



ATO-DLO

Ontwikkeling en implementatie van een MA-verpakking voor paprika

Rapportage van het eerste jaar

VERTROUWELIJK

**Agrotechnologisch
Onderzoek Instituut
(ATO-DLO)**
Bornsesteeg 59
Postbus 17
6700 AA Wageningen
tel. 0317 - 475000
fax. 0317 - 412260

G.J.P.M. van den Boogaard
H.W. Peppelenbos
L.H.J. Janssen
S.A. Robot
J.J. Polderdijk
R.G. Evelo

Eigendom van ATO-DLO. Niets uit dit voorstel mag worden gebruikt, vermeerderd of gedistribueerd zonder schriftelijke toestemming van ATO-DLO.

2221404

Samenvatting

Algemene conclusies	2
1. Inleiding	
1.1. Algemene inleiding	4
1.2. Doelstellingen	4
2. Distributieketen van Nederlandse paprika's	
2.1. Inleiding	5
2.2. Materiaal en methode	5
2.3. Resultaten	6
3. Invloed bewaarcondities op kwaliteit	
3.1. Inleiding	9
3.2. Materiaal en Methode	9
3.2.1. De invloed van temperatuur luchtvochtigheid en gassamenstelling.	10
3.2.2. De invloed van luchtvochtigheid bij verschillende temperaturen.	12
3.2.3. Smaak- en geurafwijkingen	14
4. Ademhalingsmetingen	
4.1. Inleiding	17
4.2. Materiaal en methode	17
4.3. Resultaten en conclusies	18
5. Verpakkingen	
5.1. Inleiding	21
5.2. Testen mogelijke verpakkingsvormen	21
5.3. Optimalisatie MA-transportverpakking voor paprika's	24
6. Aanbevelingen vervolgonderzoek	28
Literatuur	29

Samenvatting

Paprika is, naast de tomaat en de komkommer, de belangrijkste in Nederland geproduceerde glasgroente. Een groot deel van deze paprika's wordt geëxporteerd. Het doel van dit project is de ontwikkeling en implementatie van een MA-transportverpakking voor Nederlandse paprika's voor met name de export. De paprika's zijn langer houdbaar in de keten en de consument krijgt dan een produkt met een maximale kwaliteit aangeboden. Dit is zowel in het belang van de consument, maar ook in het belang van alle andere schakels in de afzetketen.

Uit eerdere ATO-DLO studies is gebleken dat de bewaarbaarheid of het kwaliteitsbehoud van paprika's verbeterd kan worden door de bewaarcondities aan te passen.

In de eerste fase van dit project zijn de volgende activiteiten uitgevoerd:

- Korte inventarisatie van de afzet keten en economische aspecten van de verpakking,
- Verzamelen van produktkennis en verpakingskennis,
- Evaluatie van MA-verpakkingen in een gesimuleerde keten.
- De verpakings industrie is bereid gevonden om actief deel te nemen bij het verder ontwikkelen van de MA-transportverpakking

Algemene conclusies

Afzetketen

Tijdens het transport naar Japan, veelal gedurende 4 dagen tot 2 weken, worden paprika's meestal gekoeld op $\pm 12^{\circ}\text{C}$. De temperaturen kunnen afwijken ten gevolge van het ontbreken van koelfaciliteiten. De afwijking is afhankelijk van de heersende weersomstandigheden ter plaatse, maar meestal zal een hogere temperatuur het gevolg zijn.

Produktkennis

De relatieve luchtvochtigheid is de belangrijkste factor die de kwaliteit van de paprika's bepaalt. De positieve effecten van temperatuur, zuurstof en kooldioxyde-concentratie zijn minimaal. Daarnaast worden er ook geen problemen verwacht met smaakafwijkingen door extreme gasconcentraties in de verpakking bij temperaturen die in de keten te verwachten zijn. Ademhaling van rode en gele paprika's is vergelijkbaar. De ademhaling neemt toe bij een hogere temperatuur. Tijdens de bewaring neemt de ademhaling af.

Een relatieve luchtvochtigheid van 95% is het meest gunstig. Een lagere relatieve luchtvochtigheid leidt tot stevigheidsverlies en het rimpelig worden van de paprika's. Een relatieve luchtvochtigheid van 100% kan leiden tot microbiële aantasting.

Een hoge relatieve luchtvochtigheid is gunstig voor de kwaliteit van paprika's bij verschillende temperaturen (8, 12 en 18°C) en bij wisselende temperaturen.

MA-verpakking in een gesimuleerde keten

De standaarddoos is in alle gevallen de slechtste verpakking ten opzichte van de onderzochte MA-verpakkingen.

Een standaarddoos zonder ventilatie-openingen geeft de gewenste relatieve luchtvochtigheid ($\pm 95\%$). In sommige gevallen is een verpakking met een interne relatieve luchtvochtigheid van 100% gunstig. Als een partij niet volledig vrij is van microbiële aantastingen kan dit echter tot problemen leiden.

De Xtend- en Peakfresh-verpakkingen laten geen kwaliteitsvoordeel zien ten opzichte van andere MA-verpakkingen.

Een verdere optimalisatie van de MA-transportverpakkingen moet gezocht worden in adequate relatieve luchtvochtigheidscontrole. Goede mogelijkheden om mee verder te gaan zijn de standaarddoos zonder ventilatie en de MA-doos met adsorbant.

1. Inleiding

1.1. Algemene inleiding

Paprika is, naast de tomaat en de komkommer, de belangrijkste in Nederland geproduceerde glasgroente. Een groot deel van deze glasgroenten wordt geëxporteerd. De belangrijkste exportlanden zijn Duitsland, Engeland en de Verenigde Staten, met een volume-omvang van respectievelijk 48%, 15% en 9% (in 1995). Daarnaast zijn er nog diverse andere exportlanden waar minder dan 5% van de geëxporteerde paprika's naar toe gaan. Ondanks een kleiner exportvolume kan zo'n land voor de export toch een redelijk groot financieel belang vertegenwoordigen als naast het volume ook de verkoopprijs in acht wordt genomen. In bijvoorbeeld Japan wordt door consumenten ± 10 tot 12 gulden/kg betaald voor paprika's die voor ± 3 gulden/kg op de Nederlandse veiling ingekocht kunnen worden. Deze prijzen gelden echter alleen voor paprika's van een hoge kwaliteit, aangezien de Japanse consument zeer kwaliteitsbewust is.

Uit eerdere ATO-DLO studies is gebleken dat de bewaarbaarheid of het kwaliteitsbehoud van paprika's verbeterd kan worden door de bewaarcondities aan te passen (Polderdijk et al. 1993). Relatieve luchtvochtigheid en aangepaste zuurstof- en kooldioxydeconcentraties bleken een positief effect op de kwaliteit te hebben.

1.2. Doelstellingen

Het doel van dit project is de ontwikkeling en implementatie van een MA-transportverpakking voor Nederlandse paprika's voor met name de export. De paprika's zijn langer houdbaar in de keten en de consument krijgt dan een produkt met een maximale kwaliteit aangeboden. Dit is zowel in het belang van de consument, maar ook in het belang van alle andere schakels in de afzetketen.

In dit project wordt gekeken naar de invloed van de gassamenstelling (zuurstof en kooldioxyde) en de relatieve luchtvochtigheid op het kwaliteitsverloop van paprika's. De condities die een positieve invloed hebben op de kwaliteit of de bewaarduur zullen worden vertaald naar de nieuwe verpakking.

In de eerste fase van dit project zijn de volgende activiteiten uitgevoerd:

- Korte inventarisatie van de afzetketen en economische aspecten van de verpakking,
- Verzamelen van produktkennis en verpakkingskennis,
- Evaluatie van MA-verpakkingen in een gesimuleerde keten.

2. Distributieketen van Nederlandse paprika's

2.1. Inleiding

Bij de paprika's die de consument krijgt aangeboden kunnen twee aspecten worden onderscheiden die de kwaliteit bepalen: 1) het verse produkt en de interactie met de verpakking en 2) de diverse omstandigheden in de distributieketen die het produkt doorloopt van teler naar consument. In dit rapport wordt de invloed van diverse verpakkingen op het verloop van de kwaliteit van paprika's bepaald aan diverse kwaliteitscriteria, zowel tijdens bewaring als tijdens het uitstellen. Om deze resultaten maatgevend voor de praktijksituatie te laten zijn, werden de experimentele condities afgestemd op de condities die tijdens de distributie van paprika's kunnen optreden.

2.2. Materiaal en methode

De distributieketen van paprika's werd in kaart gebracht door statistische documentatie te raadplegen (jaarboeken CBS, PGF, KCB). De cijfermatige informatie geeft een beeld van de aard en omvang van het transport van paprika's. Productie- en consumptielocaties en de desbetreffende volumes (kg) zijn geïnventariseerd (tabel 1.).

Vervolgens is via interviews met bedrijven (export-, expeditiebedrijven) vastgesteld onder welke condities en hoe lang produkten onderweg zijn naar hun bestemming. De gesprekken zijn in verslagen vastgelegd. Het verslag is vervolgens ter correctie aan de geïnterviewden voorgelegd.

Met behulp van dataloggers is het verloop van temperatuur en relatieve luchtvochtigheid in de keten naar Japan geïnventariseerd. Tot op heden zijn deze dataloggers nog niet geretourneerd, deze gegevens zijn nog niet beschikbaar.

Tabel 1. Omvang van de export van Nederlandse paprika naar diverse bestemmingen.

Bron: KCB gegevens 1995	Export Nederlandse paprika's	
	miljoenen kg	procenten
Duitsland	99	48
Groot-Brittannië	31	15
Amerika	20	10
Rest	56	27
Totaal	206	100

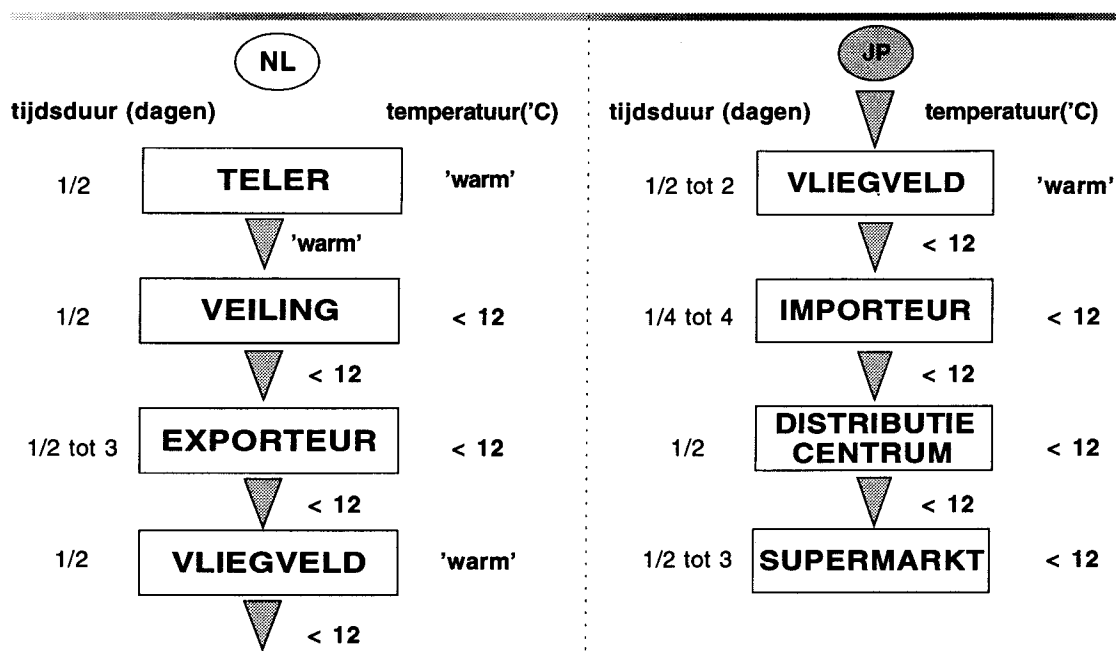
2.3. Resultaten

Voorbeeld distributieketen paprika

Als voorbeeld wordt de distributie van 'rode' paprika's vanuit Nederland naar Japan besproken. Dit voorbeeld is gekozen, omdat in dit voorbeeld alle facetten van de distributie naar voren komen. Door enkele wijzigingen aan te brengen is het mogelijk om ook andere vormen van distributie te bespreken. Enkele voorbeelden van alternatieven zullen ook vermeld worden.

Figuur 1.

Paprika distributie van Nederland naar Japan



Bovenstaande figuur 1 geeft een beeld van de distributie van paprika's die in Nederland geteeld zijn en vervolgens naar Japan vervoerd worden om daar in supermarkten verkocht te worden. De rechthoeken geven fysieke schakels in de keten weer. De driehoeken geven een transport weer. Links van de symbolen staat een tijd vermeld (dagen) die globaal aangeeft hoe lang het produkt bij de betreffende fysieke schakel verblijft. Deze tijd is inclusief het vervoer naar de volgende schakel. Voor zowel de rechthoeken als de driehoeken staat aan de rechterkant een indicatie van de temperatuur (°C) tijdens het verblijf, cq opslag, en transport. De term 'warm' staat voor de ter plaatse heersende temperatuur, aangezien de temperatuur niet gereguleerd wordt hangt dit af van het klimaat, seizoenen. Kleiner dan 12 (<12) geeft aan dat de temperatuur hier wel geregeld wordt, via koeling en meestal op $\pm 12^{\circ}\text{C}$, maar dit kan eventueel ook een paar graden lager zijn. De minimale transporttijd vanaf teler tot aan de consument in Japan bedraagt ± 4 dagen. Wanneer alles tegenzit wordt een maximale tijd van 13 dagen gehaald. In de praktijk komen de minimale tijden frequenter voor dan de maximale tijden.

Uitleg bij figuur 1.

-Teler.

Paprika's worden door telers in kassen geteeld en 's morgens vroeg handmatig geoogst. Ze worden gesorteerd op kwaliteit en maat en daarna verpakt in kartonnen dozen. De dozen met paprika's worden per vrachtwagen (meestal ongekoeld) naar de veiling getransporteerd.

-Veiling.

Op de veiling worden paprika's aangevoerd gedurende de late middag. De kwaliteit en sortering worden gecontroleerd. Vervolgens worden de paprika's voorgekoeld tot 8°C, met geforceerde koeling (in ±2:00 uur), en gekoeld opgeslagen tot de volgende morgen. Verkoop per veilingklok vindt plaats vanaf ±6:00 uur tot 12:00 uur. Kopers kopen paprika's in via de veilingklok of via bemiddeling. Bij tekorten op aankopen via de klok wordt soms aangevuld met ongekoelde pas aangevoerde paprika's.

-Exporteur

Exporteurs bevinden zich nabij één veiling, maar produkten worden ook van andere veilingen betrokken. Dit betekent extra gekoeld transport. De door de exporteur aangekochte paprika's worden gedurende maximaal 2 dagen bij ±12°C opgeslagen, afhankelijk van de omzet (korter bij hogere omzet). De lading wordt voor verzending per vliegtuig voorbereid (pallets op platen) tot 's middags ±17:00 uur. Indien nodig wordt het produkt omgepakt (verpakkingsverzoek klant) en/of geïnspecteerd (eis land van bestemming). Bijvoorbeeld Japan eist een inspectie, een accord bevonden lading wordt verzegeld.

-Vliegveld (Nederland)

Vervolgens wordt de lading per gekoelde vrachtwagen (±12°C) naar het vliegveld getransporteerd. Vliegveldlocaties zijn Amsterdam, Londen, Brussel, Parijs of Frankfurt. Op het vliegveld duurt het beladen enige uren. Eventueel aanwezige koelfaciliteiten (bijvoorbeeld Amsterdam, dit is echter uitzondering) worden zelden tot nooit gebruikt. Tijdens de vlucht van ±8 uur (Amerika) tot ±12 uur (Japan) wordt de lading gekoeld (±10°-14°C).

-Vliegveld (Japan)

Na aankomst van het vliegtuig op het vliegveld wordt de lading geïnspecteerd en ingeklaard door de douane. Begassing van de pallets of oplegger (methylbromide [Amerika], blauwzuur [Japan]; duur 1 dag) is verplicht bij constatering van onregelmatigheden als insecten (witte vlieg). Vervolgens worden de paprika's per gekoelde vrachtwagen (±12°C) naar de importeur vervoerd. De afstand van het vliegveld naar de importeur kan sterk variëren.

-Importeur

Paprika's arriveren bij de importeur. Op verzoek van de supermarkt kan de verpakking hier gewijzigd worden, hetgeen betekent dat de paprika's enkele uren buiten de koeling verblijven. Na het eventuele ompakken worden paprika's koud bewaard (±12°C) voor maximaal vier dagen en gaan dan per gekoelde vrachtwagen (±12°C) naar een distributiecentrum.

-Distributiecentrum

Distributiecentra zijn verspreid in het land om regionaal de supermarkten te bevoorraden. Paprika's arriveren bij het distributiecentrum en worden hier voor korte tijd koud bewaard (±12°C).

-Supermarkt

Vervolgens worden de paprika's per gekoelde vrachtwagen (±12°C) naar regionale supermarkten of horeca gelegenheden getransporteerd. In de supermarkt worden paprika's gekoeld in open kartonnen dozen uitgesteld tot aan de verkoop (±12°C).

Alternatieve distributieketens

Bovenstaand voorbeeld kan eenvoudig vertaald worden naar andere situaties, waarbij andere bestemmingen voor de paprika's gekozen worden of andere transportmiddelen gebruikt worden.

Paprika's die naar Noord-Amerika gevlogen worden volgen dezelfde typen schakels in de keten, zoals eerder vermeld voor Japan. De totale transporttijd is echter korter. Dit is niet zozeer het gevolg van een kortere vliegtijd (8 i.p.v. 12 uren), maar meer het gevolg van een snellere doorlooptijd bij de Nederlandse exporteur (½ dag i.p.v. maximaal 2 dagen) en de importeur (maximaal 3 dagen) in Amerika. De snellere doorlooptijd is het gevolg van een grotere omzet aan paprika's. De minimale transporttijd is dan ±4 dagen, met een maximum van ±9 dagen. De laatste periode van maximaal 3 dagen in de supermarkt brengen de paprika's door in een ongekoeld uitstalschap. De koeling die in Japan in de supermarkt wel uitgevoerd wordt is ten opzichte van de algemene werkwijze uitzonderlijk.

Als mogelijk alternatief voor het vliegtuigtransport geldt het transport per schip. In dit geval kent de distributieketen een aantal andere schakels. Het vliegveld wordt vervangen door de haven, het vliegtuig door het schip. Zowel in de opslagfaciliteiten van haven als in het ruim van het schip worden de paprika's gekoeld opgeslagen, meestal bij 8-12°C maar dit kan eventueel ook een paar graden lager zijn.

Het schip is vanaf Rotterdam tot New York ±12 dagen onderweg. De totale transporttijd vanaf de Nederlandse teler tot aan de Amerikaanse consument bedraagt dan ±17 tot 27 dagen. Dit is ten opzichte van de houdbaarheid een lange periode. Het transport per schip vindt dan ook op beperkte schaal plaats: alleen rode paprika's gedurende een deel van het seizoen.

Conclusies

Tijdens het transport, veelal gedurende 4 dagen tot 2 weken, worden paprika's meestal gekoeld op ±12°C. De temperaturen kunnen afwijken ten gevolge van het ontbreken van koelfaciliteiten. De afwijking is afhankelijk van de heersende weersomstandigheden ter plaatse, maar meestal zal een hogere temperatuur het gevolg zijn.

Op basis van deze informatie wordt besloten om de kwaliteit van de paprika's na 4,5 , 12,5 en 20 dagen te beoordelen.

3. Invloed bewaarcondities op kwaliteit

3.1. Inleiding

In MA-verpakking ontstaan gewijzigde concentraties zuurstof, kooldioxyde en een gewijzigde relatieve luchtvochtigheid t.o.v. de buitenlucht door de activiteit van het produkt en barrière eigenschappen van de MA-verpakking. Het doel van een MA-verpakking is om die condities te bereiken die een positieve invloed hebben op de kwaliteit. De experimenten die zijn uitgevoerd waren erop gericht om die condities te bepalen. Het vaststellen van de optimale bewaarcondities bestond uit twee gedeelten; het eerste deel was erop gericht de beste bewaarcondities voor kwaliteitsbehoud te bepalen. Het tweede deel was erop gericht om de grenswaarden vast te stellen voor het optreden van smaakafwijkingen.

Er zijn twee experimenten uitgevoerd om de optimale bewaarcondities voor paprika's vast te stellen. In het eerste experiment zijn de mogelijke voordelen van relatieve luchtvochtigheid, temperatuur, zuurstof- en kooldioxyde-concentraties getest. Het tweede experiment werd uitgevoerd om het effect van relatieve luchtvochtigheid (het belangrijkste effect) bij verschillende temperaturen verder te kwantificeren.

Smaakafwijkingen kunnen worden veroorzaakt door extreme gascondities (laag zuurstof en hoog kooldioxyde). Er zijn drie experimenten uitgevoerd om per gas de minimale (zuurstof) of maximale (kooldioxyde) toelaatbare concentratie vast te stellen.

3.2. Materiaal en Methode

Voor alle experimenten golden een aantal standaardmethoden. Deze worden hier besproken, in de latere experimenten wordt hier (indien nodig) naar verwezen.

Alle experimenten zijn uitgevoerd met rode en gele Nederlandse paprika's van export kwaliteit met een sortering van 80-100 mm. De gebruikte rassen waren Mazurka (rode paprika's), en Kelvin (gele paprika's). In verpakkingsproeven werd standaard 5 kilogram als verpakkingseenheid gebruikt.

In alle experimenten werden de paprika's na de bewaring uitgesteld. Dit werd gedaan om het kwaliteitsverloop op het winkelschap te kunnen nabootsen. De bepaling van het uitstalleven vond in alle gevallen plaats bij een temperatuur van 18°C en een relatieve luchtvochtigheid van 75%.

De experimenten met als doel het vaststellen van de optimale bewaarcondities en de grenswaarden voor zuurstof en kooldioxyde zijn uitgevoerd in een proefopstelling (doorstroomsysteem) waar de gas-samenstelling, relatieve luchtvochtigheid en temperatuur ingesteld en gecontroleerd kon worden.

Het beoordelen van de kwaliteit werd in alle experimenten uitgevoerd door twee of drie produktexperts. De paprika's werden beoordeeld op een aantal kwaliteitskenmerken, namelijk microbiel bederf (zowel rotaantastingen als schimmelaantastingen), rimpels en stevigheid. Ook werd er een algemeen oordeel gegeven. De kwaliteitskenmerken en het algemeen oordeel werden vastgesteld volgens een schaal die liep van 5 tot 0. Werd een partij paprika's voor een kenmerk met een 5 gewaardeerd dan was de partij voor dit kwaliteitskenmerk prima, een score 0 was zwaar onvoldoende. Bij een score van 2 was de partij nog acceptabel voor verkoop.

De uit de diverse experimenten verkregen data werden getoetst door middel van een ANOVA (variantie analyse) met het statistisch data verwerkings programma GENSTAT. Als een verschil tussen behandelingen, rassen of andere varianten wordt aangegeven, is dit een significant verschil bij een betrouwbaarheidsinterval van tenminste 95%.

3.2.1. De invloed van temperatuur luchtvochtigheid en gassenstelling.

Materiaal en Methode

Het eerste experiment was er opgericht om de invloed van temperatuur, relatieve luchtvochtigheid, lage zuurstofconcentraties en hoge kooldioxydeconcentraties op de verschillende kwaliteitsaspecten van de paprika's te bepalen. Het experiment is uitgevoerd met rode en gele paprika's afkomstig van één teler. De paprika's werden bewaard bij een combinatie van de volgende condities:

Temperatuur:	8°C, 12°C en 18°C,
Relatieve luchtvochtigheid:	90%, 95% en 100%,
Gascondities:	21% zuurstof - 0% kooldioxyde (standaard atmosferische condities), 5% zuurstof - 0% kooldioxyde, 5% zuurstof - 5% kooldioxyde (volgens literatuur optimale condities), 5% zuurstof - 10% kooldioxyde.

De bewaarduur van de paprika's was afhankelijk van de bewaartemperatuur; 6 dagen (18°C), 9 dagen (12°C) of 12 dagen (8°C). Direct na deze bewaring werd de kwaliteit van de paprika's vastgesteld. Vervolgens werd tijdens de nabewaring de kwaliteit beoordeeld na 2, 4 en 6 dagen.

Resultaten en Conclusies

De kwaliteit van de rode paprika's was na bewaring beter dan van de gele paprika's. De rode paprika's waren steviger en kregen een beter algemeen oordeel. De invloed van temperatuur op de kwaliteit was niet eenduidig. Dit is veroorzaakt door de verschillen in bewaarduur. Paprika's bewaard bij 12°C hadden minder last van rimpels maar waren slapper dan paprika's bewaard bij 8°C en 18°C. De gevonden significante effecten aan het eind van de bewaring worden weergegeven in tabel 2.

Tabel 2. Significante effecten van diverse bewaarcondities op de verschillende kwaliteitsaspecten van paprika's direct na de bewaring.

Kwaliteitsaspect	Variant (met significant effect)	Effect	
		beter	slechter
Rimpels	Temperatuur	12°C	8°C
	Relatieve luchtvochtigheid	100%	90%, 95%
Stevigheid	Kleur	rood	geel
	Temperatuur	8°C, 18°C	12°C
	Relatieve luchtvochtigheid	100%	90%, 95%
Algemeen oordeel	Kleur	rood	geel

Voor de verschillende partijen paprika's werd ook het moment bepaald wanneer de kwaliteit onacceptabel werd. Rode paprika's lieten een langer schapleven zien dan de gele, ongeacht de bewaarcondities. Lage temperaturen gecombineerd met een hoge relatieve luchtvochtigheid vergroten in het algemeen de kans op condensvorming wat leidt tot meer microbiel bederf. Een hoge temperatuur had meer vochtverlies tot gevolg waardoor de paprika's eerder rimpelig werden (zie tabel 3). Er zijn geen echter significante verschillen in houdbaarheid gevonden (wat betreft het algemeen oordeel) die veroorzaakt worden door verschillen in temperatuur, relatieve luchtvochtigheid of gassenstelling (zie tabel 2 en 3).

Tabel 3. Significante effecten van bewaarcondities op de verschillende kwaliteitsaspecten van paprika's tijdens het schapleven.

Kwaliteitsaspect	Variant	Effect	
		Beter	Slechter
Microbiële aantasting	Kleur	rood	geel
	Temperatuur	18°C	8°C
	Relatieve luchtvochtigheid	90%, 95%	100%
Rimpels	Kleur	rood	geel
	Temperatuur	8°C, 12°C	18°C
Stevigheid	Kleur	rood	geel
Algemeen oordeel	Kleur	rood	geel

Conclusies

Als de resultaten uit tabel 2 en 3 met elkaar gecombineerd worden blijkt dat 90% relatieve luchtvochtigheid leidt tot snel stevigheidsverlies maar geen microbiel bederf, en 100% relatieve luchtvochtigheid veroorzaakt microbiel bederf maar stevige paprika's. Hieruit kan worden geconcludeerd dat bewaren bij 95% relatieve luchtvochtigheid optimaal is voor paprika's.

Er waren geen significante effecten op de algemene kwaliteit van de gebruikte verschillen in temperatuur, zuurstof en kooldioxyde.

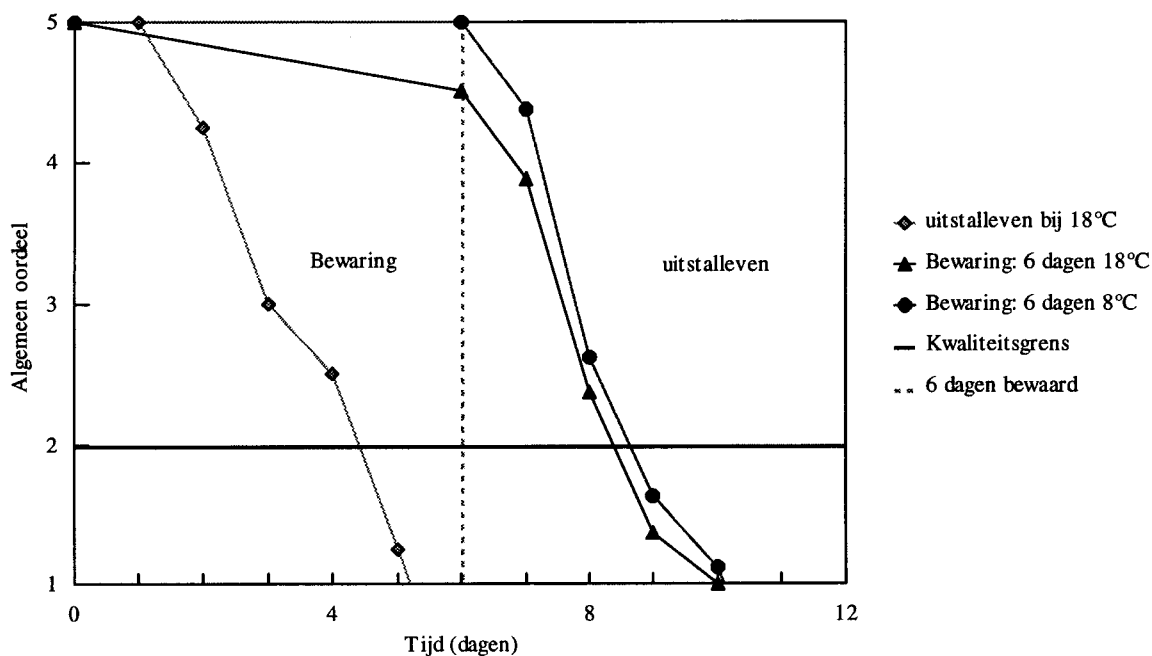
3.2.2. De invloed van luchtvochtigheid bij verschillende temperaturen.

Uit voorgaand experiment was er een indicatie dat een relatieve luchtvochtigheid van 95% een positieve invloed heeft op de kwaliteit. Bij condensvorming door een hoge relatieve luchtvochtigheid kan het positieve effect (op de stevigheid) van een hoge relatieve luchtvochtigheid soms teniet worden gedaan door een verhoogde microbiële aantasting. Condensvorming treedt vooral op bij temperatuur-veranderingen. Experiment 2 is bedoeld om het verwachte positieve effect van relatieve luchtvochtigheid te herhalen bovendien dient experiment om te inventariseren of het optreden van condens bij deze relatieve luchtvochtigheid (95%) nog steeds een positief effect is van een hoge relatieve luchtvochtigheid op de kwaliteit.

Materiaal en Methode

Het experiment is uitgevoerd met rode paprika's en gele paprika's, beide van twee herkomsten. De paprika's zijn bewaard bij twee constante temperaturen 8°C en 18°C, en twee wisseltemperaturen namelijk; 6 dagen 8°C gevolgd door 6 dagen 18°C en 6 dagen 18°C gevolgd door 6 dagen 8°C. De relatieve luchtvochtigheid was gedurende de hele bewaarperiode 95%. De gascondities waren atmosferisch (21% zuurstof en 0,04% kooldioxyde. Ook is er een partij paprika's direct in de uitstal-ruimte weggelegd, 18°C en 75% relatieve luchtvochtigheid. De paprika's werden na 6 en na 12 dagen bewaring beoordeeld volgens de in hoofdstuk (..) beschreven methode.

Figuur 2. Verloop algemeen oordeel van rode paprika's tijdens de bewaring en het schapleven. Effecten van verschillende temperatuurbehandelingen bij atmosferische gascondities en 95% relatieve luchtvochtigheid. Bewaarduur 6 dagen.

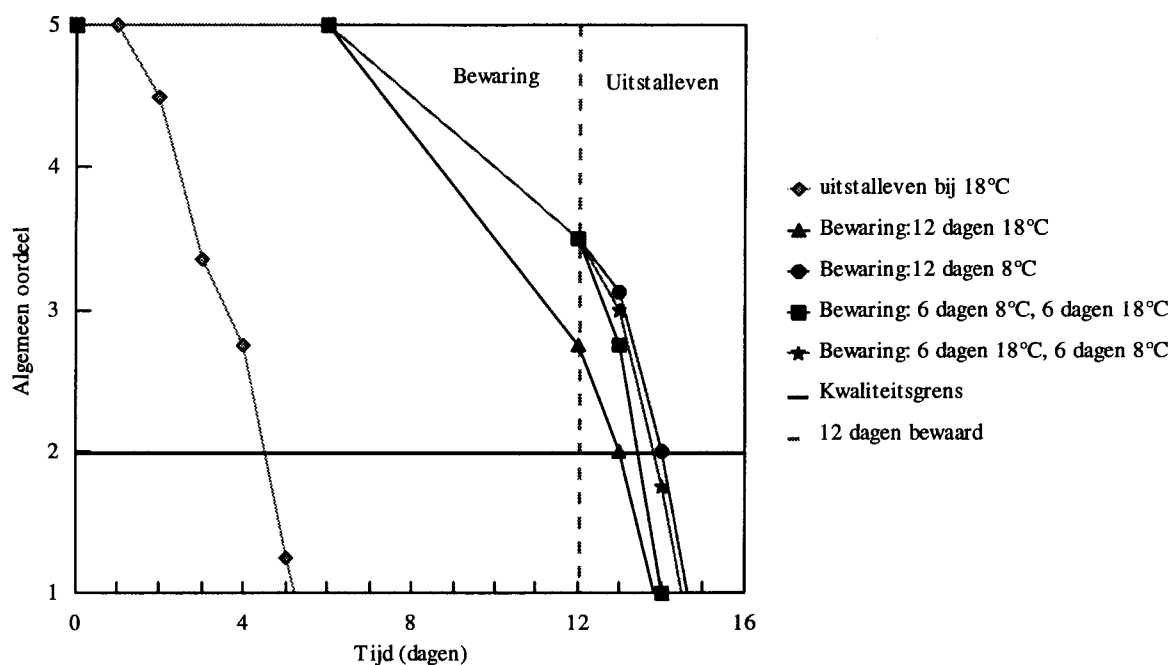


Resultaten en Conclusies

In figuur 2 en 3 staat per behandeling het gevonden kwaliteitsverloop. Rode en gele paprika's laten hetzelfde verloop van kwaliteit zien tijdens het schapleven, maar de houdbaarheid van rode paprika's was gemiddeld 0,5 tot 1 dag langer dan die van gele paprika's. Dit verschil was significant. Er waren geen significante verschillen in kwaliteit tussen paprika's van de twee verschillende herkomsten.

De paprika's die direct in de uitstalruimte werden weggelegd waren 4,5 dag houdbaar (zie figuur 2 en 3). De paprika's die 6 dagen werden bewaard hadden een schapleven van 2,5 dagen. Dit betekent dat 6 dagen bewaring bij een relatieve luchtvochtigheid van 95% met daarna uitstallen een verlenging van de houdbaarheid van 4 dagen tot gevolg had. Dit was onafhankelijk van de bewaar temperatuur. Bij 12 dagen bewaring bij een constante temperatuur was het schapleven 1 (constant 18°C) tot 2 dagen (constant 8°C). Dit verschil was significant. Bij de wisseltemperaturen waren alleen de gele paprika's die eerst bij 18°C en daarna bij 8°C waren bewaard significant langer van voldoende kwaliteit (1 dag) dan de gele paprika's die eerst bij 8°C en daarna bij 18°C waren bewaard. Bij de rode paprika's was er geen significant verschil in schapleven na een wisseltemperatuur. Het schapleven van 1 dag na 12 dagen bewaring werd als te kort bevonden.

Figuur 3. Verloop algemeen oordeel van rode paprika's tijdens de bewaring en het schapleven. Effecten van verschillende temperatuur behandelingen bij atmosferische gascondities en 95% relatieve luchtvochtigheid. Bewaarduur 12 dagen.



Conclusies

Dit experiment bevestigt dat 95% relatieve luchtvochtigheid de bewaarduur van paprika's kan verlengen met 4 dagen t.o.v. atmosferische condities. Ook als de temperatuur verandert tijdens de bewaring wordt dit positieve effect gevonden.

3.2.3. Smaak- en geurafwijkingen

Inleiding

Als tuinbouwproducten bewaard worden onder gewijzigde gascondities, zoals in MA verpakkingen, moeten naast de optimale gasconditie ook altijd de grenswaarden voor zuurstof en kooldioxyde vastgesteld worden. Van bewaren bij te lage zuurstof- en te hoge kooldioxydeconcentraties is bekend dat er geur- en smaakproblemen kunnen ontstaan. Deze problemen zijn vaak te relateren aan een verhoogde fermentatie (anaërobe processen) en de produktie van stoffen zoals ethanol.

Over paprika wordt in de literatuur niet veel vermeld t.a.v. de voornoemde problemen. In een overzichtsartikel van Saltveit (1993) wordt een zuurstofconcentratie van 2% genoemd als grenswaarde; lagere concentraties kunnen resulteren in geurafwijkingen. In een recent artikel van Luo en Mikitzel (1996) wordt aanbevolen om paprika's te bewaren bij 1% zuurstof, en wordt geen melding gemaakt van geur- of smaakafwijkingen. Kooldioxydeconcentraties boven de 5% zouden bruinverkleuringen en verlies aan stevigheid kunnen opleveren (Saltveit, 1993). Er is niets bekend van een invloed van kooldioxyde op geur of smaak.

Materiaal en methode

Er zijn drie experimenten uitgevoerd om de grenswaarden vast te stellen (zie tabel 4).. Het eerste experiment was gericht op de invloed van (combinaties van) extreme gascondities, het tweede op het vaststellen van de grenswaarde voor zuurstof en de derde op het vaststellen van de grenswaarde voor kooldioxyde bij normale transporttemperaturen. De paprika's werden bewaard in een doorstroomsysteem bij een luchtvochtigheid van ongeveer 95%. Op twee momenten werden de paprika's beoordeeld door een panel van 6 personen. Smaak en geur (in het eerste experiment) werden beoordeeld op een schaal tussen 0 en 2, waarbij 0 overeenkomt met 'geen afwijking', 1 met 'lichte afwijking' en 2 met 'sterke afwijking'. De resultaten zijn geanalyseerd m.b.v. een variantieanalyse (ANOVA) en het statistische pakket GENSTAT.

Tabel 4. Opzet experimenten voor het inkaart brengen van smaakafwijkingen. Bij alle condities zijn rode en gele paprika's meegenomen.

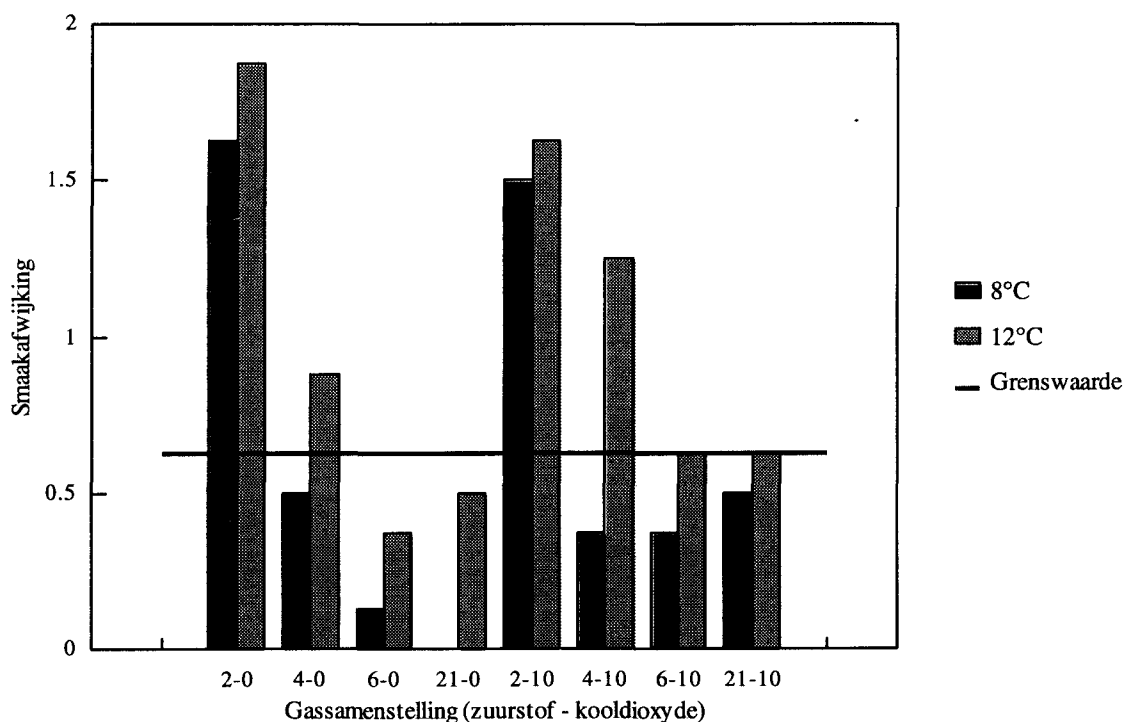
Variabele	Experiment 1	Experiment 2	Experiment 3
Periode	04-10-95 t/m 16-10-95	12-04-96 t/m 24-04-96	26-04-96 t/m 8-05-96
Temperatuur	18°C	8, 12°C	8, 12°C
Bewaarduur	7, 12 dagen	6, 12 dagen	6, 12 dagen
Zuurstof	2, 21%	2, 4, 6, 21%	4, 21%
Kooldioxyde	0, 6, 12%	0, 10%	0, 6, 10, 14%

Resultaten

Uit de eerste proef bleek geen invloed van kooldioxyde op zowel geur als smaak. Zelfs na 12 dagen bewaren bij 18°C was er geen verschil in smaak tussen paprika's bewaard bij 0 en 12% kooldioxyde. Een zuurstofconcentratie van 2% daarentegen had een sterke negatieve invloed op zowel geur als smaak. Deze invloed werd op dag 7 al waargenomen, maar nam toe in intensiteit na 12 dagen bewaren. De sterkste geurafwijking werd gevonden voor gele paprika's. Er waren overigens geen verschillen in smaakafwijking tussen rode en gele paprika's. Bij dit eerste experiment werden de paprika's nog 1 dag nabewaard om te beoordelen of geur- en smaakafwijkingen verdwijnen in gewone lucht. Dit bleek niet het geval.

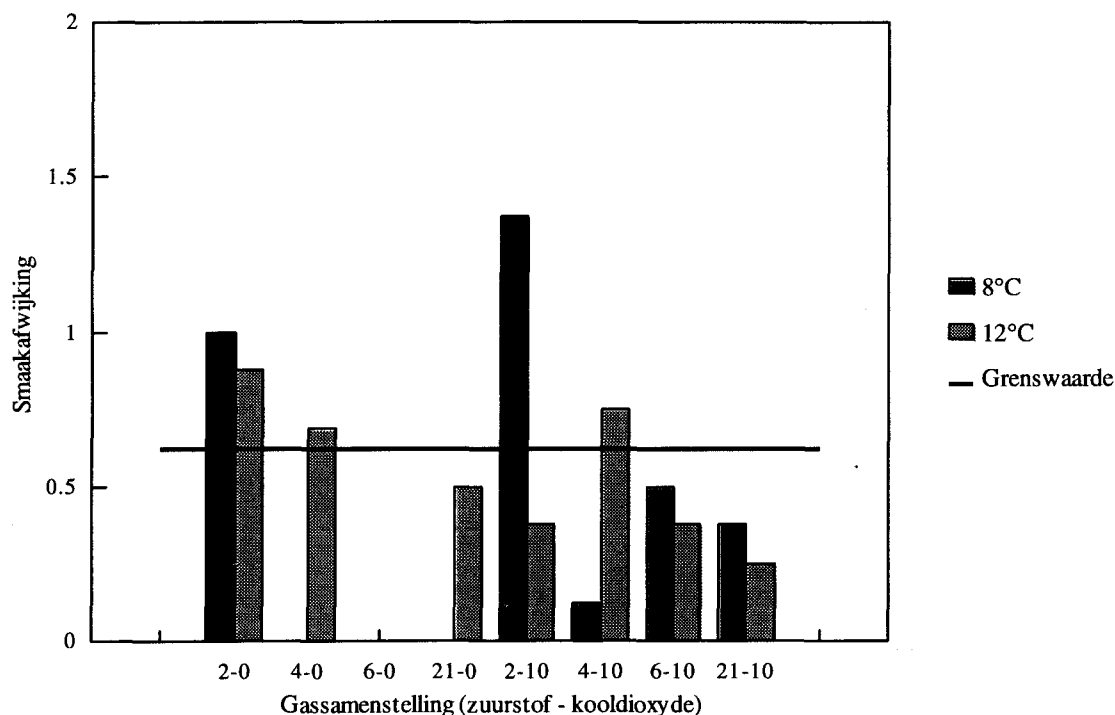
Uit de tweede proef bleek dat bewaring van paprika's bij een zuurstofconcentratie van 2% tot sterke smaakafwijkingen leidde, ongeacht de temperatuur. Na bewaring bij 4% zuurstof bleken er alleen afwijkingen op te treden als de bewaartemperatuur 12°C was (figuur 4 en 5). Tussen paprika's bewaard bij 6% en 21% zuurstof werd geen verschil in smaak geconstateerd. Er was opnieuw geen invloed van kooldioxyde. De bewaartemperatuur had wel invloed; bij de hoogste temperatuur (12°C) was de smaakafwijking bij gele paprika sterker. Gele paprika's vertoonden overigens veel sterkere afwijkingen dan rode paprika's. De smaakafwijking nam niet toe in de tijd; waarnemingen na 6 dagen waren vergelijkbaar met waarnemingen na 12 dagen. Als de bewaarcondities per temperatuur worden beoordeeld, dan is de grenswaarde 6% zuurstof bij 12°C, en 4% bij 8°C.

Figuur 4. Smaakafwijkingen bij gele paprika's bewaard bij verschillende gassenstellingen (2-0 betekent 2% zuurstof in combinatie met 0% kooldioxyde). Gemiddelden van waarnemingen na 6 en 12 dagen. De grenswaarde is ongeveer 0.6.



Het derde en laatste experiment leverde als resultaat dat zelfs een kooldioxydeconcentratie van 14%, wat in een normale MA verpakking nooit zal optreden, nog geen afwijkingen gevonden zijn. Opmerkelijk was dat 4% zuurstof bij 12°C deze keer geen smaakafwijkingen tot gevolg had. Blijkbaar bestaat er ook t.a.v. mogelijke afwijkingen variatie tussen partijen. Voor een verpakking zal echter altijd een veilige waarde gekozen moeten worden, en is 4% bij 12°C te laag. Een ophoping van kooldioxyde in de verpakking lijkt echter geen probleem.

Figuur 5. Smaakafwijkingen bij rode paprika's bewaard bij verschillende gassenstellingen (2-0 betekent 2% zuurstof in combinatie met 0% kooldioxyde). Gemiddelden van waarnemingen na 6 en 12 dagen. De grenswaarde is ongeveer 0.6.



Uit het bewaaronderzoek komen een aantal duidelijke conclusies naar voren. Zo is duidelijk dat een gewijzigde gassenstelling, in de vorm van verlaagde zuurstof- en/of verhoogde kooldioxydeconcentraties, geen positieve invloed hebben op de kwaliteit van paprika's. Ook tijdens de periode na de bewaring (uitstalleven) is geen invloed gevonden. Wel kan een te lage zuurstofconcentratie de geur en de smaak negatief beïnvloeden. Grenswaarden voor de zuurstofconcentratie, waaronder de concentratie in een verpakking niet mag komen, zijn 4% bij 8°C en 6% bij 12°C. De ademhaling is in kaart gebracht en kan worden gebruikt voor de optimalisatie van verpakkingen (beter gezegd, het vermijden van te lage zuurstofconcentraties).

Conclusie

Bij temperaturen die in de keten te verwachten zijn (8°C tot 18°C, zie hoofdstuk 2.3.) worden geen problemen verwacht met smaakafwijkingen door extreme gasconcentraties

4. Ademhalingsmetingen

4.1. Inleiding

Om de gassamenstelling in een verpakking te kunnen sturen is een juiste combinatie van ademhalingsactiviteit en doorlaatbaarheid van het verpakkingsmateriaal nodig. Ademhaling moet worden gemeten als zuurstofopname en kooldioxydeproductie. De verhouding tussen beide is in normale lucht ongeveer 1, maar neemt toe bij lagere zuurstofconcentraties. De gegevens uit de metingen worden gekoppeld aan modellen (Peppelenbos en Van 't Leven, 1996; Peppelenbos et al., 1996), om ook de ademhalingsactiviteit in te kunnen schatten bij concentraties die niet meegenomen zijn in de metingen.

4.2. Materiaal en methode

Ademhalingsmetingen

Er zijn in totaal 4 experimenten uitgevoerd waarbij de ademhaling werd gemeten. De condities tijdens de metingen zijn weergegeven in tabel 5. Voor de ademhalingsmetingen werden, per gasconditie, twee weckflessen aangesloten aan het doorstroomsysteem. Elke weckfles (van ongeveer 1550 ml) bevatte 1 paprika. Zowel de zuurstofopname als de kooldioxydeproductie werden bij alle gassamenstellingen gemeten. Dit werd diverse malen tijdens de bewaring gedaan. Om de ademhaling te kunnen berekenen werd gebruik gemaakt van de verandering in de gassamenstelling in de weckflessen, als de flessen werden afgesloten van het doorstroomsysteem. Metingen werden direct na afsluiten verricht en na 2 uur opnieuw. Hiervoor werd een chrompack CP 2001 gaschromatograaf gebruikt. Na de metingen werden de weckflessen weer aan het doorstroomsysteem gekoppeld.

Modellen

Om de invloed van zuurstof en kooldioxyde op de zuurstofopname te kunnen berekenen is gebruik gemaakt van een model beschreven door Peppelenbos en Van 't Leven (1996). De kooldioxydeproductie kan worden beschreven door een model vermeld in Peppelenbos et al. (1996). De modellen werden gefit op de data m.b.v. non-lineaire regressie en het statistische pakket Genstat.

Tabel 5. Opzet ademhalingsmetingen.

Variabelen	Experiment 1	Experiment 2	Experiment 3	Experiment 4
Periode	30-08-95 t/m 13-09-95	19-10-95 t/m 28-10-95	01-11-95 t/m 11-11-95	12-04-96 t/m 23-04-96
Cultivars	rood (Kelvin)	geel (Mazurka)	rood (Cuby), geel (Mazurka)	rood (Kelvin)
Temperatuur	8°C	8°C	2°C	12°C
Meetmomenten	2, 6, 8, 13 dagen	2, 4, 6, 9 dagen	2, 6, 8, 13 dagen	3, 5, 10 dagen
Zuurstof	0, 1, 2, 5, 21%	0, 1, 2, 5, 21%	0, 0.5, 1, 2, 21%	0, 0.5, 2, 6, 21%
Kooldioxyde	0, 10%	0, 10%	0, 10%	0, 10%

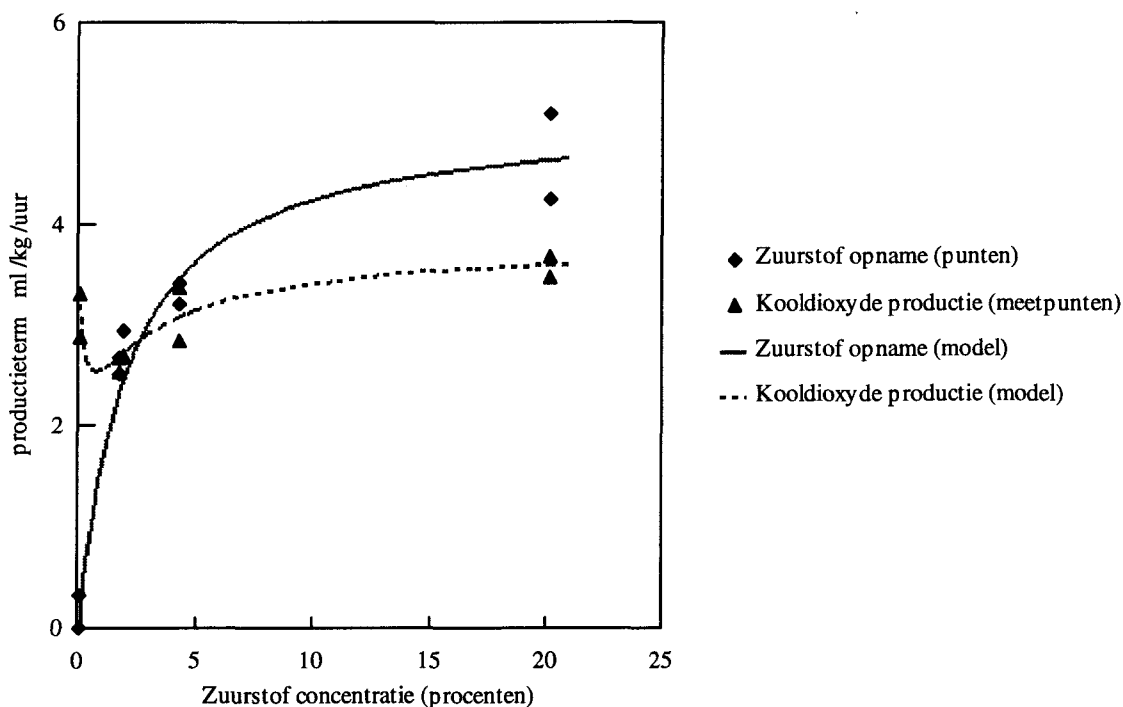
4.3. Resultaten en conclusies

De ademhalingsmetingen kunnen op verschillende manieren worden geanalyseerd. Van belang zijn de invloed van zuurstof en kooldioxyde, verschillen tussen rood en geel, de invloed van de temperatuur en het verloop in de tijd.

Gassamenstelling

Pas bij lage zuurstofconcentraties neemt de ademhaling duidelijk af (figuur 6). Bij een zuurstofconcentratie van ongeveer 1.5% is de ademhaling afgenomen tot de helft van de ademhaling in gewone lucht (21% zuurstof). Verhoogde kooldioxydeconcentraties (tot 10%) hebben geen invloed op de ademhaling (niet getoond). De kooldioxydeproductie in gewone lucht is iets lager dan de zuurstofopname. Bij lage zuurstofconcentraties neemt de zuurstofopname sterk af, terwijl de kooldioxydeproductie weer toeneemt. Dit is te verklaren door een toename aan fermentatie.

Figuur 6. Zuurstofopname en kooldioxydeproductie bij verschillende zuurstofconcentraties bij 8°C. Getoond zijn metingen en de gefitte modellen.



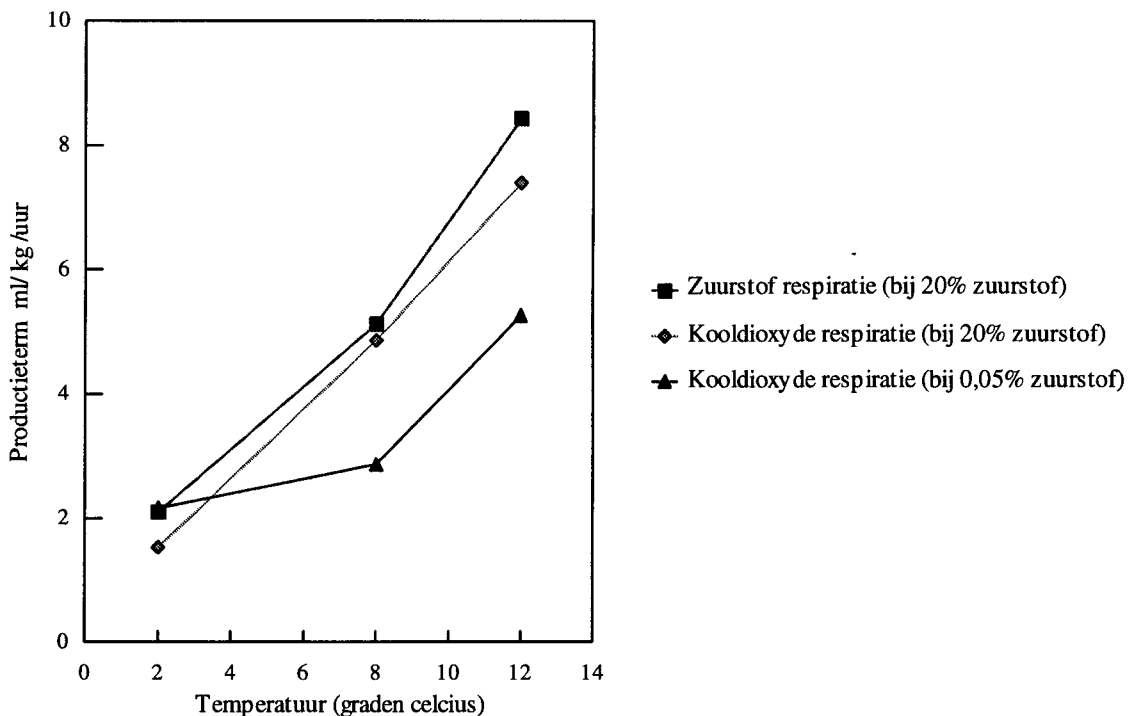
Kleur/ras

Een vergelijking tussen de ademhaling van rode en gele paprika's is mogelijk m.b.v. het derde experiment (2°C) en door de eerste twee experimenten met elkaar te vergelijken (8°C). Daaruit blijkt dat er geen verschillen in ademhaling gevonden zijn. Zowel de absolute waarden, zoals de maximale kooldioxydeproductie bij 0% en 21% zuurstof, als de relatie tussen ademhaling en gascondities was vergelijkbaar.

Temperatuur

Zoals bekend is van andere produkten neemt ook bij paprika de ademhaling toe bij een toename van de temperatuur. Deze toename is voor zuurstofopname en kooldioxydeproductie (in gewone lucht) vergelijkbaar (figuur 7). De kooldioxydeproductie bij 0% zuurstof, de zogenaamde maximale fermentatieve kooldioxydeproductie, neemt ook toe met de temperatuur, maar minder sterk (figuur 7). Dit is een belangrijk gegeven om condities in verpakkingen te berekenen die aan verschillende temperaturen worden blootgesteld.

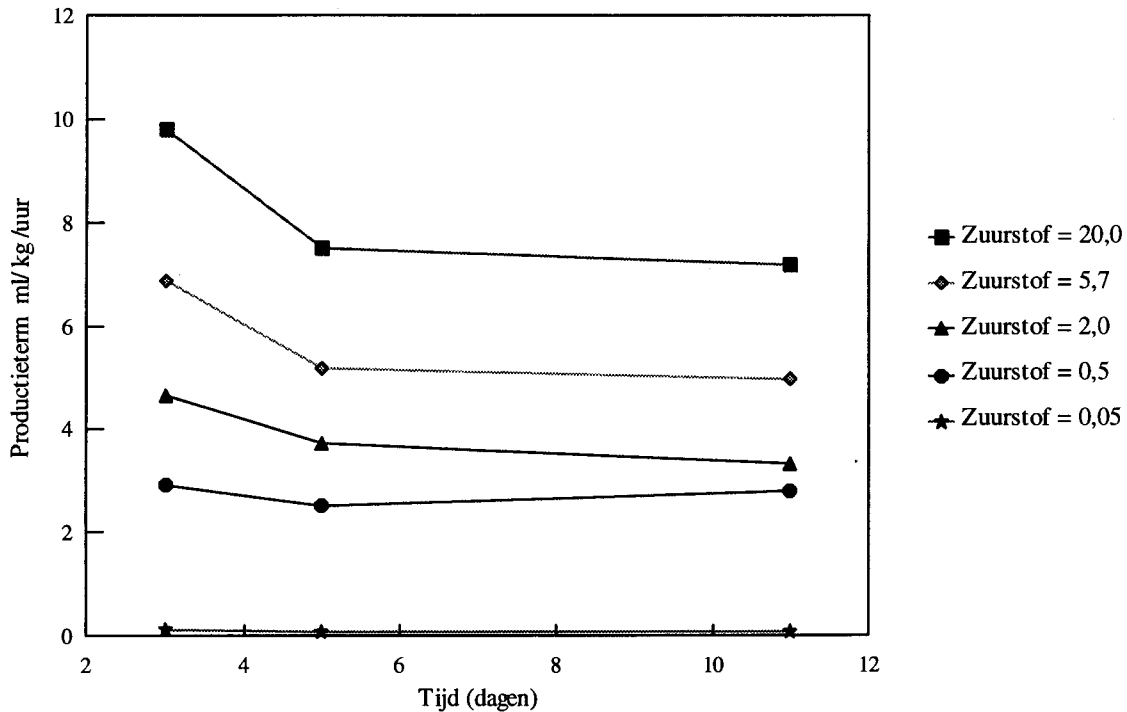
Figuur 7. Invloed van de temperatuur op de zuurstofopname en kooldioxydeproductie in vrijwel normale lucht (zuurstof =20%) en zuurstof vrije lucht (zuurstof =0%).



Verloop in de tijd

Uit de verschillende experimenten blijkt steeds weer dat de ademhaling het hoogst is bij het begin van de bewaring, en daarna langzaam afneemt. Dit wordt weergegeven in figuur 8. De afname is overigens vergelijkbaar als paprika's bij verschillende zuurstofconcentraties bewaard zijn. De afname lijkt dus niet direct aan veroudering gerelateerd, maar is meer een naijlend effect van de oogst.

Figuur 8. Verloop van de zuurstofopname in de tijd van rode paprika's bewaard bij 12 °C en verschillende zuurstofconcentraties (zuurstof = 20 betekent een zuurstofconcentratie van 20%).



Conclusie

Ademhaling van rode en gele paprika's is vergelijkbaar. De ademhaling neemt toe bij een hogere temperatuur. Tijdens de bewaring neemt de ademhaling af.

Met het model is de ademhaling voor rode en gele paprika's in een verpakking goed te beschrijven.

5. Verpakkingen

5.1. Inleiding

Er zijn twee verpakkingsexperimenten uitgevoerd. Deze experimenten waren er op gericht om de in eerdere experimenten opgedane kennis te vertalen naar een verpakking. Daarnaast is er een aantal folies uit de praktijk getest waarvan geclaimd werd dat ze een positief effect op kwaliteit van de paprika's zouden hebben. Zoals uit hoofdstuk 3.2.1. blijkt is de relatieve luchtvochtigheid de belangrijkste factor om de houdbaarheid van de paprika's te optimaliseren. Er is een inventarisatie gemaakt van de huidige mogelijkheden om de optimale relatieve luchtvochtigheid in een verpakking te regelen. Dit is op twee manieren gerealiseerd.

A: door het beperken van het aantal ventilatieopeningen van een doos,

B: door in een geheel gesloten (gasdichte) doos met behulp van adsorbers het "teveel" aan vocht binnen de verpakking weg te vangen.

In het eerste experiment is een brede screening gedaan naar de effecten van bepaalde verpakkingen op de kwaliteit. Aan de hand van deze resultaten kunnen in het vervollexperiment (5.3.) een aantal verpakkingen worden geoptimaliseerd.

5.2. Testen mogelijke verpakkingsvormen

Materiaal en Methode

Er zijn 7 verschillende typen dozen getest plus de twee door de praktijk geleverde folies. Keukenzout werd als adsorbant gebruikt in de gasdichte verpakkingen. De huidige standaarddoos en een MA-doos zonder adsorbant zijn gebruikt om de andere varianten mee te vergelijken. De gebruikte doos is met behulp van aluminium tape gasdicht gemaakt. De gebruikte doos was weinig waterdoorlatend en water adsorberend, en dus vergelijkbaar met een PE-zak.

De volgende verpakkingen werden getest:

Ventilatievarianten;

- Standaarddoos,
- Standaarddoos waarvan 50 % van de ventilatie openingen waren afgeplakt,
- Standaarddoos waarvan alle ventilatie openingen waren afgeplakt.

Adsorbant varianten (gasdichte verpakkingen);

- MA-doos zonder adsorbant,
- MA-doos, 50 gram zout,
- MA-doos, 100 gram zout,
- MA-doos, 150 gram zout.

Praktijkfolies;

- Xtend zak (20 μm),
- Peakfresh zak (33 μm).

De hoeveelheden benodigde adsorbant per doos zijn bepaald aan de hand van bevindingen van Rodov et al.

(1995).

Om een zo duidelijk mogelijk beeld van de effecten van de verschillende verpakkingen op de kwaliteit van de paprika's te krijgen is er voor één constante bewaar temperatuur gekozen. De bewaarcondities (koelcellen) waren gedurende de hele bewaarperiode (zowel tijdens transportsimulatie als in de schapruimte) 18°C en 75% relatieve luchtvochtigheid.

De bewaarduur in de verpakking was 6 dagen. De paprika's zijn daarna nog nabewaard totdat alle partijen waren afgekeurd.

De proef is alleen met gele paprika's uitgevoerd. Rode paprika's waren niet beschikbaar in verband met gebrek aan goede sortering en kwaliteit op het moment dat de proef werd uitgevoerd (begin januari).

De relatieve luchtvochtigheid en gassamenstelling in de verpakkingen werd gedurende de hele bewaar periode gevolgd. Zodoende konden kwaliteitverschillen worden verklaard aan de hand van condities binnen een verpakking.

Resultaten en Conclusies

Bewaarcondities (in de verpakking)

Met de mee verpakte hoeveelheden adsorbant konden geen verschillende relatieve luchtvochtigheid- niveau's worden gerealiseerd. In alle gasdichte verpakkingen met adsorbant was de relatieve luchtvochtigheid na één dag 100%. In de gasdichte verpakkingen zonder adsorbant was de relatieve luchtvochtigheid gedurende de hele bewaarperiode 100%. Er was geen verschil in massa verlies tussen deze varianten na de bewaarperiode. In de verdere verwerking zijn deze verpakkingsvarianten als een en dezelfde beschouwd.

In het doostype waarvan alle ventilatie-openingen waren afgeplakt was de relatieve luchtvochtigheid significant hoger (gemiddeld 94%) dan in de andere twee typen (gemiddeld 84% in de standaarddoos en 87% in de 50% afgeplakte doos). Het verschil tussen die laatste genoemde typen (standaard en 50% afgeplakt) was niet significant.

De gassamenstellingen in de verschillende gasdichte verpakkingen zijn te vinden in tabel 6. De gegeven concentraties zijn de gemiddelde waarden van drie metingen nadat de evenwichtconcentraties waren bereikt. De significante verschillen zijn met een verschillende letter weergegeven.

Tabel 6. Gemiddelde gassamenstelling en relatieve luchtvochtigheid in de gesloten verpakkingen.

Verpakkingstype	Zuurstof concentratie	Kooldioxyde concentratie	Relatieve luchtvochtigheid	Doorlaatbaarheid O ₂ in ml/m ² per bar per 24 uur
MA-does	12.4 a*	8.6 x	100 % q	20000
Peakfresh zak	6.9 b	6.7 y	100 % q	15000
Xtend zak	12.4 a	10.5 z	100 % q	20000

* Getallen aangegeven met verschillende letters zijn significant verschillend

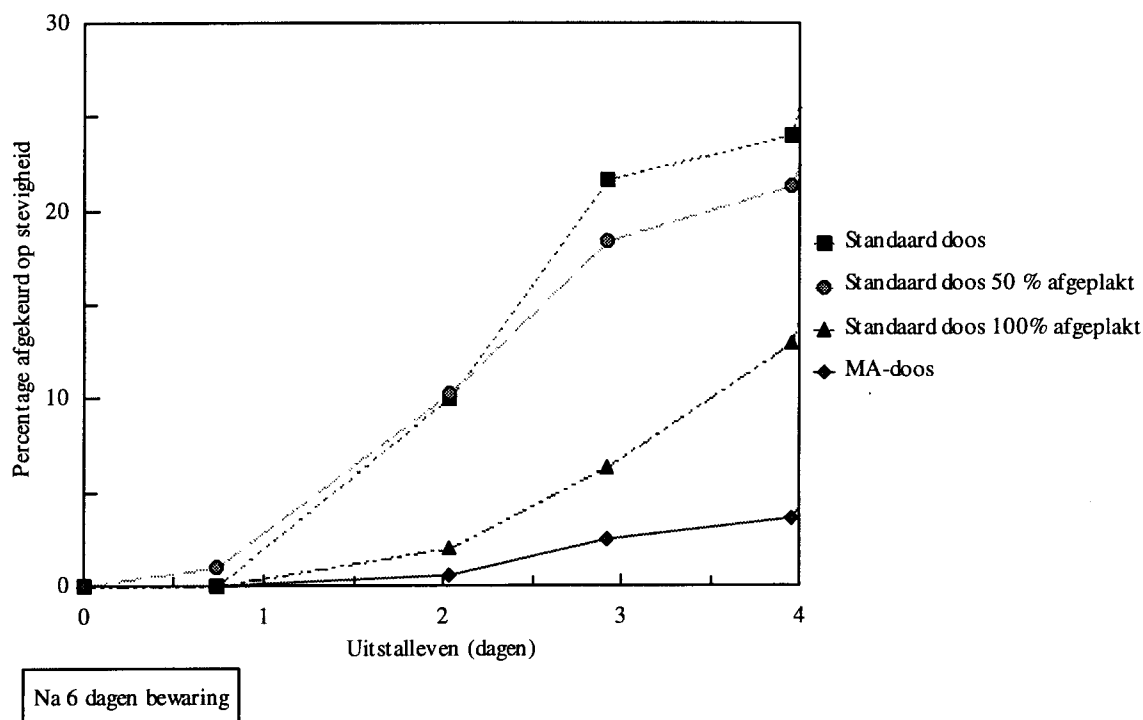
Produktkwaliteit

De gevonden gasconcentraties in de verpakkingen hadden geen positief effect op de kwaliteit van het produkt. Er is echter wel een risico van smaakafwijkingen bij verder dalen van de zuurstofconcentratie in de peakfresh verpakkingen (zie hoofdstuk 3.2.3 en 4.3.). Dit kan gebeuren bij een hogere bewaar-temperatuur.

Er zijn geen significante verschillen in microbiel bederf gevonden tussen de paprika's in de verschillende verpakkingsvarianten. De mate van microbiel bederf binnen alle verpakkingsvarianten was overigens erg

variabel; 6 tot 20% van de paprika's vertoonde microbiel bederf. Door deze grote spreiding was het niet mogelijk significante verschillen als gevolg van verpakkingsvarianten aan te tonen.

Figuur 9. Percentage op stevigheid afgekeurde paprika's per verpakkingstype gedurende het uitstalleven.



Omdat het onmogelijk is betrouwbare uitspraken te doen over de microbiel bederf (wat onderdeel is van het algemeen oordeel) kunnen er geen uitspraken gedaan worden over het totaaleffect van behandelingen. Wel zijn er duidelijke verschillen ten aanzien van de stevigheid gevonden. Dit kwaliteitskenmerk zal apart worden behandeld. Paprika's verpakt in de gesloten verpakkingen met en zonder vocht adsorber hadden eenzelfde verloop van stevigheidsverlies. Verschillen in stevigheidsverlies waren er slechts tussen paprika's uit dozen met verschillende mate van ventilatie (zie figuur 9). Uit deze figuur blijkt dat de afname van stevigheid van de paprika's uit de gasdichte verpakkingen en de standaarddoos zonder ventilatieopeningen veel langzamer is dan bij de standaarddoos en de standaarddoos waarvan de ventilatieopeningen tot 50% is beperkt.

Conclusies

De standaard doos zonder ventilatie-openingen geeft de gewenste relatieve luchtvochtigheid, zoals gevonden in hoofdstuk 3.2.1.

De Xtend en Peakfresh verpakkingen laten geen kwaliteitsvoordeel zien ten opzichte van de MA-dozen (PE-verpakking).

5.3. Optimalisatie MA-transportverpakking voor paprika's

Inleiding

Uit het vorige experiment kwam naar voren dat een standaard doos zonder ventilatie-openingen de gewenste relatieve luchtvochtigheid van 95% realiseerde. Ook werd duidelijk dat er in een gasdichte verpakking meer adsorbant nodig is om de gewenste relatieve luchtvochtigheid te realiseren dan op basis van Rodov et al. (1995) werd aangenomen. Aan de hand van een voorproef is daarom bepaald hoeveel adsorbant nodig is. Uit onderzoek in de keten bleek (hoofdstuk 3) dat de meest voorkomende temperatuur $\pm 12^{\circ}\text{C}$ is. In enkele gevallen is er echter een warmere periode (zie hoofdstuk 2.). Om inzicht te krijgen in de effectiviteit van een verpakking bij deze verschillende en wisselende temperaturen zijn de verpakkingen daarop getest.

Materiaal en Methode

In deze verpakkingsproef zijn drie varianten getest. De huidige paprikadoos is meegenomen als referentie. De geteste varianten waren:

- Standaarddoos,
- Standaarddoos zonder ventilatie-openingen,
- MA-verpakking zonder adsorbant (PE-zak 8 μm),
- MA-verpakking met adsorbant (PE-zak 8 μm).

De proeven zijn uitgevoerd met rode en gele paprika's van één herkomst. De paprika's zijn 6 dagen bewaard bij 18°C , en 6 of 12 dagen 12°C . Een gedeelte van de paprika's werd eerst 6 dagen bij 18°C bewaard gevolgd door 6 dagen 12°C .

De kwaliteit van de paprika's werd direct na de bewaring bepaald. Ook is het verloop van de kwaliteit gevolgd tijdens het schapleven. De relatieve luchtvochtigheid en gassenstelling in de verpakkingen werd gedurende de hele bewaarperiode gevolgd.

Resultaten en Conclusies

Bewaarcondities

Uit metingen tijdens de bewaring bleek dat de relatieve luchtvochtigheid in de standaarddoos duidelijk lager was dan in de andere verpakkingen, gemiddeld 83% in de standaarddoos t.o.v. 93% in de dichte standaarddoos en 100% in de MA-verpakkingen. Dit is vergelijkbaar met de resultaten uit het voorgaande experiment (hoofdstuk 5.2.) (respectievelijk 84, 94 en 100%). In beide MA-verpakkingen was de relatieve luchtvochtigheid gedurende de gehele bewaar periode 100%. Er is echter wel een significant verschil in gewichtsverlies tussen paprika's verpakt in een MA-verpakking met en zonder adsorbant na 12 dagen bewaring (respectievelijk 2,3% en 0,4%).

Het verloop van de gasconcentraties in de MA-verpakkingen tijdens de bewaarperiode gaf geen aanleiding tot smaakafwijkingen van de paprika's. De zuurstofconcentratie was namelijk minimaal 10% en de kooldioxydeconcentratie steeg niet verder dan 4%.

Produktkwaliteit

De volgende kwaliteitskenmerken zullen afzonderlijk worden behandeld; microbiel bederf, rimpels, stevigheid en het algemeen oordeel. Van de eerste drie kwaliteitskenmerken zal kort worden aangegeven welke verpakkingen problemen opleveren. Bij het algemeen oordeel zullen de verschillen in kwaliteit na bewaring en tijdens het schapleven uitgebreider worden besproken.

Microbieel bederf.

Er was geen significant effect van de temperatuur, of van een temperatuurwisseling, op de mate van microbieel bederf. In alle gevallen was de score van de MA-verpakking voor microbieel bederf minder goed als in de andere verpakkingen (respectievelijk 1 en 0,5). Deze score had echter geen negatief effect op het algemeen oordeel.

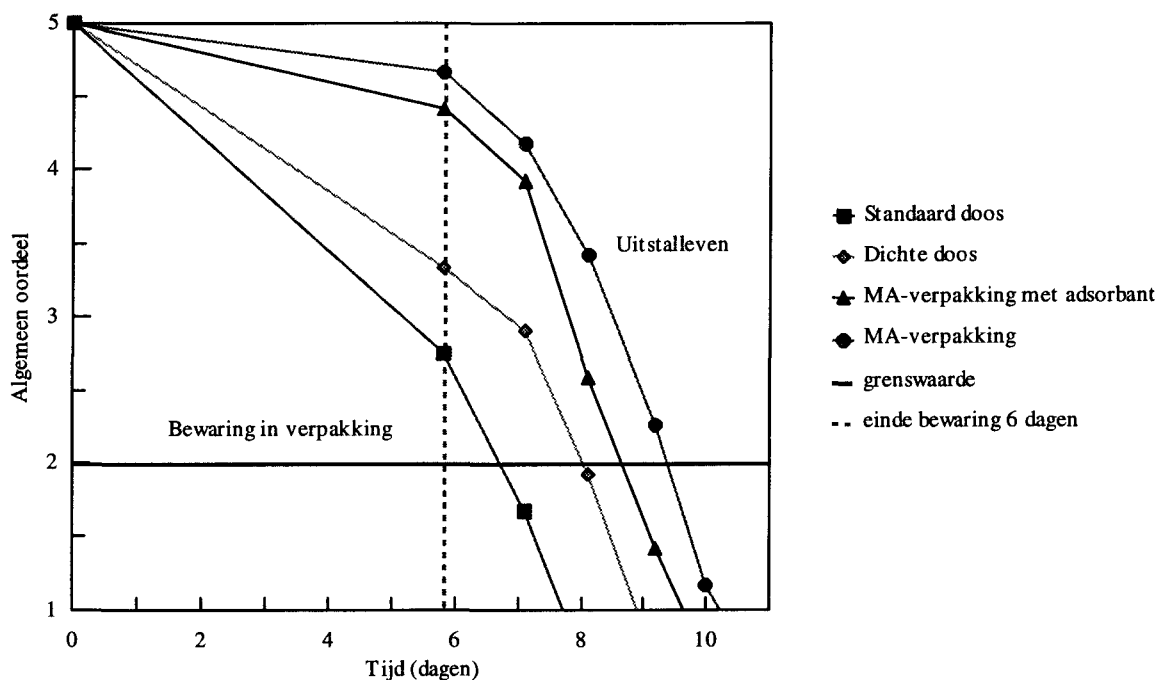
De standaarddoos en de standaarddoos zonder openingen hadden microbieel bederf van een vergelijkbaar niveau, maar beduidend lager dan de MA-verpakkingen.

Na 12 dagen bewaring was de score voor microbieel bederf significant hoger dan na 6 dagen bewaring.

Rimpels.

Er was geen significant effect van de bewaartemperatuur op de score voor rimpels. Wel was er een duidelijk effect van de bewaarduur op de score voor rimpels. Na 12 dagen bewaring waren de paprika's duidelijk rimpeliger dan na 6 dagen bewaring. De paprika's uit de standaardverpakking hadden in alle gevallen de slechtste score voor rimpels en de snelste afname van de kwaliteit wat betreft dit kenmerk tijdens het uitstalleven.

Figuur 10. Gemiddeld verloop algemeen oordeel van rode en gele paprika's in verpakking, en tijdens het uitstalleven. Bewaarduur 6 dagen.

**Stevigheid.**

Er was geen effect van temperatuur op de stevigheid van de paprika's na 6 en 12 dagen bewaring.

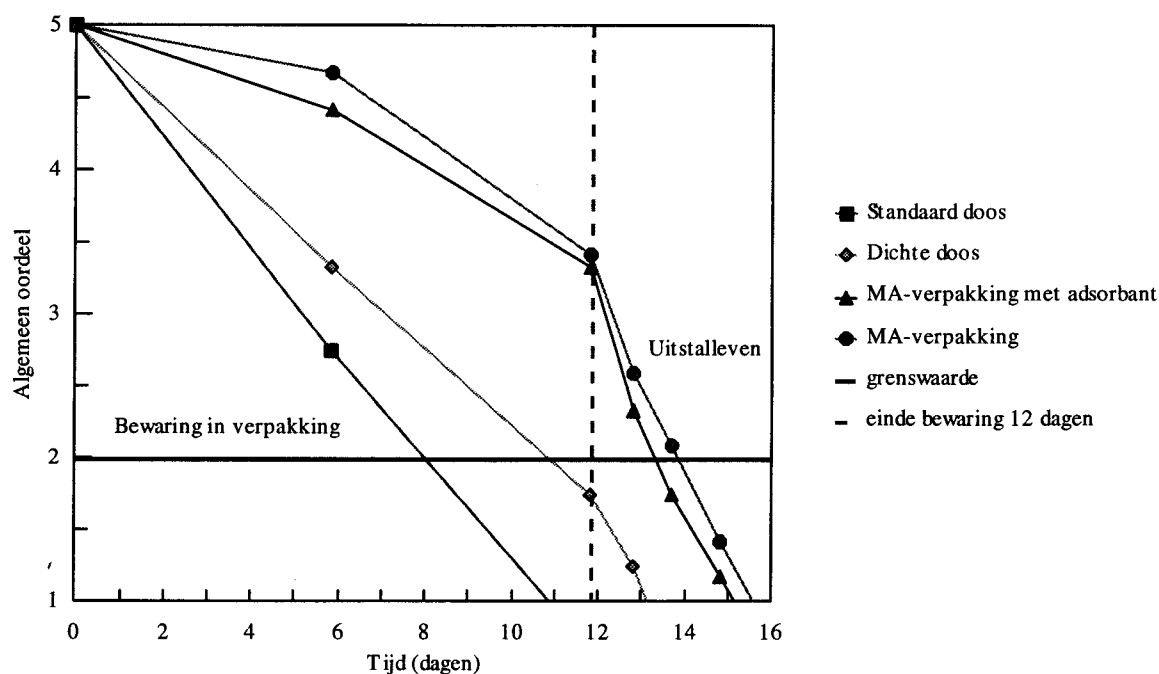
Van de verschillende verpakkingsvarianten hadden de paprika's uit de standaarddoos zowel na de bewaring als tijdens het schapleven het meeste kwaliteitsverlies. Na 6 dagen bewaring kregen paprika's bewaard in de standaarddoos nog juist een voldoende voor stevigheid, het schapleven was daarna nog 1 dag. Na 12 dagen bewaring in de standaardverpakking werden de paprika's als onvoldoende beoordeeld.

Algemeen oordeel.

In deze proef waren er geen significante verschillen tussen rode en gele paprika's, ook waren er geen eenduidige significante effecten van de verschillende bewaartemperaturen.

In figuur 10 staat het verloop van het algemeen oordeel tijdens 6 dagen bewaring en het daarop volgende uitstalleven. In figuur 11 wordt hetzelfde weergegeven voor 12 dagen bewaring. Uit beide figuren blijkt duidelijk de snelle kwaliteits vermindering van de paprika's bewaard in de huidige standaard doos. Alle andere verpakkingen laten een gunstiger verloop van het algemeen oordeel zien. Met als duidelijke uitschieters de twee MA-verpakkingen.

Figuur 11. Gemiddeld verloop algemeen oordeel van rode en gele paprika's in verpakking en tijdens het uitstalleven. Bewaaruur 12 dagen.



Figuur 10 laat bovendien een beter resultaat zien dan de eerdere bewaarproef (hoofdstuk 3.2.3., figuur 2) In die eerdere bewaarproef zijn de paprika's na 6 dagen bewaring slechts 2,5 dag goed in het uitstalleven, terwijl ze ditmaal maximaal 3,5 dag houdbaar zijn. Dit verschil kan verklaard worden door de hogere relatieve luchtvochtigheid in de MA-verpakkingen.

In tabel 7 staat per verpakkingstype het aantal dagen uitstalleven weergegeven na 6 en 12 dagen bewaring. Uit deze tabel blijkt duidelijk de kwaliteitswinst die er te bereiken is met een verbeterde verpakking.

Tabel 7. Aantal dagen uitstalleven van gele en rode paprika's na 6 en 12 dagen bewaring in verschillende verpakkingen bij 12°C en 18°C.

Type verpakking	Aantal dagen uitstalleven	
	na 6 dagen bewaring	na 12 dagen bewaring
Standaard doos	0,7 dag	0 dagen
Dichte doos	2,1 dagen	0 dagen
MA-verpakking met adsorbant	3,5 dagen	1,8 dagen
MA-verpakking	4,0 dagen	2 dagen

Conclusie

De standaard doos is in alle gevallen de slechtste verpakking. Ook bij lage en wisselende temperaturen voldoen de alternatieve verpakkingen goed. Maximaal uitstalleven na een bewaarperiode van 6 dagen is 3,5 dag.

6. Aanbevelingen vervolgonderzoek

Bij afronding van de 1^{ste} fase van de studie voor de ontwikkeling en implementatie van een MA-verpakking voor paprika is verpakkende industrie bereid actief te participeren in de ontwikkeling van een commerciële MA verpakking. De exporteur Botman is bereid gevonden om de verpakking in een exportkanaal te toetsen.

De ontwikkeling van de MA transportverpakking zal zich focussen op een integrale verpakking waarbij de gas- en waterdampdoorlaatbaarheden zijn geïntegreerd in één totaal concept. Dit wil zeggen dat de kartonnen doos alle noodzakelijke eigenschappen van zichzelf bezit. Er zijn geen additionele materialen zoals plastic zakken, wateradsorptie materialen nodig.

Het oorspronkelijke onderzoeksvoorstel kan worden vervolgd:

Gevoeligheidsanalyse van de paprika bij verschillende condities:

- Het verder onderzoeken van het verloop van de kwaliteit van 2 rode en 2 gele paprika cultivars bij verschillende niet stationaire CA en MA-condities,
 - het effect van temperatuursfluctuaties op een MA verpakking en op de kwaliteit van de paprika.
- Testen van verschillende verpakkingen, meten van de O₂ en de CO₂ concentratie in de verpakking en de kwaliteit van de paprika's volgende KCB normen. De verschillende verpakkingsexperimenten worden uitgevoerd met 2 rode en 2 gele cultivars.

De activiteiten in de tweede fase worden uitgebreid met het ontwikkelen van het concept van een kartonnen MA transportverpakking in samenwerking met de verpakkende industrie.

Literatuur

- Luo Y., Mikitzel L.J., 1996. Extension of postharvest life of bell peppers with low oxygen. *J. Sci. FoodAgric.*, 70: 115-119.
- Peppelenbos H.W., Leven J. van 't, 1996. Evaluation of four types of inhibition for modelling the influence of carbon dioxide on oxygen consumption of fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 7: 27-40.
- Peppelenbos H.W., Tijskens L.M.M., van 't Leven J., Wilkinson E.C., 1996. Modelling oxidative and fermentative carbon dioxide production of fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 7: (in press)
- Polderdijk J.J., Boerrigter H.A.M., Wilkinson E.C., Meijer J.G., Janssens M.F.M., 1993. The effects of controlled atmosphere storage at varying levels of relative humidity on weight loss, softening and decay of red bell peppers. *Scientia Horticulturae*, 55: 315-321.
- Rodov V., Ben-Yehoshua S., Fierman T., Fang D., 1995. Modified-humidity packaging reduces decay of harvested red bell pepper fruit. *HortSci.*, 30: 299-302.
- Saltveit M.E., 1993. A summary of CA and MA recommendations for the storage of harvested vegetables. In: Blanpied, G.D., Bartsch, J.A. and Hicks, J.R. (editors), 6th Proc. Int. Contr. Atm. Res. Conf., Ithaca, New York, USA: 800-818.