

A101

# Ontwikkeling van een MA-transportdoos voor broccoli

Onderzoek in opdracht van KNP-BT

Anneke Polderdijk  
Gerard van den Boogaard  
Henry Boerrigter  
Cees van Weert  
Casper Willems

Vertrouwelijk

## ato-dlo





ATO-DLO

## Ontwikkeling van een MA-transportdoos voor broccoli

Onderzoek in opdracht van KNP-BT

**VERTROUWELIJK**

Anneke Polderdijk  
Gérard van den Boogaard  
Henry Boerrigter  
Cees van Weert  
Casper Willems

**Agrotechnologisch  
Onderzoek Instituut  
(ATO-DLO)**  
Bornsesteeg 59  
Postbus 17  
6700 AA Wageningen  
tel. 0317 - 475000  
fax. 0317 - 475347

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

2223576

<b>Inhoudsopgave</b>	<b>Pagina</b>
Samenvatting . . . . .	4
1. Inleiding . . . . .	6
2. Toegepaste meetmethoden en technieken . . . . .	7
2.1 O <sub>2</sub> en CO <sub>2</sub> metingen . . . . .	7
2.2 Kwaliteitsmetingen . . . . .	7
2.3 Statistische analyses . . . . .	7
3. Lekwaarden/diffusiewaarden van een reeks typen MA-transportdozen voor broccoli bij diverse temperaturen . . . . .	8
3.1 Inleiding . . . . .	8
3.2 Proefopzet . . . . .	8
3.3 Resultaten en discussie . . . . .	9
3.4 Conclusies . . . . .	9
4. Toetsing op geschiktheid van een reeks MA-transportdozen voor broccoli	10
4.1 Inleiding . . . . .	10
4.2 Proefopzet . . . . .	10
4.3 Resultaten en discussie . . . . .	10
4.4 Conclusies . . . . .	14
5. Houdbaarheid bij diverse temperaturen van broccoli in MA-transport- dozen en EPS-kralen . . . . .	15
5.1 Inleiding . . . . .	15
5.2 Proefopzet . . . . .	15
5.3 Resultaten en discussie . . . . .	15
5.4 Conclusies . . . . .	18
6. De invloed van stapeling en doosvolume op de gasdoorlaatbaarheid van MA-transportdozen voor broccoli . . . . .	19
6.1 Inleiding . . . . .	19
6.2 Proefopzet . . . . .	19
6.3 Resultaten en discussie . . . . .	19
6.4 Conclusies . . . . .	20
7. Afkoelgedrag van broccoli verpakt in MA-transportdozen en in standaard EPS-kralen . . . . .	21
7.1 Inleiding . . . . .	21
7.2 Proefopzet . . . . .	21

7.3	Resultaten en discussie .....	23
7.3.1	Temperatuurmetingen .....	23
7.3.2	Gasmetingen .....	24
7.3.3	Resultaten kwaliteitsverloop .....	25
7.4	Conclusies .....	27
8.	Vervolg afkoelgedrag van broccoli verpakt in MA-transportdozen en in standaard EPS-kralen .....	29
8.1	Inleiding .....	29
8.2	Proefopzet .....	29
8.3	Resultaten en discussie .....	30
8.3.1	Temperatuurmetingen .....	30
8.3.3	Gasmetingen .....	31
8.3.4	Kwaliteit .....	33
8.4	Conclusies .....	34
9.	Algemene conclusies .....	36

## Samenvatting

Broccoli is ongekoeld bij kamertemperatuur onder normale luchtomstandigheden (NA) slechts enkele dagen houdbaar. Bij 0-1°C kan broccoli 1 à 2 maanden worden bewaard, mits uitdroging wordt tegengegaan. Toepassing van CA/MA bewaring kan de houdbaarheid van broccoli aanzienlijk verlengen. Het belangrijkste effect is dat de geelverkleuring van de broccoli wordt geremd. Het *relatieve* CA/MA-effect is bij de optimale bewaartemperatuur kleiner dan bij suboptimale bewaartemperaturen.

In de Nederlandse praktijk wordt broccoli direct na de oogst ingekoeld bij 0-1°C. Variërend van enkele dagen tot enkele weken na de oogst wordt de broccoli geschoond, gesorteerd en eventueel kleinverpakt. Bewaring en transport van Nederlandse broccoli vinden plaats in EPS-kratten (EPS=Euro Pool System), met afmetingen van 60 x 40 x 16 cm en een inhoud van 6 kg. In het buitenland (Spanje, Verenigde Staten) wordt de broccoli tijdens het transport vaak bedekt met een laagje scherfijns om kwaliteitsverlies zo veel mogelijk tegen te gaan.

Gedurende de tweede helft van 1997 zijn twee prototypen MA-transportdozen voor broccoli ontwikkeld. Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van en in samenwerking met KNP-BT. De dozen zijn ontwikkeld voor toepassing bij de bewaring en het transport van broccoli. **Het ene prototype is gemaakt van eenzijdig gecoat massief karton en het andere prototype van tweezijdig gecoat golfkarton. Beide doostypen zijn aan de bovenkant afgesloten met een raam van ondoorlaatbare PVDC-folie.**

In het verleden is door ATO-DLO uitvoerig onderzoek gedaan naar de effecten van CA/MA-condities op de kwaliteit van broccoli, zodat bij dit onderzoek over een reeds aanzienlijke hoeveelheid expertkennis kon worden beschikt. Bij dit onderzoek zijn bovendien door ATO-DLO ontwikkelde MAP-modellen en kwaliteitsverloopmodellen toegepast. Deze werkwijze bleek succesvol.

De selectie van het juiste doostype is gericht geweest op:

- maximaal MA-effect
- robuustheid van de doos (temperatuurschok van 23°C)
- veiligheid bij hogere temperaturen tot 18°C (fermentatie/ verzuring)
- effect van palletstapeling op permeabiliteit van de doos en minimalisering daarvan
- effect van de doos op het afkoelgedrag

De werkwijze is als volgt geweest:

- 1) Berekening van de gewenste permeabiliteit van de te testen dozen,
- 2) testen van een reeks doostypen zonder product en selectie van de beste doostypen,
- 3) testen van een reeks doostypen met product en selectie van de beste doostypen,
- 4) vaststellen van de houdbaarheidsverlenging van broccoli in de geselecteerde doostypen,
- 5) onderzoek naar de invloed van een (pallet)stapeling op de permeabiliteit van de geselecteerde doostypen en op de afkoeling van broccoli in de geselecteerde doostypen,
- 6) idem, maar met aangepaste doostypen.

De verlenging van de bewaarbaarheid/houdbaarheid is bij toepassing van het massief kartonnen type iets beter dan bij toepassing van het golfkartonnen type. Bij 8°C is broccoli in normale lucht ongeveer 12 dagen houdbaar. De bewaarbaarheid kan door toepassing van de MA-dozen bij 8°C met ongeveer één week worden verlengd. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de dozen in een palletstapeling bewaard/getransporteerd worden. Bij individuele dozen is het effect iets geringer.

De MA-dozen vertragen de vergeling en beperken het vochtverlies tot een minimum, waardoor geen extra bevochtiging hoeft te worden toegepast.

Uit het onderzoek is gebleken dat de gasdoorlaatbaarheid van de geteste dozen in een dichte palletstapeling minder is dan van individuele dozen. Hierdoor zijn de MA-condities in een palletstapeling extremer en is het daaraan gekoppelde kwaliteitsverlies geringer. Dit geldt in veel mindere mate voor de bovenste laag dozen in een stapel. Ook is gebleken dat de afkoeling in palletgestapelde MA-dozen trager verloopt dan in EPS-kralen. Bovendien wordt de ingestelde temperatuur niet bereikt door o.a. de beperkte warmteuitwisseling en de hoge ademhaling van de broccoli. Het MA-kwaliteitsvoordeel is echter groter dan het nadeel voor de kwaliteit van de vertraagde afkoeling.

N.B. In de praktijk zal de broccoli gekoeld de dozen ingaan.

De gevolgde werkwijze is succesvol gebleken.

## 1. Inleiding

Broccoli is ongekoeld bij kamertemperatuur onder normale luchtomstandigheden (NA) slechts enkele dagen houdbaar. Bij 0-1 °C is de houdbaarheid 1 à 2 maanden, mits uitdroging wordt voorkomen. Broccoli is namelijk erg gevoelig voor uitdroging. Uit onderzoek van ATO-DLO, evenals uit de literatuur, is gebleken dat bewaring onder CA/MA condities de houdbaarheid van broccoli aanzienlijk kan verlengen. Het belangrijkste effect van CA/MA condities is dat het opengaan van de bloemknoppen en daardoor de geelverkleuring wordt geremd.

In de literatuur wordt voor broccoli bij een optimale bewaar temperatuur van 0-1°C een CA-conditie van 1-2% O<sub>2</sub> en 5-10% CO<sub>2</sub> aanbevolen. Over optimale gascondities bij suboptimale temperaturen is voor zover bekend niet gepubliceerd. Uit onderzoek uitgevoerd door ATO-DLO, waarbij een reeks MA-verpakkingen werd getoetst bij een range temperaturen, bleek dat 15% CO<sub>2</sub> gecombineerd met 4% O<sub>2</sub> uitstekende resultaten gaf. Stijging van het % CO<sub>2</sub> tot 19% gecombineerd met een daling van het % O<sub>2</sub> tot 4% leidde tot fermentatie (zure geur).

In de Nederlandse praktijk wordt broccoli direct na de oogst bij de teler ingekoeld bij 0-1°C. Meestal wordt actieve bevochtiging toegepast om uitdroging te voorkomen. Variërend van enkele dagen tot enkele weken later wordt de broccoli opeenvolgend geschoond, gesorteerd en eventueel kleinverpakt.

In de praktijk wordt broccoli bewaard en getransporteerd (al dan niet kleinverpakt) in EPS kratten (EPS = Euro Pool System) of in dozen met dezelfde afmetingen. De afmetingen zijn 60 x 40 x 16 cm. De inhoud is 6 kg. In enkele praktijksituaties wordt de broccoli na schoning/sortering in de krat/doos in een dichte plastic zak (liner) verpakt om MA-condities te creëren en om uitdroging te voorkomen. In het buitenland (Spanje, Verenigde Staten) wordt de broccoli tijdens het transport vaak bedekt met een laagje scherfijns om kwaliteitsverlies zo veel mogelijk tegen te gaan (handhaving temperatuur en vochtigheid).

De meeste winkels bieden broccoli kleinverpakt aan. De meest gangbare kleinverpakking is PVC-rekwikkelfolie. Uit onderzoek is gebleken dat de gangbare PVC kleinverpakking weliswaar de geelverkleuring van broccoli remt en uitdroging tegengaat, maar dat de MA-condities in de verpakking zelfs bij kamertemperatuur verre van optimaal zijn.

In dit rapport wordt het ontwikkelingstraject van 2 prototypen MA-transportdozen voor broccoli beschreven. Het rapport betreft een reeks van experimenten, uitgevoerd door ATO-DLO in opdracht van en in samenwerking met KNP-BT. In hoofdstuk 2 wordt een aantal veelvuldig in het onderzoek toegepaste meetmethoden en -technieken beschreven, zodat hiernaar kan worden gerefereerd in de rest van het rapport. In de hoofdstukken 3 tot en met 5 is het effect getoetst van een reeks doostypen op de MA-condities en kwaliteit en houdbaarheid van broccoli. In hoofdstuk 6 is onderzocht of de gasdoorlaatbaarheid van MA-transportdozen voor broccoli wordt beïnvloed door de plaats in een éénkolomstapel. In de hoofdstukken 7 en 8 is het effect onderzocht van een palletstapel op het afkoelgedrag en de gasdoorlaatbaarheid (c.q. MA-condities) van diverse typen MA-dozen. In hoofdstuk 9 wordt afgesloten met algemene conclusies.

## 2. Toegepaste meetmethoden en technieken

### 2.1 O<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub> metingen

De O<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub> concentraties zijn gemeten met een microgaschromatograaf met automatische monstername, injectie en calibratie (type chrompack 2002). De gemeten waarden zijn niet gecorrigeerd voor argon.

### 2.2 Kwaliteitsmetingen

De kwaliteitsmetingen zijn uitgevoerd door productexperts. De belangrijkste kwaliteitsaspecten bij broccoli zijn geelverkleuring, rot, schimmel, snijvlakverkleuring, slap en geurafwijkingen.

#### *Kwaliteitsmetingen*

Kleur:	visuele schaalverdeling van 7-0; 7=100% groen, 5=iets vergeling, 1=100% geel. Deze beoordeling kan zowel per broccolischerf als per doos worden uitgevoerd.
Rot:	aantal c.q. % schermen met rotaantasting per doos en aantal c.q. % afgekeurde schermen per doos. Een scherm wordt afgekeurd indien er meerdere rotaantastingen per scherm worden waargenomen of één rotaantasting met een oppervlakte > 0.25 cm <sup>2</sup> .
Schimmel:	aantal c.q. % schermen met schimmel per doos en aantal c.q. % afgekeurde schermen per doos. Een scherm wordt afgekeurd indien de meerdere schimmelaantastingen per scherm worden waargenomen of één schimmelaantasting met een oppervlakte > 1 cm <sup>2</sup> .
Snijvlakverkleuring:	visuele schaalverdeling van 0-5; 0=wit, 5=zwart/bruin.
Afwijkende geur:	wel of niet.

#### *Acceptabiliteit*

De acceptabiliteit geeft aan of een broccolischerf of een doos/kist met broccoli als geheel acceptabel is voor wat betreft de kwaliteit. Dit is niet het geval indien de kleur < 6 en indien geur en/of smaakafwijkingen worden waargenomen. Voor rot, schimmel en vooral voor snijvlakverkleuring zijn de grenzen wat moeilijker aan te geven. Globaal kan worden gesteld dat bij 1 scherm per doos/kist iets rot of schimmel (< resp. 0.25 en 1 cm<sup>2</sup>) is toegestaan. In hoeverre de snijvlakverkleuring een rol speelt zal erg van de markt afhangen.

#### *Houdbaarheid*

De houdbaarheid is de periode (dagen) dat de broccoli voldoende van kwaliteit blijft bij gedefinieerde condities (zie acceptabiliteit). Onder voldoende van kwaliteit wordt verstaan nog verkoopbaar.

### 2.3 Statistische analyses

Statistische analyses zijn uitgevoerd met behulp van het statistische pakket Genstat (ANOVA).



### 3. Lekwaarden/diffusiewaarden van een reeks typen MA-transportdozen voor broccoli bij diverse temperaturen

#### 3.1 Inleiding

Doel van de proef was om een range van doostypen te selecteren die op basis van hun lekwaarden geschikt zouden zijn voor toepassing bij broccoli.

#### 3.2 Proefopzet

##### *Voorproef lekmetingen aan dozen*

Om een goede inschatting te kunnen maken van de gewenste lekwaarde voor een broccolidoos zijn modelberekeningen uitgevoerd. Het gebruikte model is het MAP-model van Hertog en Tijskens. Als inputwaarden zijn gebruikt:

opslagtemperatuur 18°C

- ademhalingsactiviteit van broccoli bij 18°C (literatuur)
- hoeveelheid product per doos 6 kg
- afmetingen verpakking 60 x 40 x 16 cm

Door het lek (de doorlaatbaarheid) van de doos te variëren konden verschillende evenwichtsconcentraties O<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub> worden berekend.

In tabel 1 staat een reeks evenwichtsconcentraties O<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub> horend bij diverse lekwaarden. De met behulp van het MAP-model berekende lekwaarden voor de dozen waren als volgt:

Evenwichtsconcentraties O <sub>2</sub> en CO <sub>2</sub>	Berekend lek (ml/min/bar) per doos
3.2 - 15.7	12.5
3.9 - 14.1	16
5.3 - 12.2	25
6.5 - 10.9	33
7.6 - 9.9	42

Tabel 1: *Lekwaarde van de dozen (ml/min/bar) bij diverse evenwichtsconcentraties O<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub>*

Op basis van de berekende gewenste lekwaarden heeft KNP-BT een reeks doostypen vervaardigd, die aan de opgegeven lekwaarden zouden voldoen, al dan niet na keuze van geschikt folie voor het deksel. Vervolgens zijn bij 18°C, bij 10°C en bij 4°C de werkelijke lekwaarden van de dozen (zonder broccoli) gemeten. Hiertoe werd de concentratie CO<sub>2</sub> in de dozen verhoogd door middel van flushen met CO<sub>2</sub>. Vervolgens werd de afname aan CO<sub>2</sub> in de tijd gemeten met behulp van de gaschromatograaf. Hieruit kon de lekwaarde worden berekend.

### 3.3 Resultaten en discussie

Omdat geen significante verschillen werden aangetoond tussen de meetwaarden bij 18°C, 10°C en 4°C staan alleen de meetwaarden bij 18°C in tabel 2.

Doostype	Gemeten lek ml/min/bar bij 18°C
Massief karton 2-zijdig gecoat, deksel K200*	19
Massief karton 2-zijdig gecoat, deksel PA240	15
Massief karton 2-zijdig gecoat, deksel PA190	14
Massief karton 2-zijdig gecoat, deksel PA30	12
Massief karton 2-zijdig gecoat, deksel Suntec	16
Massief karton 2-zijdig gecoat, deksel PE-dik	7
Massief karton 1-zijdig gecoat, deksel PA240	31
Golfkarton 2-zijdig gecoat, deksel golfkarton	37
Golfkarton 2-zijdig gecoat, deksel PA240	44
Golfkarton 2-zijdig gecoat, deksel PA190	37

\* N.b. K200, PA240, PA190 en PA30 zijn microgeperforeerde OPP-folies

Tabel 2: *Gemiddeld gemeten lek (ml/min/bar per doos) bij 18°C per doostype/deksel combinatie*

Op basis van de gemeten lekwaarden zijn 5 doostypen geselecteerd, die in een vervolgproef gevuld met broccoli vergeleken zijn met verpakkingsvarianten uit de praktijk. Uitgangspunt hierbij was dat de lekwaarde niet minder dan 15 ml/min/bar mocht zijn, omdat de doos dan hoogst waarschijnlijk te dicht zou zijn bij 18°C, met als gevolg een grote kans op fermentatie van de broccoli bij 18°C.

#### *Geselecteerde doostypen voor vervolgonderzoek*

1. Tweezijdig gecoat massief karton met deksel K200 van OPP-folie; verwacht lek 19 ml/min.
2. Eenzijdig gecoat massief karton met deksel van PA240 OPP-folie; verwacht lek 30 ml/min.
3. Tweezijdig gecoat golfkarton met golfkartonnen deksel; verwacht lek 37 ml/min.
4. Tweezijdig gecoat golfkarton met deksel van PA240 OPP-folie; verwacht lek 44 ml/min.

### 3.4 Conclusies

Toepassing van het MAP-model van de Hertog en Tijskens bij berekeningen om inzicht te krijgen in gewenste lekwaarden van MA-dozen bedoeld voor een specifiek product, blijkt zeer informatief te zijn. Met behulp van dit model zijn doos/folie combinaties geselecteerd voor het vervolgonderzoek.

## 4. Toetsing op geschiktheid van een reeks MA-transportdozen voor broccoli

### 4.1 Inleiding

Doel van het onderzoek was het op laboratoriumschaal selecteren van de beste MA-transportdozen (beste massiefkartonnen en beste golfkartonnen doos) voor broccoli, met als selectie criterium het beste kwaliteitsbehoud van de broccoli.

### 4.2 Proefopzet

Crownbroccoli afkomstig van 2 telers verpakt in 5 typen dozen (met deksel van OPP-folie of met kartonnen deksel), in EPS-kralen met P<sup>+</sup>-zakken, in EPS-kralen met geperforeerde plastic zakken en onverpakt in EPS-kralen is bewaard bij 18°C, 90-95% rv en 10°C, 90-95% rv gedurende respectievelijk 4 en 8 dagen (2 herhalingen per doostype per teler per temperatuur). Na de bewaring en iedere dag van de nabewaring (dus geopende dozen) bij 18°C, 75% rv is de kwaliteit van de broccoli bepaald. Gedurende de bewaring is het verloop van de concentraties O<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub> in de dozen/verpakkingen gemeten.

N.B. De afmetingen dozen en kralen waren 60 x 40 x 16 cm, de inhoud was 6 kg. De afmeting van de plastic zakken was 60 x 80 x 40 cm. De afmeting van de foliedeksels was 55 x 50 cm.

*Verpakkingstypen (deels geselecteerd in hoofdstuk 3)*

1. Tweezijdig gecoat massief karton met deksel van K200 OPP-folie; verwacht lek 19 ml/min.
2. Eenzijdig gecoat massief karton met deksel van PA240 OPP-folie; verwacht lek 30 ml/min.
3. Tweezijdig gecoat golfkarton met deksel van PA30 OPP-folie; verwacht lek ± 25 ml/min (niet getest).
4. Tweezijdig gecoat golfkarton met golfkartonnen deksel; verwacht lek 37 ml/min.
5. Tweezijdig gecoat golfkarton met deksel van PA240 OPP-folie; verwacht lek 44 ml/min.
6. EPS-kralen met zak van PA160 PE-folie (bag in crate, praktijk verpakking).
7. EPS-kralen met zak van geperforeerde PE folie (bag in crate, praktijk verpakking).
8. EPS-kralen onverpakt (praktijk verpakking).

### 4.3 Resultaten en discussie

*Beginkwaliteit broccoli*

Herkomst 1: Marathon, Lord, mogelijk 2 rassen door elkaar, sortering 14-16 cm

Herkomst 2: Marathon, sortering 14-16 cm

De beginkleur van beide herkomsten broccoli was 7. Herkomst 2 was rijper geoogst dan herkomst 1. De voetkleur/snijvlakverkleuring van beide herkomsten was 0. Rotaantasting kwam niet voor.

### Verloop concentraties O<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub> in de verpakkingen

Na ongeveer 1.5 dag werden de evenwichtsconcentraties O<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub> bereikt. Tabel 3 is een overzicht van de gemiddelde evenwichtsconcentraties O<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub> in de verpakkingen.

Verpakking	18 °C (3.6 dagen)		10 °C (5.7 dagen)	
	% O <sub>2</sub> (std) (std)	% CO <sub>2</sub>	%O <sub>2</sub> (std) (std)	%CO <sub>2</sub>
Mass.2-z K200 deksel	5.1 (1.7)	16.3 (1.7)	9.9 (0.8)	12.2 (0.6)
Mass.1-z PA240 deksel	10.4 (0.8)	11.2 (0.6)	15.2 (0.1)	7.0 (0.2)
Golf golf deksel	12.2 (2.9)	9.6 (3.1)	14.9 (1.0)	7.9 (1.1)
Golf PA30 deksel	10.8 (0.6)	11.3 (0.7)	15.4 (0.3)	7.5 (0.4)
Golf PA240 deksel	12.0 (0.7)	10.3 (0.7)	16.7 (0.3)	6.0 (0.3)
EPS-PA160 zak	6.7 (3.0)	8.3 (1.2)	9.3 (1.4)	7.9 (0.6)
EPS-geperf. Zak	-	-	-	-
EPS-onverpakt	-	-	-	-

Tabel 3: Gemiddelde evenwichtsconcentraties O<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub> in de verpakkingen met bijbehorende standaardafwijking (N=4, gemiddelde 2 telers)

Uit de tabel blijkt dat de doos van tweezijdig gecoat massief karton de laagste O<sub>2</sub> en de hoogste CO<sub>2</sub> concentratie bereikte, gevolgd door EPS-krat met PA160 folie. De overige 4 doosvarianten verschilden weinig van elkaar in evenwichtsgasconcentraties.

Uit eerder onderzoek aan broccoli is bekend dat de bij 18°C bereikte MA-evenwichtsconditie (5% O<sub>2</sub> en 16% CO<sub>2</sub>) in de tweezijdig gecoate massief kartonnen doos zeer geschikt is voor het kwaliteitsbehoud van broccoli. Tevens is bekend dat bij een dergelijke conditie ongeveer de grenswaarde in MA-conditie is bereikt. Dit betekent dat een nog dichtere doos en/of een hogere bewaartemperatuur een grote kans op fermentatie van de broccoli geeft.

### Gewichtsverlies en slap na bewaring

De onverpakte broccoli verloor gedurende de bewaring significant meer gewicht dan de broccoli in de overige verpakkingen. Andere significante verschillen in gewichtsverlies konden niet worden aangetoond. De onverpakte broccoli verloor ± 16% gewicht gedurende de bewaring, de broccoli in de overige verpakkingen ± 1%. De onverpakte broccoli was slap na de bewaring.

### Geelverkleuring gedurende de bewaring en nabewaring

Geelverkleuring van broccoli is een normaal proces. De bloemknoppen openen zich. De broccoli gaat bloeien. De kleur van de bloemen is geel. Geelverkleurde broccoli is echter niet verkoopbaar. De grenswaarde voor de kleur is 6. Bij een kleur < 6 is de broccoli niet meer verkoopbaar. Significante verschillen in geelverkleuring gedurende de bewaring werden aangetoond (betrouwbaarheid 95%) tussen zowel de verschillende verpakkingstypen als tussen de 2 verschillende telers.

In tabel 4 zijn vermeld de gemiddelde kleur na de bewaring en het percentage schermen met kleur < 6 na de bewaring. In de figuren 1 en 2 is het gemiddelde kleurverloop weergegeven per verpakkingstype gedurende de bewaring bij respectievelijk 18°C en 10°C, gevolgd door de nabewaring bij 18°C.

Verpakking	18°C (4 dagen)		10 °C (8 dagen)	
	Kleur	%Kleur<6	Kleur	%Kleur<6
Mass.2-z K200 deksel	7.00 (a) *	0.0 (a)	6.50 (ba)	0.0 (a)
Mass.1-z PA240 deksel	6.00 (bc)	34.6 (c)	6.25 (b)	18.0 (b)
Golf golf deksel	5.75 (c)	49.1 (d)	6.25 (b)	3.9 (a)
Golf PA30 deksel	6.25a (b)	33.9 (c)	6.25 (b)	11.3 (b)
Golf PA240 deksel	6.00 (bc)	33.5 (c)	6.25 (b)	26.2 (b)
EPS-PA160 zak	6.75 (a)	18.1 (b)	6.75 (a)	0 (a)
EPS-geperf. zak	2.50 (e)	100 (e)	4.50 (c)	92.9 (d)
EPS-onverpakt	3.25 (d)	100 (e)	4.75 (c)	73.8 (c)

\* Getallen voorzien van verschillende letters zijn significant verschillend ( $P < 0.05$ )

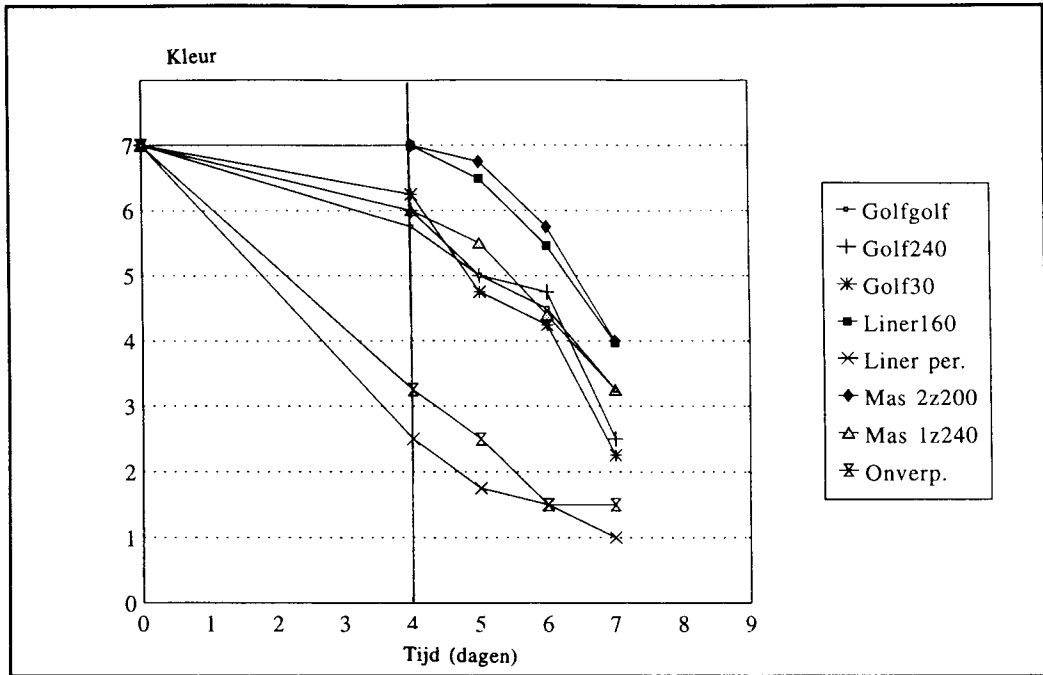
Tabel 4: Gemiddelde kleur na bewaring en gemiddeld percentage met kleur < 6 ( $N=4$ )

Verpakkingen met een verlaagde concentratie  $O_2$  en een verhoogde concentratie  $CO_2$  remden de geelverkleuring ten opzichte van de onverpakte variant en de EPS-krat met de geperforeerde PE-zak. Elk van de geteste typen dozen had remming van de geelverkleuring tot gevolg, evenals de PA160 PE-zak.

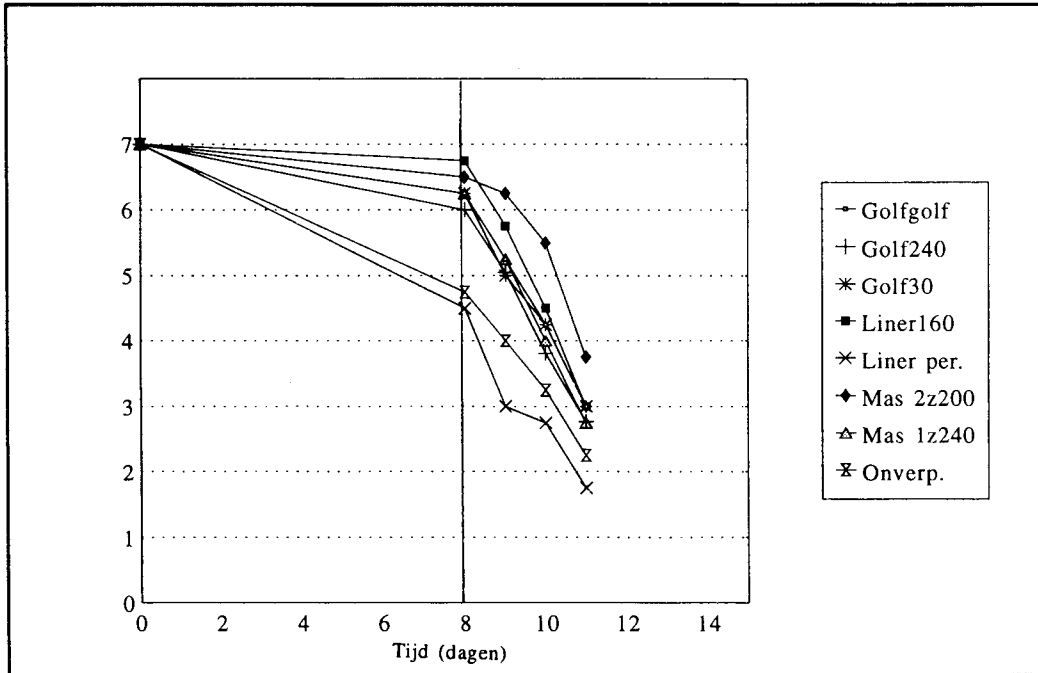
Uit de tabel blijkt dat de kleurontwikkeling sterk gecorreleerd was aan de gemeten gascondities in de dozen. De dichtste verpakking, massief karton tweezijdig gecoat met een deksel van K200 OPP-folie en de EPS-krat met PA160 PE-zak remden de geelverkleuring het meest. De overige doosvarianten lagen ongeveer op één lijn voor wat betreft remming van de geelverkleuring. De broccoli verpakt in een EPS-krat met geperforeerde PE-zak ging gedurende de bewaring het snelst in kleur achteruit, direct gevolgd door de onverpakte broccoli.

De onverpakte broccoli ging gedurende de bewaring minder snel in kleur achteruit dan de broccoli verpakt in EPS-kralten met geperforeerde PE-zak. Een verklaring hiervoor is dat de onverpakte broccoli sterk uitdroogde, waardoor het openen van de bloemknoppen werd geremd.

Broccoli is bij hoge bewaartemperaturen een zeer bederfelijk product. Gedurende de nabewaring bij 18°C vergeelde de broccoli zeer snel. Zelfs de beste verpakkingvariant, massief karton tweezijdig gecoat met een deksel van K200 OPP-folie, had binnen 3 dagen nabewaring een gemiddelde kleur < 6.



Figuur 1: Geelverkleuring van MA-verpakte broccoli gedurende de bewaring 4 dagen 18°C, 90-95% rv en 3 dagen nabewaring 18°C, 75% rv



Figuur 2: Geelverkleuring van MA-verpakte broccoli gedurende de bewaring 8 dagen 10°C 90-95% rv en 3 dagen nabewaring 18°C, 75% rv

#### *Overige kwaliteitsaspecten*

Rot kwam bij voor bij alle verpakkingsvarianten. Herkomst 1 vertoonde significant meer rot na de bewaring dan herkomst 2 (respectievelijk gemiddeld 20.8% en 13.8%). De indruk bestond dat de relatieve onrijpheid van herkomst 1 medeoorzaak was. Bij de EPS-kraat met geperforeerde liner werd na de bewaring gemiddeld meer broccoli afgekeurd op rot dan bij de overige verpakkingsvarianten.

Verschillen in snijvlakverkleuring konden alleen worden aangetoond tussen de herkomsten. De broccoli afkomstig van herkomst 2 had gemiddeld een iets bruiner snijvlak dan de broccoli van herkomst 1.

#### *Vocht in de verpakkingen*

Alle verpakkingsvarianten, behalve de onverpakte variant, hadden veel condens in de verpakkingen, zowel op het product als op het verpakkingsmateriaal. De golfkartonnen dozen waren steviger dan de massief kartonnen dozen en leken minder last te hebben van het vocht. De massief kartonnen dozen waren slap op plaatsen waar het vocht gemakkelijk het materiaal in kon dringen, zoals snijvlakken (steunen, deksel etc.).

#### **4.4 Conclusies**

*Beste doos uit de test:* Massief tweezijdig gecoat met deksel van K200 OPP-folie  
*Beste doos massief karton:* Massief tweezijdig gecoat met deksel van K200 OPP-folie  
*Beste doos golfkarton:* Golfkarton met deksel van PA30 OPP-folie

De bij 18°C gemeten concentraties O<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub> in de dozen van massief karton tweezijdig gecoat met een deksel van K200 OPP-folie (resp. 5.1% en 16.3%) zijn zeer geschikt voor broccoli. Bij nog dichtere dozen en/of hogere bewaartemperaturen wordt de kans op fermentatie groot.

Alle geteste MA-verpakkingsvarianten remden de kwaliteitsachteruitgang van crownbroccoli ten opzichte van onverpakte broccoli en broccoli verpakt in EPS-kralten met geperforeerde liner.

#### *Geselecteerde dozen voor vervollexperimenten*

1. Massief tweezijdig gecoat met deksel van K200 OPP-folie.
2. Golfkarton met nog dichter deksel dichter dan het geteste PA30 OPP-folie, bijvoorbeeld ondoorlaatbare PVDC.

## **5. Houdbaarheid bij diverse temperaturen van broccoli in MA-transportdozen en EPS-krachten**

### **5.1 Inleiding**

Doel van het onderzoek was inzicht krijgen in het kwaliteitsverloop en de houdbaarheid van de broccoli in de geselecteerde MA-transportdozen gedurende bewaring bij diverse temperaturen.

### **5.2 Proefopzet**

Crownbroccoli verpakt in diverse typen transportverpakkingen (1 herkomst) werd bewaard bij 5°C, 10°C en 18°C totdat de kwaliteit van de broccoli niet meer acceptabel was (zie hoofdstuk 2). Gedurende de bewaring zijn regelmatig dozen uit de bewaring gehaald, waarvan vervolgens de gasconcentraties werden gemeten. Direct na de gasmetingen is de kwaliteit van de broccoli in de dozen bepaald.

#### *Verpakkingen*

- 1) tweezijdig gecoat massief karton met deksel van K200 OPP-folie.
- 2) tweezijdig gecoat golfkarton met deksel van ondoorlaatbaar PVDC.
- 3) EPS-kraat met 'bag in box' van Peakfresh dichtgeseald (27µ dikte).
- 4) EPS-kraat met 'bag in box' open PE-zak (controle).

### **5.3 Resultaten en discussie**

#### *Beginkwaliteit broccoli*

Het ras was Lord. De broccoli was niet onrijp, maar ook niet overrijp. De beginkleur was 7.

#### *Houdbaarheid en overige kwaliteitsaspecten*

In tabel 5 staan vermeld de verwachte houdbaarheid (inschatting op basis van ATO-DLO product expertkennis) en de gemeten houdbaarheid van de broccoli (in dagen). Tevens is vermeld op welk kwaliteitsaspect de broccoli werd afgekeurd.

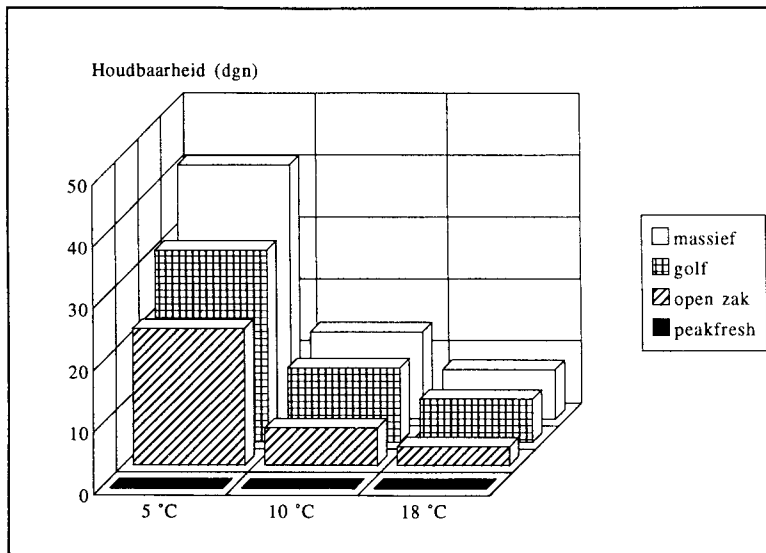


	5°C		10°C		18°C	
	Verwacht	Gemeten	Verwacht	Gemeten	Verwacht	Gemeten
Massief 2 z K200	40	41 (Schimmel)	14	18 (Schimmel)	9	8 (Schimmel)
Golf 2 z PVDC	36	31 (Schimmel, rot)	11	12 (Kleur)	7	7 (Schimmel)
EPS Peakfresh	Niet bekend	0 (Verzuring)	0	0 (Verzuring)	0	0 (Verzuring)
EPS open zak (Controle)	30	22 (Schimmel, kleur, rot)	7	6 (Kleur)	3	4 (Kleur)

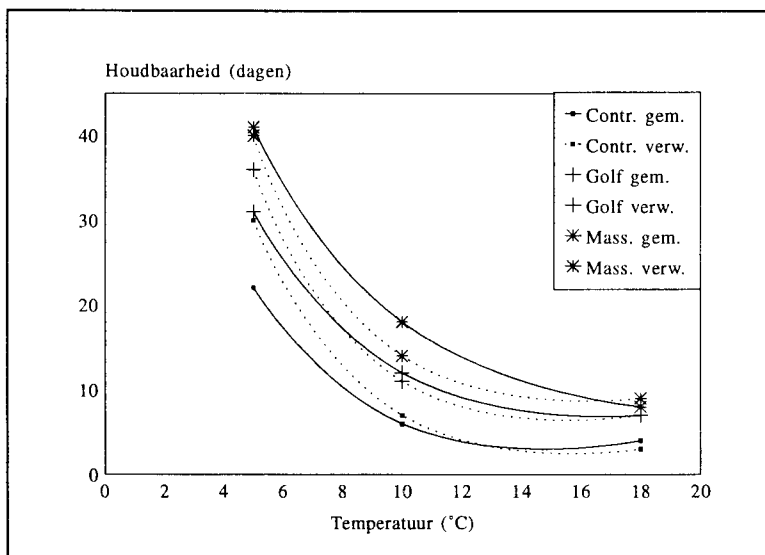
Tabel 5: *Berekende/voorspelde en gemeten houdbaarheid (dagen) van de broccoli. Tussen haakjes is vermeld het kwaliteitsaspect waarop primair werd afgekeurd*

Bij de afkeuring (niet acceptabel) is geen rekening gehouden met snijvlak- of tewel voetverkleuring. Zowel de broccoli verpakt in de massiefkartonnen als in de golfkartonnen dozen vertoonden meer voetverkleuring dan de controle. Dit werd in voorgaand MAP-onderzoek met broccoli ook al waargenomen. Men is tot dusverre niet eenduidig over het belang van dit kwaliteitsaspect. De snijvlakverkleuring zou voor een aantal broccolimarkten best een reden van afkeuring kunnen zijn.

In de figuren 3 en 4 is de houdbaarheid van de broccoli grafisch weergegeven.



Figuur 3: Gemeten houdbaarheid (dagen) van de broccoli in MA-transportdozen bij diverse temperaturen



Figuur 4: Gemeten (lijnen) en verwachte (stippels) houdbaarheid (dagen) van in MA-transportdozen broccoli bij diverse temperaturen

*O<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub> concentraties in de verpakkingen bij evenwicht*

In tabel 6 staan de evenwichtsconcentraties O<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub> in de verpakkingen met bijbehorende standaardafwijking (niet gecorrigeerd voor argon).

	5°C		10°C		18°C	
	% O <sub>2</sub> (std)	% CO <sub>2</sub> (std)	% O <sub>2</sub> (std)	% CO <sub>2</sub> (std)	% O <sub>2</sub> (std)	% CO <sub>2</sub> (std)
K200 Massief	11.1 (0.4)	10.3 (0.8)	9.3 (2.7)	11.6 (2.4)	3.7 (1.4)	18.0 (1.2)
PVDC dicht Golf	18.0 (0.6)	4.2 (0.8)	16.7 (1.8)	5.1 (1.8)	6.6 (1.3)	16.1 (1.4)
EPS Peakfresh	1.3 (0.1)	12.5 (2.8)	1.4 (0.5)	17.2 (3.3)	1.2 (0.1)	25.7 (1.5)
EPS Controle	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.

Tabel 6: *Gemiddelde evenwichtsconcentraties O<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub> in de verpakkingen en bijbehorende standaardafwijkingen (std)*

De gemeten concentraties O<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub> in de massief kartonnen dozen waren iets extremer dan de concentraties gemeten in het vorige experiment (zie resultaten hoofdstuk 4). De overige verpakkingstypen waren in het in hoofdstuk 4 beschreven experiment of niet getoetst of voorzien van een ander deksel dan in dit experiment.

De indruk bestond dat de gasconcentraties in de tijd minder extreem werden, o.a. door veroudering van het product (hier niet getoond). Ook bestond de indruk dat vaker lek optrad bij dozen van golfkarton dan bij dozen van massief karton (in dit experiment respectievelijk 5 en 1 lekke dozen).

#### 5.4 Conclusies

Het beste MA-effect werd bereikt in de massief kartonnen doos tweezijdig gecoat met deksel van K200 OPP-folie. Met deze doos werd een verdubbeling van de houdbaarheid gerealiseerd bij 5°C en bij 18°C in vergelijking tot de onverpakte broccoli. Bij 10°C was het MA-effect nog groter.

De golfkartonnen doos met een deksel van ondoorlaatbare PVDC-folie had eveneens een aanzienlijke verlenging van de houdbaarheid tot gevolg, zij het in mindere mate dan de massief kartonnen doos.

Met behulp van de ATO-DLO expertkennis kan gegeven het inzicht in de te verwachten MA-condities en de bewaartemperatuur een redelijke inschatting van de houdbaarheid van broccoli worden gemaakt.

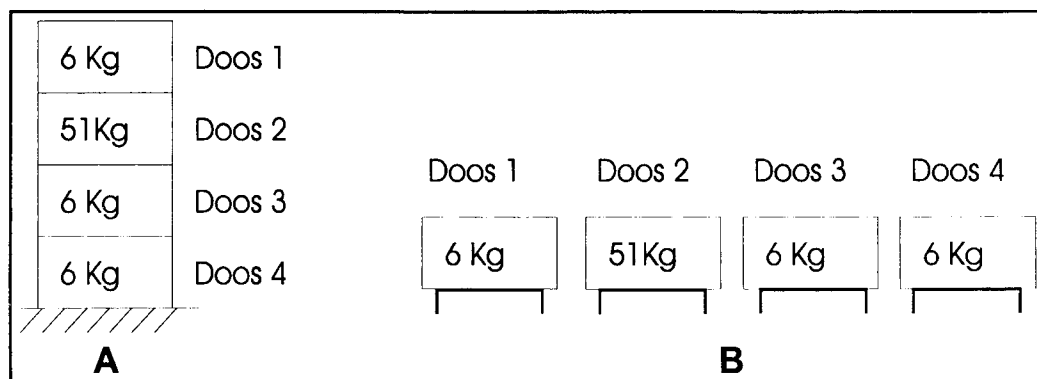
## 6. De invloed van stapeling en doosvolume op de gasdoorlaatbaarheid van MA-transportdozen voor broccoli

### 6.1 Inleiding

In deze proef is onderzocht of de gasdoorlaatbaarheid van massief kartonnen modified atmosphere dozen voor broccoli beïnvloed wordt door de plaats in de stapel. Daartoe zijn de gasdoorlaatbaarheden van gevulde broccolidozen in een stapel vergeleken met de gasdoorlaatbaarheden van individuele broccolidozen.

### 6.2 Proefopzet

De afmetingen van de beproefde broccolidozen waren 0.59 x 0.39 x 0.16 m. De dozen waren gemaakt uit massief karton met een sandwich liner en aan de bovenzijde afgesloten met een deksel van OPP P<sup>+</sup> K200-folie van de firma Sidlaw. De gasdoorlaatbaarheid van dezelfde serie dozen is gemeten in twee experimenten. In experiment A zijn er 3 stapels gemaakt van 4 dozen elk. In experiment B zijn alle dozen individueel opgesteld (figuur 1). Het volume en gewicht van broccoli werden gesimuleerd met 6 kg kunstcitroenen. In tegenstelling tot een natuurlijk product als broccoli, heeft deze vulling geen invloed op de gassenstelling in de dozen. Om een stapel van 11 dozen, zoals voorkomt in een pallet, te simuleren is er 45 kg aan ijzeren gewichten toegevoegd aan doos 2 (de op een na bovenste doos). Bij aanvang van de proef waren de dozen tot ongeveer 20% gevuld met CO<sub>2</sub>. Vervolgens zijn gedurende 24 uur gas samples uit de doos geanalyseerd met behulp van een gaschromatograaf. Uit het verloop van de concentratie CO<sub>2</sub> is de gasdoorlaatbaarheid van de doos berekend.



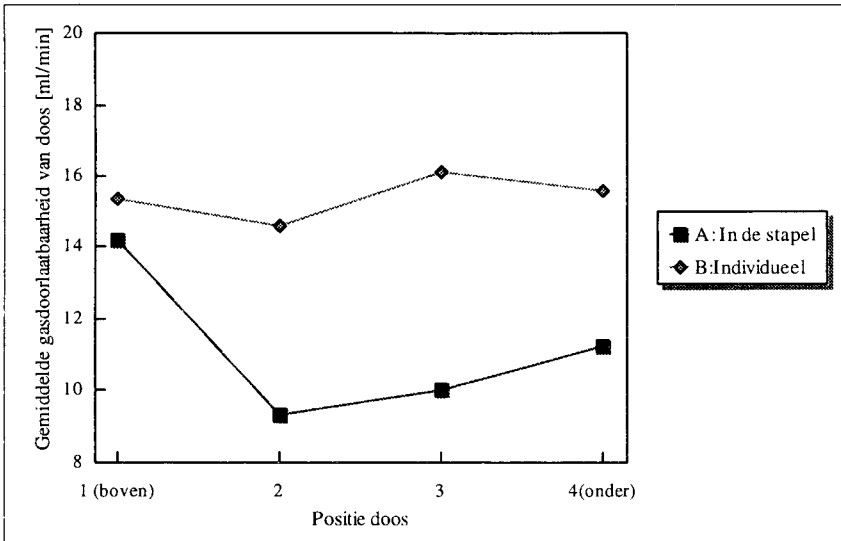
Figuur 5: Opstelling van broccolidozen in experimenten A en B

### 6.3 Resultaten en discussie

Gemeten gasdoorlaatbaarheden voor zowel experiment A als B zijn weergegeven in figuur 2. Statistische analyse met Genstat toont aan dat een gestapelde doos op positie 1 (boven) een significant hogere gasdoorlaatbaarheid heeft dan de andere drie gestapelde dozen. Gasdoorlaatbaarheden van een individuele doos zijn 1.5 tot 2 maal hoger dan

gasdoorlaatbaarheden van dozen in een stapel, met uitzondering van de bovenste dozen die slechts een miniem verschil vertonen. Deze laatste waarneming duidt erop dat de hogere gasdoorlaatbaarheid van individuele dozen voornamelijk veroorzaakt wordt door gasdiffusie door het deksel.

De metingen van dozen op positie 2 zijn gecorrigeerd voor de volumeafname ten gevolge van de extra gewichten. Deze correctie is mogelijk de oorzaak voor de lagere gasdoorlaatbaarheid gemeten op positie 2. De invloed van een volumeverandering in de doos op de meetmethode moet nog nader onderzocht worden.



Figuur 6: Gemeten gemiddelde gasdoorlaatbaarheden van broccolidozen in de experimenten A en B

#### 6.4 Conclusies

Geconcludeerd kan worden dat de gasdoorlaatbaarheid van een doos in een stapel lager is dan de gasdoorlaatbaarheid van een individuele doos. Dit verschil wordt voornamelijk veroorzaakt door diffusie door het deksel.

## 7. Afkoelgedrag van broccoli verpakt in MA-transportdozen en in standaard EPS-krachten

### 7.1 Inleiding

Bij het gebruik van een palletstapel van min of meer dichte MA-dozen in een gekoelde ruimte zal de afkoeling minder snel verlopen dan in ander meer open fust waarbij de koellucht ver in de stapel kan doordringen. Bij het ontwerpen van een MA-transportverpakking voor broccoli zal de vraag moeten worden beantwoord in hoeverre het negatieve effect van vertraagde afkoeling op de kwaliteit opgeheven of zelfs overtroffen wordt door het gunstige MA-effect. Een MA-conditie wordt bij hogere starttemperatuur sneller opgebouwd en heeft bij hogere temperatuur relatief meer effect. Broccoli is zowel zeer temperatuur- als MA-gevoelig.

Het experiment beschreven in dit hoofdstuk was erop gericht om beide processen tegelijkertijd te laten plaatsvinden en de effecten op de kwaliteit vast te stellen.

### 7.2 Proefopzet

#### *Experiment*

Er zijn twee palletstapels opgebouwd bestaande uit 8 lagen. De ene pallet bestond uit massief kartonnen MA-dozen van het type tweezijdig gecoat en voorzien van een raam van OPP plastic afdekfolie met een specifieke gasdoorlaatbaarheid (type PA250). De andere pallet is opgebouwd met standaard EPS-krachten. Elke laag op een pallet bevatte 5 dozen c.q. kisten. De pallets werden in kolomverband gestapeld dat wil zeggen dat de oriëntatie van alle lagen dezelfde was. De gehele stapel bevatte 8 lagen x 5 dozen = 40 dozen. Om de praktijk te simuleren zijn bovenop de stapels nog kratten met gewicht geplaatst (praktijk pallet heeft meer dan 8 lagen). Ten behoeve van een nette en blijvende kolomstapeling (in verband met vochtig wordend karton) waren de stapels verstevigd met hoekprofielen en touw waardoor dozen stevig tegen elkaar werden gedrukt in horizontale richting. In de praktijk wordt dit ook wel toegepast.

De pallets zijn afgekoeld in een standaard koelcel en na 5 en 11 dagen is de kwaliteit van de broccoli bepaald om vast te stellen of er een effect was van het verpakkingstype.

#### Schema stapeling pallets

laag 1:	4 meetdozen gas	onderste laag	Onder: 1-5
laag 2:	4 meetdozen gas		6-10
laag 3:	5 meetdozen gas	meetdozen kwaliteit dag 11	11-15
laag 4:	4 meetdozen gas	meetdozen kwaliteit dag 5	16-20
laag 5:	4 meetdozen gas		
	21-25		
laag 6:	geen meetdozen		26-30
laag 7:	5 meetdozen gas	meetdozen kwaliteit dag 11	31-35
laag 8:	4 meetdozen gas	meetdozen kwaliteit dag 5	36-40

Schema posities dozen per laag

4	5	
X	X	X
1	2	3
	X	
	X	
	X	

X: meetpunt temperatuur

*Afkoeling*

Vers geoogste broccoli (week 38, ras Lord) met een geschatte oogsttemperatuur van ca. 10°C is in de loop van de dag naar het ATO vervoerd en vervolgens gedurende 1 nacht in EPS-fust geplaatst bij 20°C en ca. 100% rv. Na het ompakken in de gewenste verpakking en het aanbrengen van temperatuursensoren etc. was de producttemperatuur ca. 20°C.

De pallets zijn vervolgens bij 8°C geplaatst. De koelcapaciteit van de cel was ruim voldoende om de luchttemperatuur vrijwel vanaf het begin op 8°C te houden, ook al zou het product zeer snel zijn veldwarmte afgeven. De plaatsing van de pallets ten opzichte van de koeler was dusdanig dat eerst de EPS-pallet omspoeld werd met koellucht uit de koeler. De MA-pallet moest vanwege de beschikbare ruimte erachter geplaatst worden en koelde dus af met iets opgewarmde koellucht. Na 5 en 11 dagen zijn proefdozen en kisten uit de stapels gehaald en geopend weggezet. Van deze dozen is de kwaliteit van de broccoli bepaald en gevolgd gedurende enkele dagen bij 15°C en 75% rv.

De arbitraire temperatuurkeuzes zijn bepaald door meerdere argumenten namelijk veel voorkomende mixed-load temperatuur in praktijkomstandigheden; proef qua tijd beperkt houden; duidelijke behandelings-effecten genereren en voldoende beoordelingstijd tijdens de shelf-life periode.

*Temperatuurmeting*

Tijdens de afkoeling is de temperatuur in beide proefpallets geregistreerd met "Escort" dataloggers voorzien van thermistor temperatuursensoren en 1 rv-sensor. In laag 3, vanaf beneden geteld, zijn in 2 verschillend georiënteerde MA-dozen 3 temperatuur-sensoren gasdicht aangebracht. De plaatsing was: buitenzijde pallet - centrum doos - centrum pallet. In laag 7 is in 1 doos (centrum) 1 sensor aangebracht terwijl een tweede doos op dezelfde wijze als de meetdozen in laag 3 zijn doorgemeten. De koelluchttemperatuur is gemeten met sensoren aan beide zijkanten van de pallets en 1 sensor bovenop voor het meten van de koelluchttemperatuur. De EPS-pallet is op identieke wijze doorgemeten (zie schema). In de palletstapels zijn dus 10 posities gemeten. De producttemperatuur is gemeten door de sensor in een stronk te prikken in het poreuze gedeelte net onder het scherm.

*Gasmetingen*

Omdat er niet alleen een effect werd verwacht van de temperatuur, maar ook van de mechanische belasting op de gasconcentratie is in meerdere dozen (totaal 30 stuks) ca. 5

maal per dag de gasconcentratie gemeten.

Alle meetdozen waren voorzien van gasdicht aangebrachte koppelingen en slangetjes die verbonden waren met de apparatuur. Via 2 stuks 16-kanaals kleppen werd een automatische sampling gerealiseerd.

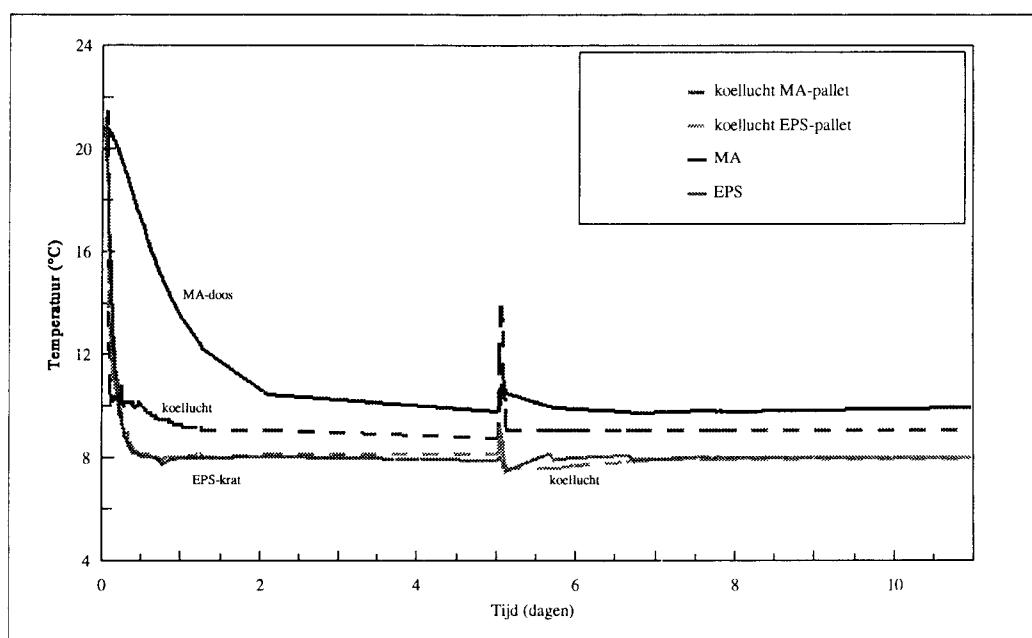
### *Kwaliteitsmetingen*

Op dag 5 en op dag 11 zijn 5 verpakkingen (1 laag) per pallet uit de stapel gehaald en uitgesteld bij 15°C. Op het moment van uitstellen is beoordeeld en gedurende 3 dagen daarna.

## 7.3 Resultaten en discussie

### 7.3.1 *Temperatuurmetingen*

In figuur 7 wordt een samenvattend eindresultaat van alle temperatuurmetingen (20 sensoren) weergegeven. Het is duidelijk dat er een groot verschil was in afkoeltijd tussen beide pallets. Het product in de zeer open EPS-kraan koelde bijna net zo snel af als de koellucht in de cel. Er was geen enkel verschil tussen posities binnen deze pallet. Zowel lucht- als producttemperatuur bereikten de 8°C na ca. 12 uur.



*Figuur 7: Temperatuurverloop in palletstapels met twee typen verpakkingen*

Een stapel MA-dozen deed er ca. 2 dagen over (dus ruim 4 keer zo lang) om een stabiele eindtemperatuur te bereiken. De producttemperatuur bereikte nooit helemaal de koelluchttemperatuur. De koellucht ter plaatse van de MA-pallet was 9°C en het product bleef 1°C warmer. In de MA-pallet werd verschil gemeten tussen diverse posities in de pallet, maar in de EPS-pallet niet. De temperatuur in het thermisch centrum van de MA-pallet was ca. 0.4°C warmer dan het product dat zich aan de rand van de pallet bevond. Dit



overtemperatuureffect werd veroorzaakt door de warmteproductie van het verpakte product (broccoli is erg actief) en door de isolerende werking van het karton. De geproduceerde warmte werd niet volledig afgevoerd. Uiteindelijk is in deze proef de broccoli in de EPS-pallet bijna 2°C kouder geweest dan de broccoli in de MA-pallet.

Het is te verwachten dat naarmate een lagere bewaar temperatuur ingesteld wordt de overtemperatuur in de MA-pallet kleiner zal zijn.

### 7.3.2 Gasmetingen

De gemeten gemiddelde gasconcentraties in de MA-dozen waren zoals in tabel 7 staat weergegeven. Voor de leesbaarheid wordt uitsluitend de gemiddelde evenwichtsconcentratie op dag 4 vermeld. Alle dozen met gasaansluitingen werden ca. 40 keer in de tijd gemeten.

Palletlaag	Koolzuurgasconcentratie (%)		Zuurstofconcentratie (%)	
	hoekdoos	middendoos	hoekdoos	middendoos
<b>laag 1 (onder)</b>	17.5a*	18.2a	1.7x*	1.2x
laag 2	18.6a	20.2a	1.6x	0.8x
laag 3	16.1a	20.8a	4.4x	0.5x
laag 4	18.9a	19.4a	1.6x	1.6x
laag 5	18.6a	19.3a	1.9x	1.9x
laag 6	----	----	---	---
laag 7	19.3a	19.8a	1.13x	1.3x
<b>laag 8 (boven)</b>	<b>14.4b</b>	<b>16.3b</b>	<b>7.1y</b>	<b>5.1y</b>

\*Getallen voorzien van verschillende letters zijn significant verschillend ( $P < 0.05$ )

Tabel 7: Gasconcentraties in brocolidozen in MA-palletstapeling; actuele concentratie na 4 dagen opslag bij 8°C

De MA-dozen vertoonden onderling een verschillende gasuitwisseling. De bovenste laag had een significant andere gasconditie dan de andere lagen met meer ingesloten verpakkingen. Dit resultaat stemt overeen met resultaten verkregen uit eerdere experimenten met enkelvoudige stapels dozen (zie hoofdstuk 6). Omdat in de onderste laag de gasconcentraties hetzelfde waren als in tussenliggende lagen en omdat bovendien alle lagen op dezelfde wijze afweken van de bovenste laag, is het waarschijnlijk dat de gevormde gassen in een compact gestapelde pallet niet uit de spleten tussen de dozen kunnen weglekken. Er is een trend (niet significant) dat een middendoos uit een laag een iets geringere gasuitwisseling heeft dan de hoekdozen.

De gemeten zuurstofconcentratie was dermate laag dat anaërobie van het product te verwachten viel, wat ook gebeurde (zie kwaliteit 7.3.3). Dit werd in een dichte stapel al bij 8°C waargenomen, terwijl dezelfde losgestapelde dozen zelfs bij 18°C nog geen problemen vertoonden (zie hoofdstuk 4 en 5). Dit betekent dat tweezijdig gecoat massief kartonnen dozen met K200/PA250 deksel te dicht zijn voor toepassing in de praktijk in palletstapelingen.

### 7.3.3 Resultaten kwaliteitsverloop

#### Verzuring

Na 5 dagen bewaring was de broccoli zuur van 2 van de 10 MA-dozen, bestemd voor kwaliteitsmetingen. De dozen waren afkomstig uit de 4e laag van de stapel doos nr. 16 en 17. Gedurende de nabewaring bleef de betreffende broccoli zuur ruiken. Na 11 dagen bewaring werd geen zure broccoli waargenomen. Hieruit blijkt dat in een palletstapel (ingesloten dozen) de kans op fermentatie het grootst is. Dit komt overeen met de resultaten van de gasmetingen.

#### Gewichtsverliezen en slap

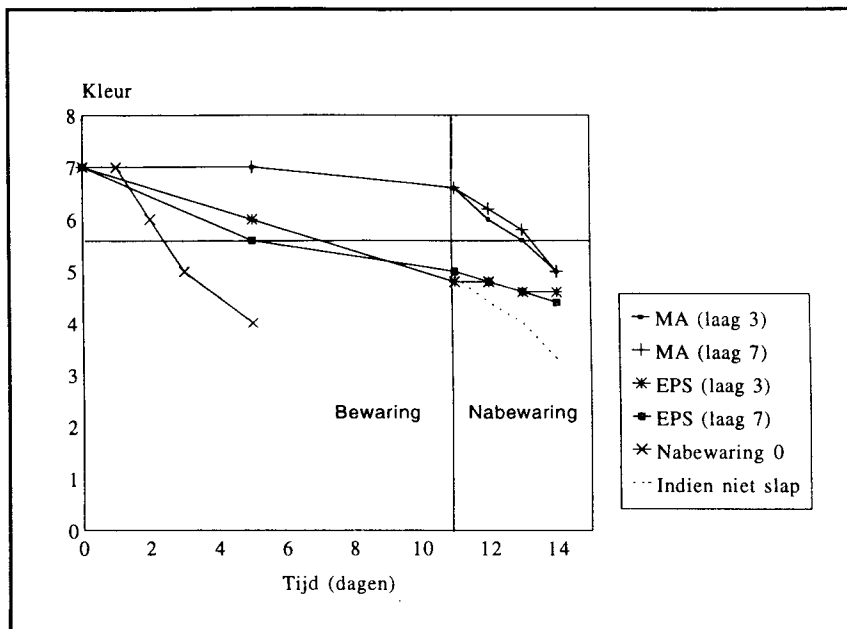
	Dag 5 % Gewv. (sd)	Dag 11 % Gewv. (sd)
Doos mass. 2-zijdig gecoat PA250 deksel	1.4 (0.2)	1.5 (0.2)
EPS krat controle	4.5 (0.9)	8.0 (1.9)

Tabel 8: Gemiddeld percentage gewichtsverlies en bijbehorende standaardafwijking na 5 en 11 dagen bewaring bij 8°C

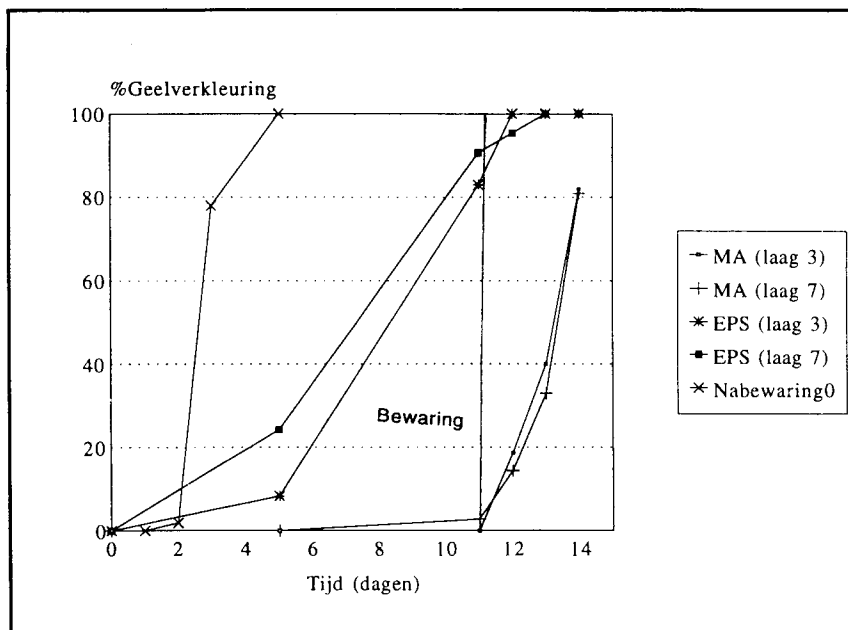
De broccoli in EPS-kralen verloor snel gewicht en was na 5 dagen bewaring een beetje slap en na 11 dagen onacceptabel slap. Gedurende de nabewaring zijn geen gewichtsverliezen bepaald.

#### Geelverkleuring

In de figuren 7 en 8 is de geelverkleuring van de broccoli weergegeven na 11 dagen bewaring bij 8°C, gevolgd door 3 dagen nabewaring bij 15°C, 75% rv. Gedurende de nabewaring waren de dozen geopend.



Figuur 8: Verloop geelverkleuring gedurende 11 dagen bewaring bij 8°C gevolgd door 3 dagen nabewaring bij 15°C, 75% rv.



Figuur 9: Verloop %geelverkleuring gedurende 11 dagen bewaring bij 8°C gevolgd door 3 dagen nabewaring bij 15°C, 75% rv

Uit de figuren 8 en 9 blijkt hoe de geelverkleuring van de broccoli in de MA-dozen gedurende de bewaring bij 8°C is geremd ten opzichte van de controle. Gedurende de nabewaring verliep de geelverkleuring van de MA-bewaarde broccoli sneller. Dit lijkt onlogisch. De verklaring is dat de broccoli bewaard in EPS-krachten zeer slap was. Daardoor werd de geelverkleuring geremd.

#### *Snijvlakverkleuring*

	Dag 5 Snijvlak (0-5)	Dag 11 Snijvlak (0-5)
Doos mass. 2-zijdig gecoat PA250 deksel	1.8	2.4
EPS krat controle	1	1.3

Tabel 9: Gemiddelde snijvlakverkleuring na 5 en 11 dagen bewaring bij 8°C

Gedurende de eerste dag van de nabewaring bij 15°C nam de voetverkleuring 0.5 toe. Daarna nam de voetkleuring niet meer toe.

#### *Rot/schimmel*

2.5% Van de broccolischermen was door rot aangetast. Geen significante verschillen werden aangetoond tussen de behandelingen. Rot nam gedurende de nabewaring niet toe.

## 7.4 Conclusies

Uit dit experiment is gebleken dat een palletstapeling het afkoelgedrag van broccoli in tweezijdig gecoate massiefkartonnen dozen met PA250 deksel beïnvloedt ten opzichte van broccoli in EPS-krachten (controle). Bovendien wordt de permeabiliteit (lekwaarde) van de doos door een palletstapeling beïnvloed.

- Broccoli in MA-dozen koelt langzamer af dan in EPS-krachten.
- Binnen in een stapel (ingesloten dozen) koelt de broccoli langzamer af dan aan de bovenkant of onderkant.
- Deze vertraging in afkoeling wordt onder de geteste omstandigheden gecompenseerd door het MA-voordeel van de dozen.
- Palletgestapelde dozen (in een dicht gestapelde pallet) worden lekdichter (minder permeabel).
- De MA-condities in palletgestapelde dozen zijn extremer dan in losse dozen.
- De tweezijdig gecoate massief kartonnen doos met PA250 deksel blijkt in een palletstapeling te dicht (fermentatiegevaar) onder de geteste omstandigheden.

Het tot dusverre verkozen doostype (tweezijdig gecoat massiefkarton met K200/PA250 deksel) blijkt dus niet geschikt voor toepassing als MA-transport doos voor broccoli.

Voor vervolgentoetsen zal een ander doostype moeten worden gekozen. Dit type moet i) robuuster zijn voor wat betreft gedrag in een palletstapeling en ii) <sup>minder</sup> minder permeabel zijn, maar iii) toch een duidelijk MA-voordeel opleveren. De doostypen die hieraan zouden

kunnen voldoen zijn: eenzijdig gecoat massiefkarton en tweezijdig gecoat golfkarton, beiden met een deksel van ondoorlaatbaar PVDC. In dat geval levert het deksel geen bijdrage in verminderde permeabiliteit in een palletstapeling, waardoor de doos robuuster wordt.

## **8. Vervolg afkoelgedrag van broccoli verpakt in MA-transportdozen en in standaard EPS-krachten**

### **8.1 Inleiding**

Uit de afkoelproef beschreven in hoofdstuk 7 (sept. 1997) met broccoli gestapeld in een pallet in tweezijdig gecoat massief kartonnen dozen met PA250 deksel is gebleken dat:

- 1) de broccoli binnen acceptabele termijn, namelijk in twee dagen, werd teruggekoeld van 20°C naar 8°C;
- 2) het negatieve effect van de vertraagde afkoeling op de kwaliteit van de broccoli werd overtroffen door het gunstige MA-effect ten opzichte van broccoli in EPS-krachten;
- 3) de palletstapeling de gasuitwisseling dusdanig remde dat in veel dozen reeds bij 8°C zuurstofgebrek en daardoor verzuring werd geconstateerd. In voorgaande experimenten met hetzelfde doostype, maar niet in palletstapeling, was zelfs een temperatuur van 18°C nog 'veilig';
- 4) het diffusiegedrag van de dozen vertoonde weinig variatie, behalve de bovenste laag dozen. Deze hadden een grotere diffusie.

Naar aanleiding van bovengenoemde resultaten is geconcludeerd dat de tot dusverre geselecteerde MA-dooz voor broccoli (tweezijdig gecoat massief karton met deksel van K200/PA250-OPP folie) niet geschikt is voor praktische toepassing. De toekomstige MA-dooz voor broccoli moet i) een grotere lekwaarde hebben om het effect van een palletstapeling op de gasuitwisseling te kunnen opvangen en ii) minder variatie binnen een pallet vertonen, bijv. door een de doos van een dicht/ondoorlaatbaar deksel te voorzien.

Op basis van deze conclusies is besloten om 2 andere typen dozen in een palletstapeling te testen. De keuze is gevallen op eenzijdig gecoat massief karton en tweezijdig gecoat golfkarton, beiden met een deksel van ondoorlaatbare PVDC-folie. Uit eerdere metingen is gebleken (hoofdstukken 3 en 4) dat beide dozen gunstig voor de kwaliteit van broccoli zijn, terwijl de permeabiliteit groter is dan van tweezijdig gecoat massief met een deksel van PA250/k200 OPP-folie.

Gebleken is dat een palletstapeling van 5 lagen (in de praktijk maximaal 11 lagen, 5 dozen per laag) voldoende inzicht verschaft, mits bovenop de stapel gewichten worden aangebracht tot het niveau van een praktijkbelasting. In dit experiment kon dus worden volstaan met 5 lagen per type doos.

### **8.2 Proefopzet**

Crownbroccoli (cv Lord), afkomstig van 1 teler is gedurende 1 nacht opgewarmd bij 20°C. Vervolgens is de broccoli verpakt in 2 typen MA-dozen en zijn alle dozen op één pallet gestapeld. Onverpakte broccoli in EPS krachten is als controle los naast de pallet neergezet. De broccoli is gedurende 5 dagen bewaard bij 8°C, gevolgd door 2 dagen bij 13°C en ten slotte gevolgd door 1 dag bij 23°C. Gedurende de bewaring zijn de gascondities en de temperatuur gemeten. Na de bewaring is de kwaliteit van de broccoli beoordeeld. Hiervoor zijn van beide doostypen de toplagen (laag 9 en 10 zie stapelschema verderop) en de

middelste lagen (laag 2 en 6) beoordeeld.

#### *Verpakkingstypen*

- 1) eenzijdig massief gecoat karton (kraft liner + PE) met deksel van ondoorlaatbare PVDC-folie.
- 2) tweezijdig gecoat golfkarton met deksel van ondoorlaatbare PVDC-folie
- 3) EPS-kraat onverpakt (controle)

*Schema stapeling (zie ook hoofdstuk 7, Inleiding voor posities per laag)*

	Golf	Mass
<b>pallet</b> .....		
laag 1:           onderste laag	1-5	
laag 2:	6-10	
laag 3:	11-15	
laag 4:	16-20	
laag 5:		101-105
laag 6:		106-110
laag 7:		111-115
laag 8:		116-120
<b>pallet</b> .....		
laag 9:		121-125
<b>pallet</b> .....		
laag 10:	21-25	
<b>pallet</b> .....bovenste laag.....		

5 EPS-krachten (controle) zijn naast de palletstapel bewaard.

#### *Celcondities en bewaarduur*

Celtemperatuur 8°C, 100% rv

Afkoeling (begin producttemperatuur ± 20°C) bij 8°C gedurende 5 dagen, gevolgd door 2 dagen bij 13°C, gevolgd door 1 dag bij 23°C.

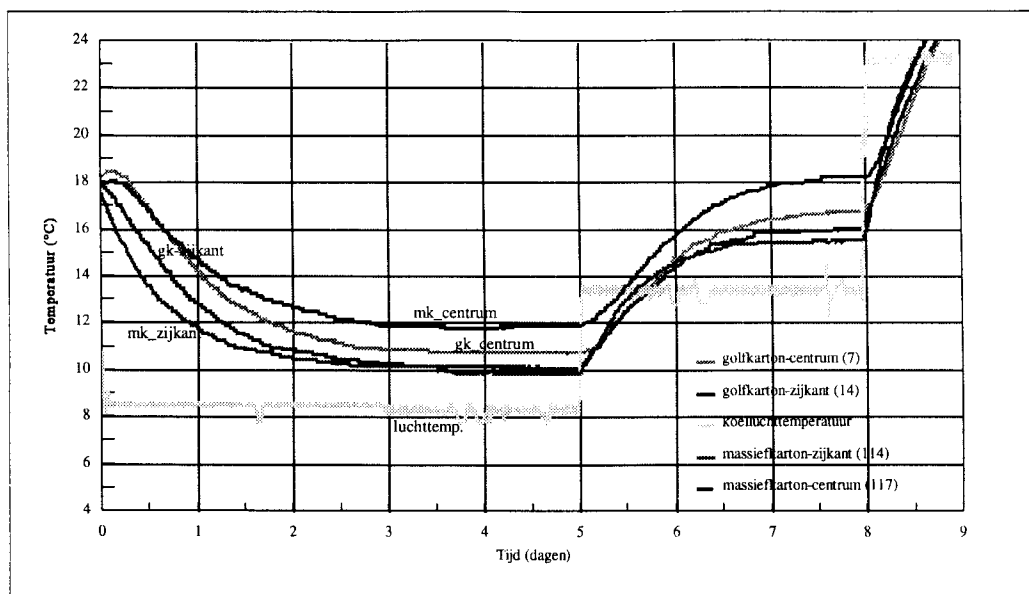
#### *Temperatuurmetingen en gasmetingen*

Temperatuurmetingen in 3 lagen per doostype, per laag 1 meetpunt. Gasmetingen: 15 dozen per doostype, dus 3 dozen per laag.

### **8.3 Resultaten en discussie**

#### **8.3.1 Temperatuurmetingen**

In figuur 8 staat het temperatuurverloop in de gecombineerde palletstapel gedurende de gehele bewaarperiode weergegeven. Voor de overzichtelijkheid zijn niet alle data van alle sensoren geplot. Alleen van de aan boven- en onderzijde ingesloten dozen van beide types karton zijn de temperaturen weergegeven.



*Figuur 8: Temperatuurverloop in een gecombineerde palletstapeling met MA-verpakkingen voor broccoli. In de pallet zijn zowel golf- als massiefkartonnen dozen geplaatst*

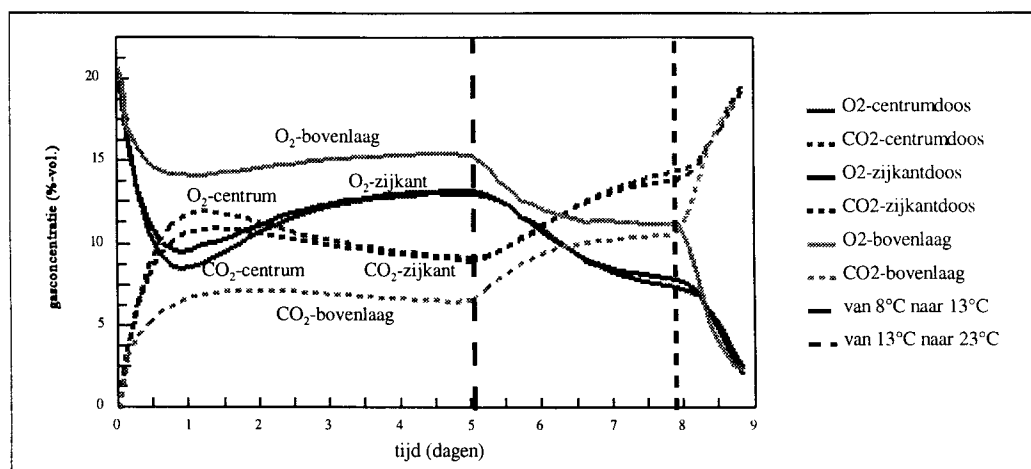
In figuur 8 is te zien dat er verschil was in afkoeling tussen dozen die slechts één korte zijde aan de buitenkant van de pallet hebben ("centrum") in vergelijking tot dozen met ook nog een lange zijde naar buiten gericht ("zijkant"). De "centrum" dozen koelden langzamer af dan de "zijkant" dozen. Ook was er verschil in afkoeling tussen de kartontypes. Het bleek dat in de stapel dozen de centrum doos van massief karton achterbleef in afkoeling ten opzichte van vergelijkbare golfkartonnen dozen. Dit lijkt vanwege de hogere isolatiewaarde van golfkarton vreemd, maar kan verklaard worden door het verschil in compactheid van de stapeling van beide types karton. De stijve golfkartonnen dozen zijn minder scherp gevouwen, waardoor de doos in het begin enigszins bolle kanten heeft. In de pallet ontstaan daardoor, vooral in het begin, iets ruimere luchtspleten in vergelijking tot de aanwezige luchtspleetjes tussen de massief kartonnen dozen in de laag. De koellucht dringt verder door in de golfkarton stapel en daarom koelt deze sneller af.

Net als in hoofdstuk 7 al te zien was, bleek opnieuw dat broccoli zeer veel warmte produceert. Bij een koelluchttemperatuur van 8.5°C was de centrumtemperatuur van de ongunstigste doos (massief karton aan 3 zijden ingesloten) zelfs 3.5°C warmer dan de temperatuur van de koellucht. Toen na 5 dagen de temperatuur verhoogd werd naar 13°C werd de overtemperatuur zelfs 5°C. Bij de laatste temperatuurverhoging naar 23°C is de evenwichtstemperatuur niet afgewacht.

### 8.3.3 Gasmetingen

In figuur 9 wordt het verloop van de gemiddelde gasconcentratie in de diverse golfkartonnen dozen afgebeeld.





Figuur 9: Gasconcentratieverloop in golfkartonnen MA-dozen in een palletstapel

Net als in proef 7 was er een groot verschil in gasconcentratie tussen bovenop staande dozen en dozen die tussen andere dozen waren geplaatst. Het bleek voor de gaswisseling vrijwel niet uit te maken of dozen met één of twee zijden van de doos naar de zijkant van de pallet geplaatst stonden. Er werd maar een zeer klein verschil in gasconcentraties gemeten tussen "centrum" en "zijkant" dozen. In deze proef waren alle dozen voorzien van een voor gas vrijwel ondoorlaatbare plastic raam (PVDC-folie). Gasuitwisseling kon dus niet meer via het plastic, maar uitsluitend plaatsvinden via de doosconstructie en het karton.

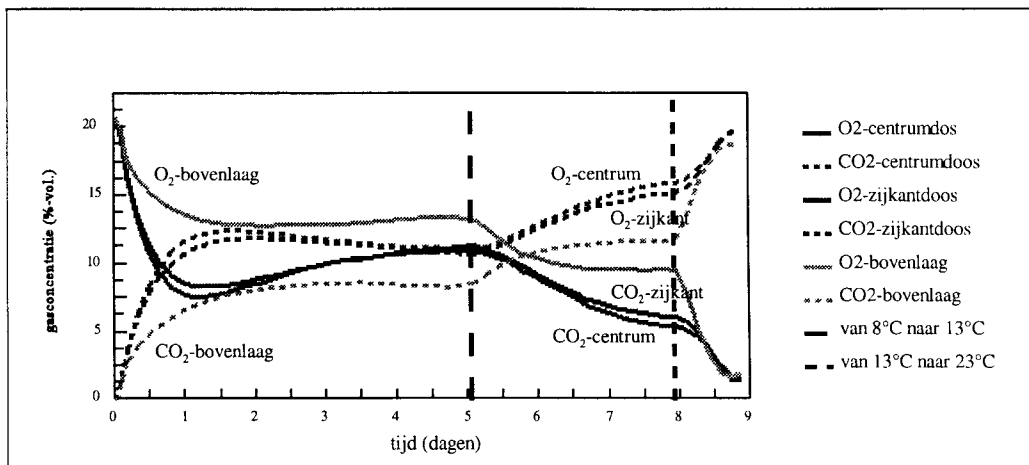
De bereikte gasconcentraties waren gunstig voor het kwaliteitsbehoud van de broccoli (zie ook 8.3.4), terwijl de robuustheid van de dozen voldoende bleek. Een temperatuur van 13°C gedurende langere tijd veroorzaakte geen zuurstofgebrek. Zelfs een opwarming van 24 uur in een omgeving van 23°C kon worden overbrugd zonder dat anaerobe condities werden bereikt.

In figuur 10 wordt het gasverloop in massief kartonnen dozen weergegeven. In dit doostype werden nog kleinere verschillen in gasuitwisseling gemeten tussen "centrum" en "zijkant" dozen vergeleken met golfkartonnen dozen. Opnieuw weken de gascondities van de bovenopliggende dozen sterk af.

Er bleek wel een verschil in gasconcentraties tussen beide doostypen. Vergelijking van de evenwichtsconcentraties op dag 4 wordt weergegeven in tabel 10. Daaruit blijkt dat de geteste massief kartonnen dozen iets dichter waren dan de geteste golfkartonnen dozen.

	Golfkarton		Massiefkarton	
	O <sub>2</sub> (%-vol.)	CO <sub>2</sub> (%-vol.)	O <sub>2</sub> (%-vol.)	CO <sub>2</sub> (%-vol.)
centrumdoos	13.0	9.6	10.8	11.4
zijkantdoos	13.1	9.5	10.9	11.2
bovendoos	15.5	6.7	13.4	8.5

Tabel 10: Gasconcentraties in MA-dozen na 4 dagen opslag bij 8°C



Figuur 10: Gasconcentratieverloop in massiefkartonnen MA-dozen in een palletstapel

Bij de redenatie dat gaswisseling in de bovenop liggende dozen anders is dan in alle andere dozen moet worden opgemerkt dat de temperatuur in die dozen lager was dan in de andere dozen. Een dergelijk temperatuurverschil werd ook gemeten tussen centrum en zijkant dozen (zie figuur 10). Tussen die twee posities kon echter geen verschil in gasconcentraties worden aangetoond. Het temperatuurverschil van de bovenlaag is dus niet alleen de oorzaak. Er is dus sprake van een gecombineerd effect van temperatuur en gasdiffusielimitering op de gasconcentraties. Mogelijk lieten de testdozen meer door de mechanische belasting dan door andere oorzaken een verlaagde gasuitwisseling zien. Net als in hoofdstuk 7 werden ook in deze proef geen verschillen in gasconcentraties tussen zogenaamde zijkantdozen en centrumdozen aangetoond. Daaruit valt af te leiden dat het vrije gaswisselende oppervlak ook niet van doorslaggevende betekenis is voor de bereikte gasconcentraties. Als het niet de temperatuur is en niet de horizontale positie en niet de afdichting van een permeabel plastic afdekvel (proef 7) en niet de mechanische belasting in verticale richting dan is de enige factor die overblijft de compacte stapeling.

#### 8.3.4 Kwaliteit

Aan het einde van de bewaring is de kwaliteit van een aantal representatieve MA-dozen en EPS-kragen beoordeeld. Alleen de kwaliteitsaspecten 'gemiddelde kleur per doos' en '% broccolischermen per doos met een kleur < 6' zijn getoetst op significante verschillen.

De resultaten staan in tabel 11.

Doos	Gemid. Kleur (7-1)	% Geel (kleur < 6)	% Afgekeurd op rot	Snijvlakverkleuring (0-5)	Slap	Afwijkende geur	Acceptabel
Massief toplaag	6 (a)*	20 (a)*	2	3	nee	nee	ja
Massief middenlaag	5.2 (b)	56 (b)	0	4	nee	nee	nee
Golf toplaag	5 (b)	85 (c)	17	3	nee	nee	nee
Golf middenlaag	5 (b)	91 (c)	3	4	nee	nee	nee
Controle EPS-kraat	1.5 (c)	100 (d)	50	2	ja	nee	nee

\* Waarden met dezelfde letter zijn significant niet verschillend ( $p > 95\%$ )

Tabel 11: Resultaten kwaliteitsbeoordeling van broccoli in MA-dozen en broccoli in EPS-krachten na 5 dagen bewaring bij 8°C, 2 dagen bij 13°C en 1 dag bij 23°C

De broccoli verpakt in de MA-dozen was van betere kwaliteit dan de broccoli in EPS-krachten (controle). De broccoli in de massief kartonnen dozen was gemiddeld iets beter in kwaliteit dan de broccoli uit de golfkartonnen dozen.

Uit tabel 8 blijkt dat de plaats binnen de palletstapel van invloed was op de kwaliteit. De toplagen waren iets beter van kwaliteit dan de middelste lagen. Dit betekent dat de snellere afkoeling van de toplagen niet werd gecompenseerd door de extremere gascondities in de middelste lagen. De gascondities waren daar niet extreem genoeg voor. Dit was wel het geval in bij het voorgaande experiment (hoofdstuk 7).

#### 8.4 Conclusies

##### *Afkoeling*

De conclusie is dat bij het stapelen van gesloten MA-dozen op pallets de koeling veel trager verloopt in vergelijking met meer open fust. Een suggestie voor verbetering is het aanbrengen van verdikkingen op de buitenkant van de dozen. Een andere oplossing zou zijn het plaatsen van strippen in de palletstapel zodanig dat er luchtspleten ontstaan die enige luchtuitwisseling mogelijk maken. De ontstane luchtspleten, zullen het koelproces veel efficiënter laten verlopen. De geconstateerde temperatuursverschillen binnen een palletstapel kunnen van significante invloed zijn op de gasconcentraties en op het kwaliteitsverlies.

##### Invloedfactoren afkoeling/temperatuur

- Materiaal doos en deksel
- Compactheid palletstapel
- Positie in pallet
- Warmteproductie product

### *Gasconcentraties*

Aangetoond werd dat de gemeten gasconcentraties in dit experiment 'veilig' waren, zelfs na 1 dag bij 23°C. Er zijn verschillen in permeabiliteit gemeten tussen de bovenste laag dozen en de andere lagen. Om de mate te bepalen waarin de diverse factoren (temperatuur, mechanische belasting, vrije gaswisselende oppervak, compactheid stapeling etc.) van invloed zijn op de gasuitwisseling in een palletstapel is aanvullend onderzoek noodzakelijk. In zo'n experiment kan worden nagegaan in hoeverre dozen anders reageren in een compacte palletstapel dan in een meer open palletstapel. Dat laatste houdt in dat een stapel wordt gerealiseerd waarin kleine luchtspleten ontstaan via afstandhouders tussen de kolommen.

### Invloedfactoren gasconcentraties

- Temperatuur
- Positie in pallet
- Compactheid palletstapel
- Materiaal doos en deksel

### *Kwaliteit*

De geteste dozen van eenzijdig gecoat massief karton met een deksel van ondoorlaatbare PVDC-folie en van tweezijdig gecoat golfkarton met een deksel van ondoorlaatbare PVDC-folie geven een verbeterd kwaliteitsbehoud van de broccoli ten opzichte van EPS-krachten. De doostypen zijn beiden robuust genoeg om na 1 dag bij 23°C geen fermentatie te doen ontstaan.

### Invloedfactoren kwaliteit

- Temperatuur
- Gasconcentraties

## 9. Algemene conclusies

Gedurende het onderzoektraject zijn diverse typen MA-dozen voor broccoli van zowel golfkarton als massief karton getoetst op geschiktheid voor toepassing in het handelskanaal.

- Met behulp van de door ATO-DLO ontwikkelde MA-modellen en kwaliteitsverliesmodellen kunnen goede inschattingen worden gemaakt van diverse MA-variabelen (gewenste permeabiliteit van een doos, gasconcentraties etc.) en van de houdbaarheid van broccoli, gegeven de MA-condities en de temperatuur. Deze hulpmiddelen ondersteunen (planning van) onderzoek en beantwoording van praktijkvragen. De gevolgde werkwijze is succesvol gebleken.
- Alle geteste typen MA-dozen voor broccoli hebben een goed tot zeer goed MA-effect dat wil zeggen dat de kwaliteitsachteruitgang van broccoli in de betreffende dozen vertraagd verloopt ten opzichte van broccoli in de gangbare EPS-kratten.
- De MA-dozen vertragen de vergeling en beperken het vochtverlies tot een minimum, waardoor geen extra bevochtiging hoeft toegepast te worden (broccoli wordt bij vochtverlies snel slap en is heel gevoelig voor vochtverlies).
- Het doostype gemaakt van **tweezijdig gecoat massief karton met een deksel van K200 OPP-folie of PA250 OPP-folie** heeft van de geteste doostypen het beste effect tot 18°C indien de dozen los (dus niet dicht op en tegen elkaar zoals in een palletstapeling) gestapeld zijn. Echter in een dichte palletstapeling ontstaat al bij 8°C een anaerobe situatie met als gevolg grote kans op fermentatie van de broccoli.
- De twee ontwikkelde doostypen die geschikt zijn voor een dichte palletstapeling zijn gemaakt van **eenzijdig gecoat massief karton** en van **tweezijdig gecoat golfkarton, beiden met een deksel van ondoorlaatbare PVDC-folie**.
- De afkoeling van broccoli verloopt in palletgestapelde MA-dozen aanzienlijk trager dan in EPS-kratten. Bovendien wordt de ingestelde temperatuur niet bereikt door o.a. de beperkte warmte uitwisseling en de hoge ademhaling van de broccoli. Het MA-kwaliteitsvoordeel is echter groter dan het nadeel voor de kwaliteit van de vertraagde afkoeling.
- In een dichte palletstapeling is de gasuitwisseling van een 'bovenste doos' ~~geringer~~ *groter* dan van dozen uit ingesloten lagen. Nog onderzocht moet worden in welke mate mogelijke invloedsfactoren een rol spelen en hoe dit probleem kan worden opgelost.