

Haalbaarheidsstudie

**Ontwikkeling en toepassing van een
praktijknaoogst-modified atmosphere
systeem voor de Nederlandse tomaat
voor verbetering van stevigheid,
kwaliteit, smaak, transport- en
bewaarmogelijkheden**

Rapportage 2^o fase; maart-juni 1994

Henry van der Valk
Henry Boerrigter
Jan Robbers
Gérard van den Boogaard
Rob Evelo

ato-dlo





ATO-DLO

Haalbaarheidsstudie

Ontwikkeling en toepassing van een praktijknaoogst-modified atmosphere systeem voor de Nederlandse tomaat voor verbetering van stevigheid, kwaliteit, smaak, transport- en bewaarmogelijkheden

Rapportage 2^e fase; maart-juni 1994

VERTROUWELIJK

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

Henry van der Valk
Henry Boerrigter
Jan Robbers
Gérard van den Boogaard
Rob Evelo

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

2250554

Inhoudsopgave	Pagina
Samenvatting	3
Conclusies 1^e fase MAP-haalbaarheidsstudie	4
Inleiding	5-6
Uitvoering	7-10
Resultaten	11-41
1. Toepasbaarheid van MA bij tomaat	11-15
1.1. Duur van de MA-behandeling	12-13
1.2. MA-behandeling en diverse rassen	13-14
1.3. Kroontjes en MA-behandeling	14
1.4. MA-behandeling en smaak	15
2. Specifieke effecten van de MA-condities en verpakkingen op de kwaliteit van de tomaat	15-41
2.1. Inventarisatie optimale MA-condities voor rode tomaten	15-19
2.2. De invloed van de RV op de kwaliteit van tomaten tijdens langdurige bewaring bij 2 verschillende gascondities	19-21
2.3. Effecten van MA-verpakkingsfolies op de MA-condities, de kwaliteit van de behandelde tomaten en het optreden van schimmelgroei	22-27
2.4. Effecten van specifieke MA-condities op 3 verschillende rassen, rood geplukte tomaten	27-28
2.5. Effecten van specifieke MA-condities, toegespitst op hoge RV-waarden	29-32
2.6. Toepassing MA-verpakkingen op tomaten met en zonder kroontje	32-36
2.7. Perspectieven van kartonnen dozen voor MA-verpakken van tomaat	37-41
Conclusies en aanbevelingen	42-43

Samenvatting

In deze haalbaarheidsstudie is onderzocht of de kwaliteit van tomaten m.b.v. een MA-behandeling zodanig verbeterd kan worden dat zo'n behandeling perspectieven voor toepassing in de praktijk zou hebben. In de rapportage van de eerste fase van de studie is gemeld dat in principe de MA-behandeling voor tomaten mogelijk is en zijn de diverse variabelen getest. In de tweede fase van deze haalbaarheidsstudie is specifiek gelet op de toepasbaarheid van de MA-behandeling op diverse rassen, toepassing op tomaten geteeld in een ander seizoen en zijn de specifieke effecten van de MA-behandeling en de daarbij van belang zijnde factoren op de kwaliteit nader onderzocht.

Het blijkt dat tomaten gedurende tenminste 14 dagen hun stevigheid behouden tijdens de behandeling. Dit stevigheidsbehoud is enigszins ras-afhankelijk, maar elk onderzocht ras heeft zeer veel baat van de behandeling.

Een tweede groot voordeel van de behandeling is het volledig remmen van het gewichtsverlies tijdens de duur van de MA-behandeling. Onbehandelde tomaten kunnen zo'n 5 % van hun gewicht per week verliezen.

De kleurontwikkeling kan afhankelijk van de opgelegde gascondities worden geremd of niet. Een combinatie van verlaagde zuurstofconcentratie en een verhoogde koolzuurconcentratie remt de kleurontwikkeling.

De MA-behandeling levert wel enig risico op voor het optreden van schimmelgroei op de kroontjes van de tomaten. Dit speelt vooral een rol bij hogere bewaartemperaturen. Vooral bij zeer hoge relatieve luchtvochtigheid kan dit probleem zich voordoen.

De smaak van de tomaten wordt niet nadelig door de behandeling beïnvloed. Ten eerste is het mogelijk de tomaten in een roder/rijper stadium te plukken, ten tweede kan met een juiste combinatie van verpakkingsmaterialen gekozen worden om specifiek smaakbepalende rijpingsprocessen door te laten lopen tijdens de behandeling en daardoor rode rijpe en toch voldoende stevige tomaten te presenteren.

Hoe hoger de RV tijdens de MA-behandeling hoe sterker het effect op het stevigheidsverlies.

Voor de praktijk betekent deze kennis dat specifiek gezocht dient te worden naar verpakkingssystemen met voldoende waterdamp-ondoorlatende eigenschappen om de stevigheid te behouden en met aangepaste gascondities om de juiste smaak, kleur en aroma op te wekken.

In dit onderzoek is een eerste aanzet gemaakt om tot zo'n verpakking te komen. Er is een aantal folies getest met een verscheidenheid aan permeabiliteitseigenschappen en een speciaal ontworpen kartonnen verpakking op 6kg-niveau is uitgeprobeerd.

Het lijkt mogelijk met de juiste folie en verpakkingsvariant een voor de praktijk interessante MA-verpakking te ontwerpen, die een optimale gasconditie en een voldoende hoge RV kan realiseren om de positieve effecten op smaak en kwaliteit van de tomaat te bereiken zonder het risico te lopen op ongewenste schimmelaantasting.

Hiermee is in principe de haalbaarheid van een MA-verpakking voor tomaten aangetoond en zijn er voldoende aanwijzingen dat het implementeren van een

verpakkings-concept in de praktijk een grote kans van slagen heeft. Een verpakkings-vorm voor de praktijk (kleinverpakking, doos en pallet) zal voldoende stevigheidsbe-houd, smaakverbetering en veiligheid wat betreft microbiële aantasting moeten kunnen garanderen. In de vervolgstudie zal de aandacht zich hierop concentreren.

Conclusies 1^e fase MAP-haalbaarheidsstudie

- * MAP remt gewichtsverlies
stevigheidsverlies
- * MAP verlengt de totale houdbaarheid
- * MAP beïnvloedt de kleurontwikkeling
- * MAP is niet negatief voor kwaliteit (KCB) en smaak
- * MAP werkt goed bij rode tomaten
- * MAP-toepassing is onafhankelijk van ras of teler
- * Kroontjes kunnen schimmel veroorzaken bij langdurig MAP
- * MAP werkt ook bij 12°C
- * MAP is mogelijk met gangbare verpakkingsvormen

Inleiding

Modified Atmosphere (MA)-behandeling van tomaten heeft effect op de kwaliteit van tomaten. In de naoogst-fase zorgt een MA-behandeling van tomaten ervoor dat de vruchten hun stevigheid niet verder verliezen. De tomaten zouden dan dus gemakkelijk roder/rijper kunnen worden geplukt. Bovendien kan bij een juiste keuze van de MA-condities en temperatuur de kleur- en smaakontwikkeling doorlopen, zodat de consument een volrijpe en volledig doorgekleurde maar toch voldoende stevige tomaat beschikbaar krijgt. Zo'n tomaat voldoet dan aan het smaakprofiel van de aan de plant gerijpte rode, aromatische en zoete vrucht uit de eigen tuin of de Zuid-Europese vakantiegebieden en heeft ook een voor de handel en winkel acceptabele hanteerbaarheid.

De MA-condities worden opgewekt door een combinatie van zuurstof-, koolzuur- en ethyleenconcentraties. Daarnaast is de relatieve luchtvochtigheid van belang. De temperatuur, waarbij de MA-condities worden opgelegd, bepaalt de snelheid van het bereiken van de MA-conditie en heeft effecten op de relatieve luchtvochtigheid. Tomaten rijpen sneller af bij hogere temperaturen en worden daarom gekoeld vervoerd en opgeslagen. Deze koeling is bij toepassing van de MA-behandeling mogelijk minder essentieel.

Het is bekend dat tomaten relatief weinig vocht verliezen. De schil van de tomaat is slecht doorlaatbaar voor waterdamp. Het vochtverlies vindt plaats via de verkruchte aanhechting van het kroontje. Dit kroontje is de bron van schimmelinfecties, die optreden als tomaten bij hoge luchtvochtigheid worden opgeslagen. De mate van infectie is afhankelijk van de temperatuur en vooral wisselingen hierin, waardoor condensvorming optreedt. De effecten van verlaagde zuurstof- en verhoogde koolzuurconcentraties zijn uitgebreid beschreven. Deze zijn vooral gericht op het remmen van de kleurontwikkeling (Geeson 1988). Specifieke effecten op stevigheid zijn onvoldoende gedocumenteerd (Bhowmik en Pan 1992). Het effect van extern aanwezig ethyleen op de rijping van (Nederlandse) tomaten is gering, omdat zelfs de meest onrijpe tomaten in Nederland het voor ethyleen gevoelige stadium al zijn gepasseerd en er een hoge inwendige concentratie is opgebouwd. Het toedienen of weghalen van ethyleen beïnvloedt de rijpingsprocessen niet meer. Er moet echter nog wel rekening worden gehouden met mogelijke blokkering in de tomaat van ethyleen gevoelige processen van verhoogde koolzuurconcentraties. De effecten van ethyleen zijn in dit haalbaarheidsonderzoek buiten beschouwing gelaten.

Een optimale MA-behandeling in de vorm van klein-verpakking of speciale voorzieningen voor dozen of pallets bestaat dus uit die combinatie van de diverse factoren, die samen het gewenste MA-effect (kwaliteitsverbetering) bewerkstelligen. Om de optimale combinatie voor tomaat te vinden is aanvullend onderzoek nodig. Enerzijds om de effecten van de diverse factoren op de kwaliteit van de Nederlandse tomaat te onderzoeken, anderzijds om de toepassing te testen.

In opdracht van het Produktschap voor Groenten en Fruit is in eerste instantie nu een haalbaarheidsstudie uitgevoerd naar de mogelijkheden MA-behandeling toe te passen op de Nederlandse tomaat. Deze haalbaarheidsstudie is uitgevoerd in 2 fasen. In de

eerste fase zijn de effecten van MA-condities op de stevigheid, houdbaarheid en smaak van diverse tomatersassen gedemonstreerd. De duur van de MA-behandeling en de temperatuur waarbij de behandeling kan worden toegepast zijn gevarieerd. De MA-behandeling is bovendien toegepast op tomaten in verschillende kleurstadia.

De resultaten van de experimenten uit de eerste fase laten duidelijk zien dat een MA-behandeling van Nederlandse tomaten in principe goed mogelijk is. De behandeling resulteert in stevige, mooi doorgekleurde, volrijpe aromatische tomaten (zie ATO-DLO rapport B056/november 1993).

In de hier gerapporteerde tweede fase van de haalbaarheidsstudie wordt de MA-behandeling gedemonstreerd bij 5 verschillende rassen die in het voorjaar en de vroege zomer zijn geoogst. De effecten van de duur van de behandeling op de kwaliteit worden nader bekeken en het optreden van schimmel op de kroontjes wordt onderzocht. Het voordeel van de toepassing van een MA-behandeling wordt geïllustreerd bij de goedsmakende, maar relatief zachte Gourmet "Bon Appetit".

Bovendien worden in de tweede fase de specifieke effecten van verschillende MA-condities op de diverse kwaliteitsaspecten (stevigheid, kleur, smaak, houdbaarheid) van de tomaat m.b.v. het CA-doorstroomsysteem onderzocht en wordt een aanzet gegeven tot de optimale MA-condities voor toepassing op de Nederlandse tomaat. De mogelijkheden de MA-behandeling in de praktijk toe te passen worden gedemonstreerd met diverse verpakkings-systemen.

De uitkomsten van de haalbaarheidsstudie leveren een belangrijke bijdrage in de kennis die nodig is om een MA-verpakking in de praktijk toe te passen en vormen de aanzet tot een degelijke praktijkgerichte studie voor de toepassing van een betrouwbare MA-verpakking ter verbetering van de smaak en kwaliteit van de Nederlandse tomaat.

Literatuur

- ATO-DLO rapport B056/november 1993. Rapportage 1^e fase Haalbaarheidsonderzoek.
- ATO-DLO rapport 133. 1990. Op weg naar een model voor de houdbaarheid van ronde tomaten, gebaseerd op de instrumenteel gemeten stevigheid en een seizoensgebonden factor.
- Bhowmik S.R. and Pan J.C. 1992. Shelf life of mature green tomatoes stored in controlled atmosphere and high humidity. *Journal of Food Science* 57: 948-953.
- J.D. Geeson, Browne K.M., Maddison K., Shepherd J., and Guaraldi F. 1988. Modified atmosphere packaging to extend the shelf life of tomatoes. *Journal of Food Technology* 20: 339-349.

Uitvoering

Gascondities

De effecten van diverse gascondities op de kwaliteit van de tomaat zijn bestudeerd door gebruik te maken van het CA-doorstroomsysteem. Met dit systeem kunnen verschillende combinaties van zuurstof-, ethyleen- en koolzuurconcentraties worden opgelegd. Bovendien kan de relatieve luchtvochtigheid (RV) worden gevarieerd. Het systeem bestaat uit een aantal roestvrij-stalen containers, die luchtdicht worden afgesloten en vervolgens met een menggas worden doorgespoeld. De gasconcentraties kunnen nauwkeurig worden gereguleerd en geregistreerd. Hoge RV-waarden kunnen worden ingesteld door de droge gassen te bevochtigen voordat ze de container ingeleid worden. Lage RV-waarden worden gerealiseerd door een gewenst evenwicht te creëren met de ingevoerde droge gassen en het door het produkt afgegeven vocht. De gerealiseerde RV wordt gemeten met Vaisala capacitatieve vochtvoelers of met een Meteorlabor BA2/TP3 spiegel dauwpuntmeter. De tomaten (15 of 30 stuks) worden in de containers geplaatst en gedurende maximaal 14 dagen bewaard. De kwaliteitsbeoordeling vindt plaats bij inzet en na 7 respectievelijk 14 dagen.

Containers

Voor de experimenten waarin de toepassingsmogelijkheden van een MA-behandeling voor tomaten worden gedemonstreerd is gebruik gemaakt van plastic containers, die met tape werden afgesloten. In dit eenvoudige systeem werden 15 tomaten geplaatst, die een MA-conditie opbouwen die voldoende is om de werking van een MA-behandeling op tomaat te demonstreren. Met deze opstelling zijn de duur-experimenten uitgevoerd. Ook de rasproeven; de onderzoeken naar de schimmelvorming en de effecten op de smaak zijn met deze containers uitgevoerd. Deze containers zijn dus slechts gebruikt om de haalbaarheid van een MA-behandeling voor tomaat te laten zien.

Verpakkingen

Voor de verpakkingsexperimenten is gebruik gemaakt van diverse folies met verschillende specificaties voor de doorlaatbaarheid voor koolzuur, zuurstof en waterdamp. Daarnaast is gebruik gemaakt van een afsluitbare doos, welke is voorzien van een specifieke MA-opbouwende laag.

Stevigheidsmeting

De stevigheid van de tomaten is gemeten met de "Holl Tomatometer". Deze machine meet de indrukking van een tomaat in 0,01 mm nauwkeurig als een plunjer met een constante snelheid de tomaat indrukt tot een tegenkracht van 3 Newton wordt bereikt. Uit eerder onderzoek is gebleken dat deze methode vergelijkbaar is met metingen m.b.v. de Instron Universal Testing Device (ATO-DLO rapport 133). Er worden 15 tomaten per experiment gemeten en de indrukking wordt gemiddeld. De indrukking

wordt gemeten op de dag van inzet, na afloop van de behandeling en regelmatig gedurende het uitstalleven.

Gewichtsverlies

Het gewichtsverlies is bepaald door het gewichtsverschil in de tijd te meten m.b.v. een balans met een nauwkeurigheid van 0,1g.

Kleur

De kleur van de tomaten is op drie manieren beoordeeld. De Computer-Beeld Analyse-methode is heel goed vergelijkbaar met de Minolta Chromameter ($r^2=0,98$ ten opzichte van de a^* van Minolta). Het verband tussen de CBT-kleurenkaart en de CBA-methode weergegeven in figuur 1, tussen de CBT-kleurenkaart en de Minolta Chromameter in figuur 2.

Fig. 1: CBA-waarde versus CBT-kleurkaart.

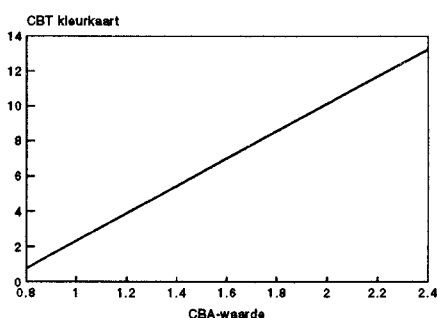
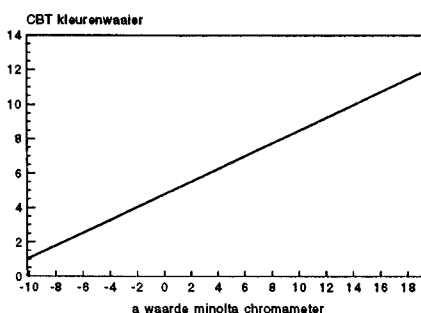


Fig 2: Relatie kleurenwaaler versus a waarde minolta chromameter



Kwaliteitsbeoordeling

De kwaliteit van de tomaten is mede beoordeeld door vertegenwoordigers van het CBT, het KCB en het PGF. De waardering is uitgesproken door het KCB in een schaal van 1-10. De tomaten zijn visueel beoordeeld op schimmelvorming op de kroontjes en op de vruchten. De mate van aantasting is uitgedrukt als geen, matig of ernstig.

Smaak

Om het effect van de MA-behandeling op de smaak van de tomaat te onderzoeken zijn tomaten van het ras Gourmet (teeltwijze "Bon appetit") gedurende 14 dagen behandeld. Vervolgens zijn de tomaten explorerend, sensorisch onderzocht en vergeleken met onbehandelde tomaten in exact hetzelfde kleurstadium als de MA-behandelde tomaten op het moment van proeven. Er is gescoord op de sensorische zoet en zuur-gewaarwording; de sensorische stevigheid (mondgevoel) en aroma. De uitspraken van het panel zijn statistisch verwerkt en vertaald in wel of niet significante verschillen tussen behandelde en onbehandelde tomaten.

Tabel 1. Overzicht van de uitgevoerde experimenten.

Omschrijving	Ras en Kleurstadium
Variërende O ₂ en CO ₂ -concentraties bij 2 relatieve luchtvochtigheden	PRONTO 6
5 RV-niveaus in lucht en 1 CA-conditie met 5% O ₂ en 5% CO ₂	PRONTO 6
Kleinverpakkingen met diverse materialen en voorbehandelingen	PRONTO 7
Diverse CA-condities bij 3 RV's	PRONTO 8 JAMAICA 9 cherry-tomaten 10
Diverse CA-condities bij 4 RV's	REVIDO 8
Kleinverpakken met diverse materialen	REVIDO 8
Verpakken in 6 kg MA-kartondozen	CHASER 8
Duur van de MA-behandeling	PRONTO 8
MA-behandeling en rassen	PRONTO 8 REVIDO 8 CHASER 8 GOURMET 9
MA-behandeling, kroontjes en schimmel	PRONTO 9 CHASER 8
MA-behandeling en smaak	GOURMET 8

Statistische analyses

De datasets met de variabelen indrukking, gewichtsverlies, kleur, schimmelaantasting, RV, CO₂ en O₂ zijn statistisch verwerkt met GENSTAT. Er is een variantieanalyse (ANOVA) uitgevoerd. De gemiddelde waarden zijn significant verschillend van elkaar als de verschillen groter zijn dan de LSD-waarden.

Resultaten

1. Toepasbaarheid van MA bij tomaat

In dit hoofdstuk worden de resultaten gepresenteerd van de experimenten die zijn uitgevoerd in het voorjaar om de toepasbaarheid van de MA-behandeling bij tomaten in dit jaargetijde te laten zien. Er zijn experimenten uitgevoerd om de duur van de MA-behandeling, de werkzaamheid bij de diverse rassen, de invloed van de kroontjes en de effecten op de smaak te bestuderen. Deze MA-behandelingen zijn uitgevoerd met plastic containers, waarin verlaagde zuurstof en verhoogde koolzuur-concentraties worden opgebouwd, gepaard gaande met een hoge RV. Deze condities zijn representatief voor in commerciële verpakkingen te verwachten waarden. Optimalisatie van de condities dient in een vervolgstudie te worden uitgevoerd.

1.1. Duur van de MA-behandeling**Tabel 2.** Effect van de duur van de MA-behandeling bij 18°C op de houdbaarheid, de stevigheid, het gewichtsverlies en de kleurontwikkeling van tomaten van het ras Pronto

Duur van de MA-behandeling	Houdbaarheid in dagen	Indrukking in mm op					
		dag 0	4	7	12	14	20
controle	16	0,78	1,33	1,55	1,96	2,11	
MA=4	21	0,77	0,83				
MA=7	24	0,76		0,89			
MA=12	26	0,77			0,82		
MA=14	27	0,80				0,85	
MA=20	29	0,79					0,88
		Gemiddeld gewicht per tomaat					
controle		74	73	71	69	69	
MA=4		70	70				
MA=7		71		71			
MA=12		70			70		
MA=14		71				71	
MA=20		71					71
		Kleur op CBT-kleurenkaart					
controle		8	10	12			
MA=4		8	9	10			
MA=7		8		10	12		
MA=12		8			10		
MA=14		8					
MA=20		8					12

MA-behandeling van tomaten van het ras Pronto resulteert in een vrijwel volledig behoud van de stevigheid gedurende de geteste periode van 20 dagen. De houdbaarheid van de tomaten na de MA-behandeling is zelfs na 20 dagen behandeling nog 9

dagen. Langdurige MA-behandeling lijkt de houdbaarheid te beïnvloeden. Tijdens de MA-behandeling verliezen de tomaten geen gewicht en de kleurontwikkeling wordt vertraagd.

De effecten op de kleurontwikkeling zijn mogelijk sterk afhankelijk van de specifieke gascondities en daarom afhankelijk van de ademhalingsactiviteit van de tomaten en de gasdoorlaatbaarheids-eigenschappen van de MA-verpakking. Hiermee kan de kleurontwikkeling mogelijk worden gestuurd tijdens de MA-behandeling.

1.2. MA-behandeling van verschillende rassen

Tabel 3. Effect van MA-bewaring bij 18°C op de houdbaarheid en stevigheid van de rassen Pronto, Revido, Chaser en Gourmet ("Bon appetit").

Ras	Duur van de MA-behandeling	Houdbaarheid in dagen	Indrukking in mm op			
			dag 0	7	11	14
PRONTO	controle	19	0,78	1,35	1,53	1,76
	MA=7	23	0,76	0,83		
	MA=11	26	0,83		0,87	
	MA=14	27	0,78			0,86
REVIDO	controle	12	0,74	1,12	1,27	1,41
	MA=7	23	0,76	0,93		
	MA=11	27	0,76		0,98	
	MA=14	32	0,75			0,90
CHASER	controle	18	0,71	1,24	1,42	1,68
	MA=7	23	0,69	0,87		
	MA=11	25	0,70		0,92	
	MA=14	29	0,71			0,87
GOURMET	controle	24	0,90	1,25	1,37	1,54
	MA=7	27	0,92	0,92		
	MA=11	30	0,95		0,88	
	MA=14	28	0,94			0,96

De 4 onderzochte rassen vertonen opvallende verschillen in stevigheid en snelheid van verzachten. Gourmet-tomaten zijn relatief zacht bij aanvoer op de veiling. Dit komt enerzijds door de speciale teeltwijze van de "Bon appetit", anderzijds worden ze een vol punt hoger op de kleurenkaart (en dus rijper en zachter) aangevoerd. Revido's zijn over het algemeen wat steviger (in dit experiment niet zo duidelijk) en blijven ook langer hard.

MA-behandeling van de tomaten heeft tot gevolg dat het zacht worden van Pronto en Gourmet volledig kan worden geblokkeerd. Het stevigheidsverlies van Chaser en Revido wordt ook zeer sterk beperkt. Het effect van de MA-bewaring op de houdbaarheid na de behandeling verschilt in deze experimenten per ras. Revido en Chaser-tomaten vertonen na de MA-behandeling een even lange houdbaarheid als onbehandelde tomaten. De houdbaarheid van Pronto en vooral Gourmet is na de behandeling afgenomen. Houdbaarheidseffecten na de MA-behandeling zijn belangrijk en waarschijnlijk afhankelijk van de kwaliteit van de tomaat bij de inzet. Deze effecten dienen nog verder onderzocht te worden.

1.3. Kroontjes en MA-behandeling

Tabel 4. Effect van de aanwezigheid van kroontjes op schimmelgroei op tomaten van het ras Chaser na 7 en 14 dagen MA-bewaring bij 18°C. De kwaliteit van de tomaten is op dag 16 beoordeeld door het KCB op een schaal van 0 tot 10.

* Lichte schimmelaantasting op de kroontjes (uitspraak KCB).

	kroontje	Houd- baarheid	Indrukking			KCB
			dag 0	dag 7	dag 14	dag 16
controle	mét	23	1,06	1,33	1,45	6,7
	zonder	23	1,08	1,38	1,50	7,4
MA=7	mét	27	1,05	1,06	-	8,3 *
	zonder	29	1,01	1,08	-	7,9
MA=14	mét	34	1,03	-	1,09	8,8 *
	zonder	29	1,08	-	1,17	8,6

De tomaten met kroontjes vertoonden lichte schimmelaantasting op de kroontjes, die na openen van de containers snel minder werd door indroging.

1.4. MA-behandeling en smaak

Tabel 5. Effect van 3, 8 en 14 dagen MA-behandeling bij 18°C op de smaak van Gourmet-tomaten.

	zoet	zuur	aromatisch	stevig
MA= 3 dagen	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
MA= 8 dagen	n.s.	c > MA	n.s.	n.s.
MA= 14 dagen	MA > c	c > MA	c > MA	n.s.

De MA-behandeling zorgt voor een volledig behoud van de sensorische stevigheid. Zelfs 14 dagen behandelde tomaten waren in de mond net zo stevig als verse tomaten.

De zoetge waarwording van de tomaten was na 3 en 8 dagen niet significant verschillend in de behandelde en onbehandelde tomaten. Na 14 dagen bewaring waren de MA-behandelde tomaten zoeter dan de niet behandelde tomaten. Na 3 dagen waren de behandelde tomaten wat betreft de zure smaakge waarwording en het aroma niet van elkaar te onderscheiden. Na 8 en 14 dagen waren de behandelde tomaten minder zuur dan de controle-tomaten. Na 14 dagen vond het panel de onbehandelde tomaten wat aromatischer dan de behandelde.

Conclusie: De MA-behandeling geeft mogelijkheden de smaak van de tomaat te beïnvloeden. De juiste combinatie van type verpakking en duur van de behandeling kan een optimaal smaakprofiel voor zuur, zoet, en aroma-gehalte opleveren, terwijl de tomaat daarvoor niet zijn stevigheid hoeft te verliezen. Een tweede belangrijk voordeel van de MA-behandeling voor de smaak zou zijn dat de consument de tomaat aangeboden krijgt in het volledig doorgerijpte rode kleurstadium.

2. **Specifieke effecten van de MA-condities op de kwaliteit van de tomaat**

2.1 Inventarisatie optimale MA-condities voor rode tomaten

Proefopzet

Oriënterend onderzoek op het ATO-DLO heeft aangetoond dat de houdbaarheid van tomaten aanzienlijk kan worden verlengd door het opleggen van MA-condities. In deze experimenten worden de diverse factoren geïnventariseerd die verantwoordelijk kunnen zijn voor de effecten op de remming van het stevigheidsverlies, de doorkleuring, het gewichtsverlies en het eventueel optreden van schimmelgroei. Hiertoe zijn tomaten van het ras Pronto in het CA-doorstroomsysteem blootgesteld aan diverse concentraties O₂ (21, 10, 5 en 3%) en CO₂ (0, 5 en 10%) en RV-waarden van 85 en 95-100% bij 18°C. De 85% RV-waarde werd bereikt door de containers met 15 of 30 tomaten te doorstromen met 250, respectievelijk 500 ml/min droog menggas.

Resultaten

Stevigheid

Tabel 6: Effect van 2 RV-waarden op stevigheid bij verschillende O₂-concentraties, gemeten na 7 en 14 dagen. De indrukking op dag 0 was 0,76 mm. De LSD bij 7 dagen is 0,05 en bij 14 dagen 0,12 (p<0,05).

%O ₂	Indrukking in mm na			
	7 dagen		14 dagen	
	RV=85%	RV=100%	RV=85%	RV=100%
3	0.95	0.81	1.48	0.94
5	0.94	0.74	1.31	0.89
10	0.93	0.78	1.46	1.13
21	0.94	0.73	1.31	0.87

Het bleek dat verhoogde CO₂-concentraties geen effect hadden op de indrukking van de tomaten. In tabel 6 zijn de verschillende CO₂-concentraties daarom niet uitgesplitst weergegeven.

Bij 100% RV neemt de stevigheid gedurende 7 dagen niet significant af. Na 14 dagen is de indrukking bij 100% RV met slechts 15% toegenomen terwijl bij 85% de indrukking na 14 dagen bijna verdubbeld is. De effecten van de remming van het stevigheidsverlies zijn bij alle onderzochte O₂-concentraties gelijk.

Conclusie

Stevigheidsverlies bij tomaten wordt onder MA-condities beperkt door een hoge RV en niet door verhoogde CO₂, of verlaagde O₂, of een combinatie van deze.

Gewichtsverlies

Tabel 7. Het effect van 2 RV-waarden op het gewichtsverlies van tomaten bij verschillende O₂-concentraties. LSD bij 7 dagen is 0,15 en bij 14 dagen 0,40 (p<0,05).

O ₂	Gewichtsverlies in % na			
	7 dagen		14 dagen	
	RV=85%	RV=100%	RV=85%	RV=100%
3%	2.15	0.78	4.66	2.01
5%	2.21	0.59	4.91	1.40
10%	2.29	0.83	5.10	2.55
21%	2.18	0.69	4.64	1.45

Er zijn geen statistisch significante effecten van verhoogde CO₂ of verlaagde O₂-concentraties (of combinaties hiervan) op het gewichtsverlies van MA-behandelde tomaten gevonden. In tabel 7 zijn de CO₂-concentraties daarom per O₂-behandeling gemiddeld en niet afzonderlijk weergegeven. Bij hoge luchtvochtigheid is het gewichtsverlies beperkt tot minder dan 1%. Bij 85% RV is dit meer dan 2%. Na 14 dagen is dit respectievelijk 1,5-2,5% en 4,6-5,1%. De relatief geringe verschillen in gewichtsverliezen per RV-behandeling in tabel 3 zijn geen effect van de O₂-concentratie, maar mogelijk het gevolg van de aanwezigheid van zwelscheurtjes (bijvoorbeeld bij 10% O₂).

Conclusie

Hoe hoger de relatieve luchtvochtigheid, hoe geringer het gewichtsverlies. De concentraties O₂ en CO₂ hebben hierop geen invloed.

Tabel 8. De invloed van verlaagde O₂ en verhoogde CO₂-concentraties op de doorkleuring bij 18°C van Pronto-tomaten na 7 en 14 dagen. Op dag 0 is de CBA-kleur 1.53 (stadium 5-6 CBT-kleurkaart). De LSD is 0,05 voor beide dagen (p<0,05).

%O ₂	Kleur (CBA-meetmethode) na					
	7 dagen			14 dagen		
	10%CO ₂	5%CO ₂	0%CO ₂	10%CO ₂	5%CO ₂	0% CO ₂
3%O ₂	1.61	1.65	1.62	1.65	1.70	1.68
5%O ₂	1.66	1.62	1.66	1.71	1.72	1.76
10%O ₂	1.71	1.77	1.83	1.81	1.88	1.89
21%O ₂	1.88	1.99	2.03	1.96	2.11	2.11

Uit tabel 8 blijkt dat verlaagde O₂-concentraties de doorkleuring remmen. Verhoging van de CO₂-concentratie heeft een remmend effect op de kleur bij 21% O₂. De RV heeft geen invloed op de snelheid van doorkleuring en is daarom in tabel 4 niet uitgesplitst weergegeven.

Conlusie

Verlaagde O₂-concentraties remmen de doorkleuring van tomaten gedurende de MA-behandeling. Verhoogde CO₂-concentraties hebben een remmend effect op de doorkleuring bij 21% O₂, terwijl verhoogde RV geen effect heeft op de doorkleuring.

Microbiële aantastingen

Na 7 dagen waren alle tomaten per behandeling nog vrij van elke uiterlijk waarneembare rotaantasting. Na 14 dagen kwam geen rot voor in de tomaten die waren behandeld bij 85% RV. Bij 100% RV zijn incidenteel rotaantastingen aangetroffen. De waarnemingen staan vermeld in tabel 9.

Tabel 9. Het effect van verhoogde CO₂ en verlaagde O₂-concentraties op het voorkomen van rot bij 15 tomaten, die gedurende 14 dagen bij 100% RV en 18°C zijn bewaard.

% O ₂	Aantal tomaten per 15 stuks met rot-aantastingen		
	0% CO ₂	5% CO ₂	10% CO ₂
3%	0	6	1
5%	3	1	0
10%	3	0	0
21%	0	0	7

Uit tabel 9 blijkt dat verhoogde concentraties CO₂ of verlaagde concentraties O₂ geen duidelijk effect hebben op het voorkomen van rot bij tomaten die gedurende 14 dagen bij 100% RV en 18°C worden bewaard.

Na 7 dagen bewaren bij 85% RV komt bij geen enkele behandeling zichtbare schimmelgroei op de tomaten voor. Na 14 dagen zijn de kroontjes bedekt met een lichte schimmelpluis.

Bij 100% RV zijn enkele kroontjes na 7 dagen met schimmel begroeid. Deze schimmel verdroogt binnen enkele uren nadat de tomaten uit de MA-omstandigheden zijn gehaald. De aangetaste kroontjes zijn vervolgens met het oog niet te onderscheiden van de kroontjes van onbehandelde tomaten. Na 14 dagen is op gemiddeld 3 van de 15 tomaten lichte schimmelgroei waargenomen op de tomaten zelf. Deze schimmel verdroogt ook binnen enkele uren nadat de tomaten uit de behandeling zijn gehaald.

Verhoogde concentraties CO₂, of verlaagde O₂-concentraties hadden geen effect op het optreden van de schimmelgroei.

Conclusie

Sterk verhoogde RV vergroot de kans op het voorkomen van rot en schimmel op de tomaten. Dit probleem neemt toe met toenemende duur van de behandeling. Tot 7 dagen is het probleem gering.

2.2. De invloed van de RV op de kwaliteit van tomaten tijdens langdurige bewaring bij 2 verschillende gascondities

Proefopzet

In het vorige hoofdstuk is aangetoond dat de positieve effecten van een MA-behandeling op de kwaliteit van de tomaat, voor wat betreft het behoud van de stevigheid en

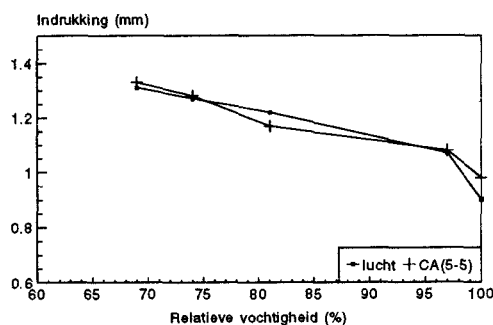
het gewicht, toe te schrijven zijn aan hoge RV-waarden. Deze waarneming is mogelijk geworden door gebruik te maken van het CA-doorstroomstelsel. In de literatuur is dit niet beschreven, doordat in alle tot nu toe uitgevoerde experimenten de juiste proefopzet heeft ontbroken. De specifieke effecten van de RV-waarde op de verbeterde kwaliteit van de MA-bewaarde tomaat is daarom verder onderzocht met 5 RV-waarden (70, 75, 80, 95, en 100%) en 2 combinaties van zuurstof en koolzuurgehalten (0%CO₂/21%O₂ en 5%CO₂/5%O₂). De experimenten zijn uitgevoerd bij 18°C. De experimenten bij 100% RV zijn bovendien ook uitgevoerd met tomaten zonder kroontje om te onderzoeken of het verwijderen van het kroontje de microbiële aantasting kan voorkomen.

Per behandeling is 1 doos met 6 kg tomaten (Pronto kleurstadium 6) per container gebruikt. De gascondities zijn dagelijks geregistreerd. De kleurontwikkeling in deze experimenten is bepaald m.b.v. de CBT-kleurenkaart.

Resultaten

Stevigheid

Fig. 3: Effect van rv op de stevigheid van tomaten
Na 10 dgn. bij 18°C



De gemiddelde indrukking van de tomaten bij inzet was 0,63 mm. Uit de waarnemingen, die zijn weergegeven in figuur 3, blijkt dat na 10 dagen MA-behandeling bij 100% RV de indrukking slechts is opgelopen tot 0,90 mm bij 21% O₂/0% CO₂ (controle voor de normale atmosfeer-bewaring) en 1,00 mm bij 5% CO₂ en O₂. Bij lagere RV-waarden loopt de indrukking op tot 1,35 mm bij 70% RV voor beide gascondities. Ook uit dit experiment blijkt dus duidelijk dat de remming van het stevigheidsverlies van MA-bewaarde tomaten bepaald wordt door de RV-waarden en niet door verlaagde zuurstof of verhoogde koolzuur-concentraties.

Conclusie

Opnieuw is gedemonstreerd dat zeer hoge RV het stevigheidsverlies sterk beperkt. Dit effect is onafhankelijk van de zuurstof en koolzuur-concentraties.

Kleur

Bij aanvang van de experimenten was de kleur van de tomaten 5 à 6 op de CBT-kleurenkaart. Na 10 dagen bewaring onder de MA-condities bij 5%CO₂/5%O₂ bij alle geteste RV-waarden was de kleur opgelopen tot 6 à 7. Bij de atmosferische condities (21%O₂/0%CO₂) waren de tomaten bij alle geteste RV-waarden doorgekleurd tot 11.

Conclusie

De RV-waarde bij de MA-behandeling heeft geen effect op de snelheid van door-kleuring, terwijl de gascondities een sterk remmend effect kunnen hebben op de kleurontwikkeling. Deze waarneming ondersteunt de aanwijzingen die in de eerste set experimenten zijn gedaan.

Microbiële aantastingen

Tabel 10. Effect van de RV-waarde op het voorkomen van schimmelgroei op de tomaat. De aantasting is weergegeven van 0 (geen schimmel) tot 5 (veel aantasting).

%RV	Schimmelaantasting	
	+kroontje	-kroontje
69	0	0
74	1	0
81	1	0
97	2	0
100	5	0

Bij laagste RV-waarde werd geen schimmelgroei op de kroontje of op de tomaat aangetroffen. Bij 100% RV met veel condens in de containers is een ernstige mate van schimmelgroei geconstateerd. Oplopende RV-waarden tussen deze twee uitersten vertoonden toenemende schimmelgroei bij hogere RV-waarden. De tomaten waarbij het kroontje was verwijderd vertoonden geen schimmelgroei bij de MA-behandeling met 100% RV.

Conclusie

Hoe hoger de RV-waarde in de MA-behandeling, hoe sterker de mate van schimmelgroei op de tomaat. Deze aantasting wordt veroorzaakt door de sterk met schimmelsporen besmette kroontjes en kan worden voorkomen door de kroontjes voor de behandeling te verwijderen.

2.3. Effecten van MA-verpakkingsfolies op de MA-condities, de kwaliteit van de behandelde tomaten en het optreden van schimmelgroei

Proefopzet

Het doel van de in dit hoofdstuk beschreven experimenten is het selecteren van een aantal verpakkingsfolies, die geschikt zijn om de noodzakelijke MA-condities voor de behandeling van tomaten te realiseren. Om het probleem van de microbiële aantastingen bij de zeer hoge RV's op te lossen is in een aantal experimenten droogmiddel toegevoegd, waardoor condensvorming op de tomaten wordt voorkomen. Ten behoeve van het onderzoek zijn ook controle-experimenten met ontsmette tomaten meegenomen en zijn de kroontjes van de tomaten verwijderd. Voor dit doel bleek een dompeling van tomaten in 5% melkzuur afdoende.

Door gebruik te maken van een reeks folies met verschillende doorlaatbaarheids-specificaties en al of niet toegevoegd droogmiddel zijn MA-condities gecreërd met een variatie aan RV-waarden.

Als vochtadsorbant is een actieve klei genaamd Dri-bag gebruikt. Deze absorbant is in verschillende hoeveelheden gebruikt, uitgaande van de berekening dat per verpakking 40g klei nodig is om 8 tomaten gedurende 14 dagen bij 18°C een MA-conditie met een RV-waarde van 90% te kunnen leveren. De mogelijke invloed van het pulpbakje is onderzocht door experimenten met en zonder bakje uit te voeren.

De geteste folies zijn PVC type A-RMFA dikte 17µm; PE dikte 48µm; PE dikte 11µm en Osmolux dikte 20µm (sterk waterdoorlatend).

Tomaten van het ras Pronto met kleur 7 zijn met 8 stuks verpakt en vervolgens bewaard gedurende 14 dagen bij 18°C en 50 %RV. De kwaliteitsbeoordelingen vonden plaats op dag 0, 7 en 14. De gascondities zijn met een Chrompack gaschromatograaf om de dag gemeten.

Resultaten

Stevigheid

Het ontsmetten van de tomaten had geen effect op de stevigheid of het verloop van het stevigheidsverlies.

Tabel 11. Effect van diverse folies op de stevigheid (indrukking) van tomaten na 7 en 14 dagen bewaring bij 18°C, 50% RV en 0, 20 of 40 g Dri-bag droogmiddel per verpakking van 8 tomaten. LSD op dag 7 is 0,12 en op dag 14 0,08 ($p < 0,05$).

	Indrukking in mm na					
	7 dagen			14 dagen		
	0 g	20 g	40 g	0 g	20 g	40 g
PE,48 μ	1.06	1.26	1.27	1.18	1.30	1.41
PE,11 μ	0.95	1.25	1.41	1.20	1.52	1.69
PVC,17 μ	1.10	1.45	1.34	1.38	1.45	1.78
Osmolux	1.54	-	-	2.20	-	-
PE,11 μ +bakje	1.05	-	-	1.28	-	-
onverpakt	1.60	-	-	1.81	-	-

Het stevigheidsverlies van de tomaten is het grootst als zij onverpakt of in de sterk waterdamp-doorlatende Osmolux-folie zijn bewaard. Tomaten verpakt in PVC-folie zijn significant meer indrukbaar en dus zachter dan de tomaten die in de PE-folies zijn verpakt. Het pulpbakje heeft geen sterke invloed op het stevigheidsremmend effect van de MA-behandeling met de PE, 11 μ m-folie. Het stevigheidsremmend effect is het grootst als geen extra droogmiddel wordt toegevoegd.

Conclusie

De stevigheid van de tomaten wordt het meest behouden als folies worden gebruikt met een geringe waterdampdoorlaatbaarheid. Het verlagen van de RV in de MA-verpakking heeft een negatief effect op het behoud van de stevigheid. Het is echter toch goed mogelijk met een juiste keuze van de folie het stevigheidsverlies ten opzichte van de onverpakte tomaat sterk te verminderen.

Gewichtsverlies

Tabel 12. Het effect van MA-folies in combinatie met 0, 20 en 40 g Dri-bag droogmiddel per verpakking van 8 tomaten op het % gewichtsverlies na 7 en 14 dagen bewaring bij 18°C en 50% RV.

% Gewichtsverlies						
	7 dagen			14 dagen		
	0 g	20 g	40 g	0 g	20 g	40 g
PE,48µm	0.14	1.00	1.32	0.32	1.84	2.11
PE,11µm	0.25	1.71	2.29	0.50	2.51	3.45
PVC,17µ	0.71	1.73	2.35	1.62	2.66	4.19
Osmolux	2.8	-	-	7.33	-	-
PE,11µ +bakje	1.1	-	-	1.37	-	-
onverpakt	3.3	-	-	5.79	-	-

De onverpakte en Osmolux-verpakte tomaten vertonen een zeer sterk gewichtsverlies na 7 en 14 dagen bewaring. De aanwezigheid van het pulpbakje in de verpakking zorgt voor een opvallend extra gewichtsverlies van de tomaten. Het geringste gewichtsverlies treedt op bij beide PE-folies. De waterdampdoorlatende PVC-folie zorgt voor een drie maal zo sterk gewichtsverlies als de PE-folies. Hoe meer droogmiddel er in de verpakkingen wordt toegevoegd, hoe meer de tomaten gewicht verliezen.

Conclusie

Het gewichtsverlies van tomaten kan met MA-verpakking sterk worden verminderd, waarbij folies met een geringe waterdampdoorlaatbaarheid het hoogste effect vertonen.

Kleur

Het toevoegen van droogmiddel heeft geen invloed op de kleurontwikkeling. In tabel 13 zijn de experimenten met de verschillende hoeveelheden droogmiddel daarom gemiddeld en zijn slechts de typen folies vermeld.

Tabel 13. Effect van MA-folies op de kleurontwikkeling van tomaten na bewaring gedurende 7 en 14 dagen bij 18°C. De beginkleur (CBA-meting) van de tomaten was 1,68 (stadium 7 op de CBT-kaart). De LSD op dag 7 is 0,04 en dag 14 0,03 ($p < 0,05$).

	Kleur na	
	7 dagen	14 dagen
PE,48 μ m	1.80	1.88
PE,11 μ m	1.91	2.02
PVC,17 μ m	1.87	2.01
Osmolux	1.90	1.93
PE,11 μ m+pulpbakje	1.96	2.08
onverpakt	2.03	2.13

Tabel 14. Effect van MA-folies op de concentraties zuurstof en koolzuur in verpakkingen van 8 tomaten na bewaring bij 18°C en 50% RV. De LSD per kolom van links naar rechts is 0,6; 0,9; 1,2; 0,2; 0,1 en 0,2 ($p > 0,05$).

	% zuurstof op			% koolzuur op		
	dag 2	dag 5	dag 12	dag 2	dag 5	dag 12
PE,48 μ m	3.3	3.9	6.9	9.3	5.2	4.7
PE,11 μ m	9.9	12.6	13.6	5.6	4.0	3.6
PVC,17 μ m	8.6	11.5	13.8	4.1	3.1	2.8
Osmolux	7.5	10.7	9.7	1.4	1.3	1.1
PE,11 μ m +pulpbakje	13.6	16.5	17.5	3.5	2.7	2.3
onverpakt	20.8	20.8	20.8	0.035	0.035	0.035

Uit tabel 13 blijkt dat de 48 μ m PE-folie een duidelijk significant remmend effect heeft op de kleurontwikkeling. Deze folie resulteert ook in de sterkste verlaging van de zuurstof en verhoging van de koolzuurconcentraties (tabel 14).

Conclusie

Het lijkt mogelijk met behulp van specifieke folies de kleurontwikkeling van tomaten gedurende de MA-behandeling te remmen. Deze beïnvloeding berust op een juiste combinatie van de koolzuurverhoging en een verlaagde zuurstofconcentratie en staat los van de effecten op stevigheids- en gewichtsverlies door hoge RV.

Microbiële aantastingen

Hoewel de kroontjes ten behoeve van het onderzoek in dit experiment van de tomaten waren verwijderd is toch nauwkeurig onderzocht of in de verpakkingen tomaten voorkwamen met rot of schimmel na de MA-behandeling. Indien 1 tomaat in de verpakking de geringste aantasting vertoonde is deze verpakking als aangetast genoteerd. In tabel 15 staat het aantal aangetaste verpakkingen per 10 ingezette verpakkingen weergegeven.

Er zijn nooit meer dan 2 aangetaste tomaten per verpakking aangetroffen.

Tabel 15. Effect van MA-folies op microbiële aantasting van 10 verpakkingen tomaten per behandeling na 7 en 14 dagen bewaren bij 18°C en 50% RV.

Aantal verpakkingen met microbiële aantasting				
	7 dagen		14 dagen	
	schimmel	rot	schimmel	rot
PE,48µm	2	0	5	5
PE,11µm	0	0	3	0
PVC17µm	0	0	1	0
Osmolux	0	0	0	0
PE,11µm +pulpbakje	0	0	0	0
onverpakt	0	0	0	0

De microbiële aantasting is bij elke behandeling gering. De PE,48µm-folie heeft meer verpakkingen met een aangetaste tomaat dan de andere behandelingen, maar de hoeveelheid aangetaste tomaten per verpakking is ook daar erg klein. Opvallend is het positieve effect van het pulpbakje op het optreden van schimmel en rot in de met PE,11-folie gevormde folie. Het toevoegen van Dri-bag bleek het optreden van de aantastingen verder te kunnen terugdringen (niet in de tabel weergegeven). Het effect van het ontsmetten met melkzuur kon onvoldoende beoordeeld worden door het geringe aantal aantastingen in de niet-ontsmette tomaten.

Conclusie

Het is in principe mogelijk een MA-verpakking te ontwerpen waarbij tomaten gedurende langere tijd (7 tot 14) zonder noemenswaardige microbiële aantasting behandeld kunnen worden.

2.4 Effecten van specifieke MA-condities op 3 verschillende rassen, rood geplukte tomaten

Proefopzet

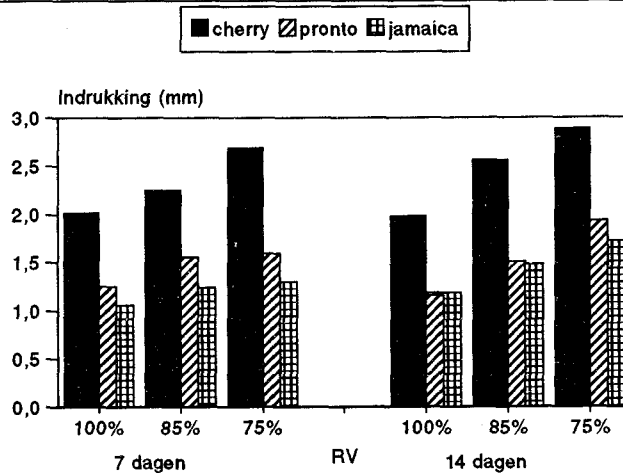
Het doel van de experimenten is na te gaan of de positieve effecten van een MA-behandeling ook bij andere rassen en rood geplukte tomaten zijn te verkrijgen. De rassen Pronto kleur 9-10; Jamaica kleur 8 en de cherry tomaat ""Belle"" kleur 11 zijn onderzocht.

De gascondities zijn opgelegd in het CA-doorstroomsysteem, waarbij 3 RV-waarden werden ingesteld (75, 85 en 95%). Daarnaast zijn combinaties van 21 en 3% O₂ en 0, 3 en 6% CO₂ opgelegd. De behandeling was bij 18°C en de beoordeling vond plaats op dag 0 en dag 7 en 14.

Resultaten

Stevigheid

Fig. 4: Effect van rv op stevigheid van tomaten
Bewaring: 18°C CA-conditie is gemiddeld

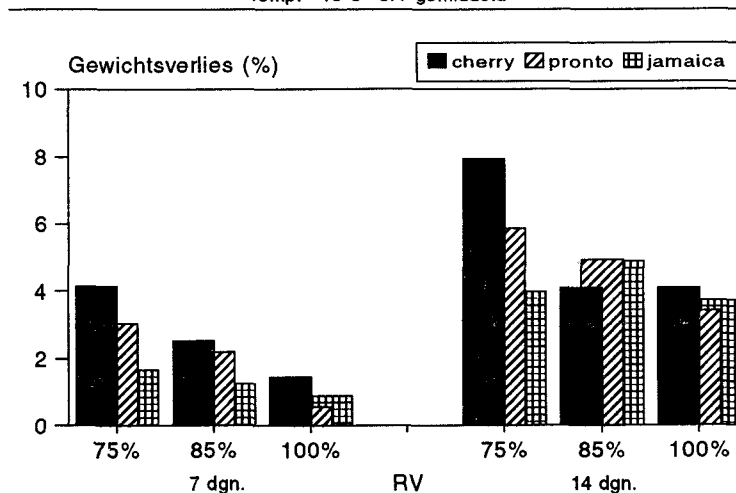


Uit figuur 4 blijkt dat het stevigheidsverlies van de 3 rassen sterk afhankelijk is van de RV. Vooral cherry-tomaten worden zacht bij lagere RV-waarden. Geen van de opgelegde combinaties van koolzuur en zuurstof had belangrijke effecten op het stevigheidsverlies. Er was een lichte tendens dat 3% O₂ bij de rode tomaten (Pronto en Cherry-tomaten) de remming van het stevigheidsverlies enigszins nadelig beïnvloedde.

Gewichtsverlies

Alle 3 de rassen vertoonden sterk vergelijkbare toenemende gewichtsverliezen als gevolg van lagere RV-waarden. Dit gewichtsverlies was voor de 3 rassen in de tijd ook gelijk.

Fig 6: Effect van rv op gewichtsverlies
Temp.= 18°C CA=gemiddeld



Afbeelding 6

Kleur

Geen van de 3 rassen vertoonde enig effect van de RV op de kleurontwikkeling. Ook de gebruikte koolzuurconcentraties waren bij geen van de rassen van invloed op de kleurontwikkeling. Jamaica en Pronto vertoonden een slechts zeer geringe tragere doorkleuring bij 3% zuurstof.

Microbiële aantasting

In dit experiment was sprake van een aantal gebarsten tomaten dat ervoor verantwoordelijk was dat complete monsters werden geïnfecteerd. Gedetailleerde rapportage over specifieke MA-effecten op de mate van aantasting is daardoor niet mogelijk. Tomaten van het ras Jamaica vertoonden meer microbiële bederf (rot en schimmel) dan de Pronto-tomaten. Opvallend was de afwezigheid van enige aantasting na 7 dagen bij de cherry-tomaten.

2.5. Effecten van specifieke MA-condities, toegespitst op hoge RV-waarden

Proefopzet

Het doel van deze experimenten is de effecten te laten zien van hoge RV-waarden op de kwaliteit van met name het commercieel interessante ras Revido. Hiertoe zijn kleine variaties getest in de range van 90-100% RV. Bovendien is in de combinatie van de gascondities 10% zuurstof meegenomen, omdat er aanwijzingen zijn dat bij deze concentratie, eventueel in combinatie met verhoogde koolzuur-concentraties, effecten op de kleurontwikkeling zijn te verwachten en deze concentratie in de praktijk in MA-verpakkingen goed realiseerbaar is.

In het CA-doorstroomsysteem zijn 24 combinaties van RV (90, 93, 96 en 100%), koolzuur (0 en 6%) en zuurstof (3, 10 en 21%) aangebracht. De tomaten zijn gedurende 14 dagen behandeld bij 18°C. Op dag 0, 7 en 14 zijn de verschillende kwaliteitskenmerken beoordeeld.

Stevigheid

Het bewaren bij 3% zuurstof of 6% koolzuur zorgde in deze experimenten voor een geringe remming van het stevigheidsverlies. Echter het effect van de RV op het stevigheidsverlies is veel markanter. Daarom zijn t.b.v. de leesbaarheid de diverse gascondities per RV-waarde weer gemiddeld en samengevat in tabel 16. Het blijkt dat het stevigheidsverlies tijdens de MA-behandeling sterk afhankelijk is van de RV. Bij 100% RV vindt een volledig behoud van de stevigheid plaats. In de range 100 naar 90% RV neemt de stevigheid na 14 dagen bewaren langzaam af. Ook bij 90% RV is de stevigheid echter nog ruim voldoende.

Tabel 16. Effect van de RV op de stevigheid van "Revido" tomaten na 7 en 14 dagen MA-bewaring bij 18°C. De LSD is 0,05 (P<0,05).

	Indrukking in mm			
	90% RV	93% RV	96% RV	100% RV
0	0.77	0.77	0.77	0.77
7	0.98	0.90	0.87	0.83
14	1.08	1.00	0.96	0.87

Gewichtsverlies

De RV heeft ook bij Revido-tomaten een duidelijk effect op het gewichtsverlies. Hoe hoger de RV hoe geringer het gewichtsverlies. Het gewichtsverlies is de eerste 7 dagen bovendien gelijk aan het gewichtsverlies in de tweede 7 dagen (tabel 17).

Tabel 17. Effect van de RV op het gewichtsverlies van "Revido" tomaten na 7 en 14 dagen MA-bewaring bij 18°C. De LSD is 0,12 (P<0,05).

	% Gewichtsverlies			
	90	93	96	100
7 dagen	0.97	0.76	0.62	0.40
14 dagen	2.04	1.60	1.32	0.80

Kleur

Er is geen effect waargenomen van de RV op de kleurontwikkeling bij de diverse koolzuur-en zuurstofconcentraties. In tabel 18 zijn de verschillende RV experimenten daarom gemiddeld per gasconditie weergegeven.

Tabel 18. Effect van de O₂ en CO₂-concentratie op de kleurontwikkeling van "Revido" tomaten na 7 en 14 dagen MA-bewaring bij 18°C. De LSD voor O₂ is 0,2 voor CO₂ is 0,3 (P<0,05).

	Kleur (CBT-kleurenkaart)				
	3%O ₂	10%O ₂	21%O ₂	0%CO ₂	6%CO ₂
dag 0	8	8	8	8	8
dag 7	8	9.8	10.1	9.8	8.8
dag 14	8.1	10.8	10.1	10.3	9.1

De doorkleuring wordt in sterke mate geremd bij de laagste concentratie zuurstof. De 6% koolzuur remt de doorkleuring eveneens, maar in geringere mate. In tabel 19 staan de effecten weergegeven van de combinatie van verlaagde zuurstof en verhoogde koolzuur-concentraties. Zowel bij 0% als bij 6% heeft verlaging van de zuurstofconcentratie een remmend effect op de kleurontwikkeling. Verhoging van de koolzuur-concentratie heeft bij 3% zuurstof geen effect. Bij zowel 10 als 21 % zuurstof heeft verhoging van het koolzuurgehalte een remmend effect op de kleurontwikkeling. Voor de praktijk is het koolzuur-effect interessant omdat een verhoogde koolzuur-concentratie gemakkelijker in een MA-verpakking is te realiseren dan een sterk verlaagde zuurstofconcentratie.

Tabel 19. Effekt van de combinatie van O₂ en CO₂-concentratie op de kleurontwikkeling van "Revido" tomaten tijdens MA-bewaring bij 18°C. De LSD is 0,03 (P<0.05)

	Kleur (CBT-kaart)	
	0% CO ₂	6% CO ₂
3% O ₂	7.8	7.7
10% O ₂	9.8	8.5
21% O ₂	9.4	8.8

Microbiële aantastingen

In tabel 20 en 21 is het gemiddeld aantal door rot en schimmel aangetaste tomaten per monster van 15 tomaten weergegeven. In deze experimenten zijn de kroontjes niet verwijderd.

De gascondities waren niet van invloed op het voorkomen van microbiële aantastingen en de experimenten hiermee zijn per RV-waarde gemiddeld.

Tabel 20. Effekt van de RV op het optreden van rot op "Revido" tomaten bij MA-bewaring bij 18°C. De LSD is 1.8 (P<0.05).

	Aantal tomaten met rot (gem. N per 15)		
	dag 0	dag 7	dag 14
90% RV	0	0	1.2
93% RV	0	0.2	0.8
96% RV	0	0.2	3.8
100% RV	0	0	5.8

Na 7 dagen MA-behandeling is het aantal tomaten met rot-verschijnselen zeer gering. Na 14 dagen MA-behandeling neemt de hoeveelheid aangetaste tomaten toe bij toenemende RV.

Tabel 21. Effect van de RV op het optreden van schimmel op de kroontjes van "Revido" tomaten tijdens MA-bewaring bij 18°C. De LSD is 0.06 (P<0.05).

	Schimmelaantasting (0=geen; 5=sterk)		
	0	7	14
90% RV	0	2	2.8
93% RV	0	2.5	3.7
96% RV	0	2.8	4
100% RV	0	3.2	3.8

Zowel na 7 dagen als na 14 dagen was schimmelgroei op de kroontjes bij alle RV-waarden waarneembaar. Op dag 7 is een relatie tussen de mate van schimmelgroei en de RV te onderscheiden. Na 14 dagen is de schimmelaantasting bij 90% RV significant lager dan bij de 3 andere geteste RV-waarden.

2.6. Toepassing MA-verpakkingen op "Revido" tomaten met en zonder kroontje

Proefopzet

Het doel van deze proef is het praktisch concept te ontwerpen voor een MA-kleinverpakking voor tomaten. Er zijn tomaten gebruikt van het ras Revido met kleur 8 (CBT-kleurenkaart) met en zonder kroontje.

Er zijn 14 verschillende verpakkingsvormen onderzocht (zie tabel 22). Hyplast, roos en went zijn handelsnamen. Per verpakkingsvorm zijn 4 verpakkingen met 8 tomaten met kroontje en 4 verpakkingen met 8 tomaten zonder kroontje getest. De gascondities zijn gemeten op dag 1, 6, 9 en 13 met behulp van een gaschromatograaf. De kwaliteitskenmerken zijn beoordeeld op dag 0, 7 en 14. De bewaartemperatuur was 18°C en de RV 65%.

Tabel 22. Overzicht van de geteste MA-verpakkingsvarianten

nr.	Folie	Droogmiddel	Verpakkingsvorm
1	polystyreen		bakje met deksel
2	hyplast		zakje geseald
3	PE-53µm		zakje geseald
4	PE-17µm		zakje geseald
5	PE-7µm		zakje geseald
6	PE-17µm	10 g	zakje met desiccant sachet
7	PE-17µm	20 g	zakje met 2 desiccant sachets
8	PE-43µm_roos		ethyleenadsorberende? plastic zak
9	PE-17µm_went		pulpschaal en folie geseald
10	PE-17µm_went		schuimschaal en folie geseald
11	PE-17µm_went	10 g	schuimschaal+folie+desiccant
12	PE-17µm_went	20 g	schuimschaal+folie+ 2x desiccant
13	onverpakt		open bakje
14	PE-17µm_perf.		bakje+folie+25 cold needle perf.

Resultaten

Gascondities in de MA-verpakkingen

Tabel 23. Gasconcentraties in 14 MA-verpakkingsvarianten met "Revido" tomaten bewaard bij 18°C. De LSD voor O₂ is 1,0 en voor CO₂ 0,3 (P<0,05).

nr.	Gasconcentratie		nr.	Gasconcentratie	
	% O ₂	% CO ₂		% O ₂	% CO ₂
1	20.7	2.0	8	14.1	3.6
2	8.2	2.6	9	17.4	3.4
3	9.3	6.8	10	14.4	4.8
4	17.1	2.4	11	14.8	4.4
5	17.8	1.6	12	14.0	4.5
6	15.4	2.5	13	21.0	0.04
7	15.8	2.5	14	21.0	0.81

De in tabel 23 weergegeven gascondities zijn gemiddelde waarden van de dagelijkse metingen. Zij geven een indruk van de in de diverse MA-verpakkingen opgebouwde gascondities.

Stevigheid

In tabel 24 is de stevigheid van de tomaten weergegeven na 7 en 14 dagen MA-verpakking bij 18°C. De tomaten met en zonder kroontje zijn hierbij gemiddeld per behandeling, daar de aan- of afwezigheid van het kroontje geen effect heeft op het stevigheidsverloop (zie rapportage 1^e fase en dit rapport in 1.3.).

Tabel 24. Effect van MA-verpakkingsvarianten op de stevigheid na 7 en 14 dagen bewaring bij 18°C. De indrukking op dag 0 was 0.64 mm. De LSD is 0,16 (P<0,05).

Indrukking in mm na			Indrukking in mm na		
Verpakkingsnr.	7 dagen	14 dagen	Verpakkingsnr.	7 dagen	dag 14
1	0.66	0.73	8	0.62	0.78
2	0.81	1.20	9	0.78	0.87
3	0.57	0.68	10	0.65	0.73
4	0.67	0.82	11	0.73	0.88
5	0.80	0.87	12	0.72	0.80
6	0.81	0.86	13	0.82	1.22
7	0.78	0.87	14	0.79	0.86

Revido is een stevige tomaat, die bovendien een gering stevigheidsverlies heeft. Dit komt in deze experimenten ook goed naar voren. Na 7 dagen is de indrukking van 0,64 mm opgelopen tot 0,82 en na 14 dagen nog slechts tot 1,22. Deze indrukking komt ongeveer overeen met een stevigheid die bij aanvoer op de veiling discutabel is. Revido is dus een relatief goed houdbare tomaat wat betreft zijn stevigheid. Het stevigheidsverlies van 0,64 tot 1,22 mm indrukking is ook aangetroffen bij het gebruik van de sterk waterdoorlaatbare folie hyplast, verpakkingsnr 2. De meeste andere verpakkingen hadden een sterk positief effect op het stevigheidsbehoud, waarbij de verpakkingen 1, 3 en 10 het sterkst effect vertoonden. Hoewel Revido van zichzelf al een stevige tomaat is en langzaam zacht wordt is er dus toch een duidelijk positief effect van MA-verpakkingen ook op deze tomaat.

Kleur

Het verwijderen van het kroontje had bij geen van de geteste verpakkingsvarianten effect op de kleurontwikkeling. In tabel 25 is daarom de kleur van de tomaten met en zonder kroontje per verpakking gemiddeld.

Tabel 25. Effect van MA-verpakkingsvarianten op de kleur van "Revido" tomaten na 7 en 14 dagen bewaring bij 18°C en 65%rv. De kleur is bepaald met de CBT-kleurenkaart (kleur op dag 0 is 8). De LSD is 0,3 (p<0,05).

Verpakkingsnr.	Kleur na		Verpakkingsnr.	Kleur na	
	7 dagen	14 dagen		7 dagen	14 dagen
1	11	12	8	11	12
2	8	10	9	11	12
3	9.3	10.5	10	11	12
4	11	12	11	11	12
5	11	12	12	11	12
6	11	12	13	11	12
7	11	12	14	11	12

Het blijkt dat de kleurontwikkeling in MA-verpakkingen sterk geremd kan worden met de folies met een hoge gasbarrière zoals de hyplast (nr 2.) en de PE-53µm (nr 3.).

Microbiële aantastingen

Op dag 7 is in totaal 1 tomaat met rot aangetroffen in alle verpakkingsvarianties met tomaten zonder kroontje. In de verpakkingen nr. 4, 5, 6 en 14 is rot waargenomen bij de tomaten met kroontjes.

Na 14 dagen bewaren is in geen van de verpakkingen waarin tomaten zaten zonder kroontjes rot aangetroffen. Tomaten met kroontjes vertoonden rotverschijnselen behalve de verpakkingsvarianties 2, 11, 12 en onverpakt.

Na 7 dagen vertoonden alle tomaten met kroontjes lichte schimmelgroei op de kroontjes, behalve de tomaten verpakt in hyplast en de onverpakte tomaten. Na 14 dagen was de aantasting verergerd, maar vertoonden ook de onverpakte tomaten schimmelgroei op de kroontjes.

Als de kroontjes zijn verwijderd werd in geen van de verpakkingsvarianten schimmelgroei waargenomen na 7 dagen MA-bewaren. Na 14 dagen trad enige schimmelgroei op op 30% van de tomaten, meestal op tomaten die rot-aantasting vertoonden.

2.7. Perspectieven van kartonnen dozen voor MA-verpakken van tomaat.

Proefopzet

Het MA-effekt op tomaten is tot dusver onderzocht op het niveau van consumenten-verpakkingen. Het gunstige effect van MA: remmen van de doorkleuring en behoud van stevigheid zou ook benut kunnen worden op wat grotere schaal dus op het niveau van handelsverpakkingen. In Nederland worden tomaten voornamelijk verpakt in kartonnen dozen met een bodemafmeting van 40 bij 30 cm. Deze dozen bevatten 6 kg tomaten en worden in zowel massief kartonnen uitvoering als golfkartonnen uitvoering toegepast. In deze proef wordt nagegaan of een dergelijke aangepaste 6 kg verpakking geschikt is om als MA-doos te kunnen fungeren. In tegenstelling tot deze MA-doos is ook de variant getest waarbij tomaten in folie in een bestaande doos werden verpakt. Deze variant is met twee folietypes getest. Andere variabelen in deze proef zijn: ook bewaren bij lage temperatuur (8°C) en het al of niet verwijderen van de kroontjes. In dit experiment is gekozen voor de ronde tomaat cv. "Chaser", welke een relatief snelle verzachting vertoont.

De onderzochte karton-verpakking heeft de mogelijkheid voldoende gesloten te kunnen worden om MA-condities op te kunnen bouwen. Naast deze MA-doos is ook de mogelijkheid getest om folie in dozen toe te passen. Hiervoor is de PE-folie met een dikte van 7 µm en de sterk water-doorlatende folie hyplast gebruikt.

De bewaarperiode was 8 dagen bij een temperatuur van 18 en 8°C. De helft van de tomaten werd van hun kroontjes ontdaan.

Na 8 dagen werden de stevigheid, het gewicht en de kleur gemeten. Gascondities werden bepaald en de microbiële aantasting werd gescoord. De proefopzet is samengevat in tabel 26.

Tabel 26. Proefopzet

Verpakking	Aantal dozen met 6 kg tomaten			
	18°C		8°C	
	+kroontje	-kroontje	+kroontje	-kroontje
MA-doos	2	2	2	2
standaard-doos	2	2	2	2
doos met PE-7µm	2	2	2	2
doos met hyplast-30µm	2	2	2	2

Resultaten

Gasconcentraties

Ter illustratie zijn de gasconcentraties op dag 5 van de 10 dagen MA-bewaring in tabel 27 weergegeven.

Tabel 27. Gasconcentraties in MA-doosverpakkingen van "Chaser" tomaten na 5 dagen MA-bewaring bij 18°C.

Verpakking	Gasconcentratie	
	% CO ₂	% O ₂
MA-doos	5.9	17.1
standaard-doos	0.035	20.8
doos+ PE-7µm	2.7	15.9
doos+ hyplast-30µm	3.2	5.4

De koolzuurconcentratie in zowel de speciale MA-doos als de dozen met de toegevoegde folies loopt sterk op. De zuurstofconcentratie in de MA-doos of de doos met de PE-folie is verlaagd. De hyplast-folie zorgt voor een zeer sterk verlaagde zuurstofconcentratie.

Stevigheid

Het verwijderen van de kroontjes had geen effect op het stevigheidsverlies van de tomaten tijdens de MA-behandeling. De stevigheids-waarden van de tomaten zijn daarom per verpakkingstype gemiddeld.

Tabel 28. Effect van MA-verpakkingsdozen op het stevigheidsverlies van Chaser tomaten na MA-bewaring bij 18 en 8°C. De indrukking op dag 0 was 0,82 mm. De LSD is 0,09 ($p < 0,05$). en 8 dagen bewaard bij 18°C en 8°C. De beginstevigheid was 0.82 mm indrukking.

Verpakking	Indrukking in mm bij	
	18°C	8°C
MA-doos	0.91	0.81
standaard-doos	1.32	0.92
doos + PE-7µm	0.99	0.84
doos + hyplast-30µm	1.34	0.98

Bij 18°C is de stevigheid van de tomaat in de huidige open doos sterk teruggelopen. De indrukking is opgelopen van 0,82 tot 1,32 mm; een waarde die overeenkomt met een stevigheid die bij aanvoer op de veiling onacceptabel zou zijn. Ditzelfde stevigheidsverlies treedt op indien een folie wordt gebruikt met een grote waterdoorlaatbaarheid (de hyplast-30 µm). De speciale MA-doos en de huidige doos met de PE-7µm folie zorgen ervoor dat de stevigheid gedurende de 10 dagen bij 18°C volledig behouden blijft. Koel bewaren bij 8°C heeft een sterk remmend effect op het stevigheidsverlies. Opvallend is ook hier de significant steviger tomaten na de MA-behandeling met de speciale MA-doos of de doos met de PE-7µm folie.

Conclusie

Het is goed mogelijk met een aanpassing van de bestaande massief kartonnen doos een MA-verpakking te creëren die resulteert in het vrijwel volledig verhinderen van het zacht worden van de tomaten. De toepassing kan zowel plaatsvinden bij 18 als bij 8°C.

Gewichtsverlies

Het verwijderen van de kroontjes had geen effect op het gewichtsverlies. De gewichtsverliezen in tabel 29 zijn daarom per MA-doos gemiddeld.

Tabel 29. Effekt van MA-doos op het gewichtsverlies van "Chaser" tomaten gedurende 10 dagen MA-bewaring bij 18 en 8°C.

Verpakking	% Gewichtsverlies bij	
	18°C	8°C
MA-doos	0.41	0.21
standaard-doos	2.50	0.78
doos + PE-7µm	0.34	0.05
doos + hyplast-30µm	2.16	0.94

Tomaten verpakt in de huidige dozen verliezen bij 18°C gedurende 10 dagen 2,50% van hun gewicht. Bij 8°C is dit ook altijd nog 0,78%. In de dozen die zijn bekleed met de sterk waterdoorlatende folie hyplast treedt een vergelijkbaar gewichtsverlies op. De doos met de PE-folie en de speciale MA-doos zorgen voor een vrijwel volledig behoud van het gewicht tijdens de 8 dagen bewaring. Het gewichtsverlies is sterk afhankelijk van de bewaartemperatuur. Bij 18°C treedt een veel sterker gewichtsverlies op dan bij 8°C, maar ook bij de laagste temperatuur is het behoud van het gewicht bij de MA-doos en de doos met de PE-folie veel beter dan bij gebruik van de huidige doos.

Kleur

De kleurontwikkeling wordt slechts geremd door de meest gasdichte verpakkingsvariant; de hyplast-folie. De beginkleur 8 is na 8dagen bewaren opgelopen tot 10, terwijl bij de 3 andere verpakkingen de kleur is opgelopen tot 12. Bij 8°C is de kleur in alle geteste dozen na 8 dagen opgelopen tot 10.

Tabel 30. Het effect van MA-dozen op de kleurontwikkeling van "Chaser" tomaten na 8 dagen MA-bewaring bij 18 en 8°C. De kleur op dag 0 was 8 (kleurenkaart CBT).

Verpakking	Kleur	
	18°C	8°C
MA-doos	12	9
Standaard-doos	12	9
doos + PE-7µm	12	9
doos + hyplast-30µm	10	10

Microbiële aantastingen

Na 8 dagen bewaring bij 8°C is bij geen van de onderzochte verpakkingsvarianten schimmel of rot aangetroffen. Bij 18°C is incidenteel rot aangetroffen op tomaten in de met een folie ingelegde doos. Ook schimmel op de tomaat kwam in geringe mate voor. Schimmel op het kroontje kwam niet voor op de in hyplast-verpakte tomaten. Tomaten in de speciale MA-doos vertoonden geen rot of schimmelaantastingen op de tomaat zelf, maar de kroontjes waren aangetast. (tabel 31).

Tabel 31. Effecten van MA-dozen op de microbiële aantasting van MA-verpakte "Chaser" tomaten na bewaring gedurende 8 dagen bij 18°C.

	Aantastingen (0=geen; 5=ernstig)		
	schimmel op kroontje	rot	schimmel op de tomaat
MA-doos	3	0	0
standaard-doos	0	0	0
doos + PE-7µm	4	0.75	1.5
doos + hyplast-30µm	0	0.25	0.5

Conclusies en aanbevelingen

Conclusies

1. Het MA-naoogst-systeem zorgt ervoor dat **het zacht worden** van tomaten sterk wordt geremd of zelfs volledig wordt geblokkeerd. De **kleurontwikkeling** van de tomaten tijdens de behandeling is afhankelijk van de gascondities in de MA-verpakking. De snelheid van doorkleuring kan door een juiste keuze van het verpakkingstype worden geregeld.
2. De **houdbaarheid** van de MA-verpakte tomaten is na het uitpakken nog tenminste 9 dagen. Afhankelijk van de kwaliteit van het ras zijn er verschillen in houdbaarheid na de MA-behandeling.
3. De aanwezigheid van de kroontjes op de tomaten levert risico's op voor **schimmelgroei** tijdens MA-behandeling bij hoge RV-waarden. Deze schimmelgroei is te voorkomen door de **kroontjes te verwijderen**, te kiezen voor een **aangepaste MA-verpakking** met een lagere RV-waarde, waardoor enige concessie wordt gedaan aan het stevigheidsbehoud of te **bewaren bij lagere temperatuur**.
4. Het MA-systeem verhindert het **gewichtsverlies** van geogoste tomaten.
5. Met een MA-behandeling is het mogelijk later en dus rijper, roder en zachter te oogsten. De **rijp-geogoste tomaten** worden immers tijdens de na-oogst-fase niet verder zacht en kunnen dus nog goed vervoerd en verkocht worden.
6. De **smaak** van MA-behandelde tomaten is beter omdat de consument **rijpe/rode tomaten** met voldoende stevigheid krijgt aangeboden, waardoor de tomaat automatisch ook in een rijper stadium zal worden geconsumeerd.
7. De **zoetheid** van MA-bewaarde tomaten is hoger dan van onbehandelde tomaten in hetzelfde kleurstadium. Ze zijn ook **minder zuur**, terwijl het **aroma** zich onderscheidt van de onbehandelde tomaten (niet negatief).
8. Het MA-systeem werkt goed bij tomaten die in het voorjaar, de vroege zomer, de zomer en het najaar zijn geteeld. Het systeem is dus het **hele seizoen** te gebruiken.
9. Het MA-systeem heeft bij **alle geteste rassen** dezelfde uitwerking. De mate waarin de effecten optreden is enigszins rasafhankelijk.
10. De snelheid van de verzachting tijdens de MA-behandeling bij 18°C wordt bepaald door de **relatieve luchtvochtigheid** en de **vochtafgifte**.
11. De **gascondities** (combinatie van zuurstof en koolzuur) bepalen de effecten op de **kleur**.

12. De haalbaarheidsstudie heeft voldoende kennis opgeleverd om praktisch toepasbare **verpakkingen te ontwerpen** op het niveau van consumentverpakking (1 kg) en handelsverpakking (6 kg).
13. Met een speciaal ontwerp kan de bestaande **kartonnen doos** eenvoudig worden aangepast tot een **MA-verpakking op het 6 kg-niveau**. Een prototype hiervan is getest en kan in de huidige logistiek worden ingezet zonder extra handling.

Aanbevelingen

1. De invloed van het **ras** op de effecten van de MA-behandeling moet nog verder worden uitgewerkt. Nieuwe rassen dienen te worden meegenomen.
2. Het effect van de gascondities op de **smaak** dient verder te worden onderzocht om de hoogst mogelijke smaakverbetering te kunnen bewerkstelligen.
3. De lengte van de **houdbaarheid** na uitpakken dient voor de diverse rassen in kaart te worden gebracht.
4. Het probleem van het optreden van **schimmelgroei** op de kroontjes bij lange behandelingsduur, hoge temperatuur en RV-waarde zal worden onderzocht met kortere verblijftijden, lagere temperaturen en aangepaste RV-waarden.
5. Het is essentieel een fundamentele **verklaring** te zoeken voor het consequent gepaard gaan van stevigheidsverlies en gewichtsverlies.
6. De **implementatie van de conceptverpakking** in de praktijk, zowel de kleinverpakking (1 kg) als de handelsverpakking van 6 kg.
7. Onderzoek naar mogelijkheden van **pallet-sealing** en de relaties met de bestaande keten.

De conclusie van het haalbaarheidsonderzoek naar de mogelijkheden een MA-verpakkingstelsel voor de Nederlandse tomaat te ontwerpen is dat de toepassing van het stelsel in principe goed mogelijk is. Voordat tot daadwerkelijke toepassing zal kunnen worden overgegaan is nog een aantal knelpunten op te lossen waarvoor in de aanbevelingen onderzoek is aangegeven.

Wij hebben goede hoop dat na deze studies een MA-verpakking voor de Nederlandse tomaat beschikbaar is die ervoor zal kunnen zorgen dat de kwaliteit van de Nederlandse tomaat zodanig verhoogd zal kunnen worden dat de concurrentiepositie op de exportmarkt haar oude niveau zal terugkrijgen.