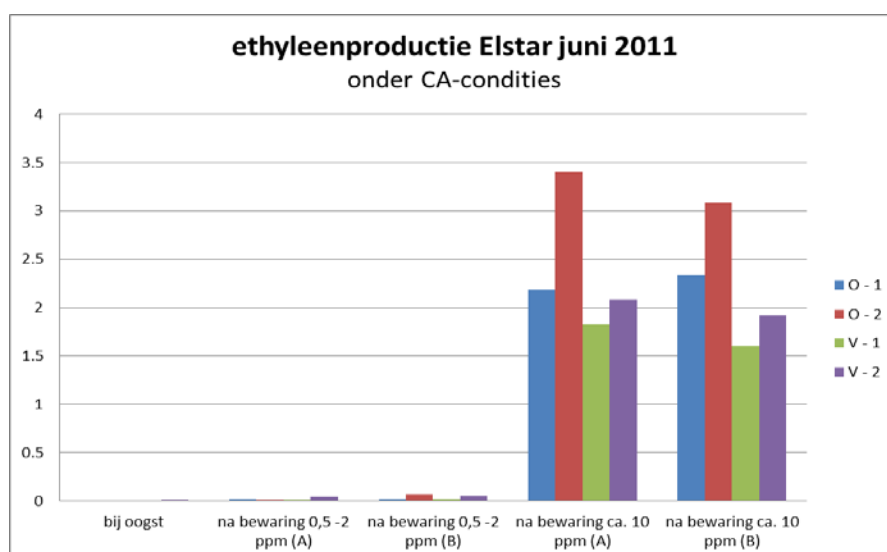
Met dezelfde achtergrond zou ook een ethanolssensor getest worden.

4 Resultaten

4.1 Elstar appels

4.1.1 September 2010 – september 2011

4.1.1.1 Ethyleen productie



Figuur 1. Ethyleenproductie van Elstar bewaard bij 1,5 °C, 1,5% O₂ en 2% CO₂ en bij 2 verschillende ethyleenconcentraties (0,5 tot 1 ppm en ca. 10 ppm).

O-1 = herkomst van Ojen van pluktijdstip 1

O-2 = herkomst van Ojen van pluktijdstip 2

V-1 = herkomst van Vink van pluktijdstip 1

V-2 = herkomst van Vink van pluktijdstip 2

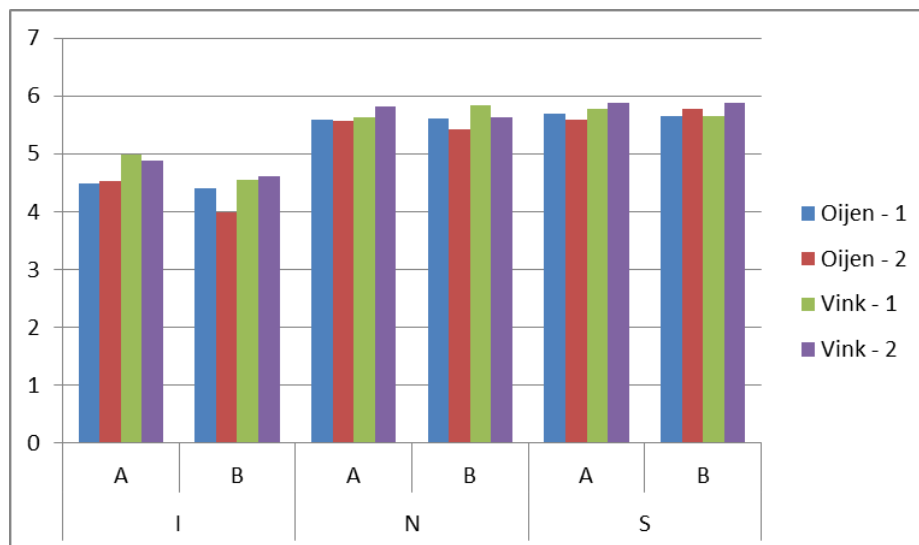
A en B zijn herhalingen.

De ethyleenproductie van de appels gemeten na de oogst en direct na bewaring is nog bijzonder laag en geeft aan dat de appels nog niet in de zogenaamde climacterische fase van de rijping zijn. Dit betreft ook de appels van het tweede oogstmoment die normaal gesproken eerder ethyleen produceren.

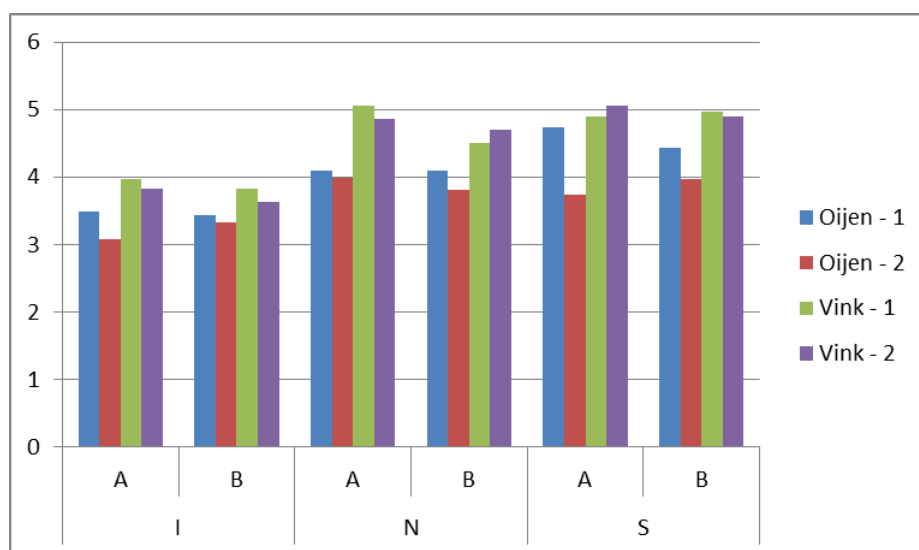
Als tijdens de bewaring continu 10 ppm ethyleen is toegevoegd komt de ethyleen productie daadwerkelijk op gang. Hierbij lijkt herkomst O gemiddeld een iets hogere productie te hebben en waarbij appels van de latere oogstdatum ook een hogere productie hadden.

De hogere ethyleen productie geeft aan dat de rijping van de vrucht is gestart en kan mogelijk gevolg hebben voor diverse kwaliteitsfactoren.

4.1.1.2 Hardheid



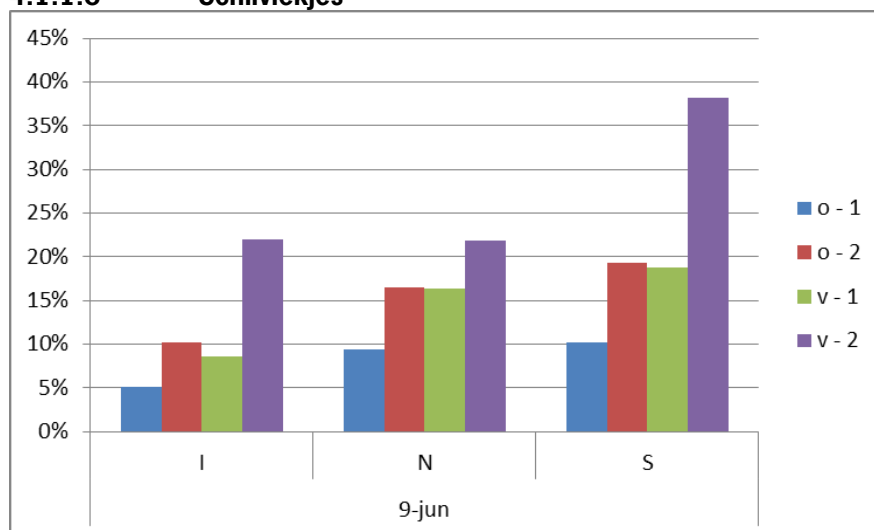
Figuur 2. Hardheid Elstar na ULO-bewaring tot in juni 2011. I= behandeling ethyleen injectie (ca. 10 ppm), N=natuurlijk verloop (ca. 1-2 ppm) en S= ethyleen gescrubd (ca. 0,5 tot 1 ppm). A en B zijn herhalingen van dezelfde behandeling.



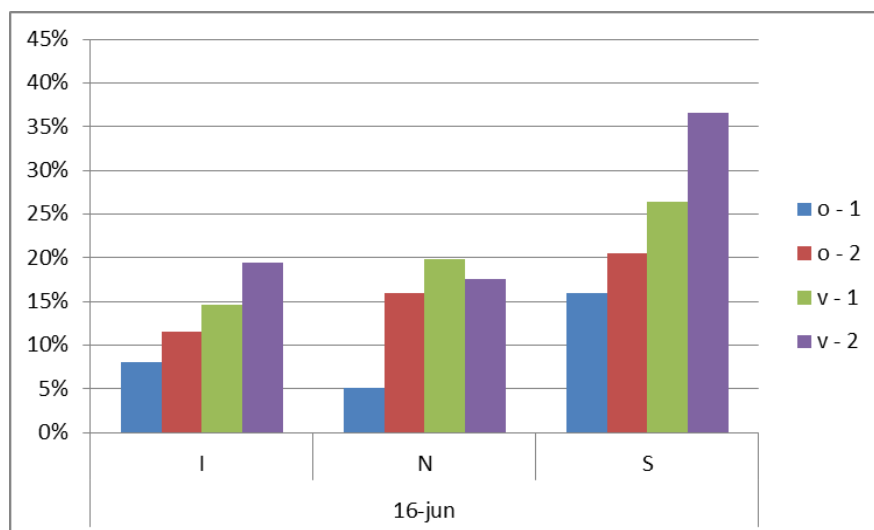
Figuur 3. Hardheid Elstar na ULO-bewaring tot in juni 2011 en 1 week uitstallen bij 18°C. I= behandeling ethyleen injectie (ca. 10 ppm), N=natuurlijk verloop (ca. 1-2 ppm) en S= ethyleen gescrubd (ca. 0,5 tot 1 ppm). A en B zijn herhalingen van dezelfde behandeling.

Het is duidelijk dat zowel direct na bewaring als na 1 week 18°C (simulatie uitstalling) de gemiddelde hardheid lager was van de objecten waarbij ethyleen werd toegediend (I). Er was enigermate koppeling met de ethyleen productie. De herkomst O met de iets hogere ethyleen productie lijkt in dit geval een wat lagere hardheid te hebben. Dit geldt tevens voor de later geplukte appels van deze herkomst met ook hogere ethyleen productie en vervolgens lager hardheid. Tussen de objecten ethyleen scrubben en natuurlijke ophoping zijn er geen duidelijke verschillen. Dit kan betekenen dat de invloed van ULO bewaring op de ethyleen productie al dusdanig groot is dat extra weg scrubben van ethyleen geen toegevoegd effect heeft. Op basis van dit onderzoek mag aangenomen worden dat de grenswaarde voor ethyleen op maximaal 0.5 ppm mag zijn voordat rijping optreedt bij het ras Elstar in ULO omstandigheden.

4.1.1.3 Schilvlekjes



Figuur 4. Schilvlekjesindex Elstar na ULO-bewaring tot 9 juni 2011. I= behandeling ethyleen injectie (ca. 10 ppm), N=natuurlijk verloop (ca. 1-2 ppm) en S= ethyleen gescrubd (ca. 0,5 tot 1 ppm).



Figuur 5. Schilvlekjesindex Elstar na ULO-bewaring en 1 week uitstalling tot in juni 2011 I= behandeling ethyleen injectie (ca. 10 ppm), N=natuurlijk verloop (ca. 1-2 ppm) en S= ethyleen gescrubd (ca. 0,5 tot 1 ppm).

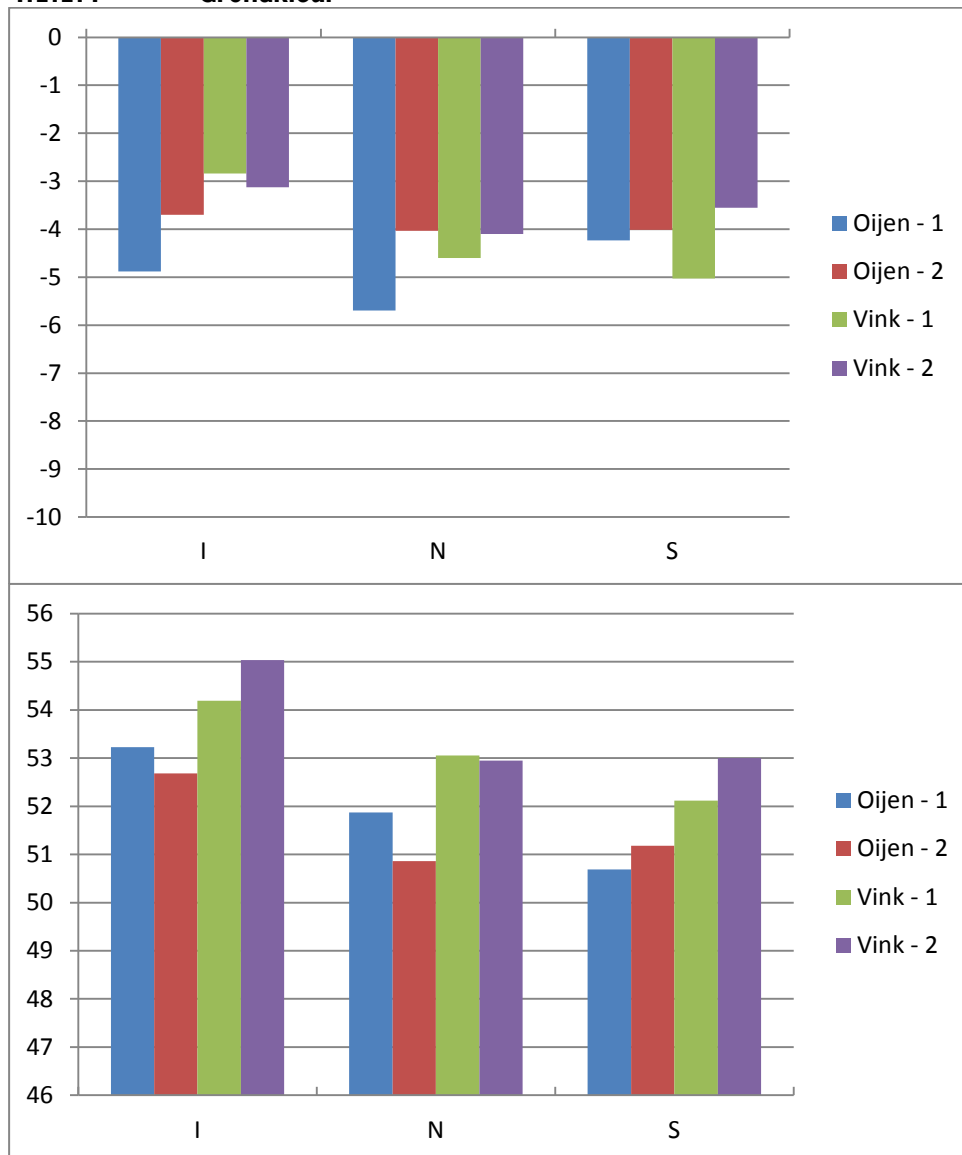
In dit groeiseizoen waren de Elstar appels van beide herkomsten duidelijk gevoelig voor schilvlekjes.

Appelen van de tweede pluk waren gevoeliger voor schilvlekjes dan de eerste pluk. Het patroon van de beoordeling direct na de bewaring (figuur 4) is identiek met de situatie na uitstalling (figuur 5)

Er is geen heel duidelijk verschil tussen de objecten, het lijkt overigens wel dat de objecten waarbij ethyleen totaal is verwijderd een grotere aantasting door schilvlekjes vertoont.

In tegenstelling met eerder onderzoek resultaat veroorzaakt continue ethyleen toediening (10 ppm) geen duidelijke vermindering van schilvlekjes.

4.1.1.4 Grondkleur



Figuur 6. Grondkleur a-waarde (boven) en b-waarde (onder) van Elstar na ULO-bewaring tot 9 juni 2011 en uitstallen bij 18°C tot 16 juni. I= behandeling ethyleen injectie (ca. 10 ppm), N=natuurlijk verloop (ca. 1-2 ppm) en S= ethyleen gescreubd (ca. 0,5 tot 1 ppm).

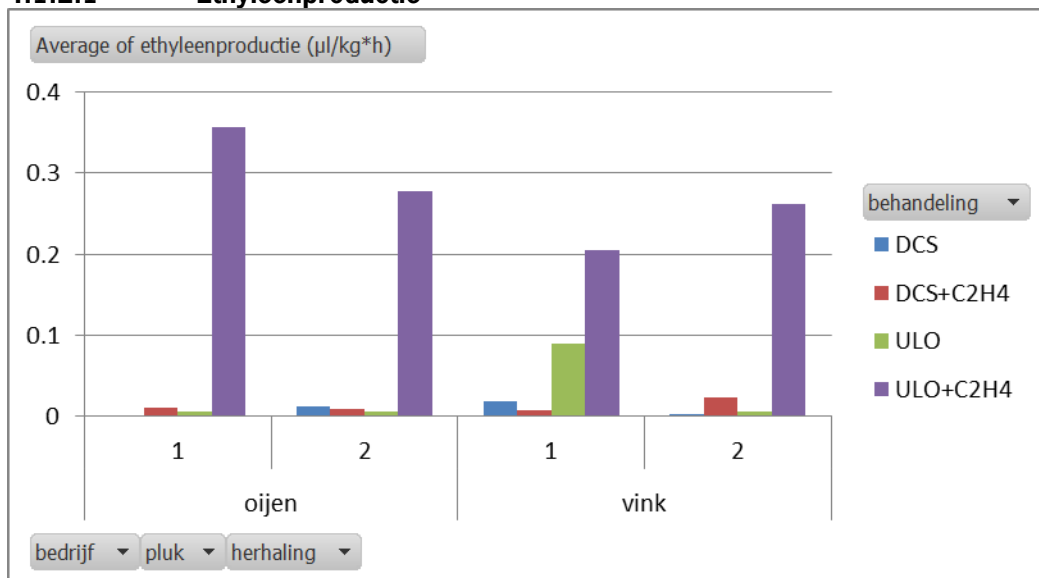
De grond kleur gemeten volgens de A en B waarde met de Minolta apparatuur geeft ook in dit kader aan dat het object waarbij ethyleen is toegediend (I) een gelere grondkleur had.

De verschillen tussen de andere objecten en oogsttijdstippen waren gering en niet altijd consequent.

Wel lijkt herkomst O gemiddeld een groenere grondkleur te hebben, dus dezelfde constatering wat betreft "minder rijp" als bij de hardheid. Hieruit blijkt dat er ook voor de kleur ontwikkeling een verband is met de ethyleen toediening en vervolgens hogere ethyleenproductie van de vruchten.

4.1.2 September 2011 – september 2012

4.1.2.1 Ethyleenproductie

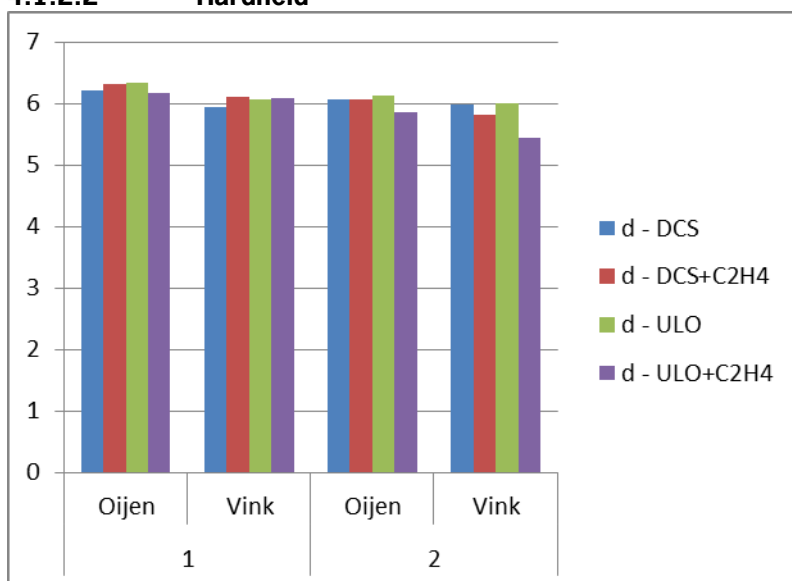


Figuur 7. Ethyleen productie van Elstar appels in CA omstandigheden van 2 boomgaarden na ULO en DCS-bewaring en ethyleen behandeling tot in juni 2012

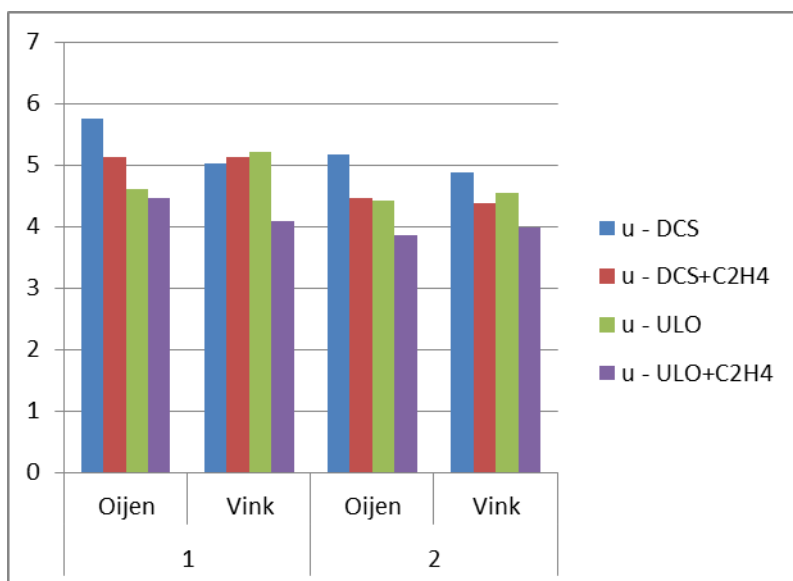
Van dezelfde herkomsten als het vorige seizoen is ook na de bewaring de ethyleen productie gemeten. Wat direct opvalt is ook weer de zeer lage ethyleen productie zowel in de standaard ULO bewaring als ook in de DCS bewaring. Echter als ethyleen toegevoegd wordt tijdens de bewaring zien dat dit allen bij Ulo bewaring leidt tot een hogere ethyleen productie. Dit betekent dat het lage zuurstofgehalte in DCS (0.4%) de gevoeligheid voor ethyleen sterk vermindert.

Dus de grenswaarde voor ethyleen tijdens de bewaring is dus sterk afhankelijk van de bewaaromstandigheden en in dit geval het zuurstofgehalte: lager zuurstofgehalte geeft verminderde gevoeligheid voor ethyleen.

4.1.2.2 Hardheid



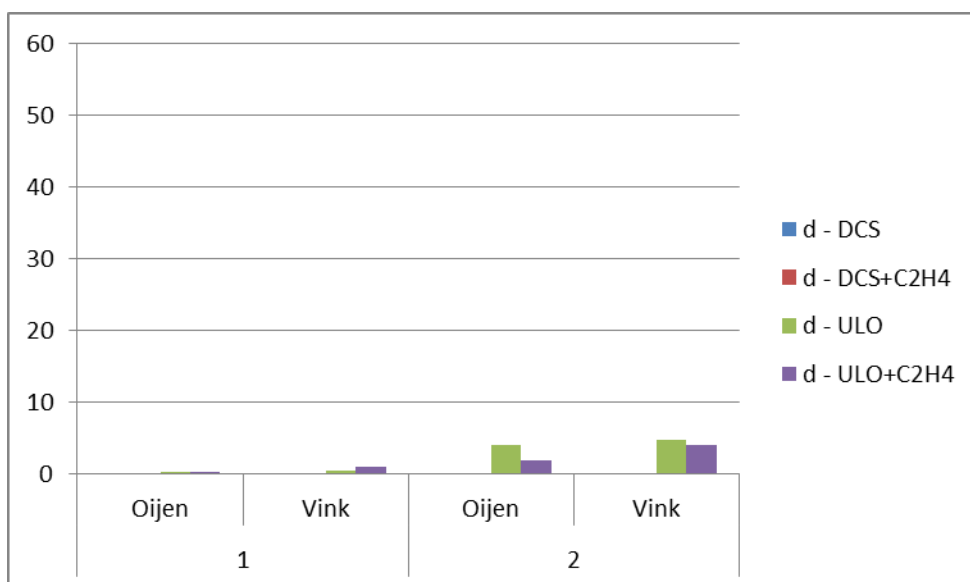
Figuur 8. Hardheid Elstar appels van 2 boomgaarden herkomsten na ULO en DCS-bewaring en ethyleen behandeling tot in maart 2012.



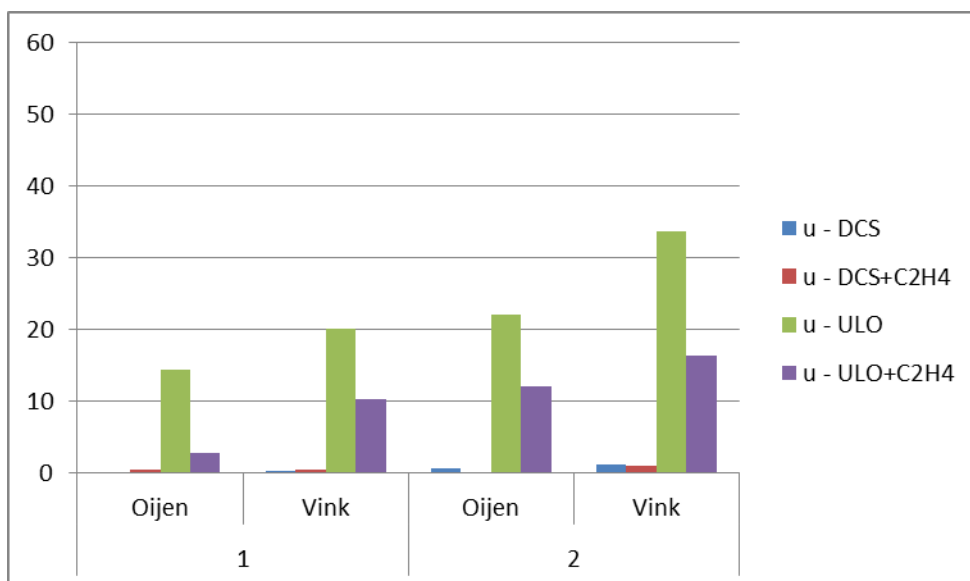
Figuur 9. Hardheid Elstar appels van 2 boomgaarden na ULO en DCS-bewaring en ethyleen behandeling tot in maart 2012 en 1 week uitstallen bij 18°C.

Zoals te zien in tabel 7 was er geen onderscheid direct na bewaring tussen toepassing van DCS en standaard ULO. Effect van ethyleen toediening was gering bij zowel DCS als ULO op de schilvlekaantasting. Na 1 week uitstalling (tabel 8) had ethyleen toediening bij elke herkomst en pluktijd een effect op de hardheid. In de meeste gevallen was dit ongeveer 0.5 kg lagere hardheid gemeten met de penetrometer .

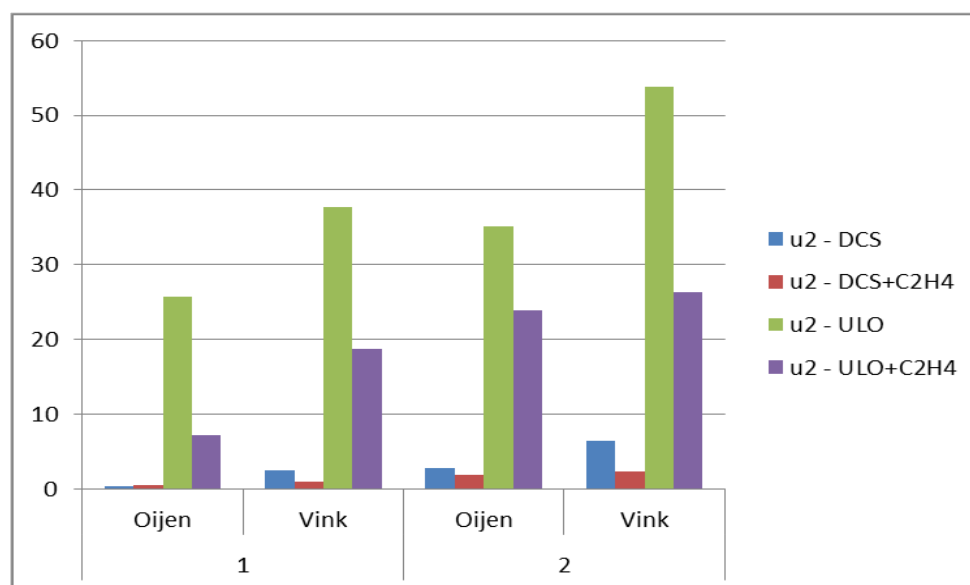
4.1.2.3 Schilvlekjes



Figuur 10. Schilvlekjes index op Elstar van 2 herkomsten geplukt op 2 pluktijdstippen direct na bewaring (15 maart 2012), bewaard bij 4 verschillende condities (DCS, DCS met C2H4 dosering, ULO en ULO met C2H4 dosering).



Figuur 11. Schilvlekjes index op Elstar van 2 herkomsten geplukt op 2 pluktijdstippen na bewaring en een week uitstallen bij 18°C (22 maart 2012), bewaard bij 4 verschillende condities (DCS, DCS met C2H4 dosering, ULO en ULO met C2H4 dosering).



Figuur 12. Schilvlekjes index op Elstar van 2 herkomsten geplukt op 2 pluktijdstippen na bewaring en twee weken uitstallen bij 18°C (29 maart 2012), bewaard bij 4 verschillende condities (DCS, DCS met C2H4 dosering, ULO en ULO met C2H4 dosering).

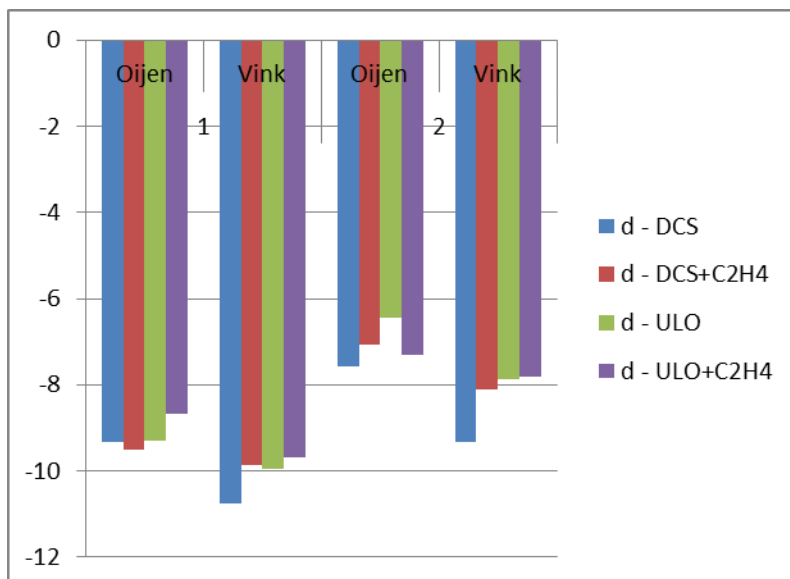
Ook in dit seizoen bleken de appels gevoelig voor ontstaan van schilvlekjes. Direct na de oogst (tabel 10) was dit nog gering. Echter na zowel 1 week als 2 weken uitstalling bij 18 °C (tabel 11 en 12) nam de aantasting sterk toe.

Opvallend was dat de toepassing van DCS een rigoureuze reductie gaf van de aantasting en dat zelfs na 14 dagen uitstalling nog maar nauwelijks schilvlekjes optraden. De aantasting was dermate laag dat het effect van ethyleen toediening op het ontstaan van schilvlekjes niet meetbaar was.

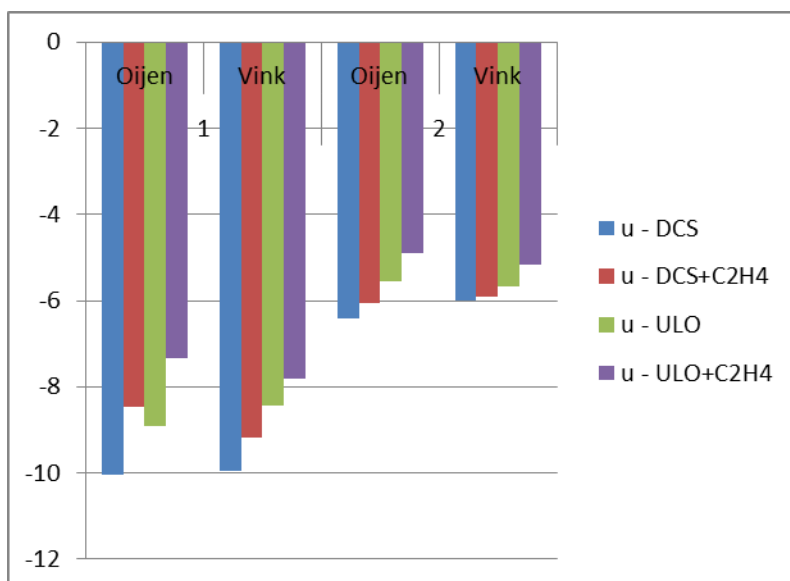
Bij de standaard ULO bewaring was de aantasting hoog na 7 en 14 dagen uitstalling.

Hierbij was het effect van ethyleen toediening heel duidelijk aanwezig en reduceerde de schilvlek aantasting met 50 %.

4.1.2.4 Grondkleur



Figuur 13. Grondkleur (A-waarde) van Elstar appels van 2 boomgaarden herkomst na ULO en DCS-bewaring en ethyleen behandeling tot in maart 2012.

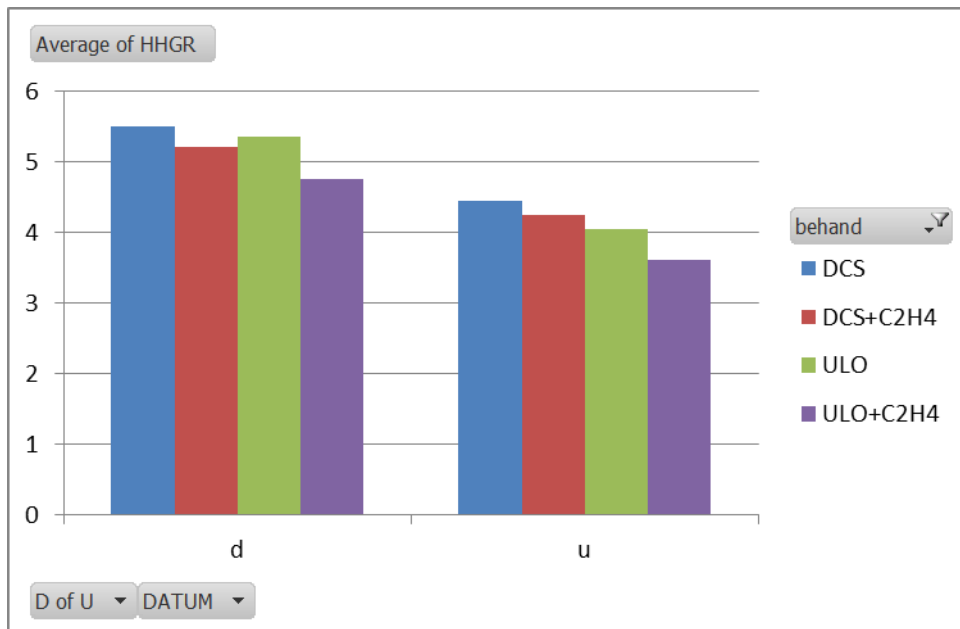


Figuur 14. Grondkleur (A-waarde) van Elstar appels van 2 boomgaarden na ULO en DCS-bewaring en ethyleen behandeling tot in maart 2012 en 1 week uitstallen bij 18°C.

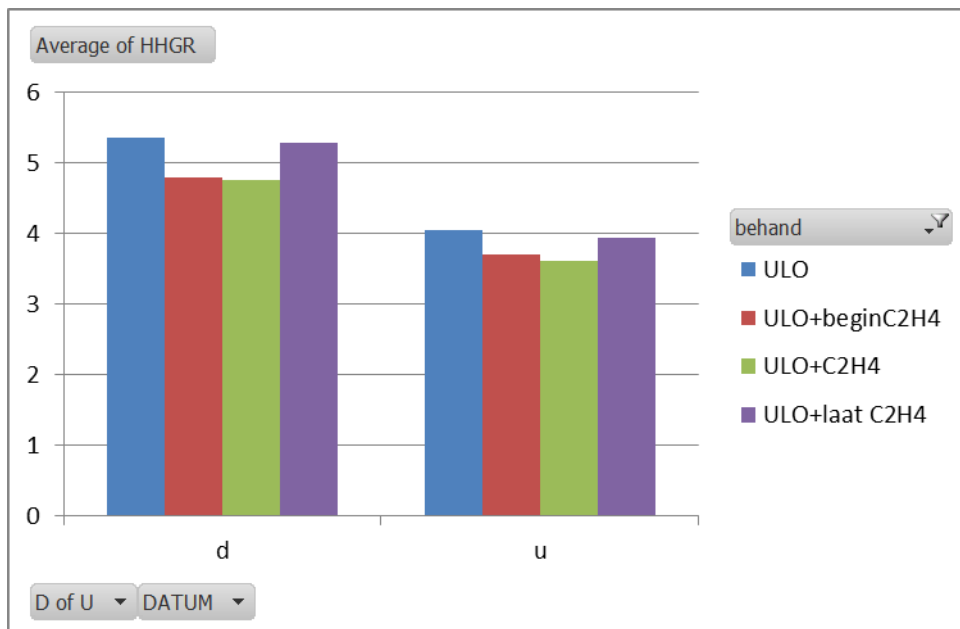
Qua grondkleur was er vooral een effect op de gemeten A waarde (verkleuring groen naar rood) en nauwelijks op de B waarde. De A waarde ligt ook het dichtst bij de menselijk waarneming en dus het meest relevant voor de vrucht kwaliteit. Belangrijkste verschil is er tussen het pluktijdstip, appels van de eerste pluk zijn duidelijk groener. De invloed van DCS op de kleurontwikkeling is gering. Zowel bij DCS als standaard ULO geeft ethyleen toediening extra verkleuring. Dit zelfde effect was ook zichtbaar bij de hardheids ontwikkeling.

4.1.3 September 2012 – september 2013

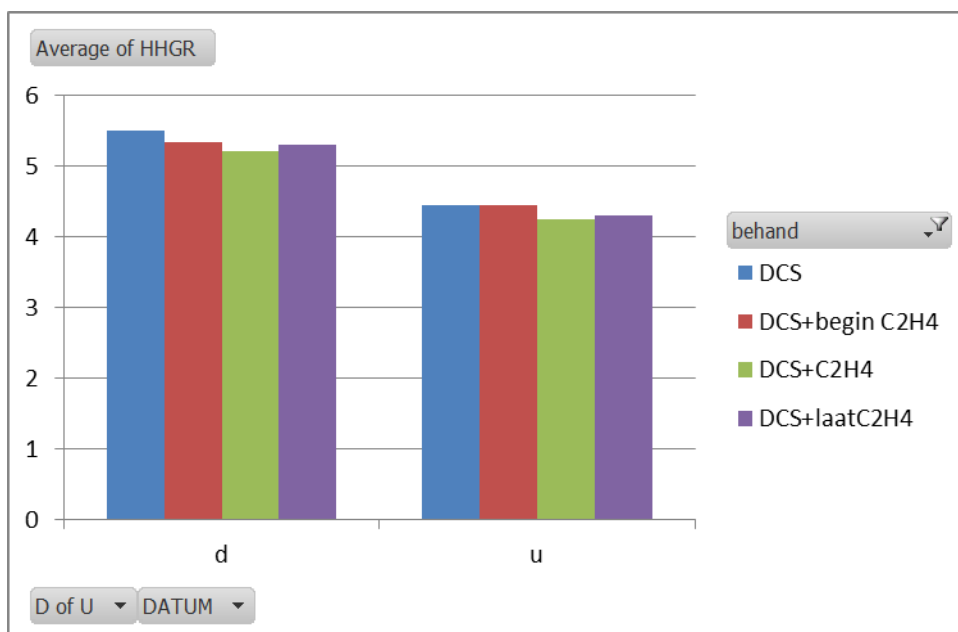
4.1.3.1 Hardheid



Figuur 15. Gemiddeld hardheidsverloop van 4 herkomsten in DCS en standaard ULO direct na bewaring (d) en na 1 week 18°C (u), al dan niet in combinatie met continue ethyleen toediening.



Figuur 16. Gemiddeld hardheidsverloop van 4 herkomsten in standaard ULO direct na bewaring (d) en na 1 week 18°C (u), in combinatie vroege, continue en late ethyleen toediening



Figuur 17. Gemiddeld hardheidsverloop van 4 herkomsten in DCS direct na bewaring (d) en na 1 week 18°C (u), in combinatie vroege, continue en late ethyleen toediening

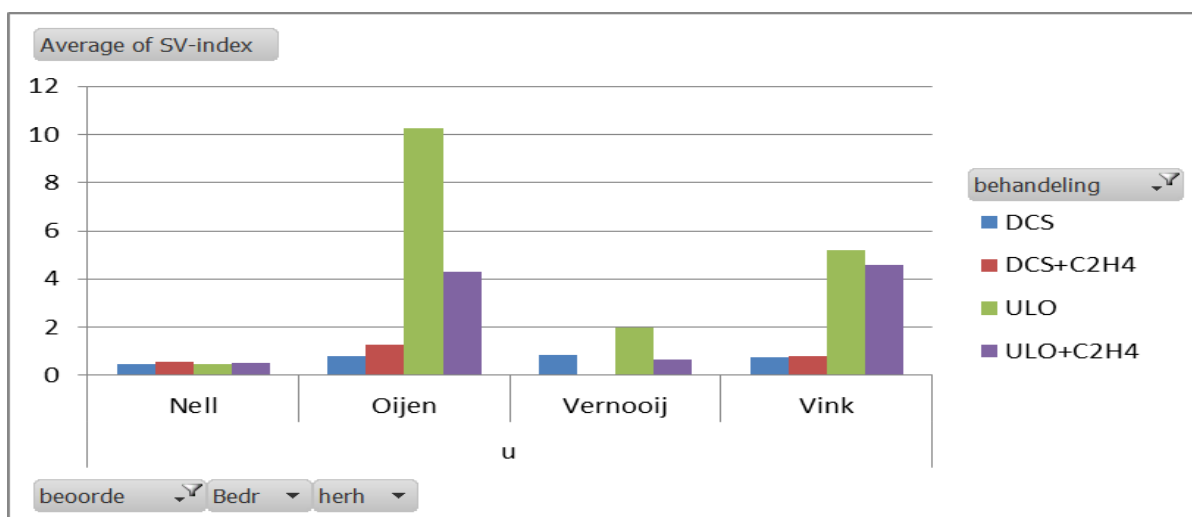
Continue ethyleen toediening had een iets negatief effect op de hardheid van de appels.

In ULO bewaring was dit effect groter dan in DCS (figuur 16). Late toediening van ethyleen leek minder effect te hebben dan vroege en continue toediening.

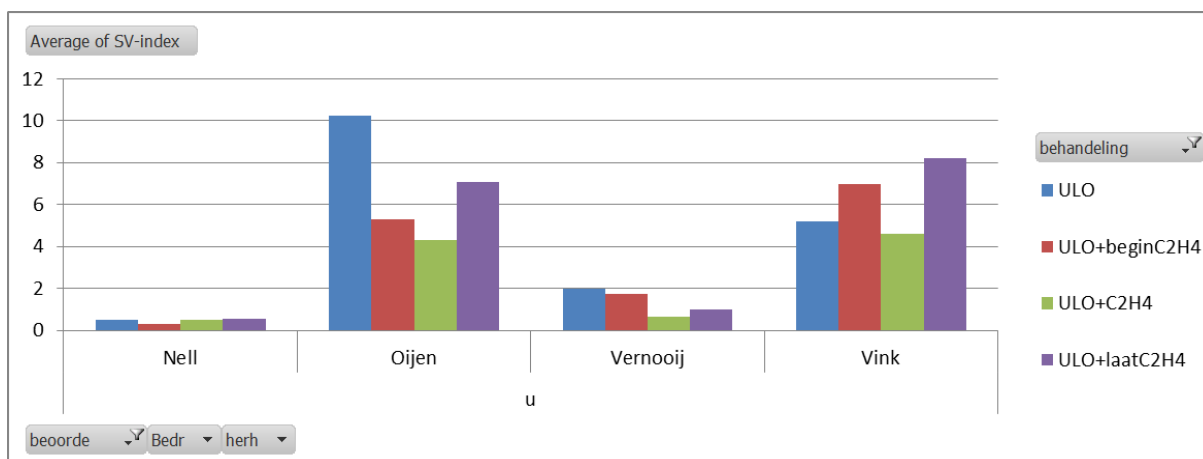
Dit effect was direct na bewaring meetbaar maar ook na 1 week 18°C.

Bewaring in DCS minimaliseert de effecten van ethyleen op de hardheid van de appels. Er zijn als zodanig dan ook geen verschillen aan te geven tussen vroege en late toediening van ethyleen.

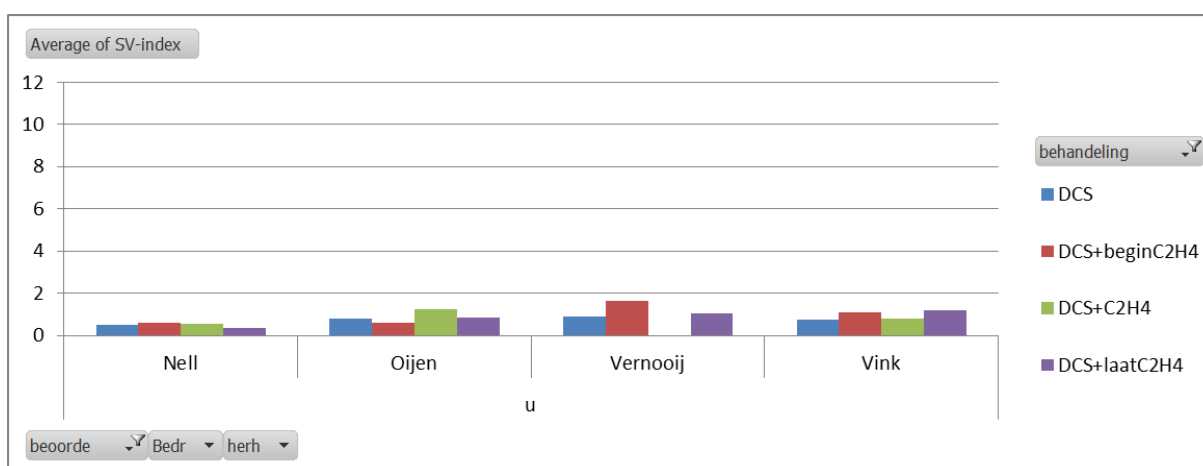
4.1.3.2 Schilvlekjes



Figuur 18 Ontwikkeling van schilvlekjes in DCS en standaard ULO al dan niet in combinatie met continue ethyleen toediening met appels van verschillende bedrijven, na 1 week 18°C.



Figuur 19 Ontwikkeling van schilvlekjes in standaard ULO in combinatie directe en verlate ethyleen toediening met appelen van verschillende telers, na 1 week 18°C.

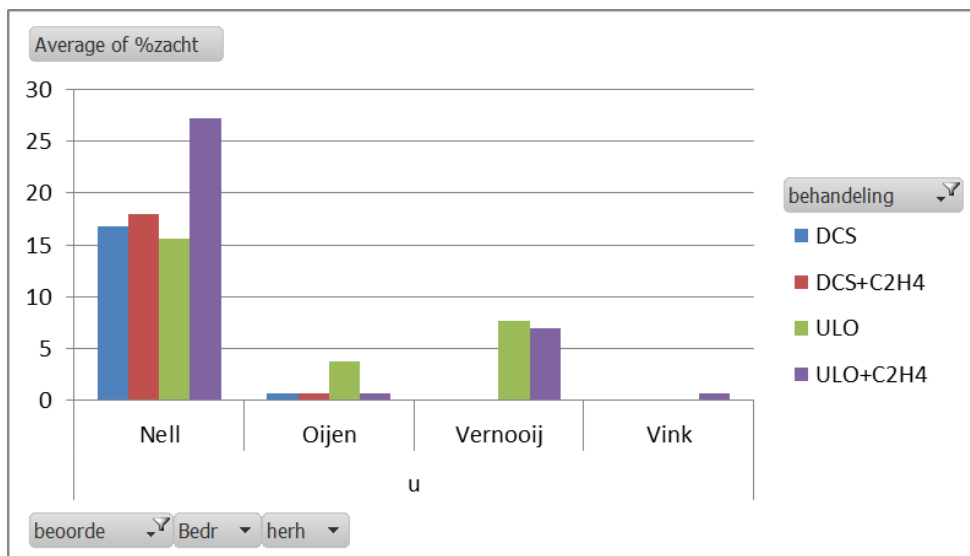


Figuur 20 Ontwikkeling van schilvlekjes in standaard ULO in combinatie directe en verlate ethyleen toediening met appelen van verschillende telers, na 1 week 18°C.

Bewaring in DCS (laag zuurstofgehalte, 0.4-0.5%) geeft substantiële reductie van de ontwikkeling van schilvlekjes (figuur 18) zoals ook in de voorgaande seizoenen. Echter ook bij de extra herkomsten in het onderzoek Nell en Vernooij. In dit seizoen is er uitgegaan van één later pluktijdstip om juist de gevoeligheid voor schilvlekjes te stimuleren.

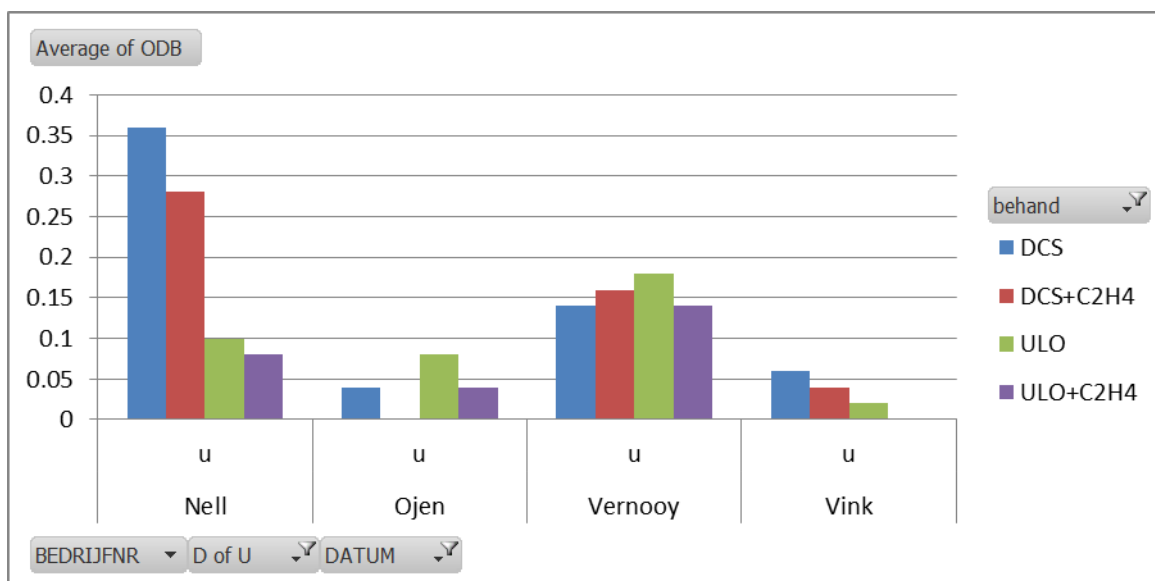
Toevoeging van ethyleen over de gehele bewaarperiode op schilvlekjes ontwikkeling had alleen effect in ULO bewaring (1.0-1.2% zuurstof) waarbij de aantasting door schilvlekjes lager was bij toevoeging van ethyleen. Dit effect is structureel omdat dit nu meerdere seizoenen is vastgesteld en ook bij appelen van meerdere herkomsten. Door de lage schilvlekindex bij DCS was het effect van toevoeging van ethyleen overigens weer niet meetbaar. Het tijdstip van toediening (vroeg of verlate toediening) had in ULO bewaring bij appelen van 2 bedrijven een meetbaar effect. Echter er werden geen duidelijke verschillen gevonden tussen vroege- en late toediening van ethyleen.

4.1.3.3 Zacht



Figuur 21 Ontwikkeling van “zacht” in DCS en standaard ULO al dan niet in combinatie met continue ethyleen toediening met appelen van verschillende bedrijven, na 1 week 18°C.

4.1.3.4 Ouderdomsbederf



Figuur 22 Ontwikkeling van ouderdomsbederf in DCS en standaard ULO al dan niet in combinatie met continue ethyleen toediening met appelen van verschillende bedrijven, na 1 week 18°C.

Het “zacht” worden van appelen is een waarneming die handmatig wordt uitgevoerd, bij al een geringe kracht kan het vruchtvlees van de appel al met de duim worden ingedrukt en is uitgedrukt in procenten. In deze situatie waren de appelen die zacht waren ook meestal inwendig bruin. In beide gevallen zijn dit symptomen van ouderdomsbederf. Daarom kunnen deze afwijkingen als inwisselbaar kunnen worden beschouwd, maar zijn ze in figuur 21 en 22 nog apart weergegeven.

Gemiddeld over de bedrijven lijkt zacht iets meer op te treden in ULO, maar wordt niet beïnvloed door toevoeging van ethyleen. Echter inwendig bruin komt bij één herkomst weer meer voor in DCS. Dus effecten van bewaarcondities en ethyleen op deze vormen van ouderdomsbederf toevoeging zijn niet duidelijk meetbaar.

4.1.3.5 Ethyleen productiemetingen

Door technische problemen met de ethyleensensor tijdens de productiemetingen van de verschillende bewaarobjecten zijn er geen betrouwbare gegevens beschikbaar.

4.1.3.6 Ethanol metingen

Deze waarden zijn gemeten in de speciale containers waarin DCS bewaring is toegepast en waarbij in het geval van fermentatie zowel het ethanolgehalte in de vrucht en de cellucht is gemeten.

Gemeten zijn ethanolwaarden in het vruchtvlees van 1-3 ml/100g fruit. Bij het ras Elstar is ook gebleken dat dit de waarden zijn waarbij er een smaakafwijking optreedt.

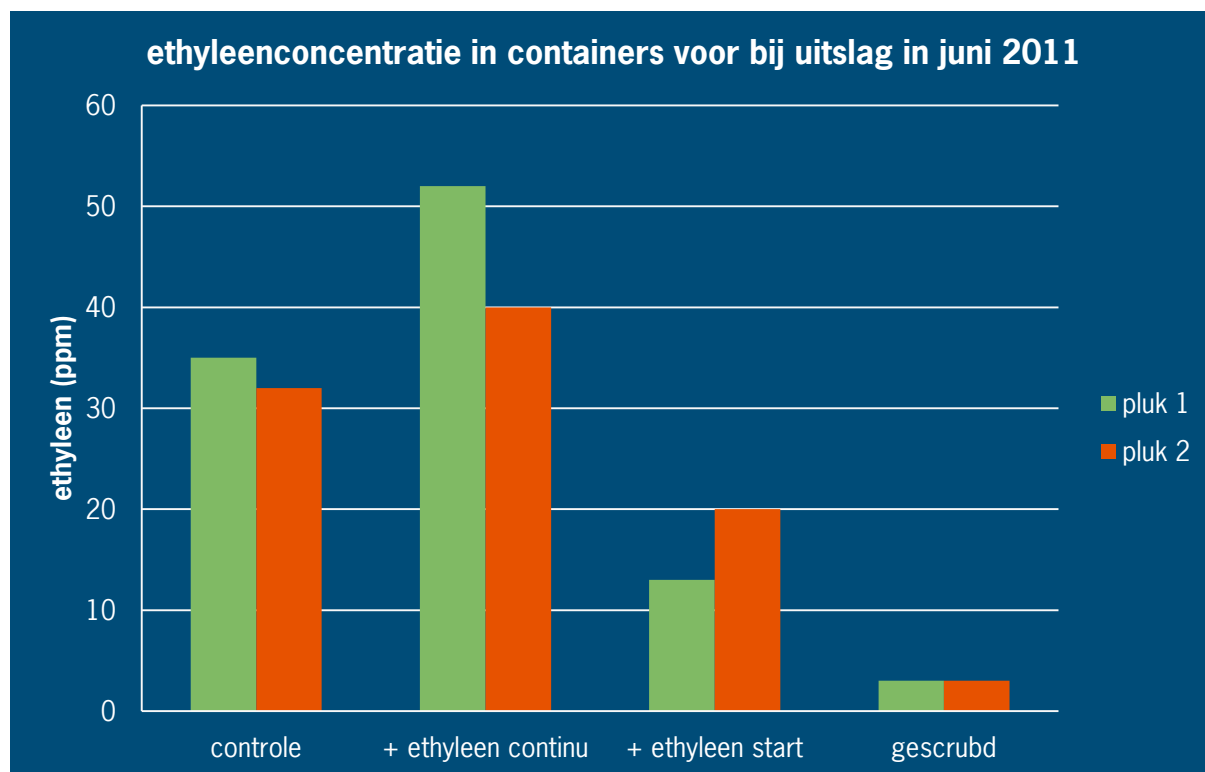
Op basis hiervan zijn ook de zuurstofgehalten tijdens de bewaring ingesteld. Als de gemeten ethanol waarde in het vruchtvlees >1 mg/100g dan werd een bijstelling van het zuurstofgehalte gerealiseerd in de betreffende bewaarcontainer. De gerealiseerde zuurstofwaarden in de DCS containers waren 0.4-0.5%.

De grenswaarde voor ethanol moet dusdanig zijn dat in het product geen fermentatie optreedt, dit betekent dat het ethanolgehalte in de vrucht niet verder mag stijgen dan ongeveer 1 ml/100 gram vrucht. Dit vertalen naar ethanolconcentratie in de lucht van de container of cel komt neer op ongeveer 50 ppb (parts per billion).

4.2 Resultaten Conference peren.

4.2.1 September 2010 – september 2011

4.2.1.1 Ethyleen productie



Figuur 23. Ethyleenconcentraties in de bewaarcontainers met Conference van verschillende pluktijdstippen peren in ppm. Ethyleenconcentraties zijn weergegeven zoals kort voor de uitslag van de peren in juni.

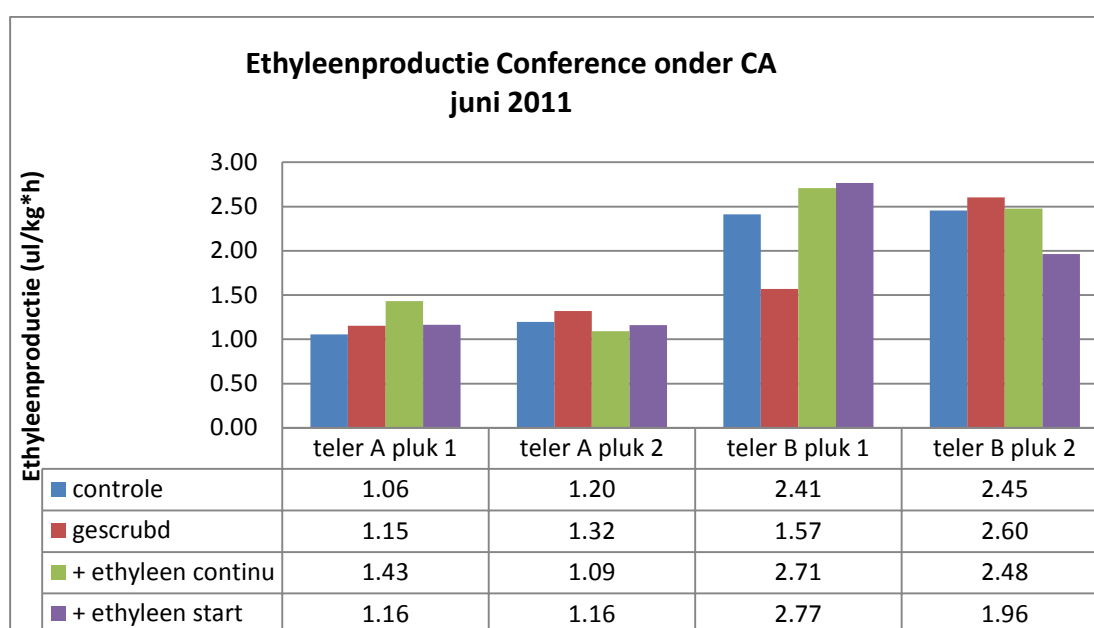
Qua ethyleen concentratie in de betreffende bewaarcontainers zijn er duidelijke verschillen aangelegd tussen enerzijds de controle (eigen productie peren) en de containers waar ethyleen zoveel mogelijk is verwijderd. Ook toevoeging van ethyleen gaf nog een duidelijk verhoogde concentratie ethyleen te zien ten opzicht van de controle containers met de eigen productie.

In dit laatste object is als eindwaarde van de bewaring 30-40 ppm gemeten. Waarschijnlijk is dit vanaf het begin van de bewaarperiode langzaam gestegen naar deze eindwaarde.

Daarnaast is in object ethyleen start een korte tijd extra ethyleen gegeven.

Verder moet opgemerkt worden dat met ethyleen scrubben geprobeerd is om het niveau continu heel laag te houden maar bleek de scrubber capaciteit (via de Purafil korrels) onvoldoende om de hoge ethyleen productie compleet te nivelleren. Het ethyleen niveau kon gehandhaafd worden op 3-4 ppm.

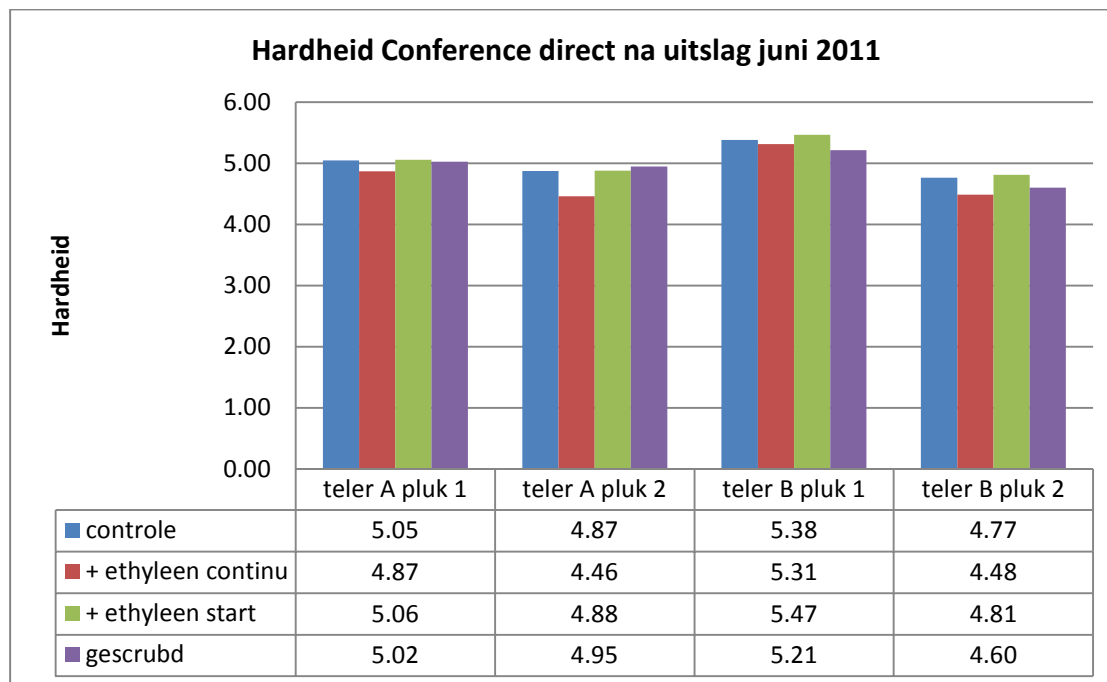
Door het aanleggen van deze verschillende ethyleenconcentraties is het mogelijk om eventueel effect van ethyleen tijdens de bewaring van de peren te kunnen constateren.



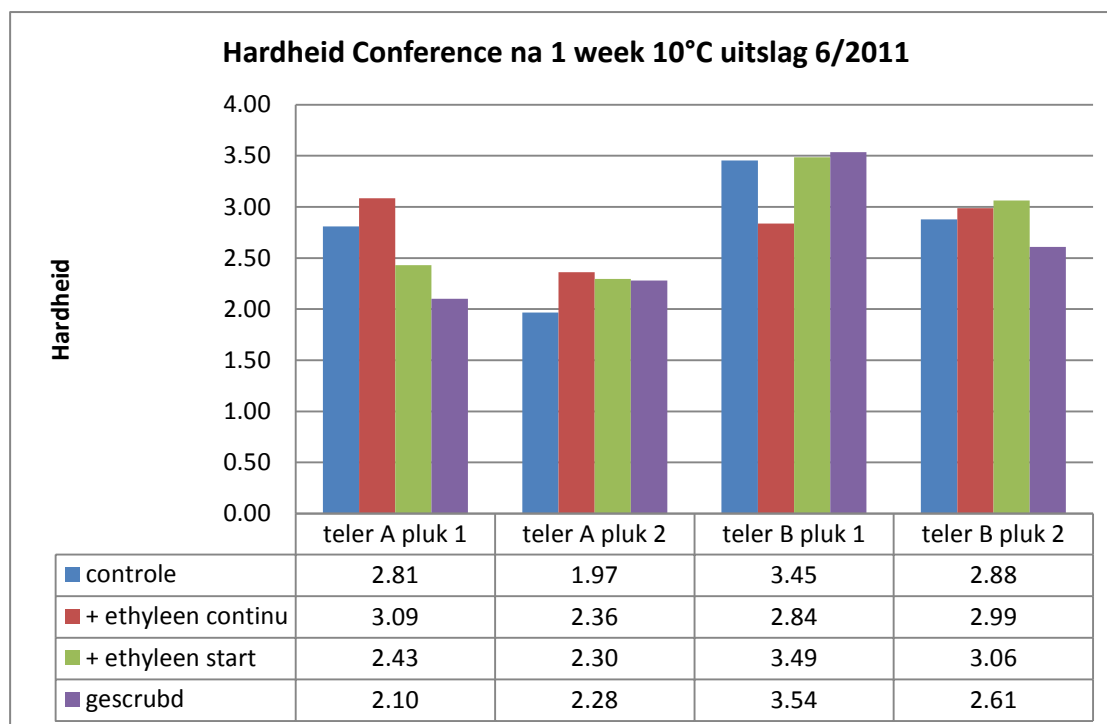
Figuur 24. Ethyleenproductie van Conference-peren bewaard in 3% O₂ en 0.7% CO₂ in 0.5°C en verschillende ethyleenconcentraties van 2 herkomsten en 2 oogsttijdstippen na ongeveer 9 maanden bewaring.

De ethyleen productie na 9 maanden bewaring in CA en lage temperatuur (praktijkconditie) is verschillend per herkomst. Herkomst A heeft een iets lagere productie dan herkomst B. Opvallend is dat er geen duidelijk verschil is tussen de pluktijdstippen, verwachting was dat peren van de 2e pluk (rijper) een hogere ethyleen productie zouden krijgen (object controle, eigen productie). Tussen de objecten zijn geen structurele verschillen te constateren. Alleen peren van de eerste pluk van teler B hebben lagere ethyleen productie na bewaring in laag ethyleengehalte. Gezien de ongeveer gelijk ethyleen productie van de objecten zijn geen grote rijpingsverschillen te verwachten.

4.2.1.2 Hardheid Conference-peren



Figuur 25. Index grondkleur Conference-peren direct na 9 maanden bewaring in 3% O₂ en 0.7% CO₂ in 0.5°C en verschillende ethyleenconcentraties van 2 herkomsten en 2 oogsttijdstippen.

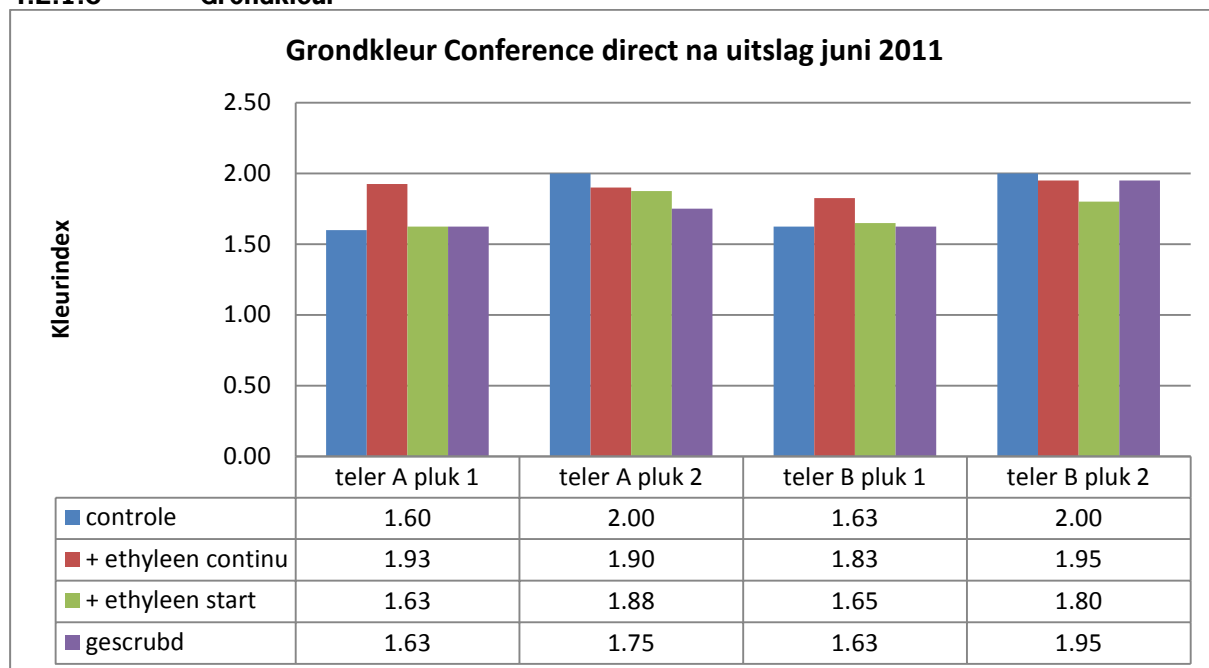


Figuur 26. Index grondkleur Conference-peren na 9 maanden bewaring in 3% O₂ en 0.7% CO₂ in 0.5°C en verschillende ethyleenconcentraties gevolgd door 1 week 10°C van 2 herkomsten en 2 oogsttijdstippen..

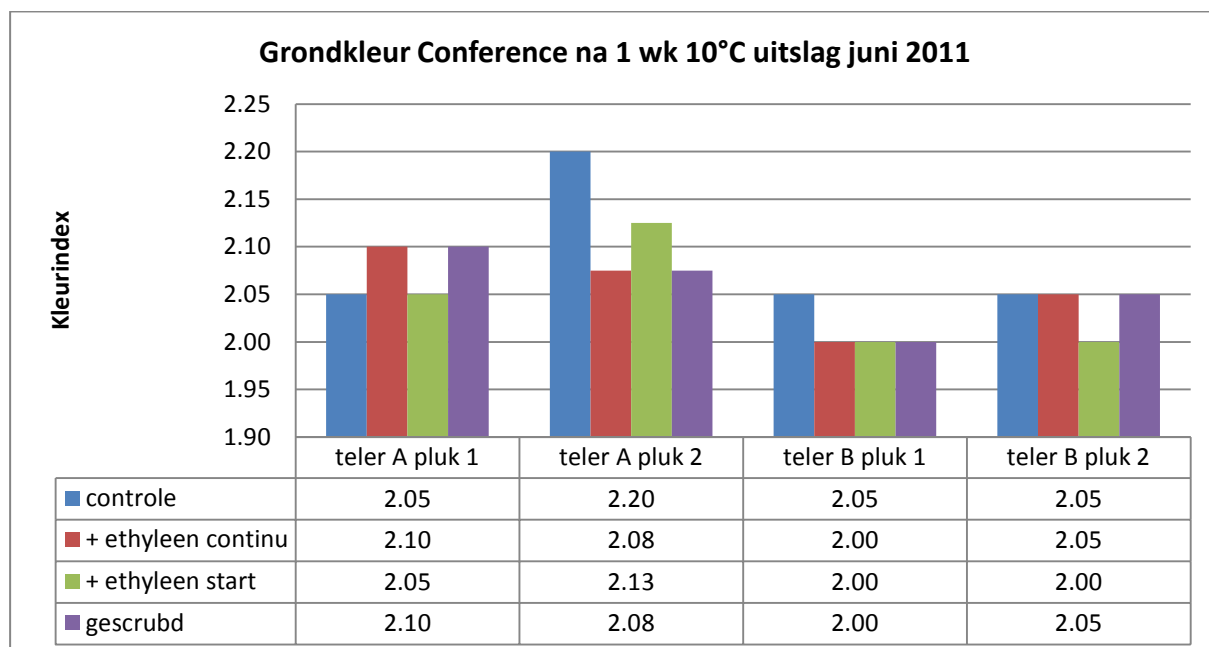
Zowel direct na de bewaring als na één week uitstalling bij 10 °C zijn er geen betrouwbare verschillen tussen de bewaarobjecten. Alleen de hardheid van de tweede pluk lijkt gemiddeld iets lager bij beide herkomsten. De aanwezige verschillen zijn echter te beperkt om praktisch betekenis te hebben.

Waarschijnlijk worden de ethyleenmanipulaties overruled door de eigen inwendige ethyleenproductie van de vruchten.

4.2.1.3 Grondkleur



Figuur 27. Index grondkleur Conference-peren direct na 9 maanden bewaring in 3% O₂ en 0.7% CO₂ in 0.5 °C en verschillende ethyleenconcentraties van 2 herkomsten en 2 oogsttijdstippen.



Figuur 28. Index grondkleur Conference-peren na 9 maanden bewaring in 3% O₂ en 0.7% CO₂ in 0.5 °C en verschillende ethyleenconcentraties gevolgd door 1 week 10 °C van 2 herkomsten en 2 oogsttijdstippen.

De grondkleur is voor Conference peren heel belangrijk, feitelijk wordt dit in het handelskanaal gezien als een signaalkenmerk voor de rijpheid van de peren en is dus mede bepalend voor de handelswaarde. Zowel direct na bewaring als na 1 week extra in shelf life omstandigheden zijn er geen duidelijke verschillen te zien tussen de verschillende bewaarobjecten.

Verwachting was ook hier dat peren in laag ethyleen minder kleurverlies zouden vertonen dan bewaard in hoog ethyleen. Dit is echter niet het geval.

4.2.2 September 2011 – september 2012

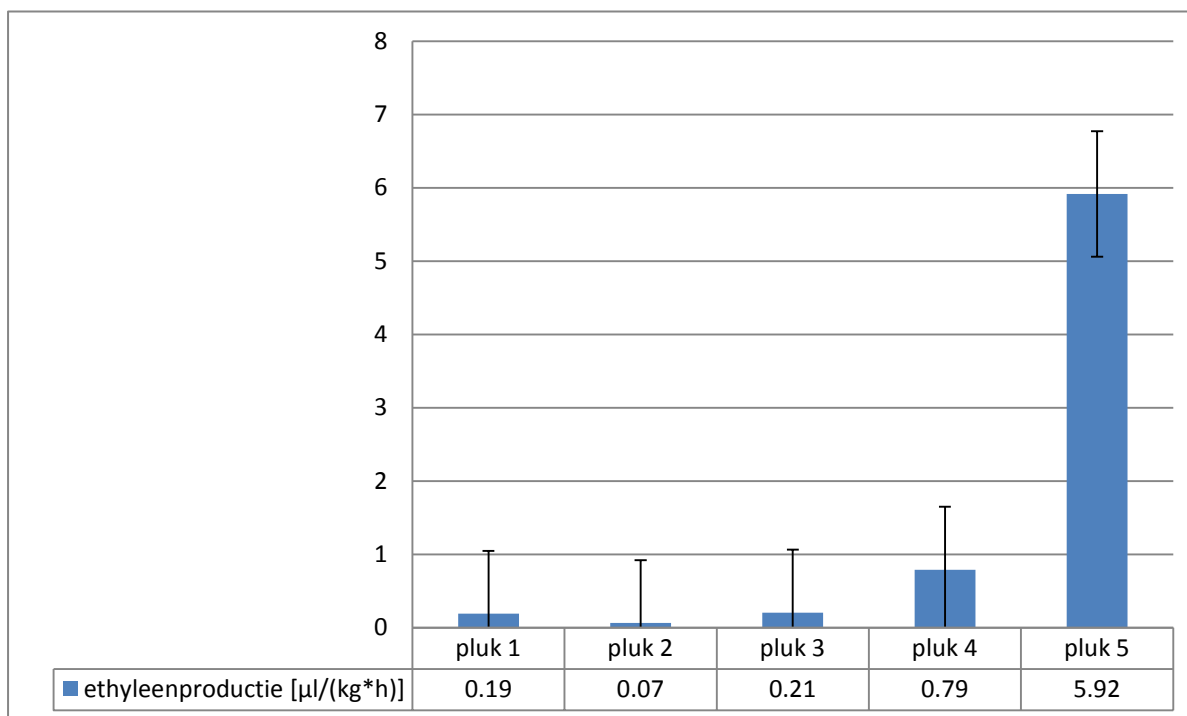
Er zijn aan de series van herkomsten uit de regio Midden-nederland en Noord Holland uitgebreide ethyleen productie metingen uitgevoerd. Maar achteraf zijn er technische problemen geconstateerd met de ethyleen metingen tijdens en direct na de oogst.

Vandaar dat er achteraf ook geen verband gelegd kon worden met de resultaten van de kwaliteitsmetingen na de bewaring van de peren.

Vanwege deze redenen is het niet zinvol om de niet betrouwbare resultaten in beschouwing te nemen.

4.2.3 September 2012 – september 2013

4.2.3.1 Ethyleen productie



Figuur 29 Ethyleenproductie Conference bij oogst per pluktijdstip na 1 week in koeling bij $-0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ van 31 herkomsten/boomgaarden.

In navolging van het onderzoek in seizoen 2010-2011 omtrent Conference peren is onderzoek uitgevoerd omtrent de ethyleen productie op verschillende oogstmomenten.

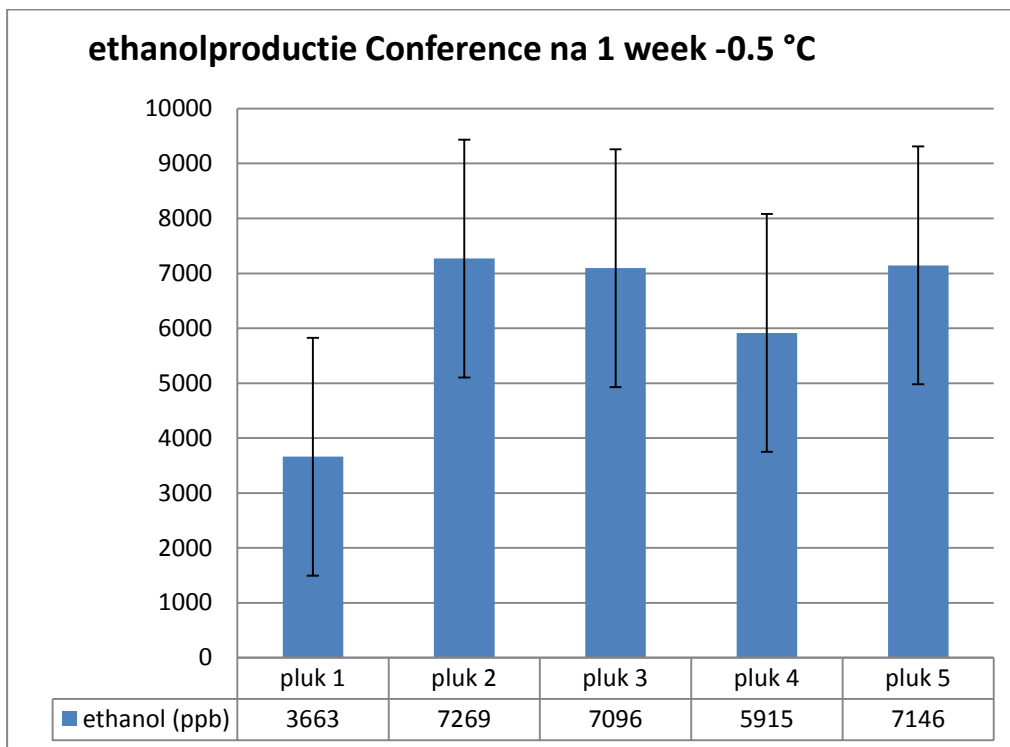
Uit het bewaaronderzoek bleek dat de ethyleen productie enigermate bepalend is voor de kwaliteitsontwikkeling bij Conference-peren. Daarom is het pluktijdstip mogelijk van groot belang voor de daadwerkelijke ethyleen productie. Als er dus verschil zou zijn qua ethyleen productie kan ethyleen ook beschouwd worden als een indicator voor rijping en pluktijdstip.

Dit is al duidelijk gebleken bij het onderzoek bij de Elstar appelen.

Daarom is in een aanpalend onderzoek van 31 bedrijven wekelijks de ethyleen productie bepaald zoals beschreven bij de proefopzet.

Hieruit komt naar voren dat in dit geval pas bij de 4^e pluk er sprake is van een lichte stijging. Pas bij de vijfde pluk is er substantiële stijging van de ethyleen productie.

Achteraf is geconstateerd dat het derde oogsttijdstip gemiddeld optimaal was voor de lange bewaring. Gezien de reële stijging van de ethyleen productie bij de vierde en vijfde pluk lijkt de ethyleen productie geen goede indicator voor het optimale oogsttijdstip.



Figuur 30. Ethanolproductie per pluk Conference na stress-opwekking door bewaring onder 100% stikstof bij 20°C een week na oogst van peren afkomstig uit 31 boomgaarden.

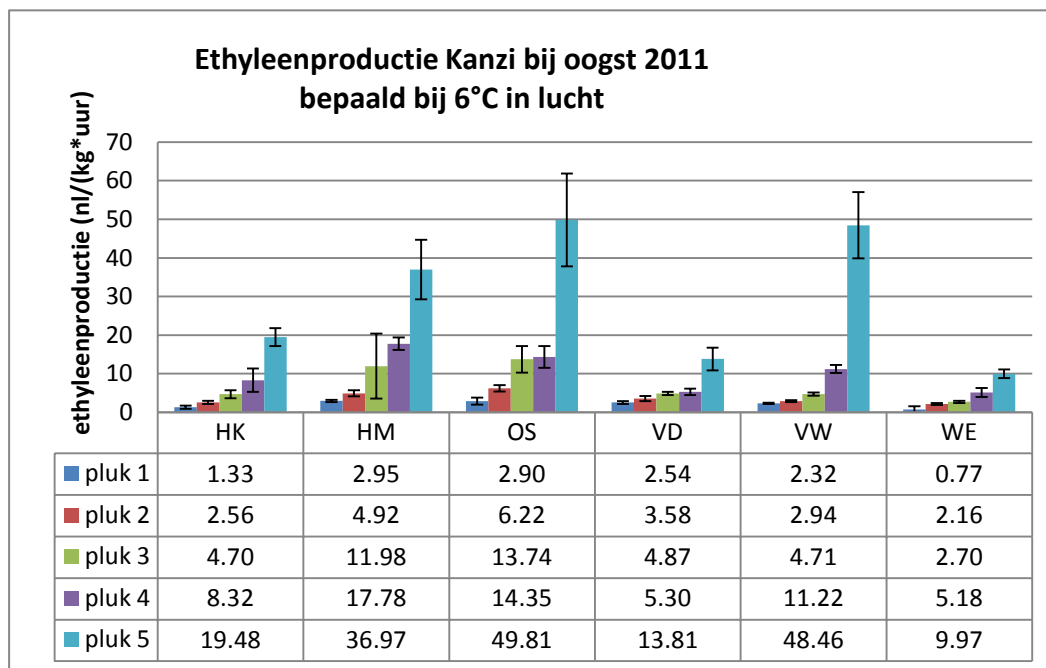
Om ook grenswaarden voor ethanol te bepalen zijn de peren van de 31 herkomsten ook 24 uur in 100% stikstof bewaard om de potentiële ethanol productie op te wekken. Belangrijk is om hierbij na te gaan of er verschil is tussen de pluktijdstoppen. Dit zou mede bepalend kunnen zijn voor de toepassing van lage zuurstofgehalten bij de bewaring van peren. Mogelijk zouden peren van vroege oogst dit wel kunnen verdragen door de lagere fermentatie capaciteit.

Echter uit de resultaten blijkt dat er nauwelijks verschil is tussen de oogsttijdstippen qua ethanolproductie zodat toepassing van DCS omstandigheden bij peren geen optie lijken te zijn.

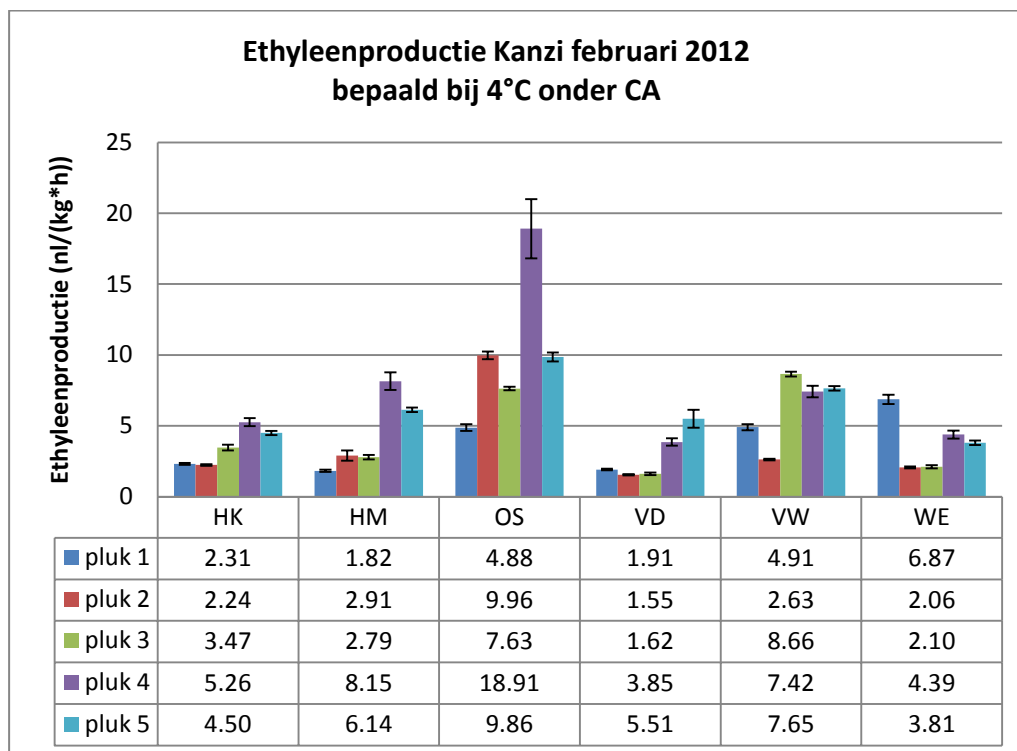
4.3 Kanzi appelen

4.3.1 September 2011 – september 2012

4.3.1.1 Ethyleenproductie



Figuur 31. Ethyleen productie van Kanzi appelen geplukt op 6 verschillende tijdstippen van diverse telers direct na de oogst.

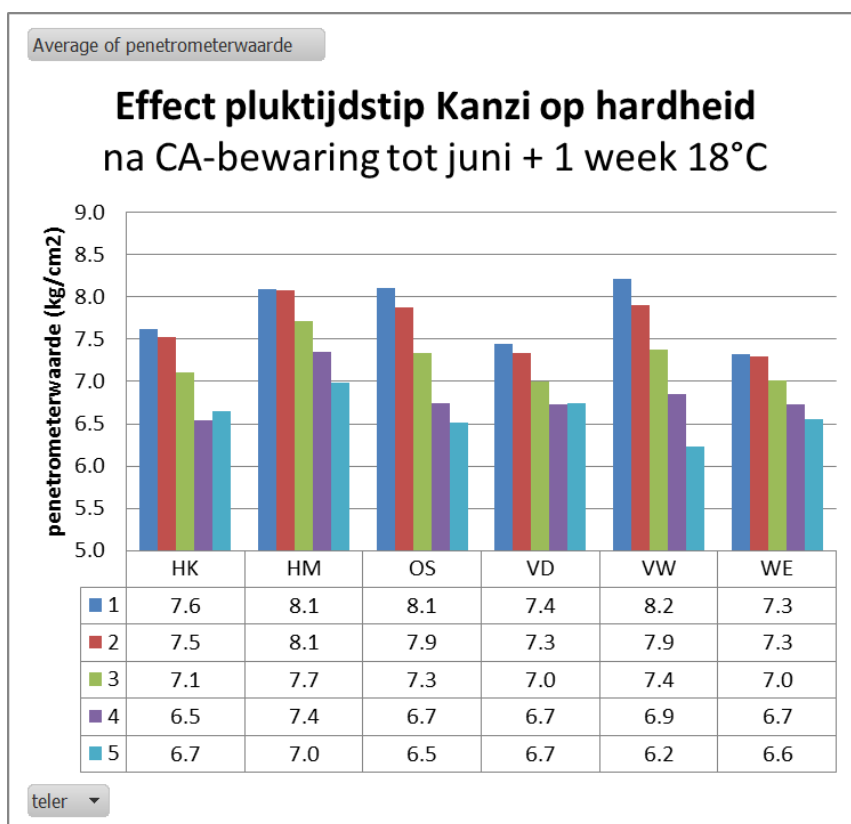


Figuur 32. Ethyleen productie van Kanzi appelen geplukt op 6 verschillende tijdstippen van diverse telers bepaald in februari tijdens bewaring in CA

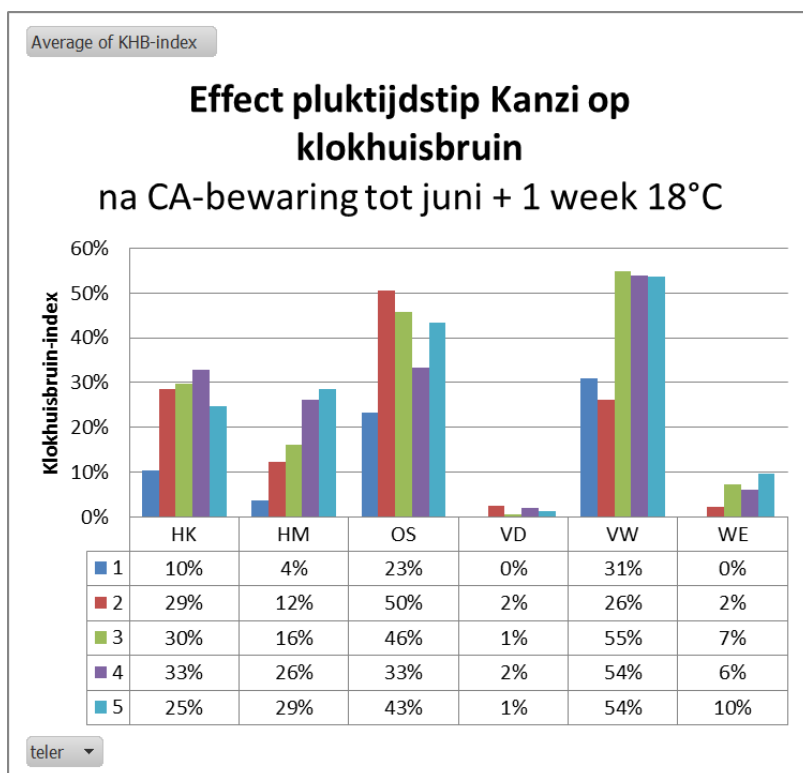
De achtergrond van dit onderzoek was tevens om na te gaan in hoeverre ethyleen als rijpingsindicator kan dienen voor het nieuwe veelbelovende appelras Kanzi. Daarom is bij de oogst de ethyleen productie bepaald en vervolgens ook na bewaring.

Duidelijk is dat naarmate het oogsttijdstip later is (zie data bij proefopzet) de ethyleen productie toeneemt bij alle herkomsten. Behoudens enkele afwijkende getallen gaat dit toenemen bij het derde oogsttijdstip en zou dus ethyleen een mogelijke indicator zijn voor het juiste pluktijdstip. Verder is het verschil tussen herkomsten ook onderscheidend. Dit zet zich ook voort met de ethyleen metingen tijdens de bewaring in februari. Daarbij is ook de indicatie opgedaan dat de partijen met de hogere ethyleenproductie ook meer bewaarafwijkingen te zien gaven.

Op basis van deze feiten zou de ethyleen meting als indicator voor het pluktijdstip van belang zijn. Overigens de grenswaarde voor het juiste pluktijdstip zou dan liggen op 5 nl/kg/h.



Figuur 33: Invloed pluktijdstip op hardheid van Kanzi appels in bewaring tot juni inclusief nabewaring



Figuur 34. In vloed van pluktijdstip en herkomst op ontwikkeling klokhuisbruin bij Kanzi-appelen tijdens bewaring tot juni.

Gerelateerd aan de hardheid van de appelen bepaald in juni is er een duidelijk relatie met de ethyleenproductie tijdens de oogst. Achteraf gezien was het commerciële pluktijdstip in 2011 bepaald (volgens andere kenmerken) in de periode van 14-21 september.

Gezien het verval in hardheid bepaald in juni is 14 tot 21 september acceptabel. Dit zou dan corresponderen met een maximale ethyleenproductie van 5 nl/kg*uur. Ook wat betreft de waarneming van de grondkleur was hetzelfde verband aanwezig.

Bij de beoordeling van de Kanzi appelen is ook de mate van klokhuisbruin beoordeeld, ook hierbij was er een duidelijk verband met het pluktijdstip en de corresponderende ethyleenproductie, vooral in februari. Er was vooral een verband met de herkomsten: de herkomsten met hoge ethyleen productie vertoonden duidelijk meer klokhuis bruin, dus toch een duidelijk verband.

Dit onderzoek toont dus aan dat ethyleen mogelijk als marker kan fungeren voor het juiste oogsttijdstip van Kanzi-appelen. Maar omdat de ethyleenproductie heel laag is moet een eventuele sensor een erg gevoelig bereik hebben.

4.4 Test prototype sensoren

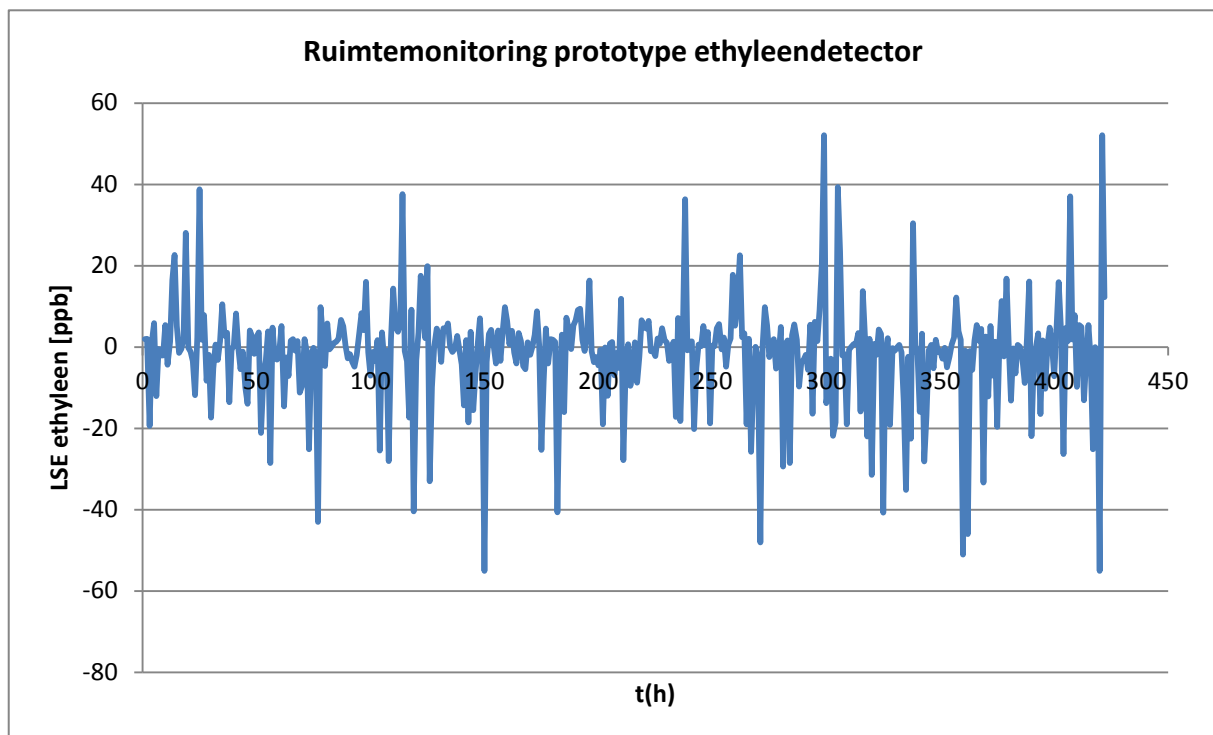
4.4.1 September 2012 – maart 2013

Resultaten tests prototype ethyleensensor

Een prototype ethyleen sensor is langdurige monitoring beproefd in goed geventileerde meetruimte zonder specifieke aanbieding van ethyleen (controlemetingen steeds 0 tot maximaal 1 ppb) resulteerde in de volgende waarnemingen:

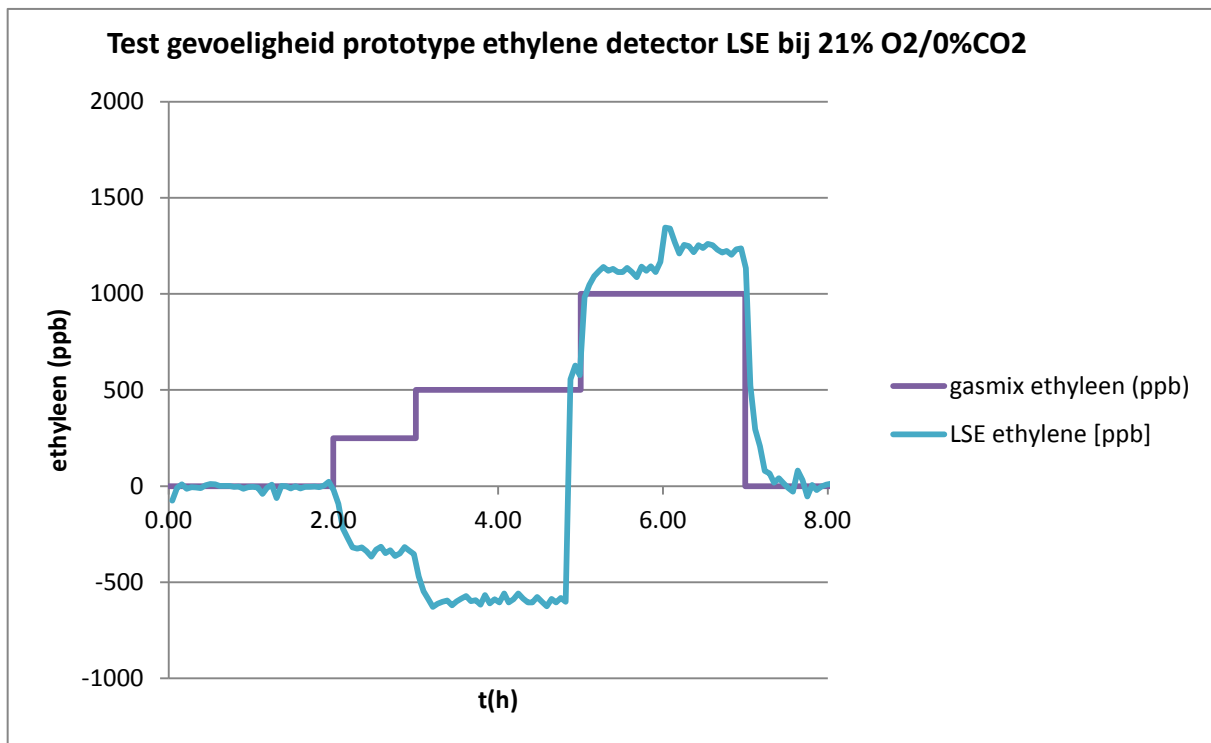
probleemloos meten gedurende enkele weken

Geen interferentie met sporadisch hoge ethanolgehalten in deze ruimte (gebruikt voor reiniging andere apparatuur, vele honderden ppm's)



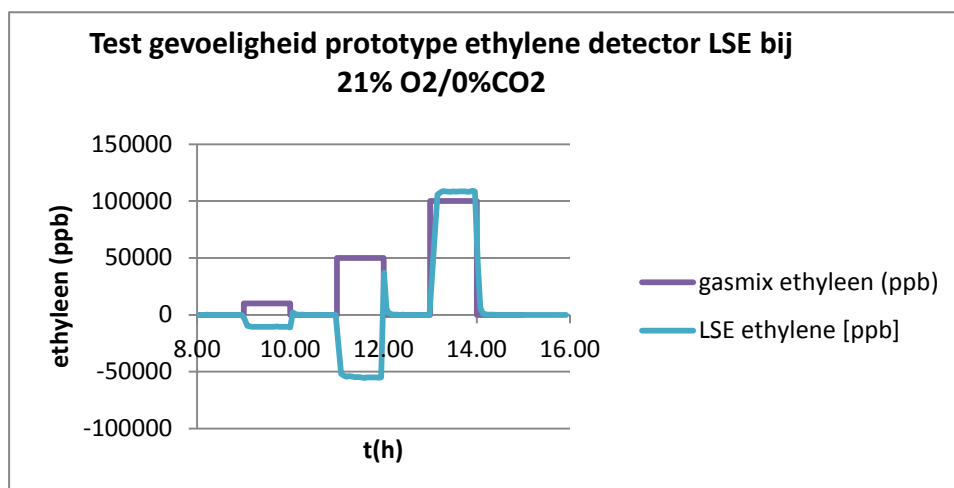
Daarnaast zijn enkele tests uitgevoerd waarbij ethyleen, N₂, O₂ en CO₂ zijn gedoseerd met een gasmixsysteem met massflow controllers. De bevochtigde gasmengsels stroomden vrij uit via een slang, door T-stuk ca. 1 meter voor slangeinde werd gas gemonsterd voor de nieuwe detector. Flow uit het gasmixsysteem was steeds minimaal 2x de opgenomen monsterstroom. Hierdoor is de kans op het aanzuigen van "valse lucht" of ongewenste drukopbouw geminimaliseerd.

Hieronder de grafiek van opgelegd profiel 0-250-500-1000 ppb.



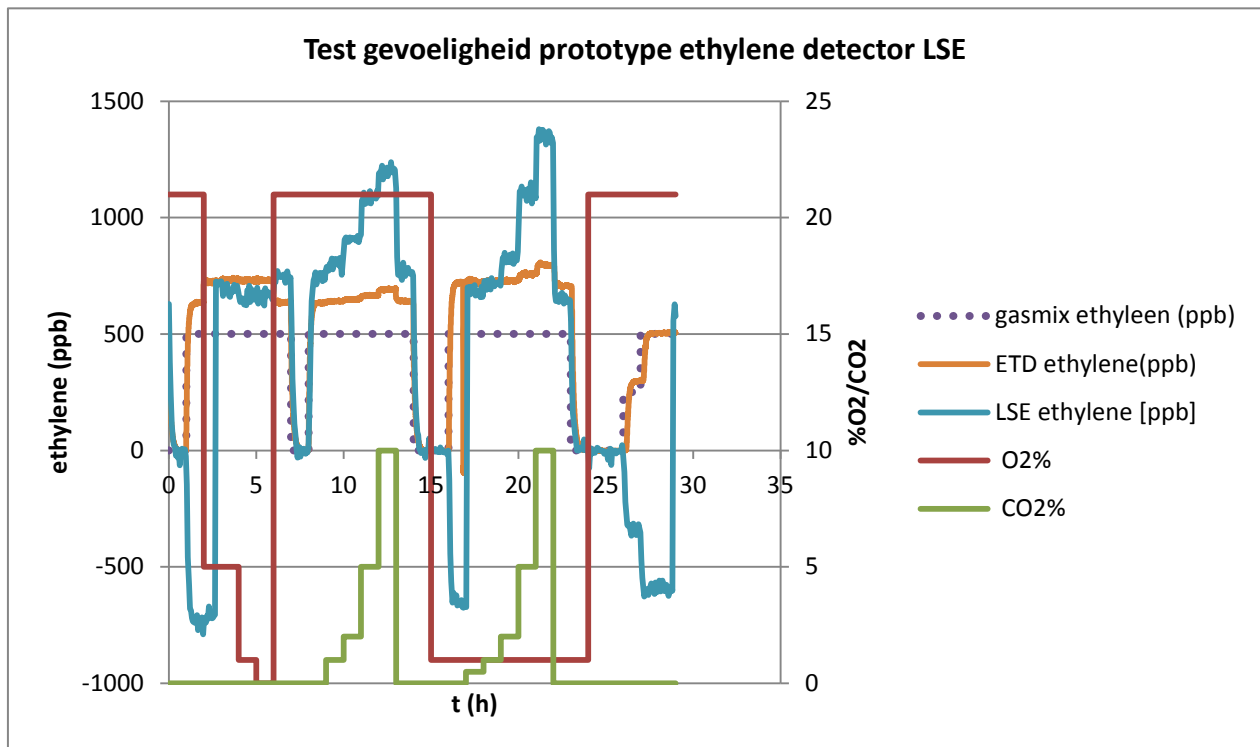
Betrouwbare referentie metingen met het ETD systeem bevestigden dat het opgelegde profiel werkelijk gerealiseerd is, waarden lagen wel iets hoger dan als geprogrammeerd in het gasmixsysteem (was niet gekalibreerd). Er is nog geen verklaring voor negatieve waarden bij 250 en 500 ppb, terwijl 100 ppb wel een redelijke respons lijkt te geven.

Bij hogere doseringen (10-50-100 ppm) speelde eenzelfde verschijnsel:



GC metingen bevestigden dat het opgelegde profiel werkelijk gerealiseerd is. Er is (nog) geen verklaring voor negatieve waarden bij 10 en 50 ppm, terwijl 100 ppm wel een redelijke representatieve respons lijkt te geven.

Tenslotte is ca. 500 ppb ethanol in een een reeks O₂- en CO₂-gehalten aangeboden, incidenteel een periode ook zonder ethyleen. Hieronder de resultaten:



Ook hier weer negatieve waarden zonder goede verklaring. CO₂ geeft een duidelijke verhoging van het signaal.

Eerste conclusies:

Mooi, degelijk apparaat

Goede lange termijn stabiliteit

Ruisband +/- 50 ppb

Lijkt niet gevoelig voor ethanol

Incidenteel onverklaarde negatieve waarden

Gevoelig voor CO₂

Na deze test is er door de Radboud Universiteit geen verbeterde versie aangeleverd zodat er geen verdere testprocedure gevolgd kon worden.

Een prototype sensor voor de meting van ethanol is nooit door de Universiteit aangeleverd. De reden was dat het niet mogelijk bleek om een "eenvoudig" meetsysteem te ontwikkelen wat ook nog voldoende robuust, gevoelig en betaalbaar was.

Om deze reden was het voor Wageningen UR niet mogelijk om een testprocedure uit te voeren.

5 Conclusies

5.1 Effecten ethyleen bij appels en peren

- Toevoeging van ethyleen bij Elstar appels geeft een reductie van schilvlekjes.
- Omdat de aantasting van schilvlekjes door DCS sterk verminderd wordt was het effect van ethyleentoevoeging nauwelijks meetbaar.
- Ethyleentoevoeging bij Elstar had bij zowel DCS als ULO een negatief effect op de grondkleur en de hardheid van de appels.
- Het volledig verwijderen van ethyleen tijdens bewaring had in vergelijking met de "eigen productie" in CA geen extra effect op de kwaliteit.
- Er was een direct verband tussen de ethyleenproductie tijdens bewaring en de hardheid en kleurontwikkeling direct na bewaring en uitstalling.
- Bij Conference peren was het effect van verschillende ethyleenconcentraties op de hardheid en de kleur van de peren nauwelijks meetbaar.
- Ook de daadwerkelijke ethyleenproductie werd niet beïnvloed door de verschillende aangelegde ethyleen niveaus tijdens de bewaring.
- Omdat de ethyleenproductie van Conference peren langzaam op gang komt na de oogst is ethyleen waarschijnlijk geen goede indicator of voorspeller van het juiste oogsttijdstip. Alleen achteraf is ethyleen een goede indicator van de rijpheidsstatus.
- Voor Kanzi appels is ethyleenproductie waarschijnlijk wel een goede indicator in verband met hardheidsverlies en bewaarafwijkingen.
- Bij de bewaring van Elstar in ULO moet een ethyleenconcentratie aangehouden worden van 1-2 ppm om enerzijds weinig hardheidsverlies te krijgen en anderzijds schilvlekjes te bestrijden. Om rijping volledig tegen te gaan moeten we met een grenswaarde rekening houden van 0.5 ppm.
- Voor DCS bewaring is het ethyleen gehalte feitelijk van minder belang omdat zowel hoog als laag ethyleen weinig invloed heeft op de productkwaliteit.
- Als rijpingsindicator voor Kanzi appels is ethyleen mogelijk geschikt en zou een ethyleenproductie van 5 nl/kg/h als grenswaarde gehanteerd kunnen worden.

5.2 Effecten ethanol bij appels en peren

Wat betreft de grenswaarde voor ethanol moeten we er van uitgaan dat er in het product geen fermentatie optreedt, dit betekent dat het ethanolgehalte in de vrucht niet verder mag stijgen dan ongeveer 1 ml/100 gram vrucht. Dit vertalen naar ethanolconcentratie in de lucht is een grove benadering maar komt neer op 50 ppb (parts per billion).

Deze waarden zijn gemeten in de speciale containers waarin DCS bewaring is toegepast en waarbij in het geval van fermentatie zowel het ethanolgehalte in de vrucht en de cellucht is gemeten.

Bij Conference peren is de toepassing van DCS niet mogelijk dus heeft ethanol detectie geen toegevoegde waarde

5.3 Conclusies sensorontwikkeling

- Voor de ethyleen sensor is een prototype ontwikkeld die mogelijk voor de markt verder nog ontwikkeld moet worden tot een volledig systeem.
- Wel moeten nog een aantal aanpassingen uitgevoerd worden om de invloed van andere gassen en omstandigheden te minimaliseren.
- Voor ethanol is de Radboud Universiteit er niet in geslaagd een bruikbaar prototype te ontwikkelen en derhalve kon dit niet getest worden bij Wageningen UR.