

**Bewaaronderzoek met Elstar-appelen
seizoen 1991/1992:
Relatie pluktijdstip, ethyleen- en
zuurstofconcentratie**

Onderzoek in het kader van project 1.01.15 "Effecten van
gasmilieus bij de bewaring van groenten en fruit"

A.C.R. van Schaik

ato-dlo



**BEWAARONDERZOEK ELSTAR-APPELEN SEIZOEN 1991/1992.
RELATIE PLUKTIJDSTIP, ETHYLEEN- EN ZUURSTOFCONCENTRATIE.**

Onderzoek in het kader van het project 1.01.15 "Effecten van gasmilieu's bij de bewaring van groenten en fruit".

A.C.R. van Schaik

DLO Instituut voor
Agrotechnologisch
Onderzoek (ATO-DLO)
Bornsesteeg 59
Postbus 17
6700 AA
Wageningen
tel. 08370-75000
fax 08370-12260

| INHOUDSOPGAVE | Pag. |
|---|------|
| Samenvatting | 3 |
| 1.0 Inleiding | 4 |
| 2.0 Materiaal en Methoden | 4 |
| 2.1 Proefschema | 4 |
| 2.2 Oogst en bewaring | 4 |
| 2.3 Beoordeling | 5 |
| 2.4 Statistische analyse | 5 |
| 3.0 Resultaten algemeen | 6 |
| 3.1 Stevigheidsontwikkeling | 6 |
| 3.2 Ethyleenproductie | 12 |
| 3.3 Kleurverloop | 12 |
| 3.4 Respiratie | 14 |
| 3.5 Bewaarafwijkingen | 15 |
| 3.6 Smaakonderzoek | 16 |
| 3.7 Verband ethyleenhuishouding en responsvariabelen | 18 |
| 4.0 Discussie | 22 |
| 4.1 Relatie ethyleenhuishouding en CA-bewaring | 22 |
| 4.2 Bewaarverlenging Elstar | 25 |
| 5.0 Conclusies | 26 |
| 6.0 Literatuurreferenties | 26 |
| 7.0 Bijlagen | |

Samenvatting

Onderzoek is uitgevoerd met het appelras Elstar om het werkingsmechanisme van CA-bewaring beter te leren kennen.

Het ras is gekozen vanwege de lage ethyleenproductie waardoor mogelijk ook de bewaartermijn verlengd kan worden. Het onderzoek omvat de kwantificering van de afzonderlijke invloed van zuurstof en koolzuur in relatie met ethyleen op een aantal belangrijke kwaliteitskenmerken.

In het seizoen 1991/1992 werden appels geplukt op een vroeg en een optimaal tijdstip voor lange bewaring en bewaard in 1 en 5% zuurstof. In elk zuurstofgehalte werd ethyleen verwijderd en toegediend tot een niveau van 100 ul/l. Het fruit werd na respectievelijk 2, 4, 6 en 8 maanden beoordeeld. Tijdens en na CA-bewaring werd ethyleen en CO₂-productie gemeten. Direct na bewaring, na 2 en 7 dagen 20°C werden stevigheid en grondkleur gemeten. Ook werden smaak en in-en uitwendige bewaarafwijkingen bepaald.

Uit het onderzoek bleek dat een lager zuurstofgehalte de ethyleenproductie en de gevoeligheid voor ethyleen vermindert. In 1% zuurstof met ethyleenverwijdering bleven de appels van beide oogstdata zelfs na 8 maanden in het preclimacteriele stadium. Toevoeging van ethyleen in zowel 1 als 5% zuurstof resulteerde in meer stevigheidsverlies en vergeling waardoor een causale relatie werd aangetoond met ethyleen. Tevens werd vastgesteld dat de ethyleenproductie van de appel een belangrijk verband vertoonde met de stevigheid.

Uit deze feiten blijkt dat de effecten van CA-bewaring bij fruit voor een belangrijk deel te verklaren zijn via de beïnvloeding van de ethyleenhuishouding van de vrucht.

Als met de juiste bewaarcondities en vroege pluk de ethyleenproductie beperkt kan blijven is het ras Elstar tot juni te bewaren.

1.0 Inleiding

In het kader van het onderzoeksprogramma Groente en Fruit vers wordt onderzoek uitgevoerd naar achtergronden van CA-bewaring. Voor climacteriele producten is appel als modelproduct gekozen. De doelstelling van het onderzoek is het werkingsmechanisme van CA-bewaring beter te doorgronden waardoor modellering van CA-bewaring mogelijk wordt. Het onderzoek omvat de kwantificering van de afzonderlijke invloed van zuurstof en koolzuurgas in relatie tot het rijpingshormoon ethyleen en de eventuele interacties hiervan. Specifiek wordt de invloed nagegaan van CA-bewaring op de gevoeligheid voor ethyleen en de productie van ethyleen. Als toetsras is Elstar gekozen vanwege het lage ethyleenproductieniveau t.o.v. andere appelrassen. In CA-bewaring is ethyleenverwijdering beter beheersbaar waardoor de vruchten nog enige tijd in het pre-climacteriele stadium blijven. Een andere reden is de mogelijkheid van bewaarverlenging van dit belangrijkste appelras na te gaan. Tot dusverre wordt dit ras bewaard tot april maar gezien de grotere productie in de nabije toekomst is een verdere afzetspreiding gewenst.

In het onderzoek, uitgevoerd in het seizoen 1991/1992, is de relatie nagegaan tussen ethyleen in de CA-bewaring en het zuurstofgehalte met appels van een aantal oogsttijdstippen.

2.0 Materiaal en methoden.

2.1 Proefschema

- Zuurstofgehalte: 1 % en 5 %.
- Ethyleen: 0 en 100 ul/l.
- Pluktijdstip: vroeg en optimaal.
- Herhalingen: 2
- Herkomst: 1

2.2 Oogst en bewaring

De appels waren afkomstig van een fruitteeltbedrijf in Zeeland nl. Remeyn in Ovezande. Dit bedrijf was ook betrokken in het pluktijdstippenonderzoek van het Proefstation voor de Fruitteelt te Wilhelminadorp. In het onderzoek waren appels betrokken van 2 oogsttijdstippen nl. 19- en 26 september. Volgens het voorspellingsmodel van het Proefstation was 26 september het optimale pluktijdstip voor lange bewaring terwijl 19 september een te vroeg tijdstip was maar in dit onderzoek gewenst vanwege het nog pre-climacteriele stadium. De appels werden bij oogst geselecteerd op afwijkende exemplaren qua formaat, rijpheid en eventuele ziekten en beschadigingen. Ook werden de appels gemengd zodat het uitgangsmateriaal per object homogeen was.

De appels werden in plastic kratten met een netto inhoud van 15 kg. in CA-containers geplaatst welke in een koelcel zijn opgesteld. De herhalingen waren in aparte containers in verschillende koelcellen gesitueerd. Nadat de vruchten waren ingekoeld werd het zuurstofgehalte kunstmatig verlaagd met behulp van stikstofinjectie tot de gewenste waarden. Appelen van de beide pluktijdstippen werden gescheiden bewaard in een bewaar temperatuur van 1.5°C. Bij beide zuurstofcondities werd een 0.5 % koolzuurgas aangehouden. Ethyleenverwijdering (0 ul/l) gebeurde met Purafil korrels welke in filters waren geplaatst buiten de bewaarcontainers. Ethyleentoevoeging (100 ul/l) gebeurde handmatig via inspuiting van zuivere ethyleen. Wekelijks werd in alle CA-containers het ethyleengehalte gecontroleerd en de concentratie eventueel aangepast. Zuurstof en koolzuurgas werden continu via het automatische meetsysteem gemeten en eventueel bijgesteld.

2.3 Beoordeling

Tijdens de bewaarperiode werd op 4 tijdstippen een beoordeling uitgevoerd nl. in november, januari, april en juni. De belangrijkste reponsmetingen waren kleur, stevigheid, in- en uitwendige afwijkingen, ethyleen- en koolzuurproductie en smaak.

Kleurmeting gebeurde met een Minolta Chromameter op de groene zijde van de vrucht. De stevigheid werd m.b.v. de penetrometer gemeten aan de blos- en schaduwzijde van de vrucht. Uit de bewaarcontainers werden monsters gehaald welke deels werden gebruikt om na 1 dag opwar-

ming bij 20°C stevigheid en kleur te meten en deels om ethyleen en koolzuurproductie vast te stellen. Dit werd gemeten aan 30 vruchten per experimentele eenheid. De appels werden direkt in het doorstroomsysteem geplaatst bij dezelfde temperatuur en CA-condities als in de bewaarcontainers. Ethyleentoediening werd in deze fase niet meer uitgevoerd. Na 3 dagen onder deze condities werd via ophoping de ethyleen- en CO₂ productie gemeten. Dit gebeurde door de begassing te stoppen, de aanvangswaarden te meten en na 24 uur de ophoping vast te stellen. Vervolgens werden de appels bij 20°C geplaatst en werd na 2 dagen wederom de ethyleen en CO₂ productie bepaald. Na 7 dagen in deze omstandigheden gebeurde dit opnieuw en werd ook de stevigheid en de kleur bepaald.

Met een expertpanel van 5 a 6 personen werd na elke beoordeling de smaak beoordeeld. Hierbij werd de intensiteit van de smaakaspecten zuurheid, zoetheid, aroma en stevigheid bepaald.

Bij de laatste beoordeling in juni werd ook het percentage in- en uitwendige afwijkingen bepaald.

2.4 Statistische analyse

Statistische analyse werd uitgevoerd in twee gedeelten. Voor de responsvariabelen werd een variantieanalyse uitgevoerd waarbij de twee herhalingen als blokfactor zijn beschouwd. De verschillende beoordelings tijdstippen zijn apart geanalyseerd maar zijn ook in èèn analyse verwerkt. Hierbij zijn vooral de interacties van belang en met name de interactie zuurstof/ethyleen. Ook zijn de hardheidsmetingen direkt na uitslag via lineaire regressie in de tijd geanalyseerd.

Bij de tweede benadering is getracht inzicht te krijgen in het verband tussen het hardheidsverloop als te verklaren responsvariabele in de tijd en tijdens de nabewaringsfase. Tijdens de nabewaringsfase is het hardheidsverlies gecalculeerd en in verband gebracht met de ethyleenproductie. Ook zijn afgeleide variabelen gecalculeerd zoals het verschil in ethyleenproductie tussen 1 en 7 dagen of 2 en 7 dagen nabewaring. De regressie is uitgevoerd zowel met als zonder waarnemingen die gedaan zijn bij een aanvangstijdstip van nabewaring van 8 maanden. Daarnaast is de regressie uitgevoerd voor zowel alle gegevens (alle factorcombinaties), als voor specifieke factorniveaus' s b.v. voor ieder zuurstof- ethyleenniveau apart.

3.0 Resultaten algemeen

Enkele waarnemingen omtrent het rijpheidsniveau tijdens de oogst zijn uitgevoerd op het PFW te Wilhelminadorp.

Tabel 1 Inzetwaarden bewaaronderzoek Elstar.

| Variabele | vroege oogst | optimale oogst |
|---------------|--------------|----------------|
| Zetmeelwaarde | 2.12 | 3.20 |
| Refraktie | 12.7% | 13.3% |
| Zuurgehalte | 0.89% | 0.78% |
| Streifindex | 0.275 | 0.177 |

3.1 Resultaten stevigheidsontwikkeling

De resultaten over de gehele bewaarperiode van 8 maanden zijn samengevat in de figuren 1 tot en met 4.

De metingen na 1 dag 20°C van de vroege en de optimale oogst laten een overeenkomstig beeld zien (fig. 1 en 2). Bij beide oogstdata neemt de hardheid bij 5% zuurstof al na 2 maanden duidelijk af. Ook ontstaat dan al een aantoonbaar verschil tussen 0 ul/l ethyleen en begassing met 100 ul/l ethyleen wat tijdens de verdere bewaarperiode nog groter wordt. In 1% zuurstof ontstaat bij de vroege oogst pas na 8 maanden opslag een betrouwbaar verschil tussen de toegepaste ethyleenconcentraties. Bij de optimale oogst is dit al eerder nl. na 6 maanden. Opvallend is dat de hardheid gemeten direkt na uitslag over de hele bewaarperiode in 1% zuurstof en 0 ul/l ethyleen nauwelijks afneemt, bij beide oogstdata is dit ongeveer 0.6 kg. In dit lagere zuurstofgehalte is de hardheidsaf-

name duidelijk geringer dan bij 5% zuurstof.

Bij de metingen na 7 dagen 20°C ontstaat wel een duidelijk verschil, tussen de beide oogstdata (fig. 3 en 4). Bij de vroege oogst neemt de hardheid bij de combinatie 1% zuurstof en laag ethyleen nauwelijks af, echter bij ethyleentoediening is een fors hardheidsverlies te constateren. Dit verlies is zelfs groter dan bij 5% zuurstof, echter bij deze appelen was er direkt na uitslag al sprake van een groot verschil tussen een hoog en laag ethyleen gehalte.

Het beeld bij de optimale oogst is bij de combinatie 1% zuurstof en laag ethyleen erg vreemd. Na nabewaring is na respectievelijk 2 en 4 maanden een enigszins lagere hardheid gemeten dan na 6 en 8 maanden. Ethyleen begassing in 1% zuurstof leidt al na 2 maanden tot een lagere waarde waarna dit niveau gehandhaafd blijft. Bij 5% zuurstof resulteerd ethyleen begassing ook tot een duidelijk lagere hardheidswaarde.

Bij de andere combinaties neemt de hardheid na 2 maanden al duidelijk af en blijft tijdens de verdere bewaarperiode laag.

In de figuren 5 tot en met 12 is per bewaarconditie aangegeven wat de stevigheidsafname is na 7 dagen nabewaring.

Bij de vroege oogst in 1% zuurstof wordt door de ethyleenbegassing duidelijk versterkt. In 5% zuurstof in combinatie met een laag ethyleenniveau is sprake van een groot verval in

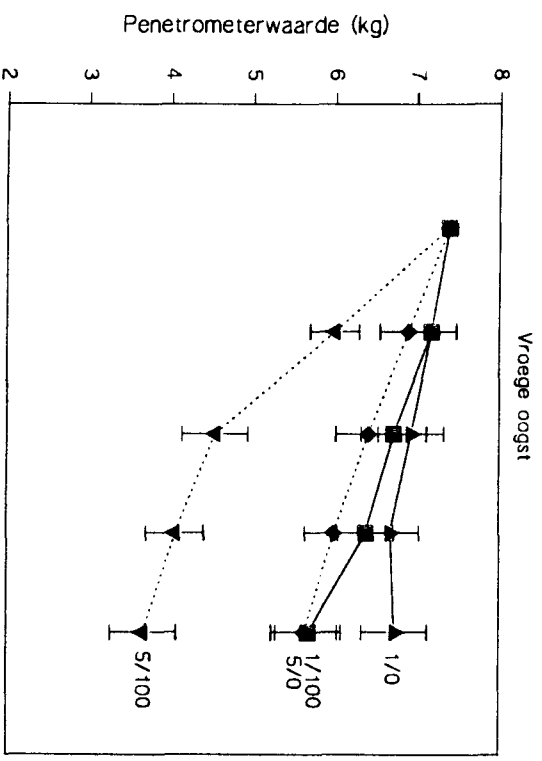


Fig.1 Penetrometerwaarde na 1 dag 20° C van Elstar-appelen bewaard in 1 en 5% O₂, 0 en 100 u/l ethyleen in 0.5% CO₂ en 1.5° C

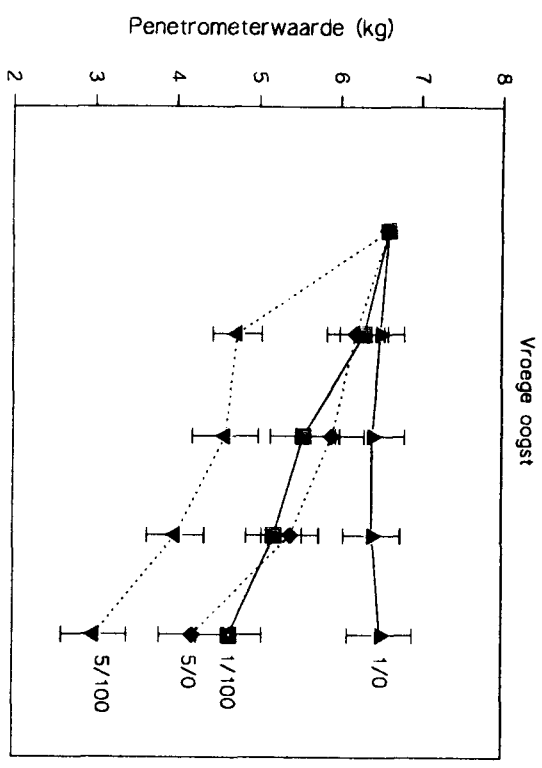


Fig.3 Penetrometerwaarde na 7 dagen 20° C van Elstar-appelen bewaard in 1 en 5% O₂, 0 en 100 u/l ethyleen in 0.5% CO₂ en 1.5° C

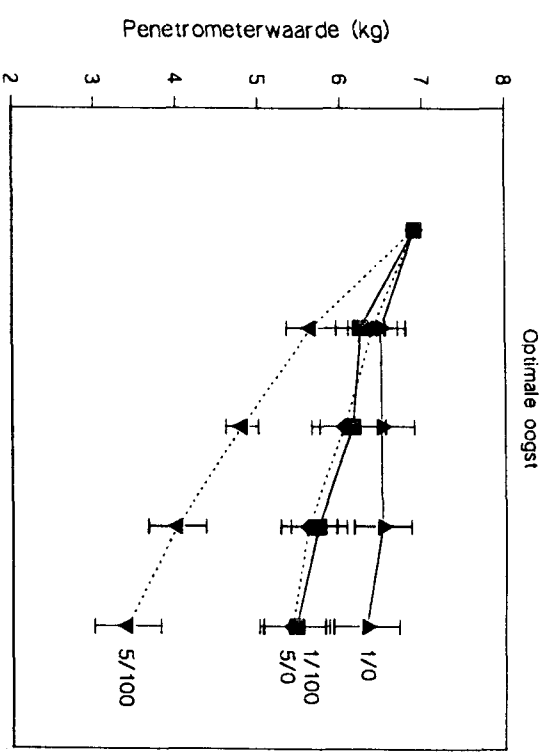


Fig.2 Penetrometerwaarde na 1 dag 20° C van Elstar-appelen bewaard in 1 en 5% O₂, 0 en 100 u/l ethyleen in 0.5% CO₂ en 1.5° C

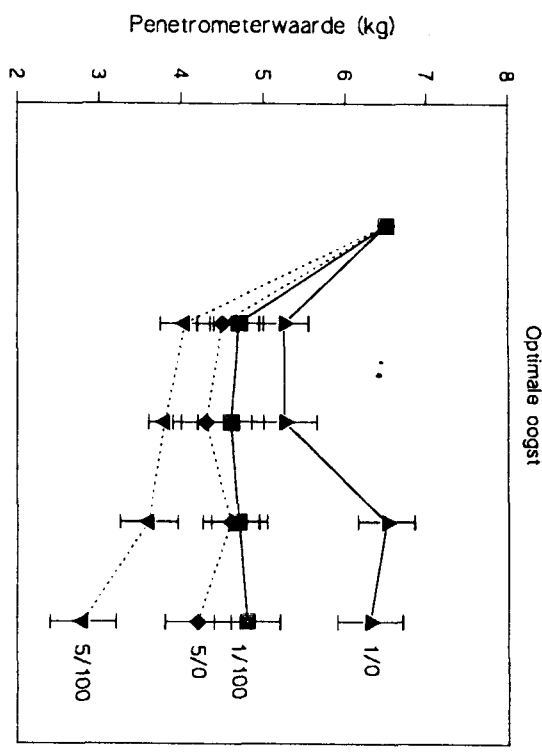


Fig.4 Penetrometerwaarde na 7 dagen 20° C van Elstar-appelen bewaard in 1 en 5% O₂, 0 en 100 u/l ethyleen in 0.5% CO₂ en 1.5° C

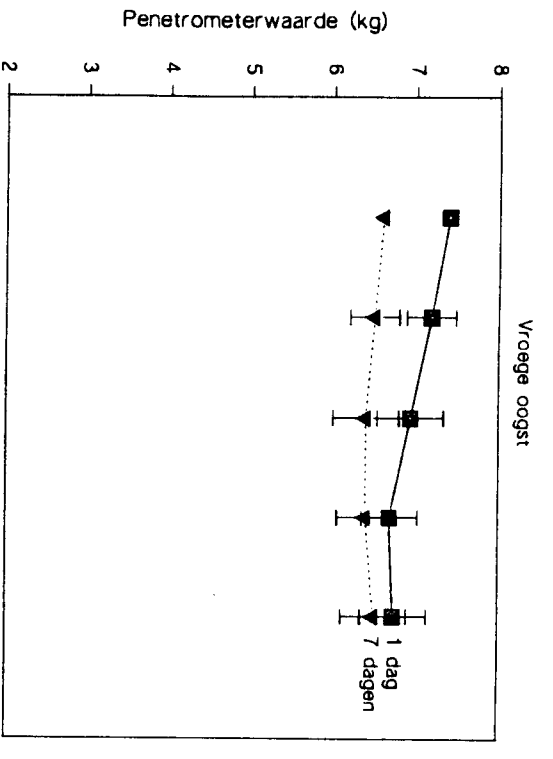


Fig. 5 Penetrometerwaarde na 1 en 7 dagen 20° C van Elstar-appelen bewaard in 1% O₂ en 0 u/l ethyleen in 0.5% CO₂ en 1.5° C

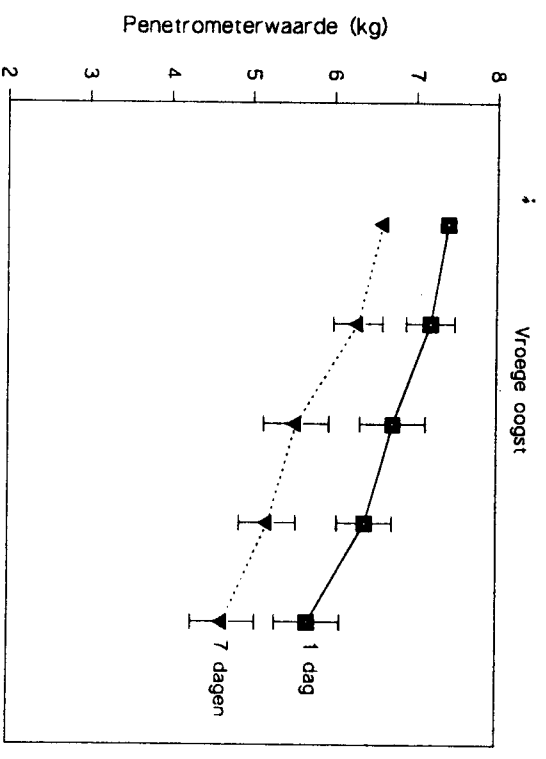


Fig. 7 Penetrometerwaarde na 1 en 7 dagen 20° C van Elstar-appelen bewaard in 1% O₂ en 100 u/l ethyleen in 0.5% CO₂ en 1.5° C

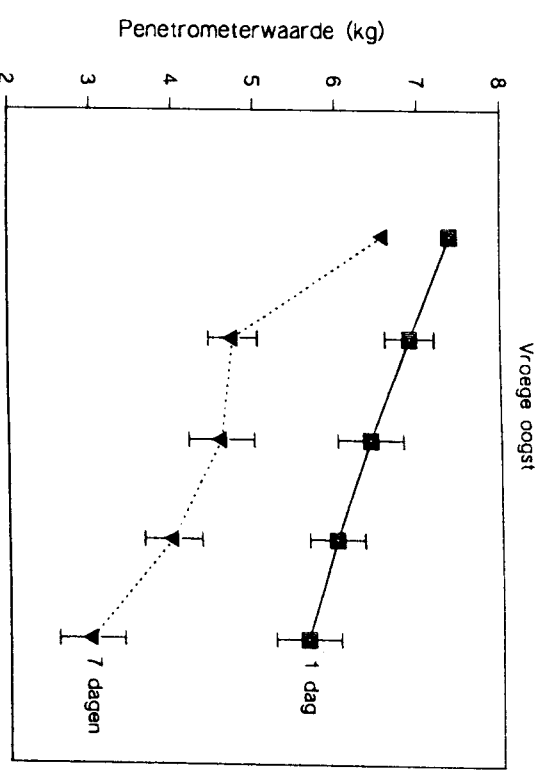


Fig. 6 Penetrometerwaarde na 1 en 7 dagen 20° C van Elstar-appelen bewaard in 5% O₂ en 0 u/l ethyleen in 0.5% CO₂ en 1.5° C

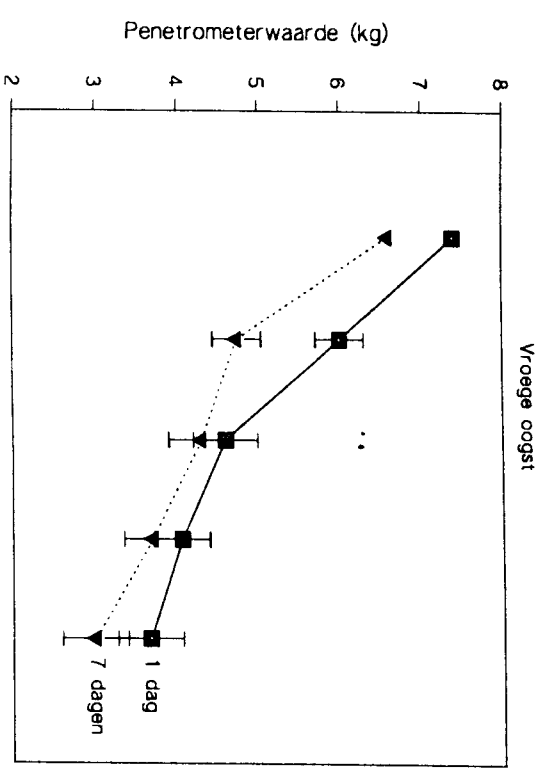


Fig. 8 Penetrometerwaarde na 1 en 7 dagen 20° C van Elstar-appelen bewaard in 5% O₂ en 100 u/l ethyleen in 0.5% CO₂ en 1.5° C

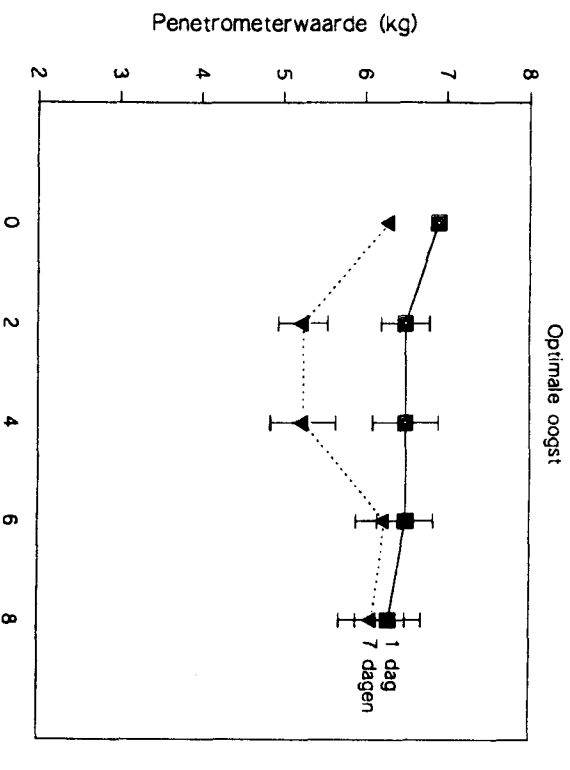


Fig. 9 Penetrometerwaarde na 1 en 7 dagen 20° C van Elstar-appelen bewaard in 1% O₂ en 0 u/l ethyleen in 0.5% CO₂ en 1.5° C

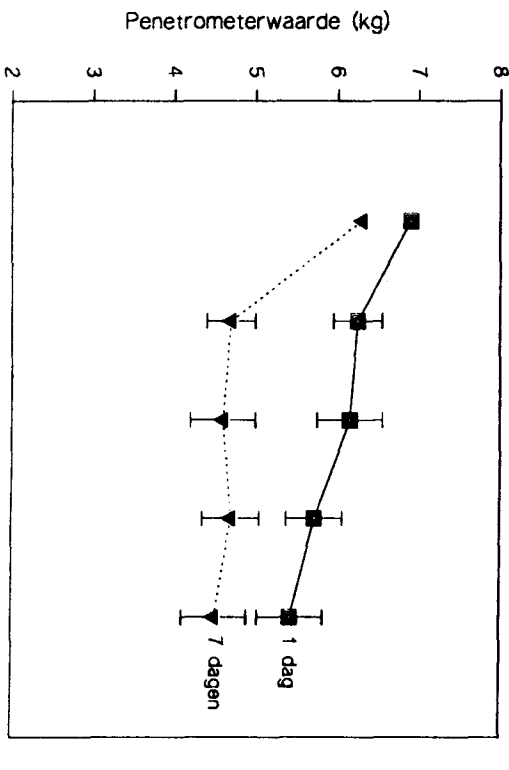


Fig. 11 Penetrometerwaarde na 1 en 7 dagen 20° C van Elstar-appelen bewaard in 1% O₂ en 100 u/l ethyleen in 0.5% CO₂ en 1.5° C

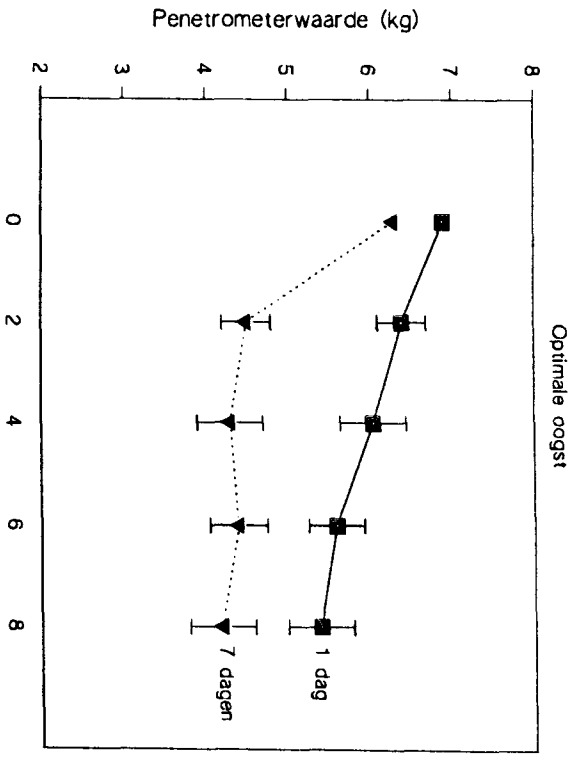


Fig. 10 Penetrometerwaarde na 1 en 7 dagen 20° C van Elstar-appelen bewaard in 5% O₂ en 0 u/l ethyleen in 0.5% CO₂ en 1.5° C

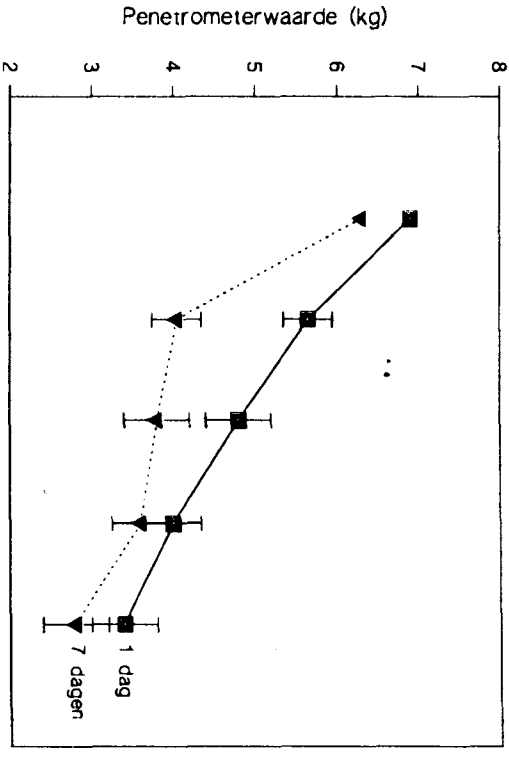


Fig. 12 Penetrometerwaarde na 1 en 7 dagen 20° C van Elstar-appelen bewaard in 5% O₂ en 100 u/l ethyleen in 0.5% CO₂ en 1.5° C

stevigheid na 7 dagen nabewaring. Bij begassing met ethyleen is er nauwelijks nog verval omdat de waarden direct na bewaring al heel laag waren.

Bij de optimale oogst in 1% zuurstof (fig 9) is de al eerder gesignaleerde aanvankelijke verlaging van de stevigheid na nabewaring. Na 6 en 8 maanden is er nauwelijks meer een verlaging te constateren. Bij begassing met ethyleen is wel sprake van een sterk verval over de gehele bewaarperiode.

In 5 % zuurstof is sprake van exact hetzelfde gedrag als bij de vroege oogst. In een laag ethyleen-niveau een sterke achteruitgang van de stevigheid, bij begassing een een minder groot verschil omdat de aanvangswaarden al laag waren.

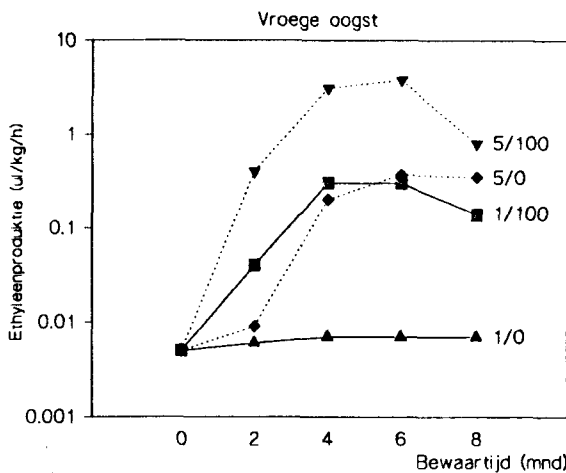


Fig. 13 Ethyleenproductie van Elstar-appelen bewaard in 1 en 5% O₂ 0 en 100 µl/l ethyleen in 0.5% CO₂ en 1.5° C

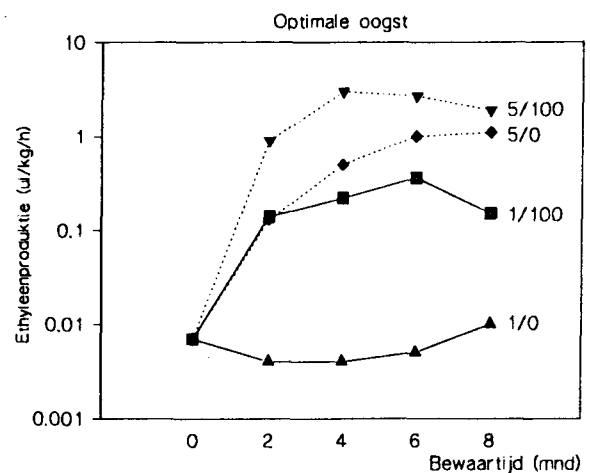


Fig. 14 Ethyleenproductie van Elstar-appelen bewaard in 1 en 5% O₂ 0 en 100 µl/l ethyleen in 0.5% CO₂ en 1.5° C

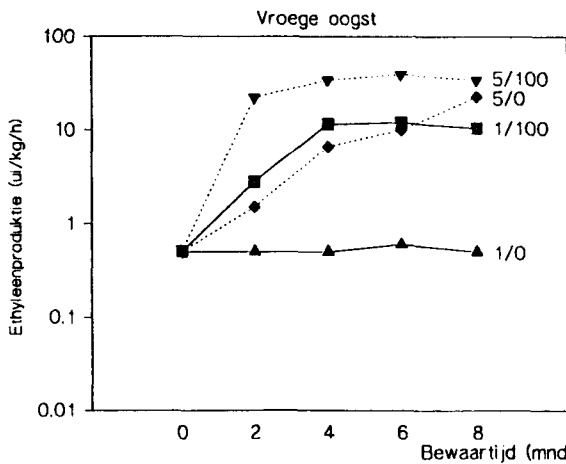


Fig. 15 Ethyleenproductie van Elstar-appelen na bewaring in 1 en 5% O₂ in 0 en 100 µl/l ethyleen in 0.5% CO₂ en 1.5° C na 7 dagen 20°C

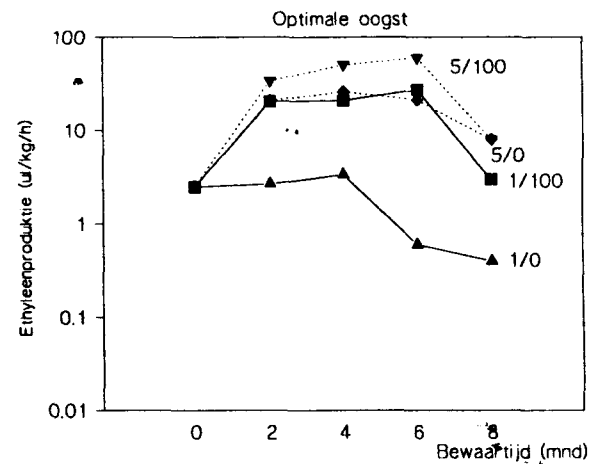


Fig. 16 Ethyleenproductie van Elstar-appelen na bewaring in 1 en 5% O₂ in 0 en 100 µl/l ethyleen in 0.5% CO₂ en 1.5° C na 7 dagen 20°C

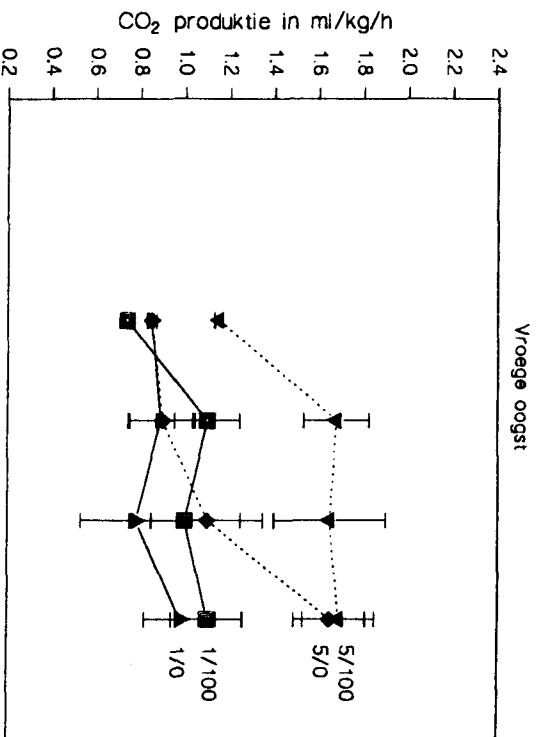


Fig. 21 CO₂-productie van Elstar-appelen bewaard in 1 en 5% O₂ 0 en 100 u/l ethyleen in 0.5% CO₂ en 1.5° C

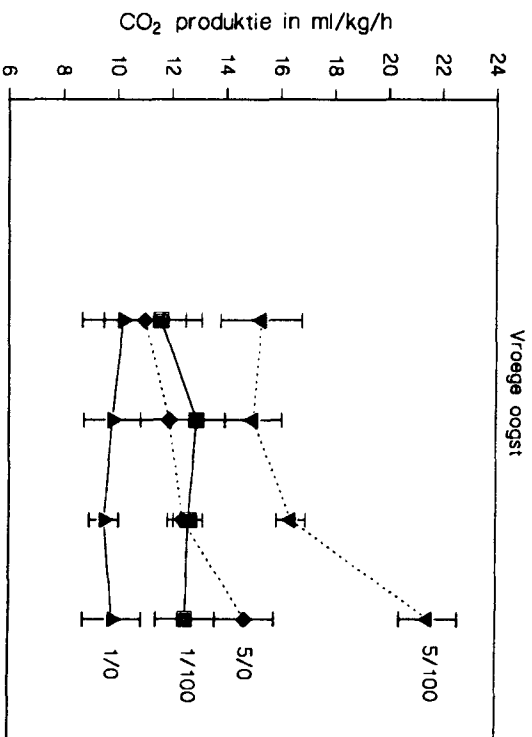


Fig. 23 CO₂-productie na 7 dagen 20°C van Elstar-appelen bewaard in 1 en 5% CO₂, 0 en 100 u/l ethyleen in 0.5% CO₂ en 1.5° C

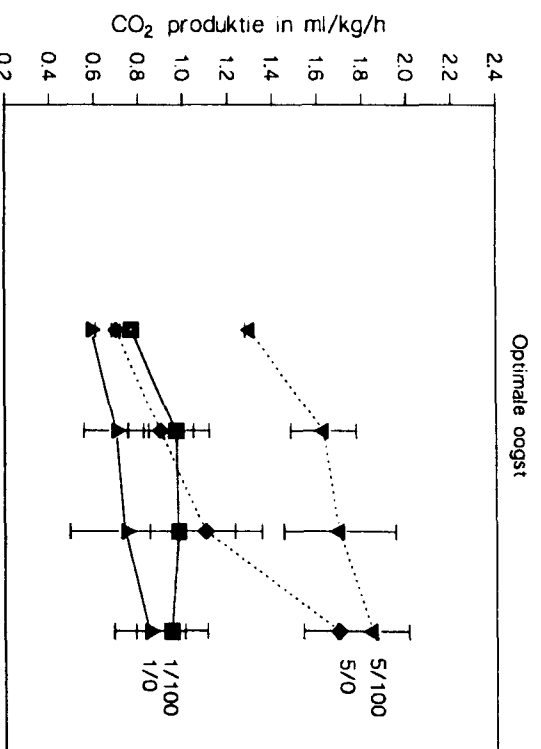


Fig. 22 CO₂-productie van Elstar-appelen bewaard in 1 en 5% O₂ 0 en 100 u/l ethyleen in 0.5% CO₂ en 1.5° C

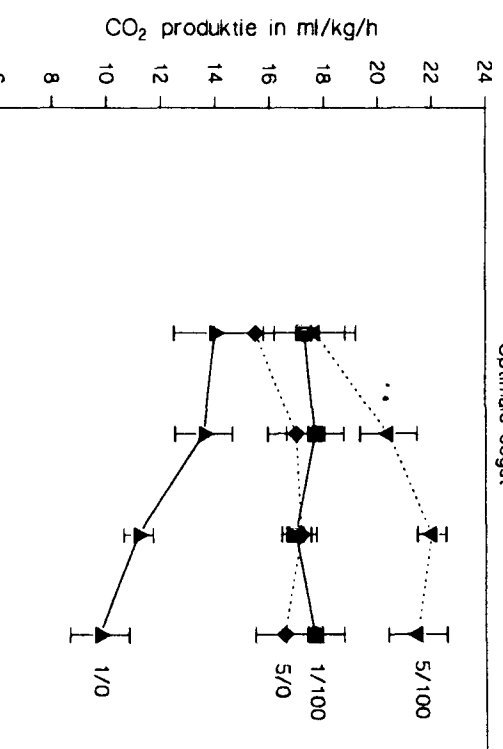


Fig. 24 CO₂-productie na 7 dagen 20°C van Elstar-appelen bewaard in 1 en 5% CO₂, 0 en 100 u/l ethyleen in 0.5% CO₂ en 1.5° C

3.2 Ethyleenproduktie

De resultaten van de ethyleenproduktiemetingen zijn samengevat in de figuren 13 t.e.m. 16. Vanwege de grote verschillen tussen de objecten is de produktie logaritmisch uitgezet.

De metingen in CA-bewaring (figuur 13 en 14) van appelen van beide oogstdata zijn qua totaalbeeld nagenoeg gelijk. In 1% zuurstof is de produktie in 0 ul/l ethyleen van beide oogstdata zeer laag en gelijk aan de aanvangswaarde zodat van een niet-climacteriele produktie sprake is. In 5% zuurstof waarbij ethyleenverwijdering heeft plaatsgevonden neemt de produktie van ethyleen in de tijd toch enigszins toe, echter op een lager niveau dan waarbij ethyleen is toegediend.

Ook bij 1% zuurstof neemt de produktie toe na begassing. Opvallend is dat bij alle objecten de ethyleenproduktie enigszins afneemt na 8 maanden bewaring.

Bij de metingen na 7 dagen 20°C van beide oogstdata is de ethyleenproduktie in 5% zuurstof, wel en niet begast, en in 1% zuurstof met ethyleentoediening nagenoeg gelijk (fig 15 en 16). Na 2 maanden neemt de produktie al duidelijk toe tot de zesde maand waarna vooral bij de optimale oogst weer een geringe daling optreedt.

Bij 1% zuurstof met ethyleenverwijdering bij de vroege oogst blijft de produktie constant op een laag niveau. Echter bij de optimale oogst is de produktie na 2 en 4 maanden hoger dan na 6 en 8 maanden en vormt een mogelijke verklaring voor de lagere hardheidswaarden na 2 en 4 maanden.

3.3 Grondkleurontwikkeling

Het kleurverloop is samengevat in de figuren 17 tot en met 20. *Direkt na bewaring* bij de vruchten geoogst op het vroege oogstmoment zijn er geen verschillen tussen toediening van ethyleen bij zowel 1 als 5% zuurstof. Wel is er een aantoonbaar verschil tussen de zuurstofgehalten in 5% treedt sneller vergeling op dan in 1% zuurstof. Bij de optimale oogst is er een snellere daling te constateren waarbij het verschil tussen de beide zuurstofwaarden qua kleurniveau overeenkomstig is met de vroege oogst. In 1 % zuurstof ontstaat na 6 maanden ook een aantoonbaar verschil tussen ethyleenverwijdering en begassing.

Na 7 dagen 20° C is er een duidelijk verschil tussen de twee oogstdata. Bij de vroege oogst is de kleurverandering in het algemeen duidelijk langzamer dan bij de optimale oogst.

Bij de appelen van het vroege oogstmoment is er een aantoonbaar verschil tussen de zuurstofgehalten en periodiek een verschil tussen de ethyleenniveaus. Bij de optimale oogst zijn er aanvankelijk nauwelijks verschillen, na 4 manden ontsaat een verschil tussen de zuurstofconcentraties maar niet tussen de ethyleenniveau's.

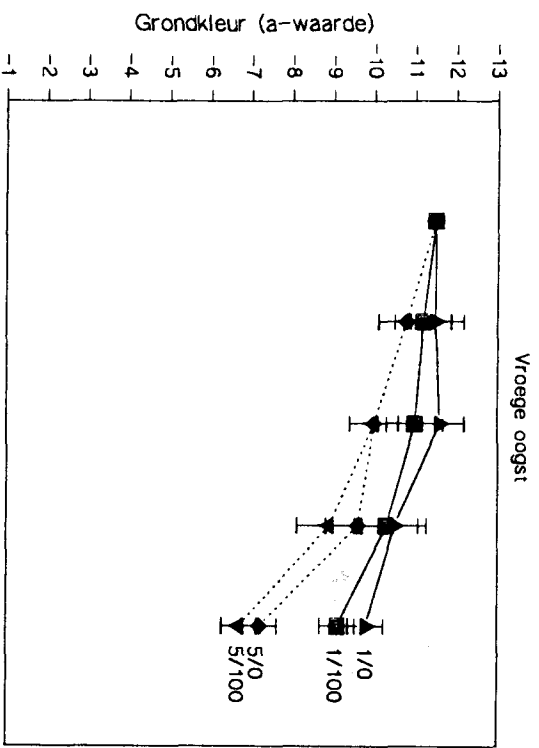


Fig. 17 Grondkleur na 1 dag 20° C van Elstar-appelen bewaard in 1 en 5% O₂, 0 en 100 µl/l ethyleen in 0.5% CO₂ en 1.5° C

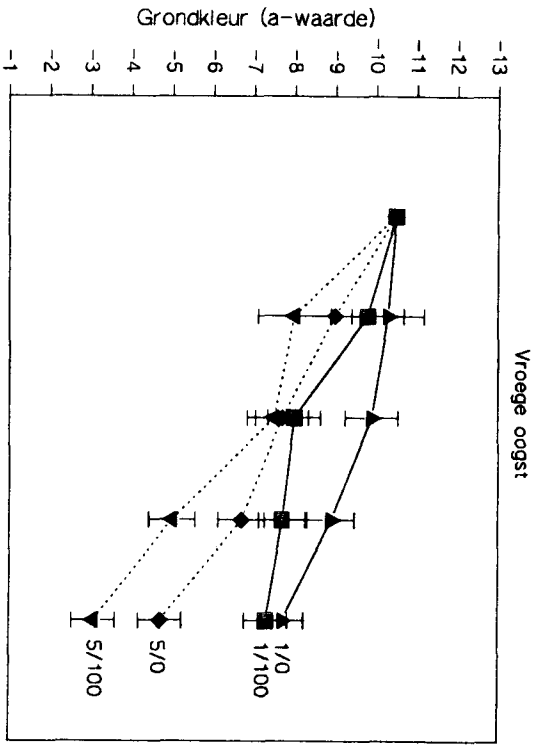


Fig. 19 Grondkleur na 7 dagen 20° C van Elstar-appelen bewaard in 1 en 5% O₂, 0 en 100 µl/l ethyleen in 0.5% CO₂ en 1.5° C

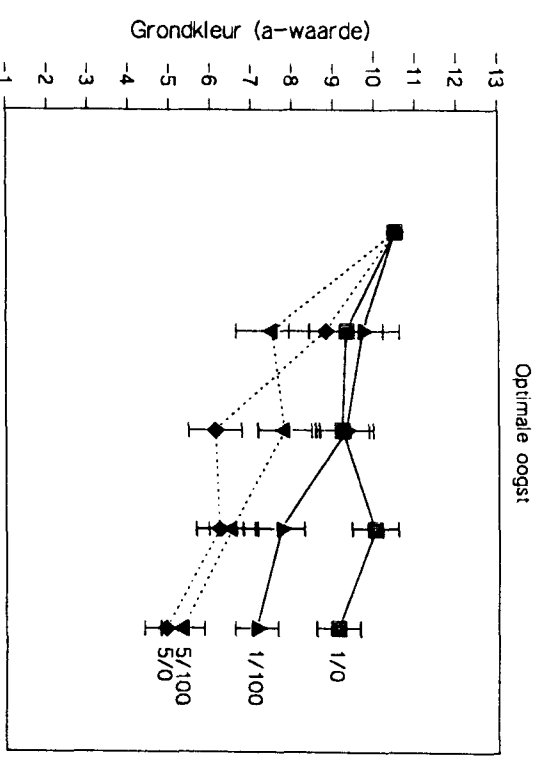


Fig. 18 Grondkleur na 1 dag 20° C van Elstar-appelen bewaard in 1 en 5% O₂, 0 en 100 µl/l ethyleen in 0.5% CO₂ en 1.5° C

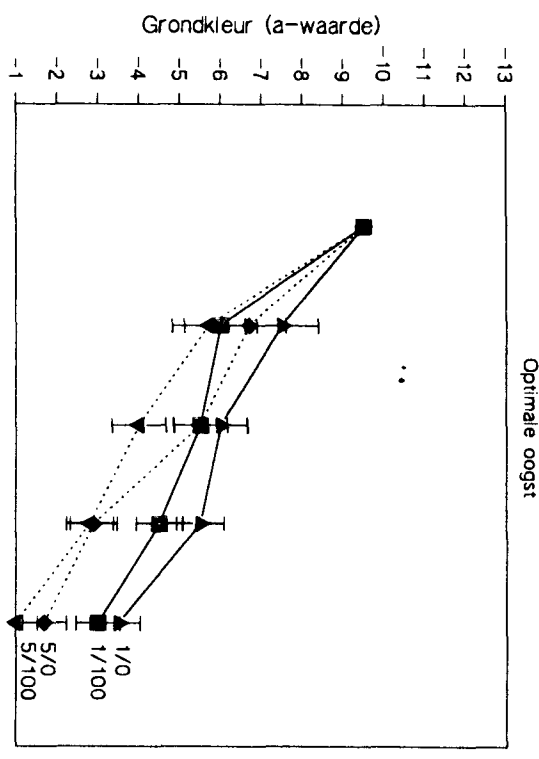


Fig. 20 Grondkleur na 7 dagen 20° C van Elstar-appelen bewaard in 1 en 5% O₂, 0 en 100 µl/l ethyleen in 0.5% CO₂ en 1.5° C

3.4 Respiratie

De resultaten van de CO₂ produktiemetingen zijn samengevat in de figuren 21 tot en met 24. De CO₂-produktie direct na aanvang van de bewaring is niet gemeten

De metingen in CA-bewaring (fig. 21 en 22) geven aan dat er duidelijke interacties zijn tussen het zuurstofgehalte en het ethyleenniveau in de bewaring. In 1% zuurstof zijn er nauwelijks produktieverschillen tussen de ethyleenniveaus. Er is een tendens dat de ethyleenbegassing leidt tot een kleine verhoging van de CO₂-produktie maar meestal is dit verschil niet significant. Bij langere bewaring is er sprake van een lichte toename in produktie.

In 5% zuurstof hebben de appels bewaard in een laag ethyleenniveau aanvankelijk een lage CO₂-produktie welke vergelijkbaar is met de produktie in 1% zuurstof. Echter na 8 maanden treedt een forse stijging op. De appels bewaard in een hoog ethyleenniveau in 5% zuurstof hebben al na 2 maanden een hogere respiratie welke gedurende de verdere bewaarperiode aanzienlijk hoger blijft.

Metingen na 7 dagen 20°C (fig. 23 en 24) tonen aan dat in de bewaring in 1% zuurstof tussen beide ethyleenniveau's wel een significant verschil ontstaat in CO₂-produktie, waarbij ethyleentoediening leidt tot een hogere produktie. Opmerkelijk is dat bij de optimale oogst in een laag ethyleenniveau de produktie zelfs verminderd na 6 en 8 maanden. Mogelijk is hier weer een verband met de geconstateerde lagere ethyleenproduktie en de hogere stevigheid na 7 dagen 20°C. In 5% zuurstof blijft bij produkt van beide oogstmomenten over de gehele bewaarperiode een aantoonbaar verschil bestaan. Ethyleenbegassing leidt tot een hogere CO₂-produktie.

3.5 Bewaarafwijkingen

In- en uitwendige bewaarafwijkingen en gewichtsverliezen zijn alleen na 8 maanden bewaring vastgesteld (Tabel 2 en 3).

De gewichtsverliezen tijdens deze lange opslagduur in de bewaring blijven beperkt. Verschillen tussen laag en hoog ethyleen lijken niet aanwezig. De enige tendens is het hogere verlies bij de optimale oogst met ethyleenbegassing.

Voorwat betreft rot zijn enkele tendensen vast te stellen. Direct na bewaring lijkt begassing met ethyleen in beide zuurstofconcentraties tot wat hogere rotpercentages te leiden.

Na 7 dagen 20°C is deze trend alleen bij de optimale oogst nog aanwezig.

Het optreden van zacht en vruchtvleesbruin, wat in dit kader als ouderdomsbederf gezien kan worden, vertoont geen duidelijke verschil tussen de objecten. Er is een kleine tendens aanwezig dat het optreden van deze verschijnselen wat toeneemt bij de optimale oogst.

Na de nabewaringsperiode ontstaan wel grote verschillen. Bij fruit van beide oogsttijden is de aantasting in 1 % zuurstof duidelijk minder dan in 5 %. Ook het ethyleenniveau heeft duidelijk invloed op zowel het optreden van zacht als vvb.

In beide zuurstofconcentraties leidt ethyleenbegassing tot hogere verliezen. In het algemeen zijn de verliezen het kleinst in 1% zuurstof in combinatie met een laag ethyleenniveau.

Tabel 2. Invloed van zuurstofconcentratie, ethyleenniveau en oogsttijdstip op het gewichtsverlies en het optreden van rot, zacht en vruchtvleesbruin bij Elstar-appelen na 8 maanden bewaring.

| O2 | C2h4 | oogst | gew.verl | rot | zacht | vvb. |
|----|------|--------|----------|------|-------|------|
| 1 | 0 | vroeg | 1.45 | 4.29 | 0.25 | 4.69 |
| 5 | 0 | vroeg | 1.51 | 6.12 | 0.0 | 1.56 |
| 1 | 100 | vroeg | 1.47 | 6.24 | 1.2 | 1.56 |
| 5 | 100 | vroeg | 1.70 | 8.13 | 1.61 | 5.1 |
| 1 | 0 | optim. | 1.73 | 4.57 | 0.0 | 6.25 |
| 5 | 0 | optim. | 1.97 | 4.55 | 1.29 | 7.81 |
| 1 | 100 | optim. | 2.98 | 9.93 | 0.0 | 4.69 |
| 5 | 100 | optim. | 2.61 | 8.09 | 0.59 | 4.69 |

Tabel 3. Invloed van zuurstofgehalte, ethyleenniveau en oogsttijdstip op het optreden van rot, zacht en vruchtvleesbruin bij Elstar-appelen na 8 maanden bewaring en 7 dagen 20°C.

| O2 | C2H4 | Oogst | rot | zacht | vvb. |
|----|------|--------|------|-------|-------|
| 1 | 0 | vroeg | 2.54 | 1.25 | 6.25 |
| 5 | 0 | vroeg | 2.57 | 2.66 | 7.81 |
| 1 | 100 | vroeg | 3.68 | 1.72 | 0.0 |
| 5 | 100 | vroeg | 0.64 | 16.59 | 37.5 |
| 1 | 0 | optim. | 2.61 | 0.24 | 6.25 |
| 5 | 0 | optim. | 2.53 | 7.83 | 23.44 |
| 1 | 100 | optim. | 5.25 | 2.84 | 12.5 |
| 5 | 100 | optim. | 5.11 | 23.74 | 42.19 |

3.6 Smaakonderzoek.

De resultaten van de smaakbeoordeling door een expertpanel zijn vermeld in tabel 3 en 4. Bij de vroege oogst (tabel 3) ontstaat pas na 8 maandenbewaring in 1% zuurstof een verschil in smaakontwikkeling tussen appelen bewaard in een lage en een hoge ethyleenconcentratie. In 100 ul/l ethyleen is het produkt nauwelijks nog acceptabel qua consistentie, smaak/aroma en totaalindruk. In 0 ul/l zijn de appelen nog wel acceptabel.

Bij de optimale oogst wordt in beide ethyleenconcentraties smaak/aroma negatief beïnvloed. Na 8 maanden bewaring is het fruit in 0 ul/l niet meer acceptabel terwijl dit in 100 ul/l al na 6 maanden discutabel wordt voor alle smaakcomponenten.

Tabel 4 Smaakbeoordeling van **vroeg** geogste Elstar-appelen na 4, 6 en 8 maanden bewaring in 1% zuurstof met en zonder ethyleen inclusief 1 week nabewaring in 20°C.

| Ethyleen | Maand | Concistentie | Aroma | Totaal indruk |
|-----------------|-------|--------------|-------|---------------|
| 0 ul/l | 4 | ++ | + | + |
| 0 ul/l | 6 | ++ | + | + |
| 0 ul/l | 8 | ++ | +/- | + |
| <u>100 ul/l</u> | 4 | ++ | + | + |
| 100 ul/l | 6 | + | + | + |
| 100 ul/l | 8 | - | +/- | +/- |

Tabel 5 Smaakbeoordeling van **optimaal** geogste Elstar-appelen na 4,6 en 8 maanden bewaring in 1% zuurstof met en zonder ethyleen inclusief 1 week nabewaring in 20°C.

| Ethyleen | Maand | Concistentie | smaak/ aroma | Totaal indruk |
|----------|-------|--------------|-----------------|---------------|
| 0 ul/l | 4 | ++ | +/- | + |
| 0 ul/l | 6 | ++ | +/- | + |
| 0 ul/l | 8 | + | +/- | +/- |
| 100 ul/l | 4 | + | + | + |
| 100 ul/l | 6 | +/- | +/- | +/- |
| 100 ul/l | 8 | - | +/- | - |

3.7 Verband ethyleenhuishouding en responsvariabelen

3.7.1 Ethyleenproductie en stevigheidsontwikkeling

In fig. 25 tot en met 28 is het verband aangegeven tussen de ethyleenproductie tijdens de bewaarperiode en de stevigheidsontwikkeling van de betreffende objecten. Hierbij is duidelijk te constateren dat een toename in de ethyleenproductie gevolgd wordt door een afname in de stevigheidswaarde.

In de situatie dat de ethyleenproductie pre-climacterieel blijft (fig 25 en 27, 1% O₂ en 0 ul/l C₂H₄) over de gehele bewaarperiode is het stevigheidsverval niet groter dan 0.6 kg.

Bij toediening van 100 ul/l C₂H₄ is het stevigheidsverval aantoonbaar groter evenals de ethyleenproductie waarbij het effect in 5% zuurstof sneller tot uiting komt.

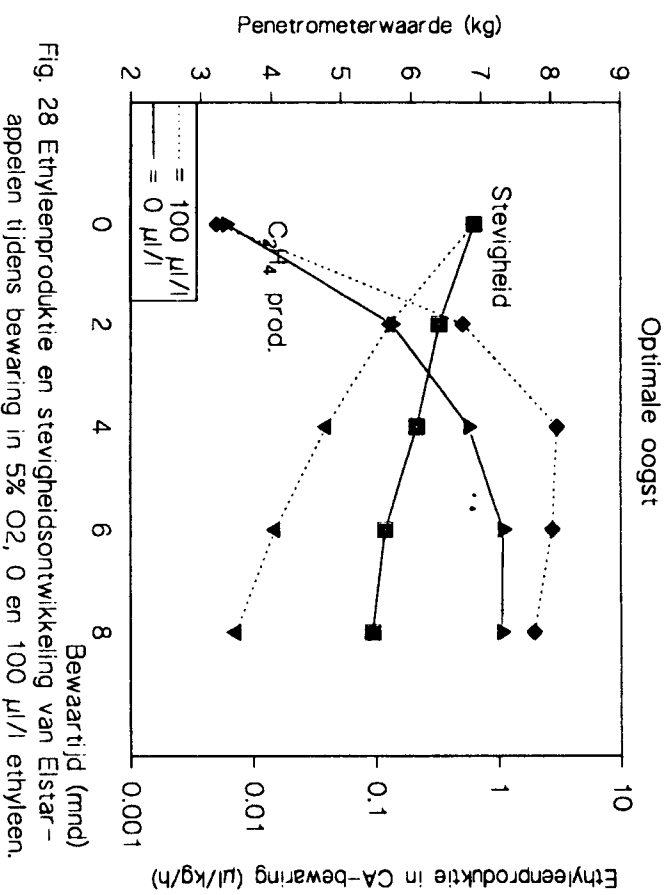
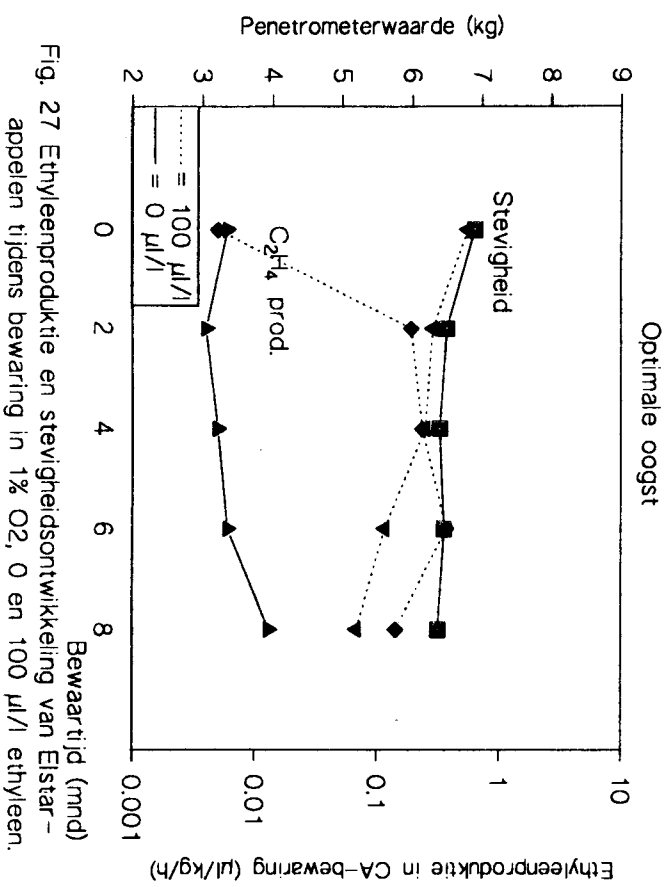
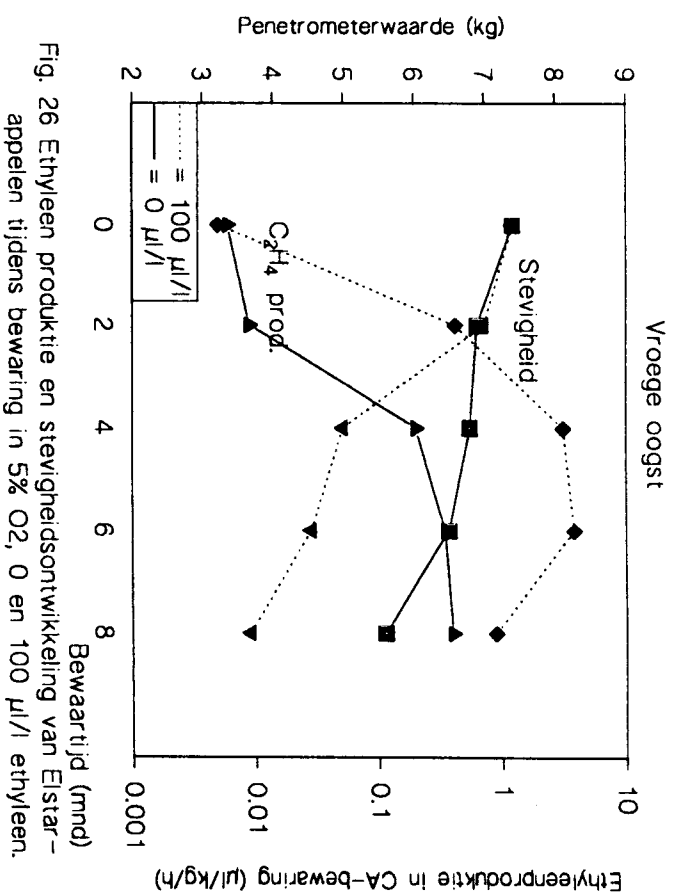
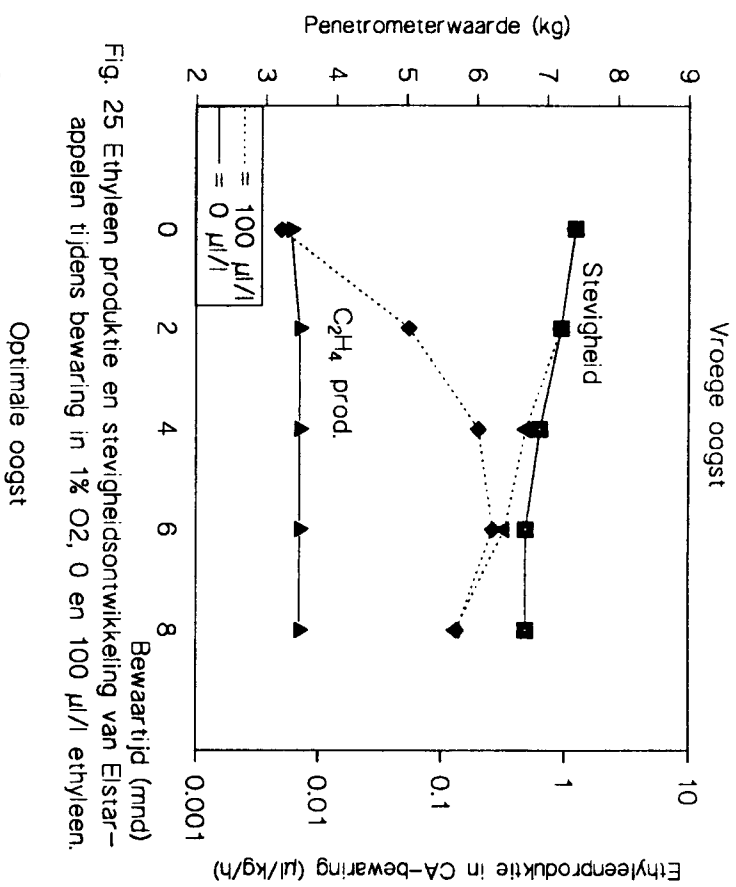
Het feit dat door het continu toedienen van ethyleen stevigheidsverlies ontstaat bewijst dat er een oorzakelijk verband is tussen ethyleen en stevigheidsverlies. Dat het verlies bij 5% zuurstof groter is ofwel sneller tot stand komt bewijst dat de gevoeligheid voor ethyleen wordt verlaagd in lagere zuurstofconcentraties.

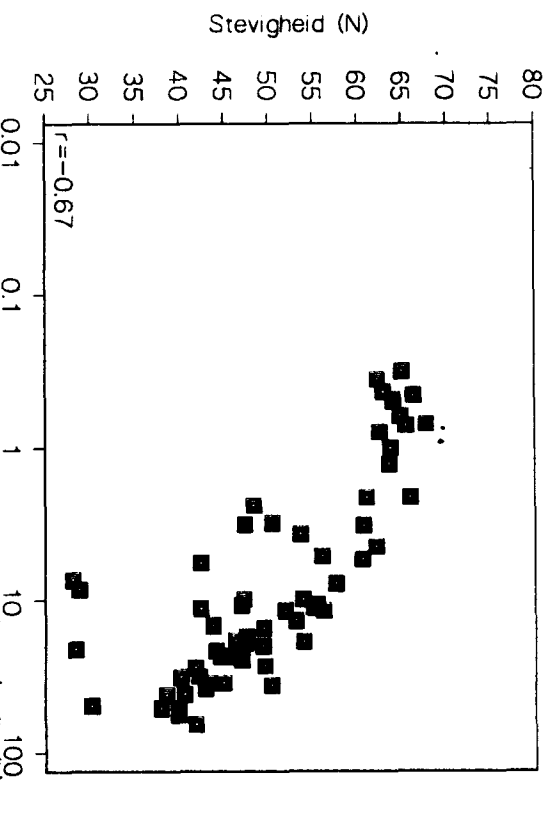
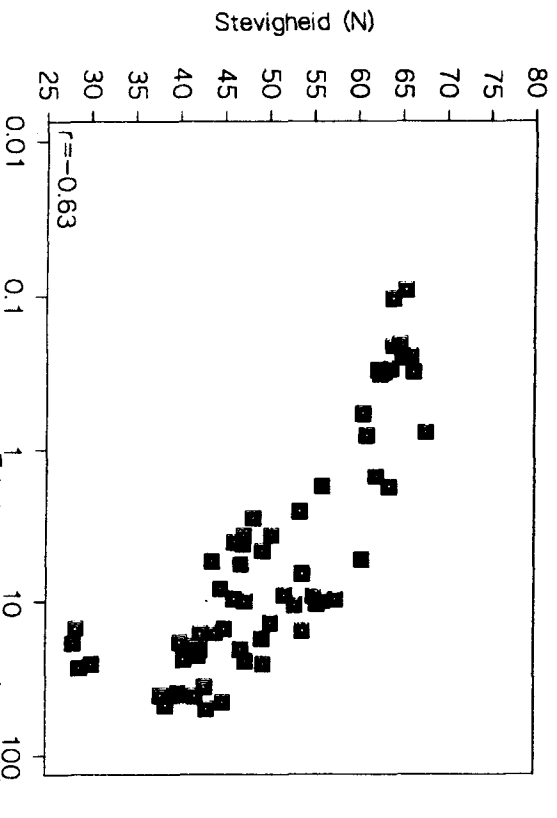
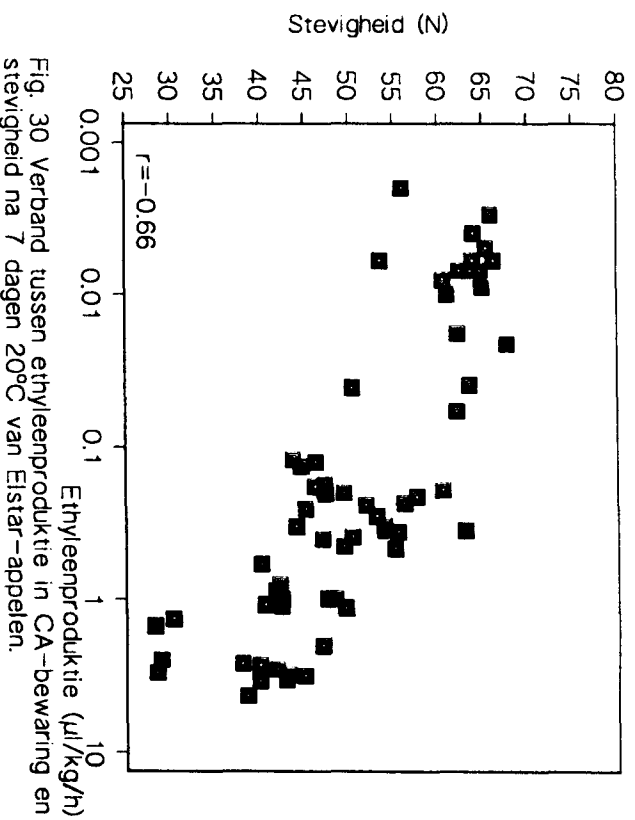
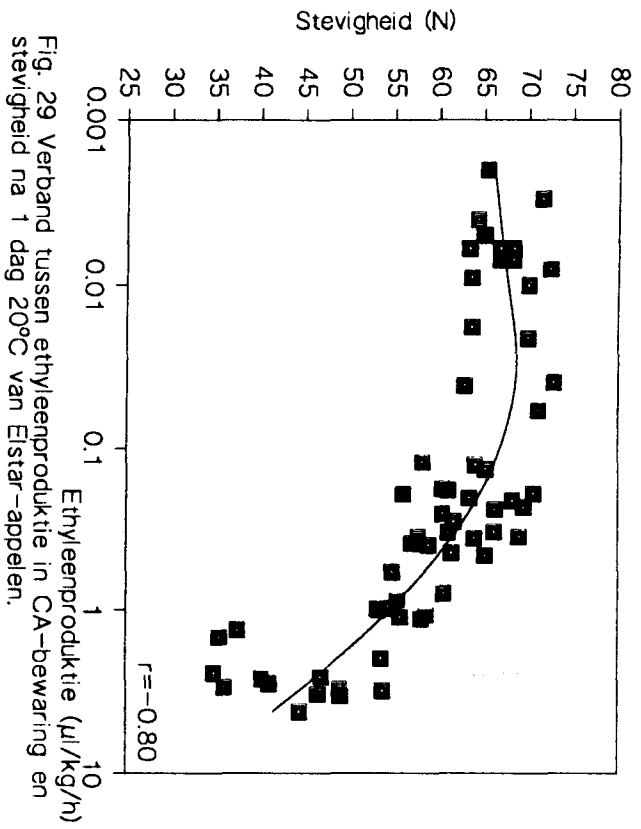
Nagegaan is tevens of er een verband bestaat tussen de ethyleenproductie en de hardheid waarbij alle data zijn gecombineerd. In fig. 29 waarbij het verband weergegeven wordt tussen de ethyleenproductie in CA en de hardheid direct na bewaring blijkt dat in het produktiegebied (tot 0.1 ul/l) geen hardheidsverlies optreedt. Boven deze produktiewaarde neemt de hardheid lineair af. Ook de hardheid na nabewaring vertoont een verband met de ethyleenproductie in CA (fig 30). De relaties tijdens de shelflife fase tussen hardheid en ethyleen zijn eveneens duidelijk (fig 31 en 32). De respectievelijke correlatie coëfficiënten suggereren een redelijk groot verband. Uit tabel 5 blijkt, waar de percentages verklaarde variantie zijn weergegeven, dat het verband tussen ethyleenproductie in CA-bewaring en de hardheid direct na CA niet lineair is. De andere combinaties lijken dit wel te zijn.

Tabel 5. Percentage verklaarde variantie tussen ethyleenproductie en penetrometerwaarden.

| Verband | r | % verkláard variantie | |
|----------------------------|-------|-----------------------|-------------|
| | | lineair | non-lineair |
| Ethy. CA - hardheid direkt | 0.80 | 46.4 | 58.6 |
| Ethy. CA - hardheid week | -0.66 | 59.4 | 59.8 |
| Ethy. 2d - hardheid week | -0.63 | 68.2 | 68.3 |
| Ethy. 7d - hardheid week | -0.67 | 61.3 | 60.7 |

Ook zijn nog andere verbanden nagegaan tussen ethyleenproductie en hardheid. Hierbij is uitgegaan van berekende ethyleenproducties zoals ethyleen 7 dagen verminderd met de produktie na 2 dagen of met produktie in CA. Deze berekende ethyleenproducties zijn gerelateerd met respectievelijk de hardheid na 7 dagen en met de hardheid na 1 dag verminderd met de hardheid na 7 dagen. Al deze combinaties gaven geen verbetering in het percentage verklaarde variantie.





3.7.2. Ethyleenproductie en respiratie

De ethyleenproductie in CA-bewaring is ook in verband gebracht met de CO₂ productie (fig 33). Hieruit blijkt dat bij een verhoging van de ethyleenproductie tot ongeveer 0.1 ul/kg/h er geen verandering optreedt in CO₂ productie. Omdat, zoals reeds geconstateerd, de ethyleenproductie na 8 maanden bewaring wat verminderd is, is ook het verband weergegeven tot en met 6 maanden bewaring. Dit gaf een verbetering van het percentage verklaarde variantie (tabel 6).

Tabel 6 Percentage verklaarde variantie tussen ethyleenproductie en CO₂-productie in CA-bewaring.

| Verband | r | % verklaarde variantie | |
|--|------|------------------------|-------------|
| | | lineair | non-lineair |
| Ethyleen-CO ₂ (alle data) | 0.65 | 47.3 | 51.8 |
| Ethyleen-CO ₂ (t.e.m. 6 mnd.) | 0.73 | 50.6 | 63.6 |

Uit de regressieanalyse blijkt dat de ethyleenproductie een behoorlijke samenhang vertoont met de respiratie waarbij non lineair geanalyseerd een iets betere samenhang verondersteld.

Verder is het verband tussen ethyleen- en CO₂ productie nog geanalyseerd via gecategoriseerde waarden waarbij de data in bepaalde klassen worden ingedeeld. Hieruit bleek dat er een betrouwbare interactie was tussen ethyleen-en CO₂ productie.

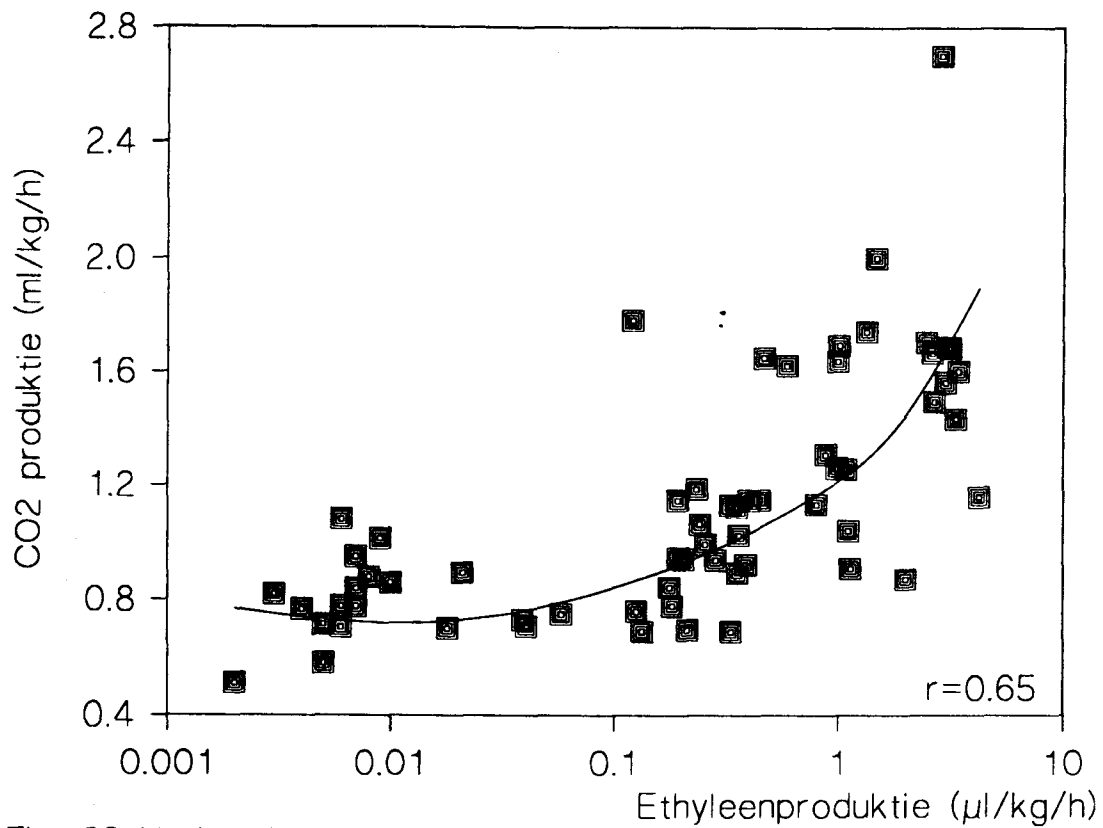


Fig. 33 Verband tussen ethyleenproductie in CA-bewaring en CO₂-productie van Elstar-appelen.

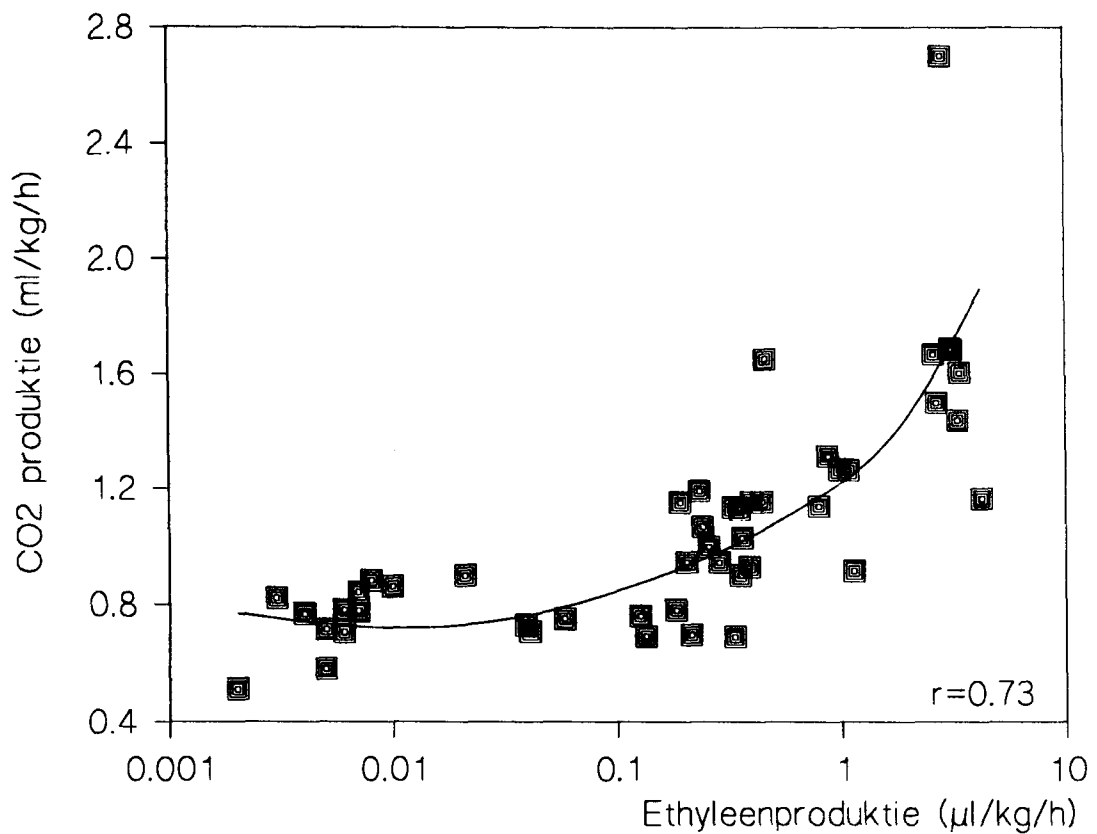


Fig. 34 Verband tussen ethyleenproductie in CA-bewaring en CO₂-productie na 2, 4 en 6 maanden.

4.0 Discussie

4.1 Relatie ethyleenhuishouding en CA-bewaring.

Een belangrijke doelstelling van dit onderzoek betreft de werking van CA-bewaring te verklaren via het rijpingshormoon ethyleen. Hierbij moeten twee belangrijke processen worden onderscheiden. Het eerste proces is de produktie van ethyleen, het tweede proces is de gevoeligheid voor ethyleen. In CA-bewaring zijn deze processen meestal verweven. Gepoogd is om in dit onderzoek deze processen los te koppelen door enerzijds ethyleen continu te verwijderen en anderzijds ethyleen in overmaat toe te dienen. Omdat van Elstar bekend is dat het produktievolume in CA-omstandigheden gering is kan deze ontkoppeling beter gerealiseerd worden dan bij andere rassen, die al direkt na aanvang van CA-bewaring dermate veel ethyleen produceren dat volledige verwijdering, vooral in het produkt niet mogelijk is.

Aangenomen wordt dat de nog onrijpe vrucht tijdens (CA)bewaring het normale proces van rijping doormaakt (Yang, 1985) 1993). Dit betekent dat er ook sprake is van een climacterium wat door de aangelegde bewaaromstandigheden (temperatuur, zuurstof en koolzuur) wordt uitgesteld ofwel tegengegaan.

Hierdoor worden allerlei kenmerkende aflevingsprocessen zoals stevigheidsverlies en vergeling tegengegaan.

In dit onderzoek werd de relatie van zuurstof en ethyleen nagegaan uitgaande van appelen van twee oogstijdstippen in de pre-climacteriele fase.

Omtrent het eerste proces (ethyleenproduktie) blijkt een lager zuurstofgehalte (1%) minder ethyleenproduktie tot gevolg te hebben dan een hoger zuurstofgehalte (fig 13 en 14). Dit wordt veroorzaakt door de vertraagde omzetting van ACC naar ethyleen (Bufler en Streif 1986, Van Schaik en Boerrigter 1989)

In 1% O₂ gecombineerd met ethyleenverwijdering blijft de C₂H₄ produktie tot en met 8 maanden bewaring op pre-climacterieel niveau. Dit betekent dat in deze omstandigheden de rijping volledig is stilgelegd bij appelen van beide oogstdata. In 5 % O₂ bleek het niet mogelijk om met behulp van volledige ethyleenverwijdering de ethyleenproduktie volledig te remmen waardoor de verschillen in produktie tussen 0 en 100 ul/l kleiner lijken dan in 1% zuurstof.

De mate van ethyleenproduktie, in afhankelijkheid van de ingestelde bewaarniveau's, blijkt een belangrijke samenhang te vertonen met de stevigheidsontwikkeling (fig 25 t.e.m. 28).

Globaal kan geconstateerd worden dat naarmate meer ethyleen geproduceerd wordt, het stevigheidsverval groter is. Eveneens is deze tendens te constateren bij de grondkleurverandering (fig 17 t.e.m. 20) en de toename van CO₂ produktie (fig 21 t.e.m. 24).

Hieruit kan de conclusie worden getrokken dat door de aangelegde bewaaromstandigheden een bepaalde ethyleenproduktie wordt gerealiseerd welke resulteert in een bepaalde mate van rijpingsstimulering waardoor genoemde processen worden geactiveerd. Een definitief bewijs voor stimulering door ethyleen is hiermee nog niet geleverd omdat het gepaard gaande processen kunnen zijn. Echter het is duidelijk aantoonbaar dat door toediening van ethyleen rijpingsstimulering optreedt in beide zuurstofconcentraties. Zeer belangrijk is hierbij dat in een laag zuurstofgehalte (1%) de stimulering minder is dan in 5% O₂. Deze stimulering kan worden gemeten via de CO₂ produktie en maar vooral via de stevigheidsmetingen.

Hieruit volgt dat de gevoeligheid voor ethyleen door een lager zuurstofgehalte sterk wordt vermindert.

In feite is dit het tweede proces waarbij ethyleen een rol speelt. Beide processen worden dus door het zuurstofgehalte beïnvloedt. Omdat zuurstof als factor zowel de produktie als de gevoeligheid van ethyleen beïnvloedt kan geconcludeerd worden dat het effect van CA-bewaring voor een groot deel te verklaren is via beïnvloeding van de ethyleenhuishouding.

Het percentage hardheidsverlies (fig 35 en 36) wat tijdens de bewaring optreedt geeft een kwantificering aan van de effecten van zuurstof en ethyleen. Dit heeft een extra waarde omdat

appelen van beide oogstdata deels (1% O₂ en 0 ul/l C₂H₄) in het pre-climacteriele stadium zijn gebleven. Bij deze nog onrijpe appelen is het verlies niet groter dan respectievelijk 5 en 8% van de oorspronkelijke inzetwaarden. Bij toevoeging van ethyleen wordt dit verlies 20% in 1% zuurstof na 8 maanden bewaring. Bij 5% zuurstof worden de verliezen respectievelijk 20 en 50%.

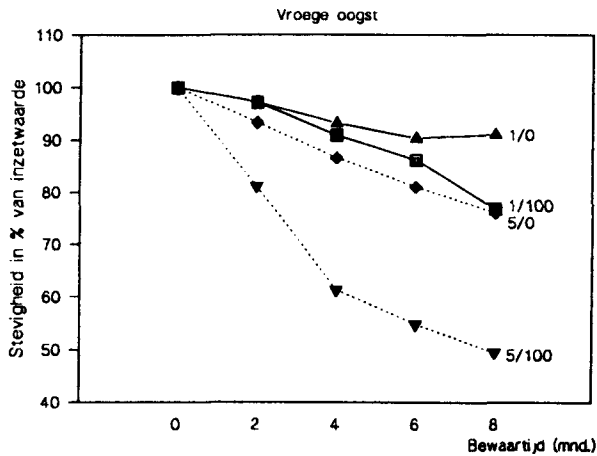


Fig. 35 Stevigheid in % van inzetwaarde van Elstar-appelen bewaard in 1 en 5% O₂, 0 en 100 ul/l ethyleen in 0.5% CO₂ en 1.5° C

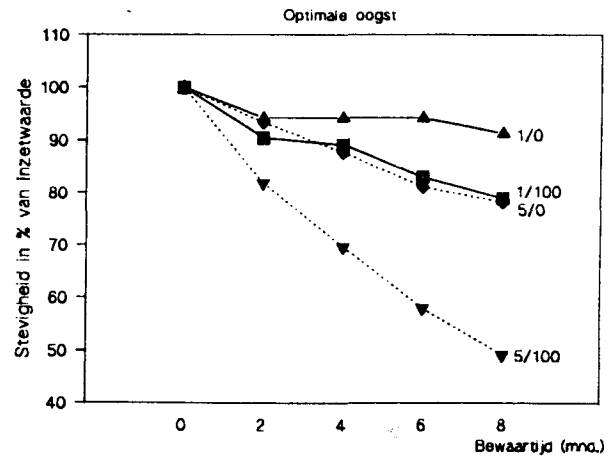


Fig. 36 Stevigheid in % van inzetwaarde van Elstar-appelen bewaard in 1 en 5% O₂, 0 en 100 ul/l ethyleen in 0.5% CO₂ en 1.5° C

De constatering dat in de nabewaring van het optimale oogsttijdstip in 1% zuurstof in eerste instantie de stevigheid lager is dan de inzetwaarde en later weer stijgt is moeilijk te verklaren. Mogelijk is dat het produktiemechanisme van ethyleen irreversibel verstoord wordt waardoor de vrucht niet meer normaal kan rijpen. Dit is eerder geconstateerd in low pressure storage (Bangerth, 1984)

Het stevigheidsverval in de nabewaring is in afhankelijkheid van de voorgeschiedenis niet altijd eenduidig qua verliespercentage (fig 5 t.e.m 12). Met de actuele stevigheid alleen kan geen voorspelling worden gedaan over het verlies in de nabewaring. Soms is duidelijk sprake van een lag fase waarschijnlijk veroorzaakt door het rijpingsstadium waarin de vrucht verkeert. Door de ethyleenproducties hierbij te betrekken kan waarschijnlijk een betere voorspelling worden gedaan. Door het combineren van alle data qua ethyleenproductie en stevigheid kan de mogelijke samenhang aangetoond worden.

Het verband in CA-bewaring is duidelijk niet lineair, pas vanaf 0.1 ul/l (lag fase!?) is sprake van hardheidsverlies, wat met non lineaire regressie in een verklaarde variantie resulteert van bijna 60%. Als voorspelling voor het stevigheidsgedrag in en tijdens de nabewaring komt de ethyleenproductie tot 60 a 70%. Tijdens deze fase lijkt het verband wel lineair. Als ethyleen het volledige proces zou induceren, wat waarschijnlijk is, dan is dit onderzoek niet voldoende geschikt om dit aan te tonen.

Ook de ethyleen en CO₂-productie in CA-bewaring vertonen een bepaald verband wat via non-lineaire regressie echter niet hoger is dan 52% verklaarde variantie. Het verband wordt beter (64%) als het laatste beoordelingstijdstip wordt weggelaten. Dit is te verklaren omdat bij sommige objecten de ethyleenproductie verminderde vanwege mogelijk post-climacterieel gedrag (fig. 13 en 14) en verstoring van het rijpingsmechanisme.

Waarschijnlijk kan de CO₂-productie ook niet volledig verklaard worden door de ethyleenproductie omdat de ademhaling een zuurstof afhankelijk proces is. Met ethyleen wordt waarschijnlijk

alleen het deel van de ademhaling verklaard wat het gevolg is van stadiumverandering (climacterium).

4.2 Bewaarverlenging Elstar

Theoretisch is het bewaargedrag van dit ras duidelijk in beeld gebracht. Hieruit kan worden geconcludeerd dat als de juiste CA-condities worden gekozen de ethyleenproductie min of meer pre-climacterieel blijft, dit ras langer houdbaar is dan de huidige geadviseerde termijn.

Het voornaamste kwaliteitsverlies bij dit ras is het verlies van stevigheid. In het kader van deze proef kan ruimschootsvoldaan worden aan de minimum eis van 4.5 kg penetrometerwaarde. In ander onderzoek (Van Schaik) waarbij de condities meer praktijkmatig waren is dit ook duidelijk bewezen.

Echter andere kwaliteitscriteria zijn ook belangrijk in dit kader. Dit betreft het optreden van in- en uitwendige bewaarafwijkingen en smaakontwikkeling. Hierbij is vooral het optimale oogsttijdstip van belang zoals voorspeld door het Proefstation voor de Fruitteelt.

Het is duidelijk dat alleen de conditie van 1% zuurstof in aanmerking komt, waarbij de voorkeur uitgaat naar de methode van ethyleenverwijdering (minder ouderdomsbederf, tabel 2 en 3). De methode van 1% zuurstof gecombineerd met toediening van ethyleen is niet in overeenstemming met praktijkcellen omdat het ethyleen gehalte pas in een veel later stadium boven de grenswaarde van 1 ul/l komt. Hierdoor zal de kwaliteit beter blijven dan de genoemde conditie. In vorig onderzoek is aangetoond dat zelfs met CA-bewaring zonder ethyleenverwijdering de ethyleenproductie op een zeer laag peil gehouden kan worden mits het oogsttijdstip niet te laat is (Van Schaik) Zeer belangrijk is ook de smaakontwikkeling na 8 maanden opslag. Vroeg gepukte appels in 1% zuurstof hadden na 1 week nabewaring nog een aanvaardbare smaak, de optimaal geoogste appels een nog redelijke smaak. Echter na toediening van ethyleen was dit na 8 maanden onaanvaardbaar en na 6 maanden nog juist aanvaardbaar. Geschat kan worden dat condities in praktijkcellen tussen de genoemde behandelingen in liggen zodat theoretisch niet langer dan 7 maanden kan worden bewaard. Uiteraard kan gezien de beperkte steekproef geen algemeen advies geformuleerd worden.

5.0 Conclusies

-Door lagere zuurstofgehalten en ethyleenverwijdering wordt de ethyleenproductie van Elstar-appelen verminderd.

-Ethyleenbegassing geeft in beide zuurstofgehalten een hogere ethyleenproductie, echter in 1% is dit lager dan in 5% zuurstof.

-Ethyleentoediening in 1% zuurstof heeft minder effect op de responsvariabelen stevigheid, grondkleur en CO₂-productie dan in 5% zuurstof. Hieruit blijkt dat de ethyleengevoeligheid in lagere zuurstofgehalten minder wordt.

-Het feit dat ethyleentoediening leidt tot stevigheids- en kleurverlies toont het verband aan met de ethyleenhuishouding van het fruit.

-Door de ethyleenproductie van het fruit werd 60-70 % van de stevigheidsafname verklaard.

-Er is een duidelijk verband tussen ethyleenproductie en CO₂ productie tijdens de bewaring.

-Met de actuele stevigheid van de appels kan geen voorspelling worden gedaan over het verloop tijdens de nabewaring, er lijkt een lag-fase te zijn.

-Omdat Elstar-appelen in CA-bewaring in het pre-climacteriele stadium kunnen worden gehouden lijkt bewaarverlenging tot 7 maanden mogelijk.

6.0 Literatuurreferenties

1 Bangerth F, 1984 Changes in sensitivity for ethylene during storage of Apple and Banana fruits under hypobaric conditions. *Scientia Horticulturae* 24: 151-162

2 Bufler G. and J Streif, 1986. Ethylene biosynthesis of Golden Delicious apples stored in different mixtures of carbondioxide and oxygen. *Scientia Horticulturae*, 30: 177-185

3 Yang S.F. 1985. Biosynthesis and action of ethylene.
Hort Science 20: 41-45

4 Schaik A.C.R. van and H.A.M. Boerrigter, 1989. the effects of low ethylene storage in 1 and 3
% oxygen on the quality of apples cv. Belle de Boskoop.
Acta Horticulturae 258: 69-79.

5 Schaik A.C.R. van, 1991. Elstar tot juni te bewaren.
Groente en Fruit 1(19): 6-7

Bijlage 1

Tabel 7 Meetresultaten penetrometerwaarde en Minolta a-waarden beoordeling na 2 en 4 maanden.

| mnd | pluk | C2H4 | O2 | Penetrometer | | Kleurwaarde | |
|-----|------|------|----|--------------|------|-------------|--------|
| | | | | direkt | week | direkt | week |
| 2 | 1 | 0 | 1 | 7.24 | 6.07 | * | -10.12 |
| 2 | 1 | 0 | 1 | 7.18 | 6.58 | * | -10.55 |
| 2 | 1 | 0 | 5 | 7.00 | 6.10 | * | -11.35 |
| 2 | 1 | 0 | 5 | 6.82 | 6.37 | * | -6.20 |
| 2 | 1 | 100 | 1 | 7.11 | 6.36 | * | -9.63 |
| 2 | 1 | 100 | 1 | 7.28 | 4.68 | * | -10.07 |
| 2 | 1 | 100 | 5 | 5.88 | 4.93 | * | -8.53 |
| 2 | 1 | 100 | 5 | 6.15 | 5.60 | * | -7.53 |
| 2 | 2 | 0 | 1 | 6.52 | 5.61 | -7.405 | -8.58 |
| 2 | 2 | 0 | 1 | 6.49 | 4.94 | -9.68 | -6.71 |
| 2 | 2 | 0 | 5 | 6.52 | 4.46 | -9.19 | -6.59 |
| 2 | 2 | 0 | 5 | 6.32 | 4.57 | -8.48 | -7.09 |
| 2 | 2 | 100 | 1 | 6.41 | 4.62 | -9.04 | -5.08 |
| 2 | 2 | 100 | 1 | 6.10 | 4.62 | -9.6 | -7.07 |
| 2 | 2 | 100 | 5 | 5.86 | 4.05 | -7.85 | -6.16 |
| 2 | 2 | 100 | 5 | 5.54 | 4.18 | -7.32 | -5.55 |
| 4 | 1 | 0 | 1 | 6.90 | 6.29 | -11.96 | -10.65 |
| 4 | 1 | 0 | 1 | 6.99 | 6.77 | -12.54 | -9.15 |
| 4 | 1 | 0 | 5 | 6.82 | 5.76 | -9.56 | -7.71 |
| 4 | 1 | 0 | 5 | 7.05 | 6.05 | -10.54 | -7.84 |
| 4 | 1 | 100 | 1 | 6.94 | 5.61 | -11.17 | -7.0 |
| 4 | 1 | 100 | 1 | 6.52 | 5.51 | -10.81 | -9.02 |
| 4 | 1 | 100 | 5 | 4.88 | 4.31 | -9.72 | -8.27 |
| 4 | 1 | 100 | 5 | 5.37 | 4.49 | -10.55 | -7.4 |
| 4 | 2 | 0 | 1 | 6.33 | 5.36 | -8.32 | -5.98 |
| 4 | 2 | 0 | 1 | 6.28 | 5.05 | -10.21 | -6.19 |
| 4 | 2 | 0 | 5 | 6.06 | 4.22 | -7.09 | -5.18 |
| 4 | 2 | 0 | 5 | 6.10 | 4.40 | -5.21 | -5.77 |
| 4 | 2 | 100 | 1 | 6.34 | 4.74 | -8.89 | -6.58 |
| 4 | 2 | 100 | 1 | 6.04 | 4.51 | -7.83 | -4.45 |
| 4 | 2 | 100 | 5 | 4.68 | 3.80 | -7.92 | -4.4 |
| 4 | 2 | 100 | 5 | 4.90 | 3.99 | -7.83 | -3.5 |

Tabel 8 Meetresultaten penetrometerwaarde en Minolta a-waarden beoordeling na 6 en 8 maanden.

| mnd | pluk | C2H4 | O2 | Penetrometer | | Kleurwaarde | |
|-----|------|------|----|--------------|------|-------------|-------|
| | | | | direkt | week | direkt | week |
| 6 | 1 | 0 | 1 | 6.68 | 6.4 | -10.54 | -8.86 |
| 6 | 1 | 0 | 1 | 6.71 | 6.25 | -10.56 | -8.94 |
| 6 | 1 | 0 | 5 | 6.62 | 5.38 | -10.8 | -6.89 |
| 6 | 1 | 0 | 5 | 6.4 | 5.55 | -8.58 | -6.69 |
| 6 | 1 | 100 | 1 | 6.63 | 5.18 | -10.02 | -7.36 |
| 6 | 1 | 100 | 1 | 6.17 | 5.29 | -10.75 | -6.24 |
| 6 | 1 | 100 | 5 | 4.44 | 3.85 | -8.19 | -4.71 |
| 6 | 1 | 100 | 5 | 4.65 | 4.29 | -9.66 | -5.21 |
| 6 | 2 | 0 | 1 | 6.43 | 6.40 | -8.25 | -5.06 |
| 6 | 2 | 0 | 1 | 6.50 | 6.54 | -8.14 | -7.13 |
| 6 | 2 | 0 | 5 | 5.47 | 4.78 | -5.55 | -2.46 |
| 6 | 2 | 0 | 5 | 5.81 | 4.95 | -6.94 | -3.38 |
| 6 | 2 | 100 | 1 | 5.70 | 5.03 | -9.06 | -6.0 |
| 6 | 2 | 100 | 1 | 5.77 | 5.34 | -6.58 | -5.06 |
| 6 | 2 | 100 | 5 | 4.02 | 3.99 | -7.2 | -3.52 |
| 6 | 2 | 100 | 5 | 4.11 | 4.18 | -5.67 | -2.19 |
| | | | | | | | |
| 8 | 1 | 0 | 1 | 6.83 | 6.63 | -9.6 | -6.8 |
| 8 | 1 | 0 | 1 | 6.67 | 6.47 | -10.17 | -7.67 |
| 8 | 1 | 0 | 5 | 5.49 | 4.01 | -7.15 | -3.71 |
| 8 | 1 | 0 | 5 | 5.82 | 4.37 | -7.48 | -5.78 |
| 8 | 1 | 100 | 1 | 6.04 | 4.72 | -9.07 | -7.73 |
| 8 | 1 | 100 | 1 | 5.36 | 4.70 | -9.23 | -7.69 |
| 8 | 1 | 100 | 5 | 3.75 | 3.02 | -7.3 | -3.06 |
| 8 | 1 | 100 | 5 | 3.60 | 2.84 | -6.28 | -3.05 |
| 8 | 2 | 0 | 1 | 6.37 | 6.23 | -6.05 | -3.59 |
| 8 | 2 | 0 | 1 | 6.36 | 6.5 | -6.69 | -3.38 |
| 8 | 2 | 0 | 5 | 5.58 | 4.24 | -5.21 | -2.32 |
| 8 | 2 | 0 | 5 | 5.33 | 4.24 | -4.6 | -1.11 |
| 8 | 2 | 100 | 1 | 5.60 | 4.73 | -7.82 | -2.83 |
| 8 | 2 | 100 | 1 | 5.31 | 4.83 | -6.46 | -3.24 |
| 8 | 2 | 100 | 5 | 3.48 | 2.88 | -4.82 | -0.12 |
| 8 | 2 | 100 | 5 | 3.55 | 2.82 | -5.94 | -1.77 |

Bijlage 2

Tabel 10 Meetresultaten CO2- en ethyleenproductie beoordeling na 6 en 8 maanden.

| mnd | pluk | C2H4 | O2 | CO2-productie in ml/kg/h | | | Ethyleenproductie in ul/kg/h | | |
|-----|------|------|----|-----------------------------|------|------|---------------------------------|------|------|
| | | | | dag0 | dag2 | dag7 | dag0 | dag2 | dag7 |
| 6 | 1 | 0 | 1 | 0.77 | 9.39 | 9.35 | 0.006 | 0.21 | 0.48 |
| 6 | 1 | 0 | 1 | 0.78 | 10.0 | 9.65 | 0.007 | 0.32 | 0.80 |
| 6 | 1 | 0 | 5 | 1.13 | 13.8 | 11.7 | 0.330 | 6.94 | 9.96 |
| 6 | 1 | 0 | 5 | 1.03 | 14.4 | 13.2 | 0.361 | 10.4 | 10.8 |
| 6 | 1 | 100 | 1 | 1.07 | 13.5 | 12.6 | 0.241 | 9.16 | 11.9 |
| 6 | 1 | 100 | 1 | 0.94 | 13.8 | 12.5 | 0.285 | 10.5 | 13.7 |
| 6 | 1 | 100 | 5 | 1.46 | 18.7 | 16.2 | 4.224 | 47.5 | 41.5 |
| 6 | 1 | 100 | 5 | 1.43 | 18.3 | 16.7 | 3.324 | 36.0 | 37.9 |
| 6 | 2 | 0 | 1 | 0.76 | 8.54 | 11.0 | 0.004 | 0.10 | 0.50 |
| 6 | 2 | 0 | 1 | 0.72 | 8.58 | 11.3 | 0.005 | 0.09 | 0.72 |
| 6 | 2 | 0 | 5 | 1.26 | 12.5 | 16.9 | 0.984 | 24.6 | 17.2 |
| 6 | 2 | 0 | 5 | 0.91 | 13.7 | 17.4 | 1.137 | 25.7 | 26.9 |
| 6 | 2 | 100 | 1 | 0.93 | 12.5 | 18.5 | 0.389 | 13.9 | 36.2 |
| 6 | 2 | 100 | 1 | 1.12 | 14.6 | 16.3 | 0.352 | 15.6 | 18.7 |
| 6 | 2 | 100 | 5 | 1.50 | 18.1 | 21.5 | 2.682 | 39.2 | 55.8 |
| 6 | 2 | 100 | 5 | 2.81 | 17.6 | 22.6 | 2.857 | 41.2 | 64.5 |
| 8 | 1 | 0 | 1 | 1.09 | 7.57 | 9.45 | 0.007 | 0.31 | 0.45 |
| 8 | 1 | 0 | 1 | 0.95 | 7.35 | 10.2 | 0.006 | 0.21 | 0.63 |
| 8 | 1 | 0 | 5 | 1.62 | 18.8 | 15.5 | 0.598 | 18.5 | 31.9 |
| 8 | 1 | 0 | 5 | 1.78 | 11.2 | 13.9 | 0.121 | 5.49 | 14.6 |
| 8 | 1 | 100 | 1 | 0.85 | 9.15 | 10.8 | 0.177 | 4.24 | 9.92 |
| 8 | 1 | 100 | 1 | 0.87 | 11.7 | 13.9 | 0.089 | 5.75 | 10.9 |
| 8 | 1 | 100 | 5 | 1.74 | 15.2 | 20.0 | 1.335 | 25.6 | 48.8 |
| 8 | 1 | 100 | 5 | 1.56 | 15.9 | 23.1 | 0.453 | 14.9 | 20.8 |
| 8 | 2 | 0 | 1 | 0.7 | 10.2 | 14.1 | 0.019 | 0.30 | 0.36 |
| 8 | 2 | 0 | 1 | 1.01 | 9.56 | 11.6 | 0.009 | 0.27 | 0.31 |
| 8 | 2 | 0 | 5 | 1.04 | 12.2 | 16.5 | 1.113 | 20.7 | 11.4 |
| 8 | 2 | 0 | 5 | 1.69 | 14.5 | 16.6 | 1.005 | 16.2 | 5.71 |
| 8 | 2 | 100 | 1 | 0.95 | 13.2 | 16.1 | 0.193 | 3.70 | 3.21 |
| 8 | 2 | 100 | 1 | 1.63 | 23.6 | 18.4 | 0.099 | 2.84 | 2.41 |
| 8 | 2 | 100 | 5 | 1.70 | 11.5 | 20.1 | 2.467 | 27.0 | 8.47 |
| 8 | 2 | 100 | 5 | 1.99 | 20.5 | 22.7 | 1.479 | 18.7 | 7.35 |

