



**CA-containertransport van rode paprika's naar de VS**

*Onderzoek verricht door ATO Agrotechnologie in een samenwerkingsverband met NedLloyd en Bakker Barendrecht.*

**Instituut voor  
Agrotechnologisch  
Onderzoek (ATO-DLO)  
Haagsteeg 6  
Postbus 17  
6700 AA Wageningen**

**M.F.M. Janssens  
H.A.M. Boerrigter  
J.J. Polderdijk  
J.G. Meijer  
R.G. Evelo  
R. Bons  
E.C. Wilkinson  
R. vd Vuurst - de Vries**

**Juli 1991**

2233705

## Samenvatting

Er is onderzocht of het mogelijk is rode paprika's per zee-transport naar de Verenigde Staten te vervoeren met CA-containers. Er zijn experimenten uitgevoerd op lab, semi-praktijk en praktijkschaal. Gevonden is dat een microklimaat van (8 °C, 3-4 % CO<sub>2</sub>, 3-4% O<sub>2</sub> en rv 95-100 %) voor de paprika's de optimale balans vormt tussen rot enerzijds en uitdroging anderzijds. Verzadiging van het microklimaat moet worden vermeden.

Als buffer tussen macroklimaat en microklimaat zorgt de verpakking/palletstapeling combinatie voor een verhoging van de rv van 3-5 % (afhankelijk van de lokatie van de doos) bij een macroklimaat met rv van 95 % en luchtsnelheden langs de pallet van 1-2 m/s. Om het benodigde microklimaat te bereiken moet de container een macroklimaat produceren van 8 °C, 3-4 % CO<sub>2</sub>, 3-4% O<sub>2</sub> en rv 90-95 %.

In de praktijktest is gebleken dat een NedLloyd (CA-systeem Graaff) container bij de instelling (ATO advies) :

Temperatuur	:	8 graden Celsius.
Humidity Control Carrier	:	95 % rv.
CO <sub>2</sub> control Graaff	:	3 ± 1 %
O <sub>2</sub> control Graaff	:	4 ± 0.5 %
Humidity Control	:	92 ± 1 % rv.

leidt tot een microklimaat rond de paprika's van 9±1 °C, 6±2 % CO<sub>2</sub>, 3±1 % O<sub>2</sub> en rv 98<sup>+2</sup><sub>-4</sub> %.

Bij het eerste werkelijke transport naar de Verenigde Staten blijkt het gemiddelde vochtverlies 3±1 % na het transport en 5±1 % na 7 dagen nabewaring op 17 °C en 75% rv. Het aantal gave paprika's bedroeg 97 % na het transport en 90 % na 7 dagen nabewaring bij genoemde condities. Nabewaring op 8 °C 75 % rv heeft een positief effect op zowel vochtverlies als kwaliteit.

## Summary

The possibility of sea transportation of red bell peppers with Controlled Atmosphere containers to the United States has been examined. Experiments have been done on lab, semi-practical and practical scale. It has been determined that a microclimate (8 °C, 3-4 % CO<sub>2</sub>, 3-4% O<sub>2</sub> and rh 95-100 %) around the bell pepper gives an optimal balance between rot and dehydration. Saturation of the microclimate should be avoided.

As buffer between macroclimate and microclimate the package/pallet-stacking combination gives a rise of the rh of 3-5 % (depending on the location of the pepperbox) to a macroclimate of 95 % and with air velocity along the pallet of 1-2 m/s. To obtain the necessary microcli-

mate the container must produce a macroclimate of 8 °C, 3-4 % CO<sub>2</sub>, 3-4% O<sub>2</sub> and rh 90-95 %.

In the practical test a NedLloyd (Graaff CA-system) container set at (ATO advice) :

Temperature	:	8 ° C.
Humidity Control Carrier	:	95 % rh.
CO <sub>2</sub> control Graaff	:	3 ± 1 %
O <sub>2</sub> control Graaff	:	4 ± 0.5 %
Humidity Control	:	92 ± 1 % rh.

gives a microclimate around the peppers of 9±1 °C, 6±2 % CO<sub>2</sub>, 3±1 % O<sub>2</sub> and rh 98<sup>+2</sup><sub>-4</sub> %. The first real transportation to the United States showed an average weight loss of 3±1 % after the transportation and 5±1 % after 7 days of shelf life at 17 °C and 75% rh. The amount of perfect peppers was 97 % after the transport and 90 % after 7 days of shelf life at the conditions mentioned. Prolonged storage after transportation at 8 °C 75 % rh has a positive effect on both mass loss and product quality.

#### Acknowledgement.

The following persons are forwarded special attention for their help during the project :

L.A. Risse	USDA Rotterdam.
A.J. Bongers	USDA Rotterdam.
V. Bus	USDA Rotterdam.
A.E. Watada	USDA Beltsville.
C.Y. Wang	USDA Beltsville.

**Inhoudsopgave.****Samenvatting / Summary**

<b>1. Inleiding.</b> .....	<b>4</b>
<b>2. Opzet van het onderzoek / planning</b> .....	<b>6</b>
<b>3. Deel I : Invloed van het microklimaat tijdens de CA-bewaring op de kwaliteit van rode paprika's.</b> ..	<b>7</b>
3.1 Samenvatting. ....	7
3.2 Materiaal en methoden .....	8
3.2.1 Inleiding .....	8
3.2.2 Doorstroomsysteem .....	8
3.2.3 Realisatie van de gewenste relatieve luchtvochtigheid .....	8
3.2.4 Proefschema .....	9
3.2.5 Beoordelingen en bepalingen .....	10
3.2.6 Statistische berekeningen .....	10
3.3. Resultaten .....	11
3.3.1 Beginkwaliteit van de paprika's .....	11
3.3.2 Relatieve luchtvochtigheid .....	11
3.3.3 Uiterlijke kwaliteit en aantasting van de paprika's na de bewaring en na de nabewaring. ....	12
3.3.4 Gewichtsverliezen .....	13
3.3.5 Smaakbeoordeling .....	13
3.4 Discussie .....	13
3.5 Conclusies .....	14
<b>4. Deel II : Invloed van de verpakking en palletstapeling op de relatie tussen micro- en macroklimaat rond de paprika's.</b> .....	<b>27</b>
4.1 Samenvatting. ....	27
4.2 Inleiding. ....	28
4.3 Materiaal en methoden. ....	28
4.4 Resultaten. ....	29
4.5 Discussie. ....	31
4.6 Conclusie .....	34
<b>5. Deel III: CA-containertest en simulatie van het containertransport</b> .....	<b>39</b>
5.1 Samenvatting. ....	39
5.2 Materiaal en methoden. ....	40
5.3 Resultaten .....	42

<b>6. Deel IV : Het containertransport van rode paprika's onder CA-condities naar de Verenigde Staten. ....</b>	<b>71</b>
6.1 Samenvatting. ....	72
6.2 Inleiding. ....	72
6.3 Resultaten. ....	72

## 1. Inleiding.

Transport van rode paprika's naar de Verenigde Staten vindt tot op heden veelal plaats per vliegtuig.

Nederlandse exporteurs achten het wenselijk om rode paprika's per schip in CA (controlled atmosphere)-containers naar de Verenigde Staten te exporteren. De export van rode paprika's zou hierdoor kunnen toenemen en door de potentiële retourvrachten zou de handelspositie kunnen worden versterkt.

De huidige CA-containers bieden de mogelijkheid om temperatuur, O<sub>2</sub> (zuurstof)- en CO<sub>2</sub> (koolzuur) gehaltes en de rv (relatieve luchtvochtigheid) te sturen. Gezien de veel langere transportduur, maximaal zo'n 15 dagen, is het van groot belang de optimale klimaatcondities tijdens het zeetransport van paprika's naar de Verenigde Staten te realiseren, om de kwaliteit van het produkt maximaal te kunnen behouden. Na dit transport moeten de paprika's nog ongeveer een week van voldoende kwaliteit zijn om te kunnen worden verkocht.

### **Voor kennis uit eerder onderzoek op ATO.**

Van rode paprika's is bekend dat na langdurige opslag beneden 8 °C de kans op i.t.b. (lage temperatuurbederf) erg groot is [2]. Als resultaat van dit onderzoek geldt dan ook een adviestemperatuur van 8 °C.

CA-bewaaronderzoek van paprika's is voornamelijk uitgevoerd met groene paprika's [1, 5, 6]. De resultaten waren overwegend gematigd positief. De optimale CA-condities waren <5% CO<sub>2</sub> en 2-5% O<sub>2</sub>.

Recentelijk is op het voormalig Sprenger Instituut en op het ATO uitgebreid onderzoek gedaan naar de invloed van CA-bewaring op de uiterlijke kwaliteit en smaak van paprika's [3, 4]. Polderdijk et al. hebben hun onderzoek uitgevoerd met rode paprika's, terwijl Otma zich heeft toegespitst op CA-bewaring van bonte (bijna rode) paprika's. Uit de onderzoeken is gebleken dat verlaging van het zuurstofgehalte tot 2-4% een gering positief effect kan hebben. Verhoging van het koolzuurgehalte is niet positief en een koolzuurgehalte >5% kan zelfs negatief zijn in verband met eventuele smaakbeïnvloeding.

Bij Otma was na 2 weken CA-bewaring (8 °C, rv >97%) een zeer hoog percentage van de bewaarde paprika's gaaf. Tijdens de nabewaring bij hogere temperatuur en lagere rv (15 °C, 70% rv) ontstond echter vrij veel rot en vertoonden de paprika's snel uitdrogingsverschijnselen (slap en rimpelig).

De indruk bestaat dat verlaging van de rv (toename dampdrukdeficiet) tijdens de CA-bewaring, dusdanig dat geen vrij water kan ontstaan, de rotaantasting tijdens de nabewaring vermindert [3]. Dit zou alleen zin hebben indien uitdroging voldoende wordt tegengegaan.

Otma heeft gevonden dat individuele krimpfolie verpakking tijdens de bewaring en/of de nabewaring uitdroging voorkomt. Uit milieuoverwegingen zijn deze verpakkingen echter niet meer interessant voor verder onderzoek.

CA-bewaaronderzoek was op het ATO tot voor kort slechts mogelijk

bij zeer hoge rv (verzadigde lucht), omdat de mogelijkheden ontbraken om de rv tijdens de CA-bewaring te sturen (statisch systeem). Sinds kort beschikt het ATO over een doorstroomsysteem, wat de mogelijkheid biedt om tijdens de CA-bewaring diverse rv's aan te leggen.

**Dit onderzoek.**

Het ATO is ingeschakeld om te adviseren in condities tijdens het CA-zeetransport en gedurende de rest van het afzetkanaal. Gezien de voorkennis is het onderzoek vooral gericht geweest op het vaststellen van de invloed van de rv op de paprikakwaliteit met betrekking tot rot en uitdroging. Tevens is bekeken of de installatie van de CA-container in staat is om het gewenste klimaat voor de paprika's te creëren.

Om de risico's voor de exporteur en transporteur te beperken zijn voor het daadwerkelijke transport experimenten door ATO Agrotechnologie op lab-, semi-praktijk en praktijkschaal uitgevoerd. De resultaten van het onderzoek dienen als advisering bij de instelling van de condities van de CA-containers, bestemd voor zeetransport van rode paprika's naar de Verenigde Staten.

ATO Agrotechnologie heeft tevens het eerste CA-zeetransport van paprika's naar de Verenigde Staten wetenschappelijk begeleid. De verslaglegging hiervan is in dit rapport opgenomen.

## 2. Opzet van het onderzoek / planning.

Het onderzoek beoogde zowel theoretisch als experimentele simulatie van de keten van handelingen die de paprika tijdens het transport doorloopt. Voor het transport van paprika's in een CA-container naar de VS zijn de handelingen globaal (afhankelijk van de lokatie van vertrek- en aankomsthaven) :

a. pluk + transport naar exporteur	dag 1
b. beladen CA-container	dag 1
c. plaatsen ctr op kade + beladen schip	dag 2
d. vertrek zeetransport	dag 3
e. aankomst haven VS	dag 12
f. ontladen schip	dag 13
g. transport naar groothandel	dag 14
h. verkoop in winkels	dag 14 - dag 19/20

Om de invloed van de vochthuishouding op uitdroging en rotvorming gedurende en na de CA-bewaring in kaart te kunnen brengen is het onderzoek in 4 experimenten (delen) gesplitst.

In het eerste experiment is voor de rode paprika geëvalueerd welke rv bij CA-bewaring indroging van de paprika vermijdt en toch niet leidt tot rottingsverschijnselen.

In het tweede experiment is de rol van de verpakking uitgezocht als medium tussen macro-klimaat (dat door de CA-container wordt opgelegd) en het micro-klimaat (dat door de interactie tussen macro-klimaat, verpakking en de ademhaling van de paprika ontstaat).

De CA-container is getest in zijn mogelijkheden een ingesteld klimaat (temperatuur, rv en gassamenstelling) rond de paprika te creëren in het derde deel van het onderzoek.

Om de metingen op praktijkschaal te verifiëren en een daadwerkelijk transport wetenschappelijk te begeleiden, is het eerste transport naar de VS begeleid door het ATO. Hierbij zijn tijdens het transport metingen verricht. De resultaten hiervan zijn opgenomen in het vierde deel.



### **3. Deel I : Invloed van het microklimaat tijdens de CA-bewaring op de kwaliteit van rode paprika's.**

In het hier gerapporteerde deelonderzoek is nagegaan of de rv tijdens de CA-bewaring van bonte paprika's (bijna rood) van invloed is op de rotvorming tijdens de (na)bewaring en is nagegaan hoe snel de paprika's bij de opgelegde condities indrogen.

#### **3.1 Samenvatting.**

Er is onderzoek gedaan naar de invloed van CA-bewaring (15 dagen bij 8 °C, 3% CO<sub>2</sub>-3% O<sub>2</sub> of normale lucht, gevolgd door 7 dagen nabewaring bij 20 °C, 70% rv) bij diverse luchtvochtigheden (80-100%) op de kwaliteit van rode paprika's.

Het CA-effect was gering en ontstond pas gedurende de nabewaring. CA-bewaring leidde tot minder vruchtrot tijdens de nabewaring en tot meer steelrot en/of steelschimmel.

Vruchtrot ontstond vooral tijdens de nabewaring en meer naarmate de rv tijdens de bewaring hoger was geweest. Er ontstond vooral veel vruchtrot na bewaring bij verzadigde lucht.

De gewichtsverliezen en het percentage slappe paprika's namen toe naarmate de rv tijdens de bewaring lager was geweest, terwijl ook herkomstfactoren, in het bijzonder de mate van zwelscheuraantasting, van invloed waren.

Smaakafwijkingen zijn niet waargenomen.

#### **Summary**

Research was carried out on the influence of CA-storage (15 days at 8 °C, 3% CO<sub>2</sub>-3% O<sub>2</sub> or normal air, followed by 7 days at 20 °C, 70% r.h.) at various r.h. (80-100%) on the quality of red bell peppers.

A slight CA-effect was shown after storage. CA-storage reduced decay of the flesh after storage and stimulated formation of mould and/or decay on the stem/calyx.

Decay of the fruit proved to be r.h. dependent e.g. more decay at higher r.h., especially after storage in saturated air.

Weight loss and proportion of soft peppers were r.h. dependent and they were affected by origin (grower). Especially russetting stimulated weight losses.

Poor tasting samples were not found.

## 3.2 Materiaal en methoden

### 3.2.1 Inleiding

Bonte paprika's (bijna rood) zijn in het doorstroomsysteem bij 4 rv's onder CA- en onder normale luchtomstandigheden bewaard, gedurende 15 dagen bij 8 °C. De CA-conditie was 3% CO<sub>2</sub> en 3% O<sub>2</sub>. De CA-conditie is gekozen op basis van de relevante literatuur. De gekozen CA-conditie wordt beschouwd als optimaal voor rode en bonte paprika's.

Na de bewaring werden de paprika's gedurende één week nabewaard bij 20 °C en 70% rv. Beoordeling vond plaats op uiterlijke kwaliteit en smaak. Tevens is het gewichtsverlies gevolgd gedurende de (na)bewaring. De proef is in tweevoud uitgevoerd op 2 verschillende tijdstippen.

### 3.2.2 Doorstroomsysteem

(CA-)bewaring van de paprika's vond plaats in het doorstroomsysteem van het ATO. Het doorstroomsysteem bestaat uit 4 koelcellen met in iedere cel 12 cilindervormige roestvrijstalen doorstroomcellen met een inhoud van 70 liter.

De gassamenstelling en de gasflow worden gestuurd door massflow-controllers (Brooks). In iedere doorstroomcel is een kooi geplaatst, waarin produkt kan worden gelegd. Hierdoor wordt geen contact met de wanden van de doorstroomcellen gemaakt.

In het hier beschreven onderzoek is het systeem handmatig bediend.

De gascondities werden 2 maal per week gecontroleerd met behulp van een Servomex paramagnetische zuurstofmeter en een ADC infra-rood koolzuurmeter.

### 3.2.3 Realisatie van de gewenste relatieve luchtvochtigheid

Het is mogelijk om een bepaalde rv in te stellen in het doorstroomsysteem. Dit kan omdat er bij een gegeven temperatuur en gegeven aantal paprika's een evenwicht ontstaat tussen de water afgifte van de paprika's naar de atmosfeer in de doorstroomcel en de waterafgifte van de doorstroomcel naar buiten. (Het transport van water naar buiten ontstaat door invoer van droge lucht bij de doorstroomcel en afvoer van vochtige lucht naar buiten.)

Dit evenwicht (de rv van de lucht in de doorstroomcel) kan beïnvloed worden door de hoeveelheid ingeblazen droge lucht en door het aantal paprika's in de doorstroomcel.

Door middel van voorproeven is nagegaan bij welke gas-flow en welke aantallen paprika's er rv's ontstonden tussen ongeveer 80 en 100%. De proeven zijn uitgevoerd bij 8 °C en er is gestreefd naar een maximale hoeveelheid paprika's in verband met de statistische betrouwbaarheid van de resultaten. Op basis van de voorproeven zijn 4 flow instellingen berekend.

In tabel 3.I staat een overzicht van de berekende gasflow bij de gewenste rv's en het bijbehorende aantal paprika's.

Gedurende de bewaring zijn de rv's gemeten. Dit is gebeurd met capacitatieve rv-voelers van het merk Vaisala gekoppeld aan Grant data-loggers. Deze waren zo ingesteld dat gedurende de hele proef elke 5 minuten de rv werd gemeten en het resultaat in het geheugen werd opgeslagen.

Door beperkingen in de beschikbare apparatuur was het alleen mogelijk om per proef 4 doorstroomcellen op de hierboven beschreven manier te bemonsteren. Er is aangenomen dat in de 12 niet bemonsterde doorstroomcellen dezelfde rv ontstond als in de bemonsterde doorstroomcellen. Dit is een redelijke aanname omdat in deze doorstroomcellen hetzelfde aantal paprika's was geplaatst en er bij dezelfde temperatuur een gelijke hoeveelheid lucht door de doorstroomcellen werd geblazen.

### 3.2.4 Proefschema

gewenste rv	conditie %CO <sub>2</sub> -%O <sub>2</sub>	herhaling	aantal paprika's
85	3-3	1	15
		2	15
	0-21	1	15
		2	15
90	3-3	1	18
		2	18
	0-21	1	18
		2	18
95	3-3	1	18
		2	18
	0-21	1	18
		2	18
100	3-3	1	18
		2	18
	0-21	1	18
		2	18

Totaal: 4 rv's x 2 condities x 2 herhalingen = 16 doorstroomcellen

De doorstroomcellen zijn aselekt over de cellen van het doorstroomstelsel verdeeld.

Na de bewaring zijn de paprika's nabewaard gedurende 1 week bij 20 °C en 70% rv.

Direct na de bewaring zijn uit iedere doorstroomcel aselekt 3 paprika's genomen voor smaakbeoordelingen.

De totale proef is 2 maal uitgevoerd, bij iedere proef een andere herkomst paprika's.

Het ras was Mazurka.

De sortering van de paprika's was 80/100 mm.

De klasse was I en I-Super.

De paprika's zijn uit de veilingaanvoer gehaald.

Proef 1 is ingezet op 26 maart 1991 (klasse I).

Proef 2 is ingezet op 11 april 1991 (klasse I-Super).

Bij proef 1 lagen de paprika's gedurende de bewaring los in de kooien in de doorstroomcellen. Bij proef 2 zijn de paprika's in de kooien uitgesteld op een laag plastic met luchtkussentjes, omdat bij proef 1 was gebleken dat de kooi soms afdrukken naliet op de paprika's.

Gedurende de nabewaring werden de paprika's, per object, bewaard in een open paprikadoos.

### **3.2.5 Beoordelingen en bepalingen**

De paprika's zijn beoordeeld op uiterlijke kwaliteit en smaak. Gedurende de bewaring en de nabewaring zijn de gewichtsverliezen bepaald.

De beoordelingen op uiterlijke kwaliteit en gewichtsverliesbepalingen vonden plaats bij inzet, na de bewaring en na 1 week nabewaring.

Bij de beoordeling op uiterlijke kwaliteit bij inzet werd gekeken naar de kleur (% bont), zwelscheurtjes, groeischeurtjes, beschadigingen, snijvlak steel, stevigheid en de algehele kwaliteit.

Bij de beoordeling na de bewaring en gedurende de nabewaring werd gelet op kleur (doorkleuring), stevigheid(slap), rot, schimmel, afwijkingen en rimpeligheid.

De beoordelingen op uiterlijke kwaliteit zijn uitgevoerd door 1 of 2 specialisten.

Bij de smaakbeoordelingen werd gelet op consistentie, zoet, zuur, aroma, maar vooral op smaakafwijkingen.

De smaakbeoordelingen werden "om de tafel" uitgevoerd door een smaakpanel variërend van 5 tot 10 personen.

### **3.2.6 Statistische berekeningen**

De verzamelde data zijn statistisch verwerkt met behulp van het statistisch computerpakket Genstat. Er werd gekeken naar het effect van rv en CA-bewaring op het percentage gewichtsverlies, het aantal gave paprika's, het aantal slap, het aantal met vruchtrot en het aantal met steelrot en/of schimmel. Hoewel de data voor de twee proeven

samen werden geanalyseerd, werd rekening gehouden met mogelijke verschillen tussen de twee proeven vanwege herkomst verschillen, verschillen in beginkwaliteit etc. Ook werd rekening gehouden met mogelijke interacties - dat wil zeggen, waar het effect van rv afhankelijk is van de gasconditie of van de beginkwaliteit. De analyse werd uitgevoerd op de gegevens na de bewaring en vervolgens op de gegevens na 7 dagen nabewaring.

Alle gegevens werden door middel van regressie geanalyseerd, waarbij de CA-bewaring en proef 2 verschillen als 0,1 dummy predictorvariabelen (Engels: indicator variables) zijn meegenomen. Verondersteld werd dat de aantallen gave, slappe, rotte door steelrot en/of door steelschimmel aangetaste paprika's een binomiale verdeling volgen, waarbij de kans van aantasting mogelijk afhangt van de predictorvariabelen rv, luchtsamenstelling en proefnummer. Dit verband werd onderzocht door middel van een logistische regressie analyse, waarbij de responskans beschreven wordt als logistische functie van een lineaire combinatie van de predictorvariabelen.

De statistische analyse werd uiteraard uitgevoerd met de bereikte rv's, maar op basis van de door regressie gevonden verbanden is het mogelijk het voorspelde percentage gave of aangetaste paprika's bij de gewenste rv's te berekenen, samen met hun standaard fouten. Deze voorspelde waarden worden in de statistische tabellen weergegeven.

### 3.3. Resultaten

#### 3.3.1 Beginkwaliteit van de paprika's

De uiterlijke beginkwaliteit van de paprika's van proef 1 (inzet 26/3/1991) was matig. De paprika's waren 20 tot 40% bont. Dit kwam doordat het rode paprika seizoen net was begonnen en de paprika's iets te vroeg werden geoogst om toch rode paprika's te kunnen leveren. De vruchten zaten vol met zwelscheurtjes en verkurkte groeischeuren.

Ook bleek dat de paprika's al 4 dagen oud waren toen ze op het ATO arriveerden (weekend over). Soms waren de steeltjes wat rafelig afgesneden.

De beginkwaliteit van de paprika's van proef 2 (inzet 11/4/1991) was beduidend beter. De aantasting door zwelscheurtjes was minder, de steeltjes waren goed afgesneden en de paprika's waren vers.

De paprika's waren 10 tot 20% bont.

#### 3.3.2 Relatieve luchtvochtigheid

De rv's zoals deze gemeten zijn gedurende de eerste proef weken iets af van de rv's zoals deze voorspeld waren (88, 95, 97, 100% in plaats van de verwachte 85, 90, 95, 100%). Dit staat weergegeven in figuur 3.1. De oorzaak hiervan was dat de paprika's meer zwelscheurtjes vertoonden dan bij de voorproef. Paprika's verliezen meer vocht naarmate de zwelscheuraantasting groter is en dit leidt bij gelijke flow tot een hogere evenwichtswaarde waarop de rv stabiliseert.

Bij de tweede proef waren de paprika's van een veel betere kwaliteit, ze hadden veel minder zwelscheuren, hierdoor verloren zij veel minder water en stabiliseerde de rv op een veel lagere waarde (80, 82, 92, 100% in plaats van de verwachte 85, 90, 95, 100%). Het verloop van de rv gedurende de bewaring bij proef 2 staat weergegeven in figuur 3.2.

### 3.3.3 Uiterlijke kwaliteit en aantasting van de paprika's na de bewaring en na de nabewaring.

#### Na bewaring

De paprika's waren tijdens de 15 dagen durende bewaring doorgekleurd. Bij de paprika's uit proef 1 was af en toe nog een bont plekje te zien. Bij de paprika's uit proef 2 was dit niet het geval.

De paprika's uit proef 1 zagen er gerimpeld uit en meer naarmate de rv lager was geweest. De paprika's, die bij verzadigde lucht waren bewaard, zagen er niet gerimpeld uit.

Hetzelfde beeld was te zien bij de paprika's uit proef 2, maar de rimpeligheid was veel minder dan bij proef 1. De rimpeligheid was over het algemeen het sterkst op plaatsen met veel zwelscheurtjes.

Figuur 3.3 geeft een overzicht van de percentages gave en aangetaste vruchten direct na de bewaring bij 8 °C (proef 1 : figuur 3.3a, proef 2 : figuur 3.3b). In tabel 3.II zijn de cijfers van de resultaten opgenomen.

Bij de beoordelingen tijdens proef 1 was een paprika of gaaf of had vruchtrot of was slap of had steelrot en/of steelschimmel. Dubbeltellingen kwamen niet voor. Vruchtrot woog zwaarder dan slap en slap woog zwaarder dan steelrot en/of steelschimmel.

Bij proef 2 is wel met dubbeltellingen beoordeeld.

Tabel 3.III is een statistische aanvulling op tabel 3.II (zie 3.2.6).

Uit de statistische analyse bleek dat er geen significante verschillen waren in aantasting van paprika's die onder CA-condities waren bewaard en die in gewone lucht waren bewaard.

Het niveau van de rv had een sterk effect op het percentage slappe paprika's en dus ook op het percentage gave paprika's in proef 1. De kans op slappe paprika's werd hoger naarmate de rv lager was. Bij proef 2 was er ook enig effect van de rv op het percentage slappe paprika's, maar waren de proporties slap in alle gevallen laag. De verschillen tussen proef 1 en proef 2 zijn wellicht te wijten aan de zwaardere zwelscheuraantasting bij proef 1 en aan het feit dat de paprika's van proef 1 al 4 dagen oud waren bij inzet en dus toen al meer vocht hadden verloren dan de paprika's van proef 2 bij inzet.

Direct na de bewaring kwam vruchtrot nauwelijks voor. Steelrot en/of steelschimmel kwamen ook nauwelijks voor direct na de bewaring, echter wel iets meer bij proef 1 dan bij proef 2.

#### Na nabewaring

Na 1 week nabewaring waren alle paprika's doorgekleurd. De paprika's zagen er vaak sterk gerimpeld en verouderd uit en wel meer naarmate

de rv tijdens de bewaring lager was geweest en meer bij proef 1 dan bij proef 2.

Figuur 3.4 geeft een overzicht van de percentages gave en aangetaste vruchten na een week nabewaring bij 20 °C en 70% rv (volgend op 15 dagen bewaring bij 8 °C). Figuur 3.3a hoort bij proef 1, figuur 3.4b bij proef 2. In tabel 3.IV zijn de getallen van de resultaten opgenomen. Wederom zijn alleen bij proef 2 dubbeltellingen uitgevoerd. De tabellen 3.V tot en met 3.VII zijn een statistische aanvulling op tabel 3.IV (zie ook 2.6).

Na 1 week nabewaring was sprake van een CA-effect. De CA-bewaring had een significant verminderd effect op de kans op vruchtrot (tabel 3.VI). Daarentegen kwam bij proef 1 significant meer steeltrot en/of schimmel voor bij de CA-bewaarde paprika's (tabel 3.VII).

Slap kwam nog steeds meer voor naarmate de rv tijdens de bewaring lager was geweest, maar de verschillen tussen proef 1 en proef 2 waren bijna verdwenen (tabel 3.V).

Gedurende de nabewaring ontstond vooral veel vruchtrot bij de paprika's die bij verzadigde lucht waren bewaard. De kans op vruchtrot bleek aanzienlijk hoger bij de paprika's die bij hogere rv's waren bewaard (tabel 3.VI).

Steeltrot en/of steelschimmel kwamen vooral voor bij paprika's uit proef 1. Mogelijk waren de steeltjes gevoeliger voor aantasting door mindere beginkwaliteit dan de paprika's van proef 2 (tabel 3.VII).

### 3.3.4 Gewichtsverliezen

In de figuren 3.5 en 3.6 staat het verloop weergegeven van de gewichtsverliezen gedurende de bewaring en de nabewaring.

Tabel 3.VIII is een statistische aanvulling op de grafieken.

Gedurende de bewaring was het gewichtsverlies groter naarmate de rv lager was. Rekening houdend met verschillen in rv tussen proef 1 en proef 2 was bij proef 1 het gewichtsverlies gemiddeld ongeveer 2 maal zo groot als bij proef 2. De sterke zwelscheuraantasting bij proef 1 veroorzaakte blijkbaar een snellere gewichtsafname.

Gedurende de nabewaring bleven de verschillen van gelijk niveau.

### 3.3.5 Smaakbeoordeling

Bij geen enkel object zijn smaakafwijkingen geconstateerd. De trend was dat de paprika's taaier werden naarmate ze bij een lagere rv waren bewaard, vooral na een week nabewaring. Ook was de trend dat CA-bewaarde paprika's wat vlakker van smaak waren dan bij normale lucht bewaarde paprika's.

## 3.4. Discussie

Het doel van dit onderzoek was na te gaan of de rv tijdens de CA-bewaring van invloed is op de rotvorming tijdens en na de bewaring.

Het aanleggen van een reeks uiteenlopende rv's tijdens de CA-bewa-

ring was mogelijk met behulp van het doorstroomsysteem. De rv's varieerden van 80% tot 100%.

Uit de resultaten is gebleken dat verzadigde lucht tijdens de bewaring leidt tot meer vruchtrot in de nabewaring dan bewaring bij lagere rv's en dat de kans op vruchtrot minder is naarmate de rv lager is. Hiermee zijn de ideeën van Otma bevestigd [3], die toen niet goed konden worden onderzocht door het ontbreken van mogelijkheden om de rv tijdens den CA-bewaring te sturen.

CA-bewaring blijkt de rotvorming tijdens de nabewaring significant te reduceren ten opzichte van bewaring onder normale lucht omstandigheden. Daarentegen leidde de ingestelde CA-conditie tot wat meer steelrot en/of schimmel ten opzichte van bewaring onder normale luchtomstandigheden.

Tevens bestond de indruk dat CA-bewaring de smaak van rode paprika's afvlakt ten opzichte van bij normale lucht bewaarde paprika's. Smaakafwijkingen zijn niet waargenomen.

De herkomst was van invloed op de resultaten. Bij proef 1 was na 15 dagen bewaring en na de nabewaring het percentage gave paprika's minder dan bij proef 2. Deels kan dit verklaard worden met de wetenschap dat de paprika's van proef 1 al 4 dagen oud waren bij inzet, maar duidelijk waren ook van invloed de zware zwelscheuraantasting en de soms rafelig afgesneden steeltjes, die daardoor extra gevoelig voor rot en schimmel waren.

De indroging van de paprika's was aanzienlijk. Na 15 dagen bewaring werden alleen bij de bij verzadigde lucht bewaarde paprika's geen slappe vruchten aangetroffen. Het percentage slappe vruchten was binnen een proef hoger naarmate de rv lager was geweest.

Bij proef 2 was na 15 dagen bewaring het percentage slappe vruchten maximaal 12%. Bij proef 1 was dit percentage 71%.

De oorzaken voor deze verschillen zijn wederom waarschijnlijk de zware zwelscheuraantasting bij de paprika's van proef 1 en het feit dat ze al 4 dagen oud waren bij inzet en toen dus misschien al een aanzienlijke hoeveelheid vocht hadden verloren.

Tijdens de nabewaring bij 20 °C en 70% rv nam het percentage slappe paprika's snel toe. Na een week nabewaring was het percentage slappe paprika's altijd erg hoog en hoger naarmate de rv binnen een proef lager was geweest en wat hoger bij proef 1 dan bij proef 2.

Uitdroging in de nabewaring bij 20 °C en 70% rv is dus altijd een groot probleem, ook als de paprika's bij verzadigde lucht zijn bewaard. Reductie van het vochtverlies kan gerealiseerd worden door individuele folieverpakking. Echter de consument wil deze verpakkingen niet. Een andere oplossing zou zijn om de condities tijdens de nabewaring (afzetketen) te verbeteren, waardoor het vochtverlies minder snel gaat. Dit kan door de temperatuur te verlagen en het dampdrukdeficiet te verkleinen (hogere rv).

Coaten van de steel zou eventueel steelrot- en/of schimmel kunnen tegengaan.

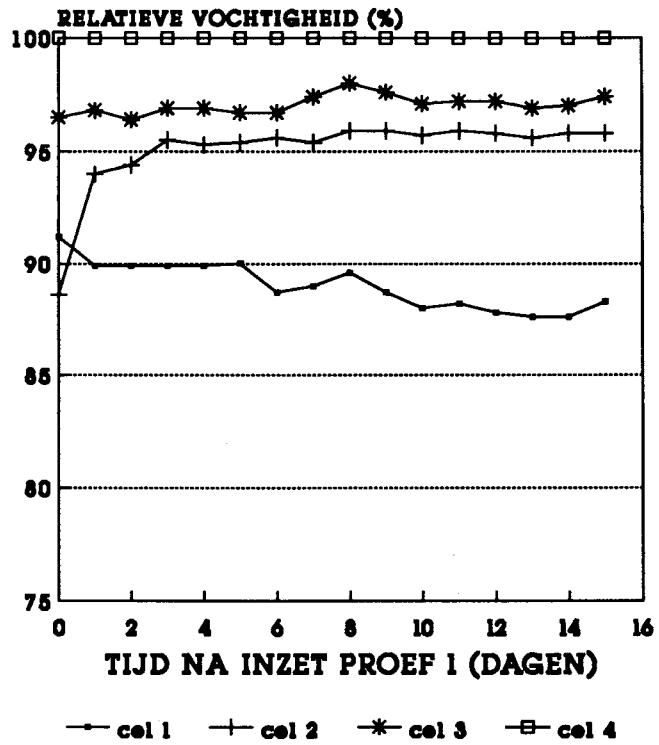


### 3.5 Conclusies

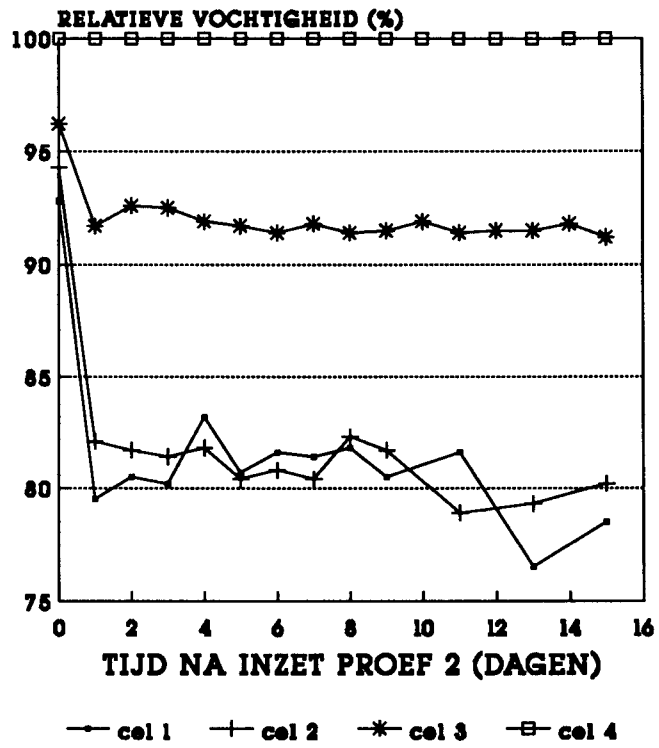
CA-bewaring van rode paprika's gedurende 15 dagen bij 8 °C en CA-conditions van 3% CO<sub>2</sub>-3% O<sub>2</sub> vermindert de kans op vruchtrot gedurende de nabewaring ten opzichte van bewaring bij normale lucht.

Vruchtrot ontstaat vooral gedurende de nabewaring en wel meer naarmate de rv gedurende de bewaring hoger is geweest. Vooral bewaring bij verzadigde lucht leidt tot explosieve ontwikkeling van vruchtrot.

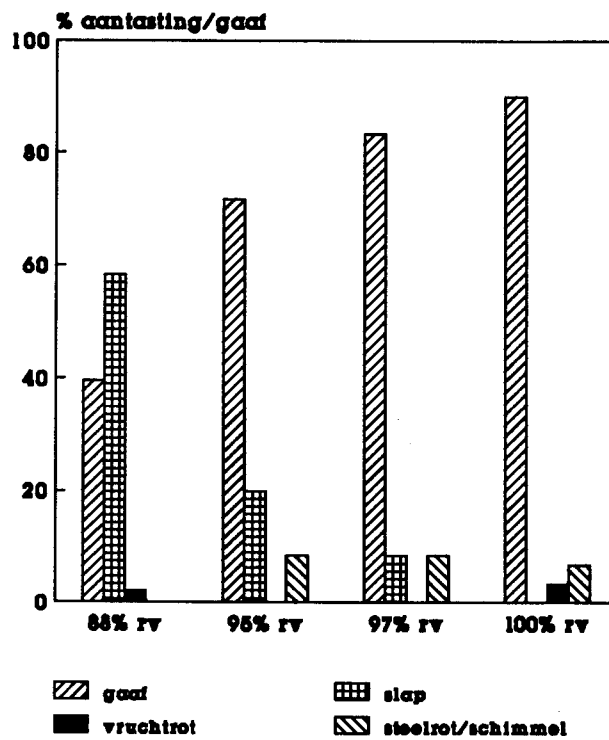
De gewichtsverliezen en daardoor het percentage slappe paprika's tijdens de bewaring en de nabewaring nemen toe naarmate de rv tijdens de bewaring lager is. Ook van invloed zijn herkomstfactoren zoals de mate van zwelscheuraantasting. Zwelscheurtjes verhogen namelijk de vochtafgifte.



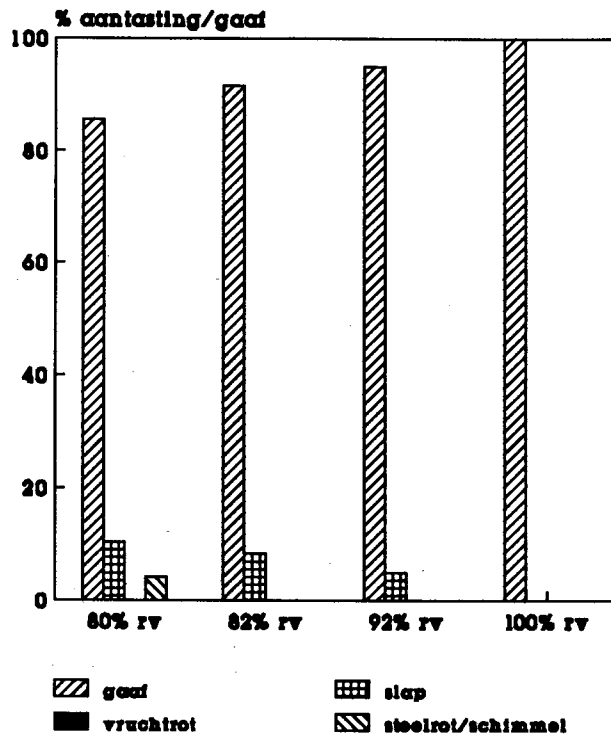
**Figuur 3.1:** Verloop gedurende de bewaring van de rv's in de meetdoorstroomcellen bij proef 1.



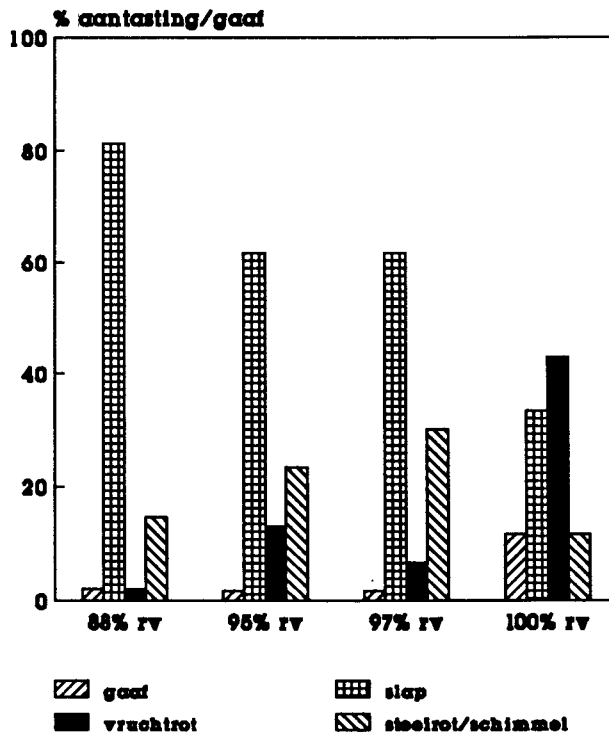
Figuur 3.2: Verloop gedurende de bewaring van de rv's in de meetdoorstroomcellen bij proef 2.



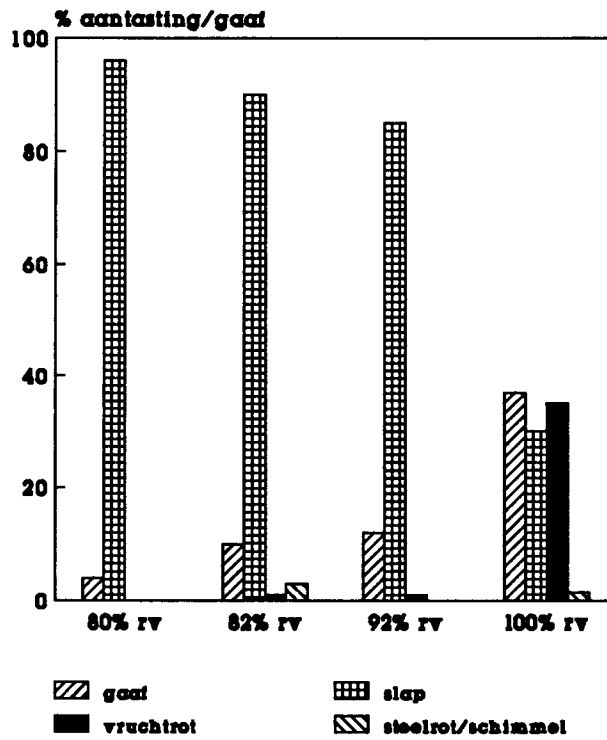
**Figuur 3.3a:** Percentage gave en slappe paprika's en percentage paprika's met vruchtrot en steelrot en/of steelschimmel na 15 dagen bewaring bij 8 °C. Proef 1.



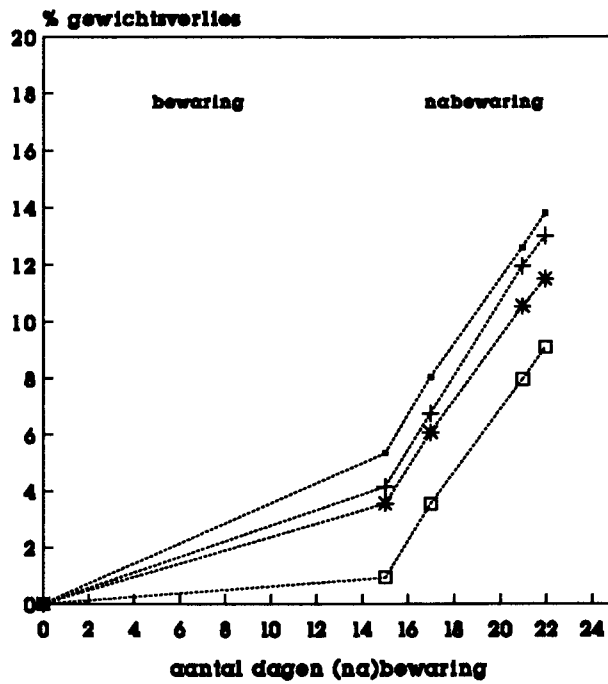
**Figuur 3.3b:** Percentage gave en slappe paprika's en percentage paprika's met vruchtrot en steelrot en/of steelschimmel na 15 dagen bewaring bij 8 °C. Proef 2.



**Figuur 3.4a:** Percentage gave en slappe paprika's en percentage paprika's met vruchtrot of steelrot en/of steelschimmel na 7 dagen nabewaring bij 20 °C en 70% rv (volgend op 15 dagen bewaring bij 8 °C). Proef 2.



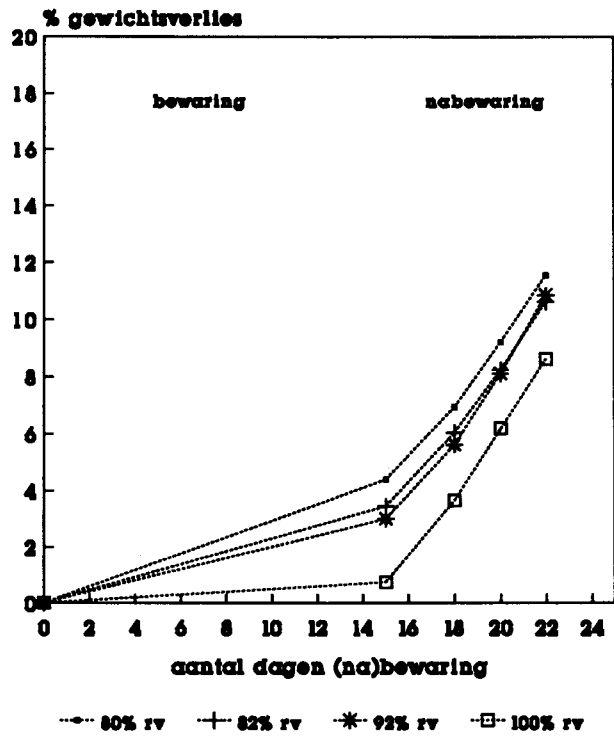
**Tabel 3.4b:** Percentage gawe en slappe paprika's en percentage paprika's met vruchtrot of steeltrot en/of steelschimmel na 7 dagen nabewaring bij 20 °C en 70% rv (volgend op 15 dagen bewaring bij 8 °C). Proef 2.



Figuur 3.5:

Verloop van het percentage gewichtsverlies bij proef 1 gedurende de bewaring bij 8 °C en de nabewaring bij 20 °C en 70% rv.





**Figuur 3.6:** Verloop van het percentage gewichtsverlies bij proef 2 gedurende de bewaring bij 8 °C en de nabewaring bij 20 °C en 70% rv.

**Tabel 3.I:** Overzicht van de gewenste rv's, met de bijbehorende gemeten flowinstellingen, en het aantal paprika's.

gewenste rv (%)	flow ml/min	aantal pap' s per cel	opmerkingen
85	1063 +/- 0.5	15	
90	957.4 +/- 0.5	18	
95	797.4 +/- 0.5	18	
100	1063 +/- 0.5	18	ingand gas door water geleid

**Tabel 3.II:** Percentage gave en slappe paprika's en percentage paprika's met vruchtrot en steelrot en/of steelschimmel na 15 dagen bewaring bij 8 °C.

proef	rv	%CO <sub>2</sub> - %O <sub>2</sub>	%gaaf	%vrucht- rot	%slap	%steelrot en/of schimmel
1	88	3-3	24	5	71	0
		0-21	54	0	46	0
	95	3-3	67	0	23	10
		0-21	76	0	17	7
	97	3-3	83	0	10	7
		0-21	83	0	7	10
	100	3-3	93	0	0	7
		0-21	86	7	0	7
2	80	3-3	88	0	12	0
		0-21	82	0	8	8
	82	3-3	93	0	7	0
		0-21	90	0	10	0
	92	3-3	97	0	3	0
		0-21	97	3	3	0
	100	3-3	100	0	0	0
		0-21	100	0	0	0

**Tabel 3.III:** Voorspelde percentage slappe paprika's bij diverse rv's (met benaderde standaard fouten) na 15 dagen bewaring bij 8 °C.

<i>rv</i>	85	90	95	100
proef 1	80% (6)	46% (6)	14% (3)	3% (1)
proef 2	6% (2)	4% (1)	2% (1)	1% (1)

**Tabel 3.IV:** Percentage gave en slappe paprika's en percentage paprika's met vruchtrot of steelrot en/of steelschimmel na 7 dagen nabewaring bij 20 °C en 70% rv (volgend op 15 dagen bewaring bij 8 °C).

<i>proef</i>	<i>rv</i>	%CO <sub>2</sub> - %O <sub>2</sub>	%gaaf	%vrucht- rot	%slap	%steel- rot en/of schim- mel
1	88	3-3	0	0	71	25
		0-21	4	4	92	4
	95	3-3	4	3	60	33
		0-21	0	24	63	13
	97	3-3	3	7	57	33
		0-21	0	7	67	27
	100	3-3	14	33	40	13
		0-21	10	53	27	10
2	80	3-3	4	0	96	0
		0-21	4	0	96	0
	82	3-3	13	0	87	3
		0-21	7	3	93	3
	92	3-3	13	0	87	0
		0-21	10	3	83	0
	100	3-3	53	13	33	0
		0-21	20	53	27	3

**Tabel 3.V:** Voorspelde percentage slappe paprika's bij diverse rv's (met benaderde standaardfouten) na 1 week nabewaring bij 20 °C en 70% rv (volgend op 15 dagen bewaring bij 8 °C).

<i>rv</i>	85	90	95	100
proef 1	91% (2)	80% (3)	62% (3)	39% (4)
2	91% (2)	79% (3)	60% (4)	38% (5)

**Tabel 3.VI:** Voorspelde percentage paprika's met vruchtrot bij diverse rv's (met benaderde standaardfouten) na 1 week nabewaring bij 20 °C en 70% rv (volgend op 15 dagen bewaring bij 8 °C).

<i>rv</i>	85	90	95	100
lucht	1% (1)	4% (2)	16% (3)	47% (6)
C.A.	-	1% (1)	5% (2)	21% (5)

**Tabel 3.VII:** Voorspelde percentage paprika's met steelrot en/of schimmel bij diverse rv's (met benaderde standaardfouten) na 1 week nabewaring bij 20 °C en 70% rv (volgend op 15 dagen bewaring bij 8 °C).

<i>Bewaring</i>	<i>C.A.</i>	<i>lucht</i>
proef 1	25% (4)	15% (3)
proef 2	2% (1)	1% (1)

**Tabel 3.VIII:** Voorspelde percentage gewichtsverlies gedurende 15 dagen bewaring bij 8 °C (met approximate standard errors)

<i>rv</i>	85	90	95	100
proef 1	6.8% (0.4)	5.1% (0.2)	3.5% (0.2)	1.8% (0.2)
proef 2	3.4% (0.2)	2.7% (0.2)	1.9% (0.2)	1.1% (0.3)

#### **4. Deel II : Invloed van de verpakking en palletstapelning op de relatie tussen micro- en macroklimaat rond de paprika's.**

##### **4.1 Samenvatting.**

In dit hoofdstuk worden de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid in een horizontale laag dozen gestapeld in een pallet onderzocht. Voor deze experimenten is een gedeeltelijk beladen pallet gebruikt. De snelheid en de vochtigheid van de lucht buiten de pallet zijn gevarieerd om tot een tot een sub-optimale instelling van het klimaat ten behoeve van de paprika's in de dozen te komen. Het blijkt dat de dozen in een horizontale laag in twee groepen kunnen worden ingedeeld. De ene groep bestaat uit twee dozen en heeft bij voldoende hoge luchtsnelheid langs de dozen een duidelijk betere communicatie met het klimaat rond de pallet dan de andere groep dozen. Deze laatste groep bevat de resterende zes dozen in het horizontale vlak. De relatieve luchtvochtigheid blijft in de groep van zes dozen onder de gemeten omstandigheden ( $T_{macro}=7.7$  °C,  $rv_{macro} \geq 93$ ,  $v \geq 1.0$  m/s) hoger dan in de andere twee dozen.

Om een relatieve vochtigheid van 95-100 % in de dozen met paprika te bereiken bij een luchtsnelheid van 1 m/s langs de doos adviseren we om een relatieve vochtigheid van 90-95 % in de controlled atmosphere container aan te leggen.

##### **Summary**

In this chapter we have investigated the behaviour of the temperature and relative humidity inside a partly loaded pallet with red bell pepper. The air velocity and the humidity outside the pallet have been varied in order to find an appropriate condition of these quantities that correspond to the desired climate inside the boxes loaded with red bell pepper. The horizontal layer of boxes in the pallet can be divided into two groups. One group containing two boxes has under the circumstances of sufficient high air velocity along the pallet a distinct better communication with the climat around the pallet than the other group. The latter group contains six boxes. The relative humidity in these six boxes is under the circumstances of ( $T_{macro}=7.7^{\circ}\text{C}$ ,  $RV_{macro} \geq 93\%$ ,  $v \geq 1.0$  m/s) higher compare to the other boxes.

In order to realize the relative humidity of 95-100% inside the boxes containing red bell pepper we advise to apply a relative hunity of 90-95% in the controlled atmosphere container.

## 4.2 Inleiding.

In het vorige hoofdstuk is de invloed van de relatieve vochtigheid (rv) beschreven op het losse produkt paprika. In de praktijk wordt het produkt verpakt in dozen met een inhoud van 5 kg. Bij het transport van paprika per controlled atmosphere (CA-)container staan deze dozen opgestapeld op pallets zoals in ref. 7 beschreven. In de CA-container worden de pallets met langsstroomkoeling op 8°C gehouden. Bij een gelijkmatige luchtverdeling in de lengte van de CA-container gaat de lucht met een snelheid van circa 1 m/s verticaal (van beneden naar boven) door de spleten tussen de pallets. Via de gaten in de doos (loodrecht op de luchtverplaatsing langs de doos) wordt de lucht binnen in de doos ververst. De geproduceerde warmte en water (in de vorm van waterdamp) worden op deze wijze afgevoerd. De luchtcirculatie door de doos is veel lager dan de genoemde 1 m/s.

We willen een indruk krijgen van de relatie tussen de temperatuur en rv buiten de doos en die binnen in de doos afhankelijk van de luchtsnelheid verticaal langs de pallet omhoog. Het experiment dat hiervoor is uitgevoerd wordt in dit hoofdstuk beschreven. De doos is de basis eenheid van deze proef.

Op de lange zijde van de doos zitten 3 ronde gaten, op de korte zijde en in het deksel zit een sleuf. De ordening van de dozen in een horizontaal vlak is in figuur 4.1A weergegeven. Deze structuur wordt in verticale richting op elkaar gestapeld om uiteindelijk een complete pallet te vormen. Om voldoende stabiliteit in de pallet te brengen is de oriëntatie van de dozen om de twee lagen steeds 180° gedraaid. De palletstapeling bevat eerst twee lagen met de ordening en oriëntatie zoals in figuur 4.1A en vervolgens 2 lagen met paprika dozen zoals in figuur 4.1B weergegeven. Dit herhaalt zich tot en met niveau 11 en 12 die de oriëntatie van figuur 4.1B hebben. De toplaag nummer 13 heeft oriëntatie van figuur 4.1A.

In deze proef wordt het klimaat in de dozen (het microklimaat) beschreven afhankelijk van de positie in één horizontaal vlak van de pallet. Het klimaat rond de pallet (het macroklimaat) is in de praktijk voor de verschillende lagen boven elkaar niet gelijk. Er wordt immers door elke laag vocht en warmte afgevoerd. Hierdoor zal het absolute vochtgehalte in de lucht en de temperatuur toenemen naar mate men zich hoger langs de pallet begeeft. Deze variatie van het macroklimaat bij 13 hoog beladen pallets valt buiten het kader van dit onderzoek. In het hier beschreven experiment bekijken we een gedeeltelijk beladen pallet om de variatie in de buitenklimaat te minimaliseren. Hier wordt het macroklimaat als bekend verondersteld.

## 4.3 Materiaal en methoden.

De pallet waarmee het experiment wordt uitgevoerd is voor een deel beladen met paprika. Dit is in figuur 4.1C weergegeven. Elke horizontale laag bevat acht dozen. In de onderste twee lagen de nummers 1 en 2 zijn de acht dozen gevuld met kunstcitroenen (kc). Laag 3 en 4 zijn

volledig beladen met paprika. De 5<sup>de</sup> laag bevat 3 dozen kunstcitroenen en 5 dozen paprika. Hierop staat laag nummers 6 t/m 9; deze zijn gevuld met kunstcitroenen. Laag nummers 10 t/m 13 zijn niet aanwezig. Alle dozen die niet met paprika gevuld zijn bevatten dus kunstcitroenen.

De experimentele pallet is ingebouwd tussen 4 houten wanden met een spleet van ca. 2 cm tussen de dozen en de wand. In deze spleet wordt de luchtsnelheid langs de pallet gemeten. De luchtcirculatie wordt via twee axiaal ventilatoren verkregen. De ventilatoren worden door een stappenmotor aangestuurd, de maximale luchtsnelheid langs de pallet is 4 m/s.

De rv van het macroklimaat wordt m.b.v. een regelbare glycol-koelinstallatie in samenhang met bevochtigers ingesteld. Dit resulteert in een zeer stabiele rv ( $\Delta rv \leq 1\%$ ).

De vierde laag dozen van onderaf geteld is de laag waarin de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid wordt gemeten. Dit niveau is volledig beladen met paprika en is ingebed tussen twee lagen die ook geheel of gedeeltelijk gevuld zijn met het produkt.

Om de temperatuur en de rv in de dozen met paprika te volgen wordt gebruik gemaakt van diverse sensoren. Voor een gecombineerde meting van temperatuur en rv maken we gebruik van een capacitieve vochtsensor (Vaisala HMP 31) in combinatie met een Grant Squirrel datalogger. Met 8 dergelijke sensoren wordt in alle 8 dozen de temperatuur en de rv gevolgd. In elke doos een sensor. Voor rv metingen buiten de pallet gebruiken we een Rotronics SA100 sensor en 2 thermo-hygrografen. De diverse rv sensoren zijn voor het experiment geijkt op ijkzouten. Daarbij wordt een absolute nauwkeurigheid van  $\pm 3\%$  voor  $rv \geq 90\%$ . Door de sensoren t.o.v. elkaar te herijken na het experiment wordt een relatieve nauwkeurigheid bereikt van 1%.

De temperatuur in de resterende dozen gevuld met paprika en op diverse plaatsen buiten de pallet wordt met Pt 100 sensoren gevolgd. Deze zijn ook verbonden aan Grant Squirrel dataloggers.

#### 4.4 Resultaten.

In het experiment wordt de temperatuur, de rv van het macroklimaat en de luchtsnelheid langs de dozen opgelegd. Na de start van de proef (tijd  $t=0$ ) is er eerst een periode waarin de pallet een nieuwe evenwichtssituatie moet bereiken. Deze evenwichtssituatie wordt minimaal een halve dag aangehouden voordat een nieuwe rv en/of luchtsnelheid voor het macroklimaat wordt ingesteld. Een deelexperiment, d.w.z. het instellen van een nieuw macroklimaat, het bereiken van een nieuwe evenwichtssituatie en deze gedurende een halve dag vasthouden, duurt ten minste 2 dagen.

In figuur 4.2A is als voorbeeld het temperatuurverloop van een van de dozen afgebeeld. In het eerste tijdsinterval daalt de temperatuur langzaam tot de evenwichttemperatuur. De paprika's zijn buiten de koelcel iets opgewarmd. In het tweede tijdsinterval is de temperatuur constant. In figuur 4.2A is dit ruim 30 uur na de start van de meting. Voor het

experiment is alleen het laatste tijdsinterval (de evenwichtconditie) van belang. In figuur 4.2B is dit laatste tijdsinterval nogmaals weergegeven maar nu voor de bijbehorende rv. Figuur 4.2A en B laten zien dat de evenwichtssituatie heel goed door een gemiddelde waarde van de laatste 10 uur kan worden beschreven. We beschrijven de temperatuur en de rv als een tijdgemiddelde over de laatste tien uur in de evenwichtssituatie.

Elke doos in het observatievlak voor temperatuur en rv levert 1 gemiddelde temperatuur en 1 gemiddelde rv per instelling van het macroklimaat. De doos is de kleinste meeteenheid. Bij de verwerking van de temperatuur en rv nemen we tevens een gemiddelde over een aantal dozen. Hiervoor zijn de dozen in de pallet verdeeld over 3 groepen zoals in figuur 4.1 aangegeven. Bij de indeling van de acht dozen is er voor gezorgd dat de dozen met 3 zijden maar de buitenlucht in een groep zitten, n.l. in groep III. Van deze dozen verwachten we dat er een betere luchtuitwisseling tussen de binnenkant van de doos en de omgeving van de pallet is t.o.v. de resterende dozen. Vervolgens is er bij de indeling van de pallet gekozen voor twee andere groepen die evenwijdig aan groep III liggen (zie figuur 4.1A). De notatie voor groep een is I, voor groep twee II en voor groep drie III.

Uit de gegevens van de container is berekend dat de langsstromende lucht in de container een snelheid van ca. 1 m/s langs het pallet omhoog is (zie hoofdstuk 5). Dit heeft de keuze van de luchtsnelheid tijdens de experimenten bepaald. Er is gekozen voor een  $v = 1$  m/s (de snelheid in de container), een veel hogere snelheid ( $v = 4$  m/s) en een veel lagere snelheid ( $v = 0,3$  m/s). Dit om een indruk te krijgen hoe gevoelig de temperatuur- en rv-verdeling in de pallet in relatie tot de langsstromende luchtsnelheid.

Naast de luchtsnelheid is de  $rv_{macro}$  gevarieerd om een sub-optimale  $rv_{micro}$  binnen in de dozen te verkrijgen. Dit houdt in dat er gestreefd wordt naar een  $rv_{micro}$  tussen de 95 en 100%.

In tabel 4.I zijn de instellingen voor het macroklimaat, de luchtsnelheid langs de pallet, de  $rv_{macro}$  en de temperatuur ( $T_{macro}$ ) voor de verschillende deelexperimenten gegeven. Tevens is er de gemiddelde temperatuur van de drie groepen dozen weergegeven. Deze zijn genoteerd als  $T_I$ ,  $T_{II}$  en  $T_{III}$  voor de gemiddelde temperatuur van de 1<sup>ste</sup>, 2<sup>de</sup> respectievelijk 3<sup>de</sup> groep dozen. Uit de tabel volgt dat de temperatuur van de drie groepen dozen in dit vlak binnen de meetnauwkeurigheid van 0.1 °C gelijk aan elkaar zijn. In de laatste kolom is de gemiddelde temperatuur over alle dozen per experiment gegeven ( $T_{I,II,III}$ )

De temperatuur van de andere dozen gevuld met paprika in de pallet (direct onder of boven deze laag) is ook binnen de meetnauwkeurigheid gelijk aan de temperatuur weergegeven in tabel 4.I (data niet getoond). Hieruit kan men concluderen dat de temperatuurverdeling in deze pallet homogeen is. Opgemerkt moet worden dat de kunstcitroenen geen warmte produceren en dat hierdoor deze conclusie niet zonder meer naar een complete pallet mag worden generaliseerd.

De homogene temperatuurverdeling betekent dat de rv binnen een



pallet en binnen 1 deelexperiment een bruikbare maat is voor het waterdamp gehalte in de lucht. Immers de  $rv$  is via de temperatuur gerelateerd aan de absolute vochtinhoud van de lucht. Bij hogere temperatuur kan de lucht meer vocht bevatten. Aangezien de temperatuur constant is, is de  $rv$  in dit experiment ook een maat voor het absolute vochtgehalte van de lucht. Ondanks de kleine temperatuurspreiding tussen de verschillende deelexperimenten en in sommige gevallen tussen het binnen- en buitenklimaat verdient het toch de voorkeur om in  $rv$  te werken i.p.v. absolute luchtvochtigheid, want de optimale luchtvochtigheid voor agrarische produkten wordt meestal in  $rv$  opgegeven.

Als de temperatuur die buiten de dozen heerst ( $T_{macro}$ ) wordt vergeleken met de temperatuur in de dozen dan ziet men tabel 4.I dat de buiten temperatuur lager of gelijk is aan de gemiddelde temperatuur gemeten in de dozen. (Vergelijk  $T_{macro}$  met  $T_{I,II,III}$ .) Dit is wat men verwacht, de warmteproductie van de paprika kan alleen voor een lokale temperatuurstijging zorgen. In het tweede experiment is de luchtsnelheid zo laag ( $v= 0.3$  m/s) dat de geproduceerde warmte niet volledig wordt afgevoerd, maar dat er een reële opwarming in de dozen plaats vindt.

#### 4.5 Discussie.

De experimentele pallet is beladen met paprika en kunstcitroenen. Deze laatste vervangen het volume van de paprika's. In eerste benadering nemen we aan dat de luchtweerstand van een doos gevuld met paprika gelijk aan die van een doos gevuld met kunstcitroenen.

Met behulp van deze nabootsing van het produkt in de pallet kan met een minimum hoeveelheid paprika toch een reële luchtstroom van een volledig pallet worden gesimuleerd. Door deze gedeeltelijke belading zijn de variaties in temperatuur en  $rv$  in de verticale richting tussen het meetpunt onderin de pallet en de laag paprika waarin we de metingen verrichten te verwaarlozen. Het macroklimaat wordt onderaan de pallet gemeten en gelijk verondersteld op de hoogte van de meetlaag. De pallet is op drie niveaus met paprika gevuld, dit om de meetlaag voldoende te bufferen wat betreft vocht- en warmteproductie.

#### *Temperatuur- en $rv$ -beschrijving van de pallet.*

In tabel 4.II staan de gemiddelde waarde van de  $rv$  opgesomd voor de eerder beschreven groepen dozen (I, II en III) in de geobserveerde laag in de pallet. Het eerste dat opvalt bij de analyse van alle deelexperimenten is dat de dozen van groep I en II binnen de meetnauwkeurigheid eenzelfde  $rv$  gedrag vertonen. Aangezien de temperatuur van de dozen in deze groepen gedurende de experimenten ook gelijk aan elkaar is kunnen we concluderen dat de 6 dozen die door groep I en II beschreven worden een thermodynamische eenheid vormen. Dit houdt in dat deze 6 dozen correct met 1 gemiddelde temperatuur en 1 gemiddelde  $rv$  beschreven kunnen worden. Kijkt men in figuur 4.1 naar de plaats van deze dozen in de pallet dan ziet men dat deze dozen eenzelfde oriëntatie t.o.v. elkaar hebben. (De lange zijde van de ene doos

grenst aan een lange zijde van een andere doos). Hierdoor sluiten de gaten van een doos volledig aan op de gaten van een naaste doos. Dit geldt ook voor de sleuven van de dozen uit groep I met de sleuven van de dozen uit groep II. In deze situatie is de luchtuitwisseling tussen deze dozen optimaal.

Een tweede punt dat opvalt bij de rv is dat de gemiddelde rv van groep III bijna altijd significant lager ligt dan de rv in de dozen die groep I en II vormen. De dozen uit groep III staan met de korte zijde tegen de lange zijde van de dozen uit groep II. Hierdoor sluit de sleuf in de dozen uit groep III slecht aan op de gaten in de dozen van groep II. De uitwisseling van lucht zal daardoor minder gemakkelijk tussen de dozen uit groep III en II gaan t.o.v. de luchtuitwisseling tussen de dozen uit groep I en II. Daartegenover staan de dozen in groep III met 3 zijden in direct contact met het macroklimaat. Bij deze ordening van de dozen is te verwachten dat de dozen in groep III goed met het macroklimaat communiceren, maar minder met de dozen uit groep II.

Dit beeld wordt bevestigd in de experimenten samengevat in tabel 4.II. Deze tabel laat zien dat het microklimaat in de dozen van groep III beter communiceert met het macroklimaat buiten de pallet t.o.v. de dozen in groep I en II. Deze metingen bevestigen de aparte positie van de dozen die groep III vormen en rechtvaardigt de gemaakte indeling in groepen.

#### *De luchtsnelheid en de rv instelling t.b.v. een pallet paprika.*

De 4 verschillende deelexperimenten worden nu in detail bekeken om tot een optimale bewaarconditie voor de dozen paprika te komen. Er zijn twee grootheden gevarieerd, de langstromende luchtsnelheid en de rv van het macroklimaat ( $rv_{macro}$ ). De observatiegrootte is de rv in de verschillende dozen, die gemiddeld is over de groepen I, II en III. In hoofdstuk 3 laat men zien dat de optimale rv rond de paprika (voor dit hoofdstuk in de doos) tussen de 95 en 100% moet zijn, waarbij verzaadigde lucht bij voorkeur moet worden voorkomen. Dit laatste kan leiden tot rotvorming in het uitstalleven (zie hoofdstuk...). Dit interval voor de rv is vrij smal en betekend dat de plaats van de rv sensor(s) in de CA-container en de instelling van de rv regeling zeer kritisch zijn. De regeling en de keuze van de rv sensor(s) vallen buiten het kader van het in dit hoofdstuk beschreven onderzoek, maar zullen in een volgend hoofdstuk aan de orde komen.

In het eerste deelexperiment is de snelheid langs de dozen in verticale richting omhoog gelijk aan 4 m/s, de  $rv_{macro} = 88\%$  bij  $T_{macro} = 7,5$  °C. Bij deze instelling is de temperatuur homogeen over de horizontale vlak en gelijk aan de temperatuur rond de pallet (zie tabel 4.I). De rv vertoont een significante spreiding, de dozen in groep I,II hebben een rv van 95% terwijl de rv in groep III gelijk is aan 90%. Deze spreiding tussen de verschillende groepen dozen is hierboven al gesignaleerd en verklaard. De gemiddelde waarde van de rv in het vlak kan omhoog worden gebracht door de rv van het macroklimaat te verhogen, maar de spreiding tussen de groepen I,II en III zal groot blijven, mits de lucht

in de dozen uit groep I en II niet verzadigd. Dit laatste is i.v.m. rotvorming in het uitstalleven niet gewenst. Hieruit kunnen we concluderen dat de spreiding in rv alleen kan worden teruggebracht door de langstromende luchtsnelheid te verlagen.

Neemt men een lage luchtsnelheid van 0.3 m/s zoals in deelexperiment 2 dan ziet men dat de rv homogeen over het vlak is geworden. Nu dient zich een probleem bij de temperatuurinstelling aan. Bij deze lage luchtcirculatie wordt niet alle geproduceerde warmte van de paprika afgevoerd en vindt er in de pallet een reële temperatuurverhoging. De temperatuur in de pallet is hoger dan daarbuiten. ( $T_{macro} < T_{I,II,III}$  zie tabel 4.I) Dit effect wordt vermoedelijk nog groter bij een volledig beladen experiment. Het is daarom aan te bevelen een hogere luchtsnelheid dan 0.3 m/s langs de pallet te gebruiken.

Bij de laatste twee deelexperimenten is gekozen voor een snelheid van 1 m/s, deze komt overeen met de huidige instelling van de CA-container. Tabel 4.I laat zien dat de temperatuur in de dozen binnen de meetfout gelijk is aan de temperatuur buiten de dozen. Alle geproduceerde warmte wordt bij deze luchtsnelheid afgevoerd. De rv zoals gegeven in tabel 4.II toont dat er bij deze luchtsnelheid een spreiding van 1-5 % is. Deze spreiding mogen we niet vergelijken met die uit experiment 1 omdat de rv van het macroklimaat een andere waarde heeft. De deelexperimenten 3 en 4 voldoen allebei aan de gewenste criteria van een rv van 95-100% in de dozen paprika.

Een interval voor het macroklimaat met een breedte van 5 % in rv is gewenst om een geschikte aansturing mogelijk te maken. Aan de hand van de deelexperimenten kunnen we concluderen dat: de instelling van de rv van het macroklimaat tussen 90 en 95% moet liggen om in de dozen een rv van 95-100% te bereiken bij een snelheid van 1 m/s. Een instelling van 95% zal zeer waarschijnlijk enige condensvorming in de dozen uit groep I en II veroorzaken terwijl bij een rv instelling van 90% bij een  $v=1$  m/s de gemiddelde rv in de dozen van groep III iets lager dan 95 % zal uitkomen.

Vervolgonderzoek voor een optimale luchtsnelheid langs de dozen en een bijbehorende rv instelling van het macroklimaat is gezien de strenge eisen van het produkt gewenst. Hierbij moet gezocht worden naar een luchtsnelheid tussen de 0.3 en 1.0 m/s. Men dient te zoeken naar een homogene rv verdeling over de dozen, waarbij er nog geen opwarming van de pallet plaats vindt.

#### 4.6 Conclusie

- Er is een homogene temperatuurverdeling in de experimentele pallet bij de gemeten luchtsnelheden.
- De 6 dozen gevuld met paprika die t.o.v. elkaar eenzelfde oriëntatie hebben en zich in een laag van de pallet bevinden kunnen in het onderzochte domein van luchtsnelheid en  $rv_{macro}$  beschreven worden met een gemiddelde temperatuur en een gemiddelde relatieve vochtigheid.
- De twee dozen die elk met 3 zijden in contact met het macroklimaat staan hebben bij  $1 \leq v \leq 4$  en  $rv \geq 93\%$  een lagere  $rv$  dan de andere 6 dozen in dezelfde laag in de pallet.
- Bij een langstroomsnelheid van de lucht van  $v = 1$  m/s adviseren wij een  $rv_{macro}$  tussen de 90 en 95% voor CA-container voor het transport van paprika. De keuze van de in te stellen  $rv$  hangt samen met de voorkeur voor gewichtsverlies of een grotere kans op condensvorming en de daarop volgende rotvorming tijdens het uitstalleven.

## Oriëntatie A

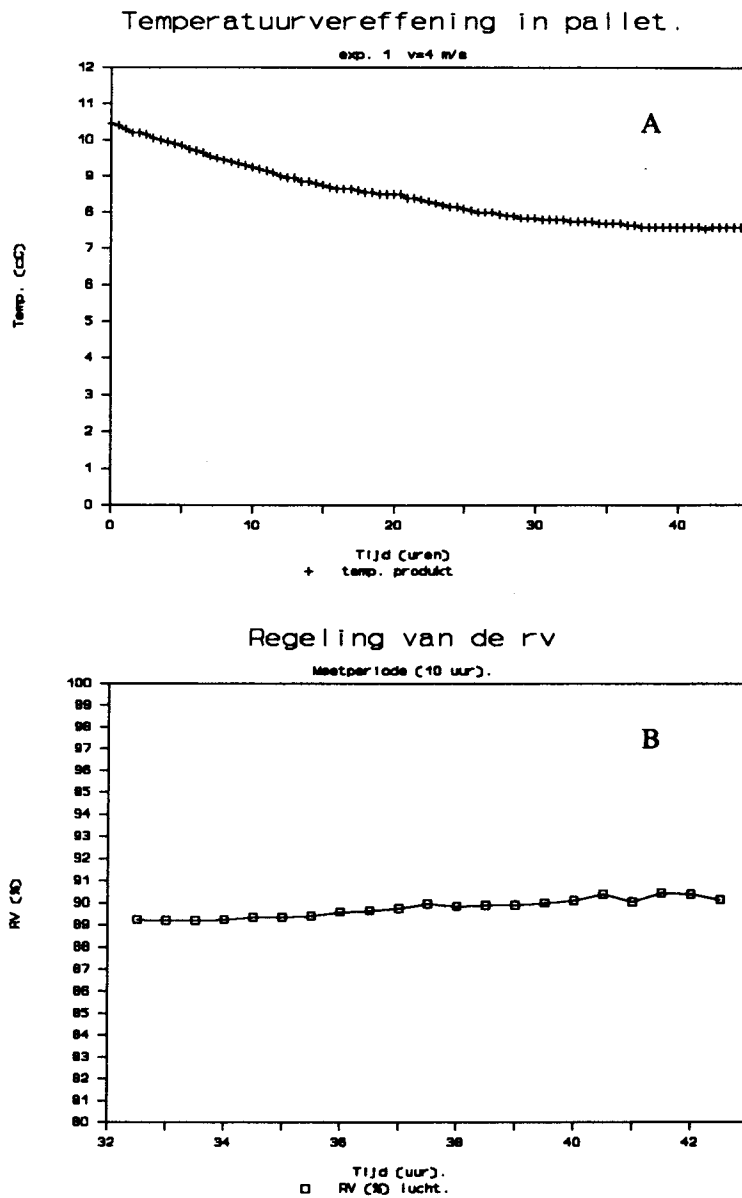
I	II	III
I	II	
I	II	III

## Oriëntatie B

III	II	I
	II	I
III	II	I

<b>Aanzicht C nr</b>	<b>Inhoud</b>	<b>Oriëntatie</b>
<b>8</b>	<b>kc</b>	<b>B</b>
<b>7</b>	<b>kc</b>	<b>B</b>
<b>6</b>	<b>kc</b>	<b>A</b>
<b>5</b>	<b>kc/pap</b>	<b>A</b>
<b>4</b>	<b>pap</b>	<b>B</b>
<b>3</b>	<b>pap</b>	<b>B</b>
<b>2</b>	<b>kc</b>	<b>A</b>
<b>1</b>	<b>kc</b>	<b>A</b>

Figuur 4.1: In (A) is de ordening van acht dozen in het horizontale vlak in de palletstapeling schematisch weergegeven. De nummers I, II, en III geven de verschillende groepen dozen aan. Figuur (B) laat dezelfde ordening zien maar nu 180° gedraaid. Figuur (C) toont de belading van het experimentele pallet. Het nummer in de pallet, de inhoud (paprika (pap) en kunstcitroenen (kc)) en de oriëntatie volgens figuur A en B.



**Figuur 4.2:** (A) toont het temperatuurverloop van de dozen van groep III gedurende het eerste deelexperiment,  $v = 4\text{ m/s}$ ,  $T_{\text{macro}} = 7.5\text{ °C}$  en  $rv = 88\%$ . (B) laat de rv tijdens hetzelfde experiment gedurende de laatste 10 uur zien.

**Tabel 4.I:** Temperatuurbeschrijving van de verschillend deelexperimenten.

$v$ (m/s)	$rv_{\text{macro}}$ (%)	$T_{\text{macro}}$ (°C)	$T_{\text{I}}$ (°C)	$T_{\text{II}}$ (°C)	$T_{\text{III}}$ (°C)	$T_{\text{II,III}}$ (°C)
4.0 $\pm$ 0.1	88 $\pm$ 1	7.5 $\pm$ 0.1	7.7 $\pm$ 0.1	7.7 $\pm$ 0.1	7.7 $\pm$ 0.1	7.7 $\pm$ 0.1
0.3 $\pm$ 0.1	97 $\pm$ 1	7.4 $\pm$ 0.1	8.0 $\pm$ 0.1	8.0 $\pm$ 0.1	7.8 $\pm$ 0.1	7.9 $\pm$ 0.1
1.0 $\pm$ 0.1	93 $\pm$ 1	7.4 $\pm$ 0.1	7.4 $\pm$ 0.1	7.4 $\pm$ 0.1	7.5 $\pm$ 0.1	7.4 $\pm$ 0.1
1.0 $\pm$ 0.1	95 $\pm$ 1	7.2 $\pm$ 0.1	7.2 $\pm$ 0.1	7.3 $\pm$ 0.1	7.2 $\pm$ 0.1	7.2 $\pm$ 0.1

**Tabel 4.II:**  $rv$  beschrijving van de verschillende deelexperimenten.

$v$ (m/s)	$T_{\text{macro}}$ (°C)	$rv_{\text{macro}}$ (%)	$rv_{\text{I}}$ (%)	$rv_{\text{II}}$ (%)	$rv_{\text{III}}$ (%)	$T_{\text{II,III}}$ (°C)
4.0 $\pm$ 0.1	7.5 $\pm$ 0.1	88 $\pm$ 1	95 $\pm$ 1	95 $\pm$ 1	90 $\pm$ 1	7.7 $\pm$ 0.1
0.3 $\pm$ 0.1	7.4 $\pm$ 0.1	97 $\pm$ 1	98 $\pm$ 1	98 $\pm$ 1	95 $\pm$ 1	7.9 $\pm$ 0.1
1.0 $\pm$ 0.1	7.4 $\pm$ 0.1	93 $\pm$ 1	98 $\pm$ 1	98 $\pm$ 1	97 $\pm$ 1	7.4 $\pm$ 0.1
1.0 $\pm$ 0.1	7.2 $\pm$ 0.1	95 $\pm$ 1	99 $\pm$ 1	99 $\pm$ 1	94 $\pm$ 1	7.2 $\pm$ 0.1



## 5. Deel III: CA-containertest en simulatie van het containertransport.

### 5.1 Samenvatting.

Ter voorbereiding op een daadwerkelijk transport is een test uitgevoerd met 2 pallets paprika's in een CA-container gedurende 14 dagen. De overige paprika's zijn gesimuleerd. Na de test is de kwaliteit van de paprika's geevalueerd in de nabewaring.

Het CA-systeem bereikte in 2 dagen een evenwicht in gasconcentraties, de temperatuurverschillen in de pallets zijn 0(0.5 °C). Tijdens de test was de rv in de paprikadozen nagenoeg 100% omdat de humidity control van de koelmachine was uitgeschakeld. Het gemiddelde gewichtsverlies van de paprika's bedroeg 2-3 % na bewaring (8 °C, 100 % rv) en 5-6 % na 6 dagen nabewaring (15-17 °C, 85 % rv). Na de bewaring was gemiddeld 97 % van de paprika's gaaf, na 6 dagen nabewaring gemiddeld 75 % .

### Summary

In advance of a real transportation an experiment has been done with 2 pallets of red bell peppers in a CA-container during 14 days. The absent peppers have been simulated. After the test the quality of the peppers has been evaluated during shelf life.

The CA-system reached steady gasconcentrations within 2 days, the temperature differences within the pallets were 0(0.5 °C). During the test the rh in the pepperboxes was almost 100% because humidity control of the refrigerating machine had been switched off. The average weight loss of the pappers was 2-3 % after storage (8 °C, 100 % rv) and 5-6 % after 6 days of shelf life (15-17 °C, 85 % rv). After the storage an average of 97% of the peppers was perfect, after 6 days of shelf life an average of 75 %.

### 5.2 Materiaal en methoden.

In dit deel van het experiment is de CA-transportcontainer getest op zijn technische specificaties. Tevens is het daadwerkelijke CA-transport zo goed mogelijk gesimuleerd zonder daarbij de container volledig te beladen. De CA-container werd daartoe gedeeltelijk beladen met paprika's. Twee pallets rode paprika's zijn in het midden van de container geplaatst en voorzien van temperatuur en rv voelers. Van het ontbrekende produkt (in vergelijking met een volle container) worden de verschillende van belang geachte eigenschappen door hulpapparatuur nagebootst :

interne warmteproductie	: verwarmingsspiraal	600 W.
vochtproductie	: verdampers	24 l/dag.
CO <sub>2</sub> afgifte	: gasinlaat CO <sub>2</sub>	2 l/min.
luchtcirculatie	: afdekplaten op T-profiel	

De waarden van de gesimuleerde grootheden zijn gebaseerd op de volgende systeem- en produktgegevens :

<b>Container 40 ft CA.</b>		
Afmetingen inwendig	l x b x h	11.57 x 2.28 x 2.12 m
Temperatuurregeling	T	-25 °C tot +25 °C
Luchtcirculatie		nom. 5500 m <sup>3</sup> /h
Totale vermogen		11.5 Kw
Bodemprofiel		6.5 cm hoog
Overdruk		90 mm waterkolom

<b>Paprikadoos</b>		
Afmeting	l x b x h	0.43 x 0.33 x 0.15 m
Inhoud	massa	5 kg

<b>Palletstapeling</b>		
Afmeting	l x b x h	1.00 x 1.20 x 1.80 m
Aantal dozen		104
Totaalafmeting pallet	l x b x h	1.00 x 1.20 x 2.15 m

<b>Volle container</b>		
Aantal pallets		20
Aantal dozen		2080
Totale massa		10.5 ton

<b>Paprika</b>		
Warmteproductie		60 W/ton
Gasproductie		0.179 l CO <sub>2</sub> /W/h/ton
Gasopname		0.179 l O <sub>2</sub> /W/h/ton
Vochtafgifte		2 · 10 <sup>-10</sup> kg(H <sub>2</sub> O) /kg(paprika)/Pa/s

Om de experimenten uit te kunnen voeren is in de periode 2 t/m 25 april 1991 een NedLloyd CA-container op het ATO terrein geplaatst. De systeemtest is uitgevoerd van 2 t/m 8 april 1991, de simulatietest van 9 t/m 23 april.

#### Proefopzet systeemtest.

De systeemtest is uitgevoerd zonder paprika's, maar met gesimuleerde lading. Tijdens de systeemtest zijn vastgelegd :

Grootheid	Middel
Temperatuurhuishouding	temperatuursensoren
Vochthuishouding	capacitatieve en natte bol rv sensoren
Gashuishouding	CO <sub>2</sub> en O <sub>2</sub> metingen
Gaslek    statisch	Ethyleen gasmeting
dynamisch	Simulatieberekening
Circulatie-debiet	Luchtsnelheidsmeter

De voor de metingen benodigde apparatuur is deels in, deels buiten de container geplaatst. Meetsnoeren en gassamplingslangen zijn onder de deurrubbers doorgevoerd en daarna met siliconenkit afgedicht.

#### **Proefopzet simulatietest.**

Tijdens de simulatietest, waarbij twee pallets paprika's (208 dozen á 5 kg, sortering 80/90, klasse I en klasse I-Super) gedurende 14 dagen onder transportcondities zijn bewaard, zijn temperatuur, vocht en gashuishouding van de container bepaald. De twee pallets zijn opgebouwd uit 13 lagen met 8 dozen paprika's. De paprika's waren afkomstig van 8 verschillende telers. Van deze 8 herkomsten zijn per herkomst 3 dozen volgens een per computer gegenereerd bemonsteringsschema over de twee pallets verdeeld. Dit is weergegeven voor pallet 1 in figuur 5.1 en voor pallet 2 in figuur 5.2. In deze figuren zijn tevens de posities van de in de pallets aangebrachte temperatuur en rv voelers weergegeven.

De pallets zijn tijdens de simulatie bewaard bij een systeeminstelling van 8 °C, O<sub>2</sub> = 3 %, CO<sub>2</sub> = 3% en rv = 95 %.

Het uitstallevan van de paprika's is na de simulatietest bepaald onder condities van nabewaring van

- 2 dagen bij 15 °C, 85 % rv met gesloten dozen en
- 4 dagen bij 17 °C, 85 % rv met open dozen.

Bij de simulatietest zijn de navolgende beoordelingen uitgevoerd :

- bepaling gewichtsverlies van alle 208 dozen gedurende de CA-bewaring
- bepaling gewichtsverlies van de 24 bemonsteringsdozen gedurende de bewaring en de nabewaring
- beoordeling kwaliteit bij inzet per herkomst, waarbij gelet werd op % bont, zwelscheuren, groeischeuren, beschadigingen etc.
- beoordeling kwaliteit van de bemonsteringsdozen na de bewaring, na 2 en na 6 dagen nabewaring. Gelet werd op vruchtrot, slap, steelrot/steelschimmel, uiterlijke opvallendheden. Dubbeltellingen konden voorkomen. Een paprika kon bijvoorbeeld vruchtrot hebben en tegelijkertijd steelschimmel.
- smaak; alleen na de bewaring, waarbij alleen werd gelet op smaakafwijkingen (dit in verband met het hoge CO<sub>2</sub> gehalte gedurende de bewaring)

De kwaliteitsbepalingen zijn uitgevoerd door een produktspecialist.

De smaakbeoordeling is door een sensorisch panel van 6 personen uitgevoerd.

### 5.3 Resultaten

#### Systeemtest

##### a. Circulatiedebiet.

Het circulatiedebiet in de container is bepaald door zowel bij de aanzuig als de uitblaaszijde van de koelmachine op verschillende plaatsen luchtsnelheden te meten : Op 44 plaatsen (elk profiel) in de uitblaasopening en op 15 plaatsen bij de aanzuigzijde. Door deze luchtsnelheden te integreren over het uitblaasoppervlak resp. aanzuigoppervlak kan het debiet worden berekend.

Het op deze wijze bepaalde debiet is  $5000 \pm 500 \text{ m}^3/\text{h}$ . Dit sluit aan bij de opgave van de fabrikant ( $5500 \text{ m}^3/\text{h}$ ), die aan de hoge kant is.

##### b. Temperatuurhuishouding.

Om het gedrag van de koelmachine te registreren zijn een vijftal temperatuurvoelers in de uitblaas- en aanzuigopeningen geplaatst, zoals hieronder aangegeven :

1	AANZUIG	2
3	UITBLAAS	4
		5

Gedurende enkele dagen in de periode van 2 t/m 8 april 1991 zijn de temperaturen vastgelegd. De resultaten zijn weergegeven in figuur 5.2. Hierin valt te zien dat de temperatuur in het midden van de uitblaaszijde (voeler 4) maat is voor de regelacties van de koelmachine (zogenoemde return air control) : de waarde van deze voeler gaat naar het ingestelde setpoint ( $8 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Het temperatuur verschil tussen linker en rechteruitblaaszijde is aanzienlijk: ook in de stationaire situatie blijft dit zo (verschil  $1.5 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Dit is enigszins te verklaren door het feit dat de insputing van de verdamper aan de linkerzijde zit, het effect is echter groter dan normaal. Later blijkt dat dit terug te voeren is op een onvoldoende vulling van het koelsysteem met freon dat een dergelijk effect kan veroorzaken (zie Simulatietest). Er vindt verder een goede vermenging in de container plaats, gezien het geringe temperatuurverschil in de aanzuigzijde ( $0.2 \text{ }^\circ\text{C}$ )).

##### c. Gashuishouding.

Het CA-systeem (Graaff) dat in de geteste container is geplaatst is een van de meest geavanceerde die momenteel op de markt is. Het systeem bestaat uit een stikstofgenerator, gebaseerd op membraanscheidingsstechniek. De generator produceert volgens fabrieksopgave 60

l/min met een restzuurstofgehalte van maximaal 4 %. Het CA-systeem spoelt met deze flow de container tot het ingestelde setpoint (minus de bandbreedte) is bereikt. Als het systeem het O<sub>2</sub> gehalte binnen de ingestelde bandbreedte rond het setpoint heeft gebracht kan het een eventueel tekort aan CO<sub>2</sub> aanvullen vanuit een in de container geplaatste CO<sub>2</sub> fles.

Een tekort aan O<sub>2</sub> vult het systeem aan door de produktie en "afval" flow van de N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> separator te verwisselen, zodat het met O<sub>2</sub> verrijkte gas in de container wordt geleid. Het CA-systeem is tevens uitgerust met een doordacht systeem om de gasstroom te bevochtigen, waardoor de rv geregeld kan worden. Vrijstaand water in de container wordt in een voorraadtank gepompt of door gasdichte drains naar buiten afgevoerd. Het CA-systeem is niet in staat het CO<sub>2</sub> gehalte actief omlaag te brengen door middel van koolzuurscrubbers, en kan ook de rv niet omlaag brengen door de lucht te drogen. Dit laatste is wel mogelijk door middel van de humidity control van de koelunit.

Het regelsysteem is voorzien van een robuuste stuurcomputer met data-opslagcapaciteit. Setpoints kunnen alleen worden gewijzigd door middel van een extern aan te sluiten PC, voorzien van een hardware sleutel. Voor de gas- en rv meting in de container maakt het systeem gebruik van in een behuizing aangebrachte sensoren, waarvan de uitgelezen waarden door middel van het computersysteem voor temperatuurveranderingen worden gecompenseerd.

Gedurende de systeemtest is het concentratie verloop van O<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub> vastgelegd door middel van extern aangesloten gasmeters. Voor de beschrijving van de gashuishouding in een CA-container is een model CASIM ontwikkeld. Met dit model kunnen de gasconcentraties in een container worden berekend aan de hand van de CA-procesparameters. In figuur 5.3 staan de resultaten van dit model tezamen met de gemeten gasconcentraties. Er wordt binnen de meetonnauwkeurigheid (5%) overeenstemming bereikt tussen meting en model bij systeemparameters :

containervolume	59300	m <sup>3</sup>	
dynamisch lek	0	l/min	
generatorflow	50	l/min	fitted
O <sub>2</sub> % generator	3	%	fitted

De laatste twee waarden zijn verkregen uit een niet-lineaire kleinste kwadraten fit van het model aan de experimentele waarden. Deze waarden stemmen binnen 20% overeen met de opgave van de fabrikant. De aanname dat het dynamisch lek nul is betekent dat er geen gas van buiten naar binnen lekt bij een werkend CA-systeem. Aangezien de container redelijk lekdicht is (zie statisch lek) en de container bij een werkende generator een overdruk heeft, is dit gezien het resultaat van het model een geoorloofde aanname.

d. Statisch lek.

Het statisch gaslek van de container is bepaald door een hoeveelheid ethyleen in de afgesloten container met uitgeschakeld CA-systeem te spuiten. Uit de concentratieafname in de tijd kan het lek worden berekend. Uit de meting die is uitgevoerd resulteerde een statisch gaslek van  $15 \text{ l/min} = 0.9 \text{ m}^3/\text{h}$ .

**Simulatietest.**a. Temperatuurhuishouding.

Gedurende de twee weken van 9 t/m 23 april 1991 zijn temperaturen geregistreerd in en om de twee pallets paprika's. Tijdens het experiment zijn een aantal mankementen aan opgetreden aan het systeem, waarvan de gevolgen in de registratie zijn terug te vinden. De letteraanduiding komt ook voor in de desbetreffende grafieken :

- A. koelmachine heeft te weinig koelvloeistof.
- B. reparatie van de koelmachine.
- C. CA compressor lekt.
- D. Reparatie compressor.
- E. CO<sub>2</sub> gasfles leeg.

In figuur 5.4 zijn de gemiddelde temperaturen in aanzuig- en uitblaas-zijde van de koelmachine weergegeven. De maximale spreiding over de temperatuurvoelers (die in de breedte zijn geplaatst) bedroeg maximaal  $0.5 \text{ }^\circ\text{C}$  voor zowel uitblaas als aanzuigzijde.

In figuur 5.5 staan de over de pallets gemiddelde temperaturen als functie van de tijd voor beide pallets. De plaats van de opnemers is zoals weergegeven in figuur 5.1. De grootste temperatuurverschillen die in een pallet ontstonden lagen binnen  $0.8 \text{ }^\circ\text{C}$  in de afkoelfase en binnen  $0.5 \text{ }^\circ\text{C}$  in de stationaire fase. Dit is groter dan in deel II van het experiment, te wijten aan de grotere interne warmteproductie van een volledige pallet paprika's in vergelijking tot een enkele laag.

b. Vochthuishouding.

Tijdens de simulatietest is op diverse plaatsen in en rond de pallets de rv geregistreerd. De rv sensoren zijn geplaatst zoals aangegeven in figuur 5.1. Bij een rv instelling van  $95 \pm 1 \%$  van de container (CA-systeem) blijkt dat er zowel buiten als binnen de paprikadozen nagevoeg verzadiging optreedt. Aangezien het CA-systeem niet kan drogen, bleek dat de humidity control van de koelmachine was uitgeschakeld. Om de rv omlaag te kunnen brengen moet deze normaal gesproken zijn ingeschakeld en afgesteld op een waarde die hoger is dan de op het CA-systeem ingestelde waarde. Het gemeten rv verloop tijdens de simulatietest is weergegeven in figuur 5.6. De meetonnauwkeurigheid is  $0 (5\%)$  is dit rv gebied.

### c. Gashuishouding.

Met externe meetapparatuur zijn de gasconcentraties gedurende de simulatietest vastgelegd. De gemeten concentraties zijn weergegeven in figuur 5.7. Hierin zijn ook duidelijk de opgetreden calamiteiten terug te vinden. Hoewel de CO<sub>2</sub> concentratie tot zo'n 10 % is opgelopen, heeft dit niet tot een blijvende beïnvloeding van de kwaliteit (met name smaak) geleid.

## **Evaluatie van de produktkwaliteit**

### a. Beginkwaliteit

De in de container geplaatste rassen waren:

- herkomst 1, Mazurka
- herkomst 2, Lambada
- herkomst 3, Mazurka en wellicht Maëstro
- herkomst 4, Mazurka
- herkomst 5, Mazurka
- herkomst 6, Mazurka
- herkomst 7, Mazurka
- herkomst 8, Mazurka

Alle herkomsten waren 5-30% bont. De herkomsten 1, 3, 5 en 7/8 hadden veel zwelscheurtjes, de herkomsten 2,4 en 6 iets minder.

### b. Gewichtsverlies van alle 208 dozen direct na de bewaring

Een eventuele invloed van de pallet of de laag binnen de pallet was statistisch niet aantoonbaar. Een herkomstinvloed was wel aantoonbaar, zie tabel 5.I.

Hieruit blijkt dat de herkomsten met zware zwelscheuraantasting hogere gewichtsverliezen hadden. Gave paprika's zullen in het afzetkanaal dus minder vocht verliezen dan paprika's waarvan de huid is aangetast.

### c. Gewichtsverlies van de bemonsteringsdozen gedurende de bewaring en de nabewaring

De resultaten staan weergegeven in grafiek 5.8. Uit de grafiek blijken wederom herkomstverschillen, die blijven bestaan gedurende de nabewaring. De nabewaring was 2 dagen bij 15 °C en 85% rv met gesloten dozen en 4 dagen bij 17 °C en 85% rv met geopende dozen.

De temperatuurverhoging na 2 dagen leidde tot een hoger dampdrukdeficiet, waardoor de gewichtsafname sneller verliep. Ook zal het openen van de doos hierop van invloed zijn geweest, omdat de rv binnen een doos hoger is dan erbuiten.

In tabel 5.II wordt een overzicht gegeven van het overgewicht per herkomst bij inzet, na de CA-bewaring, en na 2 en na 6 dagen nabewa-

ring.

Uit de tabel blijkt dat bij de opgelegde condities bij alle herkomsten gedurende de bewaring of de nabewaring ondergewicht ontstaat. Voor commerciële doeleinden is vermindering van het gewichtsverlies aan te bevelen. Dit zou gerealiseerd kunnen worden door:

- verlaging van de temperatuur tijdens de nabewaring (verlaging dampdrukdeficiet)
- verhoging van de rv (verlaging dampdrukdeficiet)
- dozen zo veel mogelijk dichthouden
- gave herkomsten

#### d. Kwaliteitsbeoordeling na de bewaring en gedurende de nabewaring

In tabel 5.III staat weergegeven het percentage gaaf, vruchtrot, slap en steelrot/steelschimmel na de bewaring en na 2 en 6 dagen nabewaring. De gegevens zijn ook verwerkt in figuur 5.9.

Uit statistische analyses is gebleken dat significante herkomstverschillen konden worden aangetoond bij % gaaf direct na de bewaring en bij % slap na 6 dagen nabewaring.

Direct na de bewaring was een zeer hoog percentage van de paprika's gaaf.

Opmerking: De dozen waren nat en erg slap wat het algehele uiterlijk niet ten goede kwam.

Na 6 dagen nabewaring was gemiddeld 75% van de paprika's gaaf. Voor commerciële doeleinden is dit wel weinig. Verbetering zou kunnen worden gerealiseerd door reductie van de gewichtsverliezen, waardoor minder paprika's slap zouden worden.

Dit is mogelijk door:

- verlaging van de temperatuur gedurende de nabewaring (kleiner dampdrukdeficiet)
- verhoging rv (kleiner dampdrukdeficiet)
- verkorting bewaarduur en/of uitstalperiode
- gaaf uitgangsmateriaal (paprika's zonder huidbeschadigingen/aantastingen)

#### e. Smaak

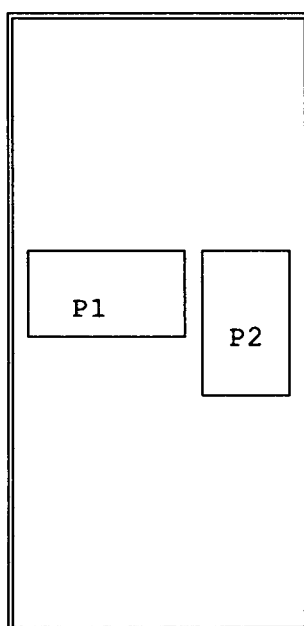
Smaakafwijkingen werden niet geconstateerd.



**Laagnummer**

13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1

**Figuur 5.1a :** Palletopbouw van pallets 1 en 2. De opbouw per laag is weergegeven in figuur 5.1b voor pallet 1 en figuur 5.1c voor pallet 2. De plaats van de pallets in de container is hieronder weergegeven.



Figuur 5.1b : Laag 1, PALLET 1 :

1 H6 K1	4 H5 KS	7 H6 KS
2 H5 KS	5 H2 K1	
3 H5 KS	6 H2 K1	8 H6 KS

Figuur 5.1b : Laag 2, PALLET 1 :

1 H3 K1	4 H6 KS	7 H6 KS
2 H2 K1	5 H2 K1 T10	
3 H5 KS	6 H6 KS	8 H5 KS

Figuur 5.1b : Laag 3, PALLET 1 :

1  H4 K1	3  H6 KS	6  H8 KS
	4  H4 K1	7  H3 K1
2  H6 KS	5  H1 K1	8  H4 K1

Figuur 5.1b : Laag 4, PALLET 1 :

1  H5 KS	3  H3 K1	6  H7 KS
	4  H4 K1	7  H2 K1
2  H6 KS	5  H8 KS	8  H7 KS

Figuur 5.1b : Laag 5, PALLET 1 :

1 H5 KS	4 H5 KS	7 H8 KS
2 H7 KS	5 H4 K1	8 H8 KS
3 H7 KS T11	6 H1 K1	

Figuur 5.1b : Laag 6, PALLET 1 :

1 H8 KS	4 H7 KS	7 H6 KS
2 H5 KS	5 H3 K1	8 H2 K1
3 H5 KS	6 H2 K1	

**Figuur 5.1b : Laag 7, PALLET 1 :**

1  <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">H2 K1</div>	3  H3 K1	6  H7 KS
	4  H6 KS T12 RV12	7  H1 K1
2  H5 KS	5  H6 KS	8  <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">H7 KS</div>

**Figuur 5.1b : Laag 8, PALLET 1 :**

1  H2 K1	3  H4 K1	6  H5 KS
	4  H5 KS	7  H5 KS
2  H3 K1	5  H2 K1	8  H2 K1

Figuur 5.1b : Laag 9, PALLET 1 :

1 H5 KS	4 H6 KS	7 H2 K1
2 H4 K1	5 H2 K1	
3 H3 K1	6 H1 K1	8 H8 KS

Figuur 5.1b : Laag 10, PALLET 1 :

1 H4 K1	4 H1 K1	7 H1 K1
2 H2 K1	5 H4 K1 T13	
3 H6 KS	6 H3 K1	8 H2 K1

Figuur 5.1b : Laag 11, PALLET 1 :

1  H3 K1	3  H6 KS	6  H6 KS
	4  H2 K1	7  H6 KS
2  H1 K1	5  H4 K1	8  H8 KS

Figuur 5.1b : Laag 12, PALLET 1 :

1  H7 KS	3  H3 K1	6  H4 K1
	4  H3 K1	7  H8 KS
2  H6 KS	5  H8 KS	8  H1 K1

Figuur 5.1b : Laag 13, PALLET 1 :

1  H3 K1	4  H3 K1	7  H8 KS
2  H7 KS	5  H4 K1 T14	8  H8 K1
3  H1 K1	6  H4 K1	

Figuur 5.1b : Opbouw van de lagen van pallet 1. De 8 herkomsten zijn aangeduid met Hi [i = 1..8], de klasse met K1 (Klasse 1) of KS (Super Klasse). De geplaatste temperatuurvoelers zijn aangeduid met Tj, de rv voelers met RVk.



Figuur 5.1c : Laag 1, PALLET 2 :

1 H1 K1	4 H1 K1	7 H7 KS
2 H2 K1	5 H6 KS	8 H6 KS
3 H5 KS	6 H3 K1	

Figuur 5.1c : Laag 2, PALLET 2 :

1 H7 KS	4 H2 K1	7 H3 K1
2 H7 KS	5 H1 K1 T15	8 H8 KS
3 H1 K1	6 H6 KS	

**Figuur 5.1c : Laag 3, PALLET 2 :**

1  H4 K1	3  H8 KS	6  H7 KS
	4  H3 K1	7  H5 K1
2  H1 K1	5  H3 K1	8  H8 KS

**Figuur 5.1c : Laag 4, PALLET 2 :**

1  H8 KS	3  H7 KS	6  H4 K1
	4  H2 K1	7  H4 K1
2  H6 KS	5  H8 KS	8  H8 KS

**Figuur 5.1c : Laag 5, PALLET 2 :**

1 H8 KS T16	4 H4 K1	7 H1 K1
2 H1 K1	5 H3 K1	8 H8 KS
3 H1 K1	6 H7 KS	

**Figuur 5.1c : Laag 6, PALLET 2 :**

1 H4 K1	4 H2 K1	7 H8 KS
2 H2 K1	5 H7 KS	8 H3 K1
3 H1 K1	6 H7 KS	

**Figuur 5.1c : Laag 7, PALLET 2 :**

1  H4 K1	3  H8 KS	6  H2 K1
	4  H6 KS T17 RV11	7  H6 KS
2  H7 KS	5  H1 K1	8  H3 K1

**Figuur 5.1c : Laag 8, PALLET 2 :**

1  H4 K1	3  H5 KS	6  H7 KS
	4  H7 KS	7  H1 K1
2  H2 K1	5  H2 K1	8  H4 K1

Figuur 5.1c : Laag 9, PALLET 2 :

1 H8 KS	4 H3 K1	7 H1 K1
2 H5 KS	5 H3 K1	
3 H3 K1	6 H5 K1	8 H1 K1

Figuur 5.1c : Laag 10, PALLET 2 :

1 H1 K1	4 H6 KS	7 H5 KS
2 H7 KS	5 H4 K1	
3 H5 KS	6 H4 K1	8 H7 KS

Figuur 5.1c : Laag 11, PALLET 2 :

1  <b>H5 KS</b>	3  <b>H4 K1</b>	6  <b>H3 K1</b>
	4  <b>H5 KS</b>	7  <b>H8 KS</b>
2  <b>H8 KS</b>	5  <b>H4 K1</b>	8  <b>H8 KS</b>

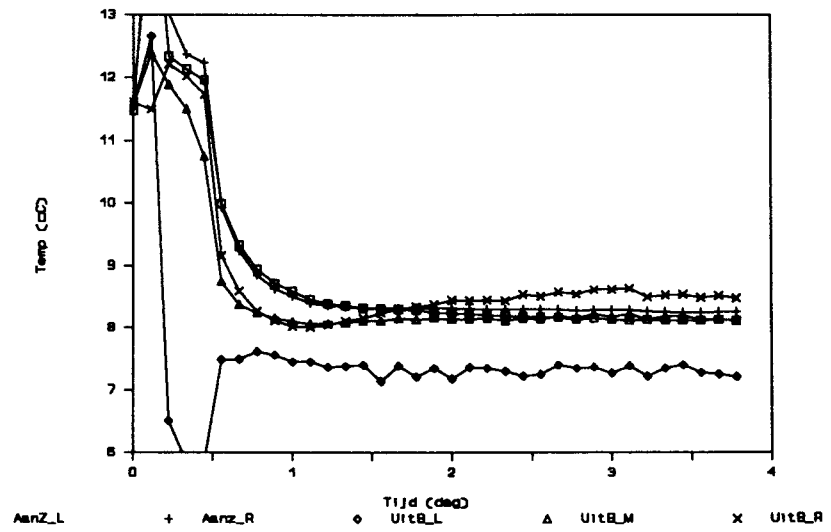
Figuur 5.1c : Laag 12, PALLET 2 :

1  <b>H7 KS</b>	3  <b>H6 KS</b>	6  <b>H5 KS</b>
	4  <b>H3 K1</b>	7  <b>H4 K1</b>
2  <b>H5 KS</b>	5  <b>H4 K1</b>	8  <b>H5 KS</b>

Figuur 5.1c : Laag 13, PALLET 2 :

1 H6 KS	4 H7 KS	7 H7 KS
2 H6 KS	5 H1 K1 T19	8 H2 K1
3 H1 K1	6 H2 K1	

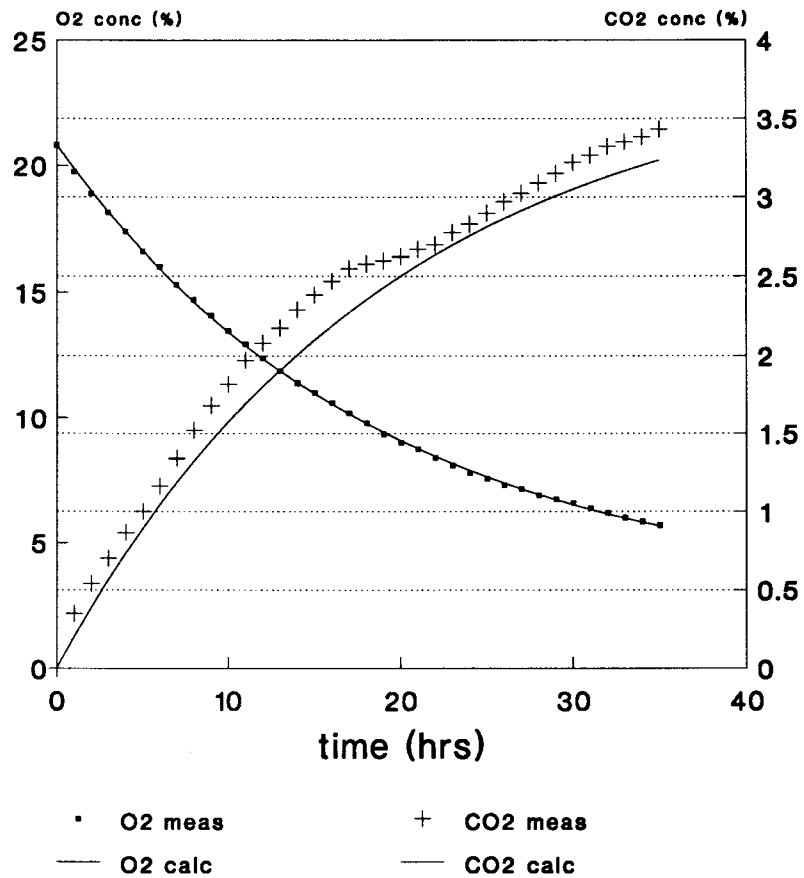
Figuur 5.1c : Opbouw van de lagen van pallet 2. De 8 herkomsten zijn aangeduid met  $H_i$  [ $i = 1..8$ ], de klasse met K1 (Klasse 1) of KS (Super Klasse). De geplaatste temperatuurvoelers zijn aangeduid met Tj, de rv voelers met RVk.



Figuur 5.2 : Uitblaas- en aanzuigtemperaturen van de koelmachine.

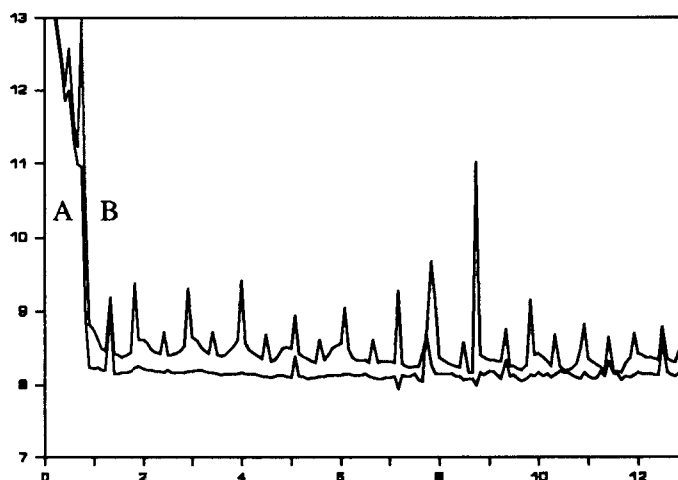


## Gas measurements vs model Gasflow and O<sub>2</sub>% fit

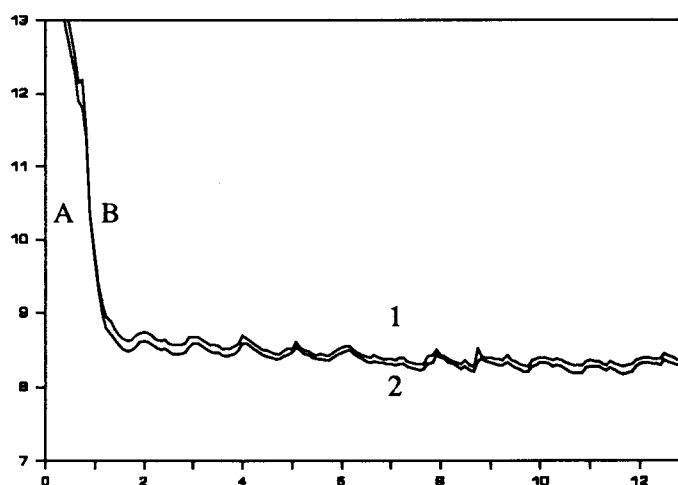


Leakin=0 → gf = 50.1, O<sub>2</sub> = 2.9 %

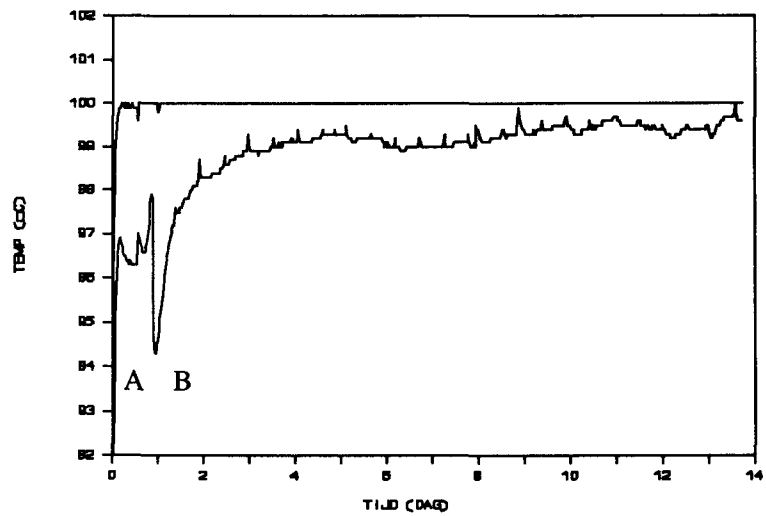
**Figuur 5.3 :** Fysisch model voor de beschrijving van de gasconcentraties in een Controlled Atmosphere container. De modelberekeningen komen binnen de meetnauwkeurigheid (5%) overeen met de gemeten concentraties.



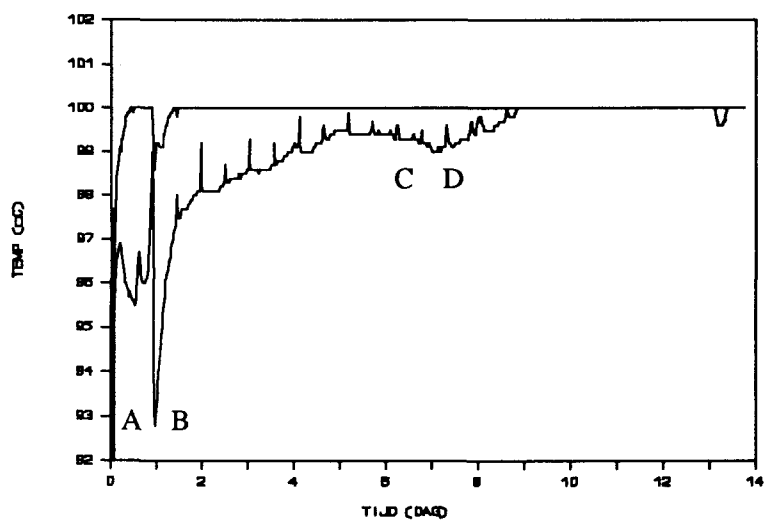
**Figuur 5.4 :** De gemiddelde uitblaastemperatuur (onderste kromme) en aanzuigtemperatuur gedurende het experiment. Duidelijk zichtbaar zijn de ontdooicycli.



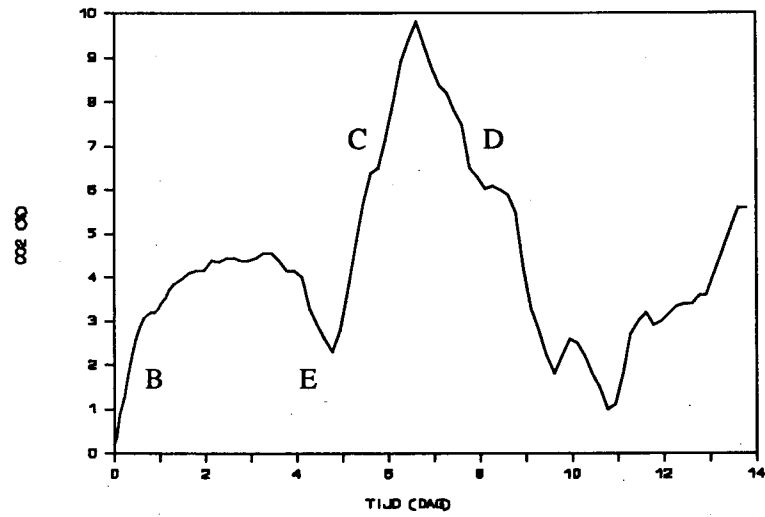
**Figuur 5.5 :** Gemiddelde temperatuur van de twee pallets (1 en 2) gedurende het experiment. De invloed van de ontdooicyclus is door demping nauwelijks zichtbaar.



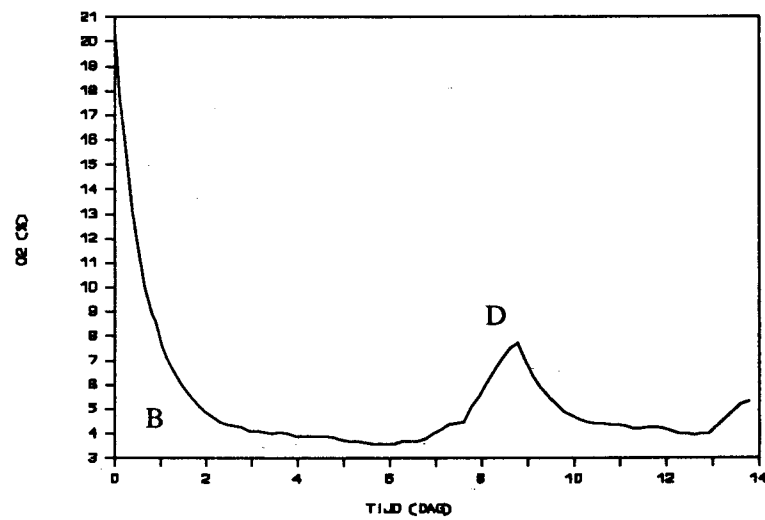
Figuur 5.6a : Rv verloop van pallet 1. Bovenste kromme is rv in een doos in de pallet, de onderste kromme is gemeten tussen pallet en zijwand.



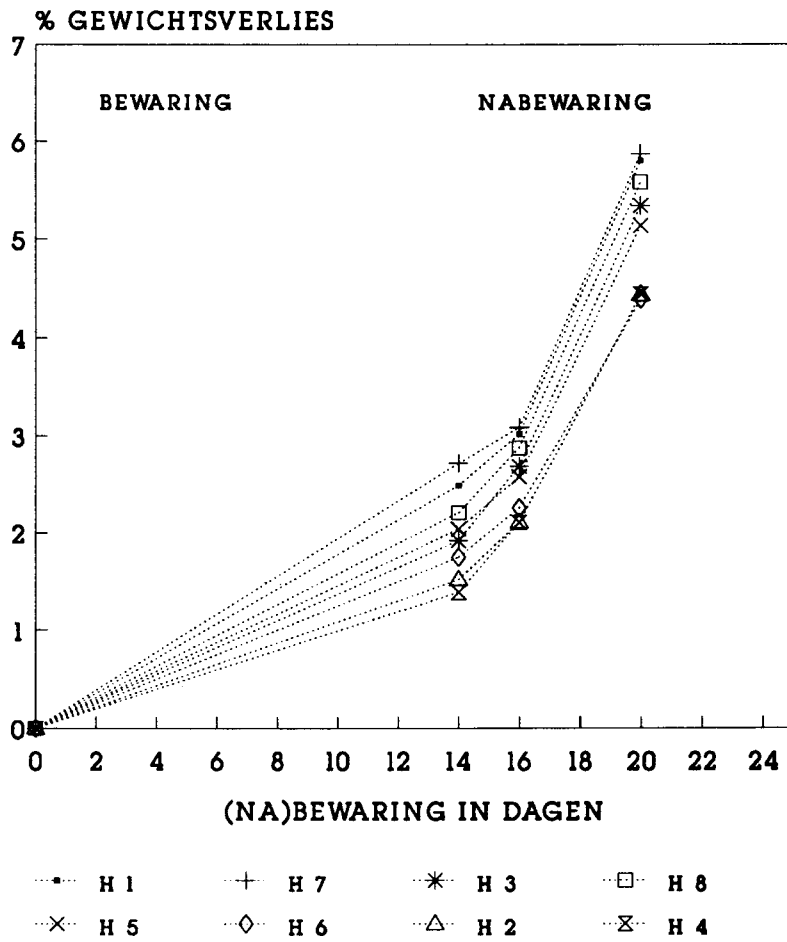
Figuur 5.6b : Rv verloop van pallet 2. Bovenste kromme is rv in een doos in de pallets, de bovenste kromme geeft de rv weer tussen pallet en zijwand.



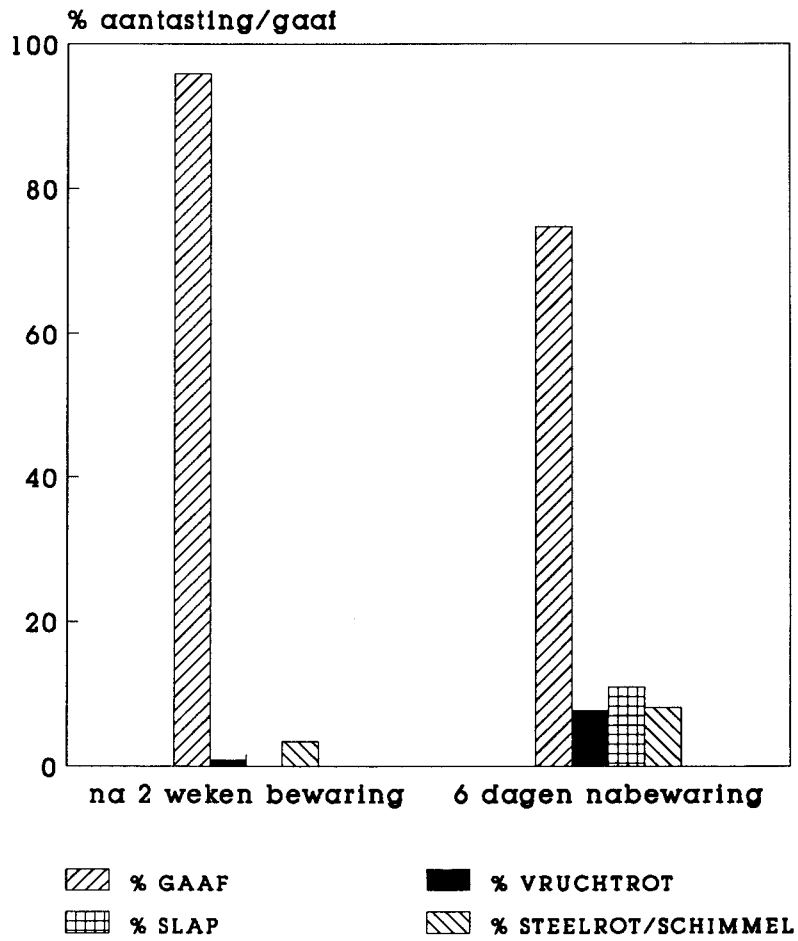
**Figuur 5.7a :** Verloop van CO<sub>2</sub> concentratie gedurende de simulatie-test.



**Figuur 5.7b :** Verloop van O<sub>2</sub> concentratie gedurende de simulatie-test.



**Figuur 5.8 :** Gewichtsverlies per herkomst gedurende bewaring en na nabewaring.



**Figuur 5.9 :** Percentage aantasting/gaaf gemiddeld over de herkomsten.

Tabel 5.I: Percentage gewichtsverlies per herkomst direct na de bewaring.

herkomst	% gewichtsverlies LSD = 0.2 (5%)
1	2.05
2	1.68
3	2.14
4	1.36
5	2.23
6	1.71
7	2.31
8	2.32

Tabel 5.II : Percentage overgewicht per herkomst gedurende de bewaring en de nabewaring

Herkomst	Inzet	13 dgn bewaring	na 2 dgn nabewaring	na 6 dgn nabewaring
1	4.5	2.0	1.5	-1.3
2	-0.4	-1.9	-2.6	-4.8
3	3.4	1.5	0.7	-1.9
4	3.0	1.6	0.9	-1.6
5	3.0	1.0	0.4	-2.1
6	4.2	2.4	1.9	-0.2
7	2.6	-0.5	-0.5	-3.3
8	1.2	-1.0	-1.7	-4.4

**Tabel 5.3 :** Percentage gaaf, vruchtrot, slap en steelrot/steelschimmel na de bewaring en na 2 en 6 dagen nabewaring.

**Na bewaring**

<i>Herkomst</i>	<i>Gaaf</i>	<i>Vruchtrot</i>	<i>Slap</i>	<i>Steelrot</i>
1	92	0	0	8
2	98	0	0	2
3	90	0	0	10
4	100	0	0	0
5	97	1	0	3
6	99	0	0	1
7	93	4	0	3
8	97	1	0	2
gem	96	1	0	3

**Na 2 dagen nabewaring**

<i>Herkomst</i>	<i>Gaaf</i>	<i>Vruchtrot</i>	<i>Slap</i>	<i>Steelrot</i>
1	87	0	0	13
2	89	2	0	9
3	88	5	0	7
4	97	0	0	3
5	97	1	0	3
6	91	0	0	9
7	92	6	0	3
8	91	3	3	6
gem	92	2	0	7

**Na 6 dagen nabewaring**

<i>Herkomst</i>	<i>Gaaf</i>	<i>Vruchtrot</i>	<i>Slap</i>	<i>Steelrot</i>
1	68	2	22	12
2	72	14	3	11
3	71	13	11	13
4	65	7	21	7
5	82	6	7	6
6	75	10	3	13
7	81	8	10	1
8	83	3	12	3
gem	75	8	11	8



## 6. Deel IV : Het containertransport van rode paprika's onder CA-condities naar de Verenigde Staten.

### 6.1 Samenvatting.

Het eerste transport van paprika's onder CA-condities naar de VS is door ATO begeleid. De instellingen van de container waren zoals door ATO geadviseerd. Tijdens het transport is de containerinstallatie enige tijd buiten werking geweest, echter zonder waarneembare gevolgen voor de produktkwaliteit.

Het gemeten temperatuur verschil tussen voor en achterin de container bedroeg 1-2 °C. Met de gekozen instelling blijkt de rv ronde de paprika's in de dozen 95-100%, dat volgens de eerdere experimenten als optimaal microklimaat is gevonden. Het CA-systeem blijkt bij een volle container in staat binnen 2 dagen een stationaire gasconditie te bereiken. De door USDA bepaalde evenwichtsconcentratie bedroeg O<sub>2</sub> : 2.5 % en CO<sub>2</sub> : 2 %. Deze laatste waarde wordt in twijfel getrokken. Volgens zowel het Graaff CA-systeem als de simulatie CASIM is de venwichtswaarde O(4-6 %).

De kwaliteitsevaluatie is door USDA Beltsville uitgevoerd. Het vochtverlies bedroeg 2-3 % na het transport, 2-3 % (8 °C, 75 % rv) respectievelijk 3-5 % (17 °C, 75 % rv) na 4 dagen bij genoemde condities. Bij verlengde bewaring (4 dagen 8 °C, 3 dagen 17 °C) en (7 dagen 17 °C) bedroeg het vochtverlies 3-4 % respectievelijk 4-7 %. Na het transport bedroeg het percentage gave paprika's 97 %, na 7 dagen gemiddeld 90 %. Zowel verkorting van de transportduur (vergeleijk simulatietest deel III) als verlengde bewaring op 8 °C hebben een positieve invloed op het vochtverlies en de kwaliteit.

### Summary

The first transport of red bell peppers in a Controlled Atmosphere container to the U.S. has been guided by ATO Agrotechnology. The settings of the container were as advised by ATO. During transport the container system has been out of use for some time, however without noticeable consequences for the product quality.

The measured temperature difference between front and back of the container were 1-2 °C. With the chosen settings a rh of 95-100 % was determined around the peppers in the boxes, which has been found to be the optimum microclimat in the former experiments. The CA-system is capable of reaching a steady gasconcentration in the container within 2 days. The concentrations were measured by USDA and determined as O<sub>2</sub> : 2.5 % en CO<sub>2</sub> : 2 %. The last number is in doubt. According to both the Graaff CA-system and the CASIM simulation this should be O(4-6 %).

Product quality evaluation has been done by USDA Beltsville. The mass loss was 2-3 % after the transportation, 2-3 % (8 °C, 75 % rh) and 3-5 % (17 °C, 75 % rh) respectively after 4 days at the conditions

mentioned. With prolonged storage (4 days 8 °C, 3 days 17 °C) and (7 days 17 °C) the mass loss was 3-4 % and 4-7 % respectively. After the transportation the amount of perfect peppers was 97 %, after 7 days of shelf life 90 % average. Both shortening of the transportation time as prolonged storage at 8 °C have a positive effect on mass loss and product quality.

## 6.2 Inleiding.

Op di 040691 14.00 uur is door Bakker Barendrecht een NedLloyd CA-container beladen met rode paprika's. ATO Agrotechnologie heeft in samenwerking met United States Department of Agriculture (USDA) dit transport begeleid. Over 4 pallets verspreid zijn 3 dozen (verschillende herkomsten) gemerkt om als bemonsteringsdozen te dienen. In twee pallets zijn temperatuur en rv voelers aangebracht. Bij de deur is tevens een air sampler aangebracht om de gashuishouding gedurende de eerste 4 dagen te kunnen bepalen.

De instelling van de CA-container was zoals door ATO geadviseerd :

Temperatuur	:	8 graden Celsius.
Humidity Control Carrier	:	95 % rv.
CO <sub>2</sub> control Graaff	:	3 ± 1 %
O <sub>2</sub> control Graaff	:	4 ± 0.5 %
Humidity Control	:	92 ± 1 % rv.

De paprika's zijn getransporteerd van Le Havre naar Boston. De aankomst in Boston was op 120691 rond 14.00 uur. Vanuit de haven werd de CA-container eerst naar een douanecomplex gebracht om te worden geïnspecteerd. Hier werden ook de monsterdozen uit de lading verwijderd. Daarna zijn de paprika's verder gedistribueerd in Boston. De monsterdozen zijn door ATO medewerkers naar een USDA laboratorium gebracht in Beltsville voor de kwaliteitsevaluatie.

## 6.3 Resultaten.

Tijdens het transport zijn temperatuur, rv en gascondities geregistreerd.

### a. Temperatuurhuishouding.

In figuur 6.1 is het temperatuurverloop weergegeven van een voorin de container geplaatste pallet. De temperatuur is gemeten onder de pallet (bij de aanvoer van de koude lucht) en in een doos midden in de pallet. Figuur 6.2 toont hetzelfde voor een achterin (bij de deur) geplaatste pallet. In de figuren is duidelijk te zien dat rond dag 3 de koelmachine is uitgeschakeld. Of dit het gevolg is van een stroomstoring is vooralsnog onbekend. Het duurde 2 dagen voordat de container weer op temperatuur was : in de tussentijd is de temperatuur opgelopen tot 11 a 12 °C. te zien is dat vanwege de thermische massa van het produkt

dergelijke temperatuurschommelingen vertraagd op het produkt doorwerken. In figuur 6.5 staat nog de gemiddelde temperatuur voorin en achterin de container gegeven. Het verschil is 1 a 2 °C.

#### b. Vochthuishouding.

De verkregen data van de rv voelers staat weergegeven in figuur 6.3 en 6.4 voor voorin respectievelijk achterin de container. Te zien is dat de rv in de doos hoger is dan daarbuiten, wat aansluit bij de conclusies van de experimenten in deel I t/m deel III. De instelling van de container was zodanig dat een rv in de container wordt gecreëerd tussen 92 en 95%. Gezien de nauwkeurigheid van het regelsysteem en zijn rv opnemers en de onnauwkeurigheid van de meetgegevens (beide 0 (3-5%)) is het resultaat zeer bevredigend. Vanwege de wat hogere temperatuur achterin de container (bij de deur) sluit de gemeten lagere rv dan voorin ook aan bij de verwachting. In beide pallets is de gemeten rv in de dozen 95-100% wat als de meest optimale conditie is gevonden in de voorgaande experimenten deel I t/m deel III. Ook in de gemeten rv is het effect van de storing duidelijk terug te vinden.

In figuur 6.6 is nog de rv verdeling tussen voorin en achterin de container opgenomen. De verschillen zijn enkele procenten, binnen de meetonnauwkeurigheid van rv bepalingen in het bijna verzadigde gebied.

#### c. Gashuishouding.

Door middel van een air sampler zijn de eerste 4 dagen gassamples achterin de container genomen. Door USDA Beltsville is van de afzonderlijke gassamples de CO<sub>2</sub> resp O<sub>2</sub> concentratie bepaald. Het resultaat is weergegeven in figuur 6.7. Het O<sub>2</sub> gehalte daalt binnen 2 dagen binnen de bandbreedte van het ingestelde setpoint ( $4 \pm 0.5$  %). Ook het CO<sub>2</sub> verloop stabiliseert binnen 2 dagen op een niveau van 1.8 %. De ademhaling van 10 ton paprika's helpt het CA-systeem om sneller een evenwichtssituatie te bereiken dan bij een lege container. Het evenwichtsnivo van O<sub>2</sub> komt goed overeen met de waarde berekend met CASIM (zie deel III) (evenwicht : 2.5%). De gemeten CO<sub>2</sub> concentratie is echter te laag vergeleken met zowel simulatie (4%) als door het CA-regelsysteem (Graaff) vastgestelde waarde (5 a 6%). Gezien de gemiddeld hogere temperatuur van de paprika's tijdens het transport dan in de simulatietest zal dit leiden tot een hogere CO<sub>2</sub> evenwichtswaarde. De juistheid van de CO<sub>2</sub> meting moet daarom in twijfel worden getrokken.

#### d. Kwaliteit.

In het Beltsville laboratorium van USDA is door Dr. C.Y. Wang de kwaliteit gevalueerd van de geselecteerde paprikadozen. De helft van de paprika's is 3 dagen opgeslagen bij 8 °C rv 90% en daarna 4 dagen bij 17 °C rv 75% (A). De andere helft is 7 dagen opgeslagen geweest bij 17 °C rv 75% (B). Een kwaliteitsbeoordeling is door Wang uitgevoerd bij aankomst, na 3 dagen en na 7 dagen. Reeds bij aankomst

werd door hem geconstateerd dat bij herkomst 2 (H2) koudebederf was opgetreden. Gezien het temperatuurtraject tijdens het transport lijkt dit onwaarschijnlijk. In figuur 6.8 is het gewichtsverlies weergegeven gedurende het transport en nabewaring (vgl. fig 3.5, 3.6 en 5.8). het massaverlies is groter dan bij de simulatietest, waarschijnlijk vanwege de gemiddeld hogere temperatuur gedurende het transport en de lagere gemiddelde rv dan bij de simulatietest. Duidelijk te zien is dat voortzetting van de bewaar temperatuur van 8 °C een gunstig gevolg heeft voor het vochtverlies.

In figuur 6.9 en 6.10 staan de percentages aantasting/gaaf gemiddeld over de herkomsten uitgesplitst naar methode van nabewaring A en B. De verlengde bewaring op 8 °C (figuur 6.9) heeft een positief effect op de kwaliteit van de paprika's in de nabewaring. De algemene restkwaliteit is hoger dan in na het simulatieexperiment (deel III), ondanks het grotere vochtverlies. Dit is te wijten aan de kortere transportduur (9 in plaats van 14 dagen) en mogelijk aan de betere algemene produktkwaliteit later in het plukseizoen. Voor de volledigheid zijn hieronder de opmerkingen van Wang opgenomen gedurende de evaluatie van de paprika's :

#### 130691

1. Peppers arrived in Beltsville at 8 a.m., 130691 (Matt Janssens and Henry Boerrigter of ATO).
2. After weighing and evaluation, H1, H2, H3 - A were placed at 8 °C, 90% rh and H1, H2, H3 - B were placed at 17 °C, 75 % rh.
3. H2 had a lower number of gaaf primarily of chilling injury.
4. H1 had the best quality but a smaller size.
5. H3 had no chilling injury but more mechanical injury and shrivelling.
6. Overall quality -- good to excellent.

#### 170691 (B)

1. H3 had the worst quality : shrivelling, softening and rots.
2. H1 retains excellent quality.

#### 200691 (A)

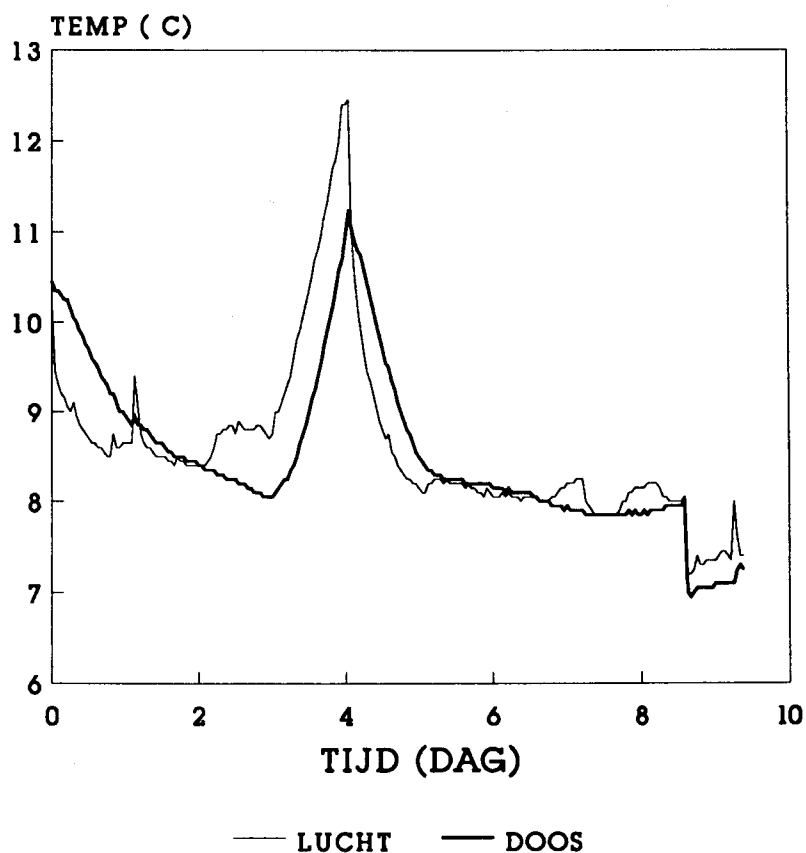
1. Overall quality good.
2. Most of the peppers remained firm in H1 & H3.
3. H3 had the worst quality with more softening and shrivelling.

#### 200691 (B)

1. Chilling injury, softening, and shrivelling are the most serious problems. Most of these problems are preventable with careful handling.
2. Quality of H1 remained good.
3. Quality of H2 and H3 is fair.

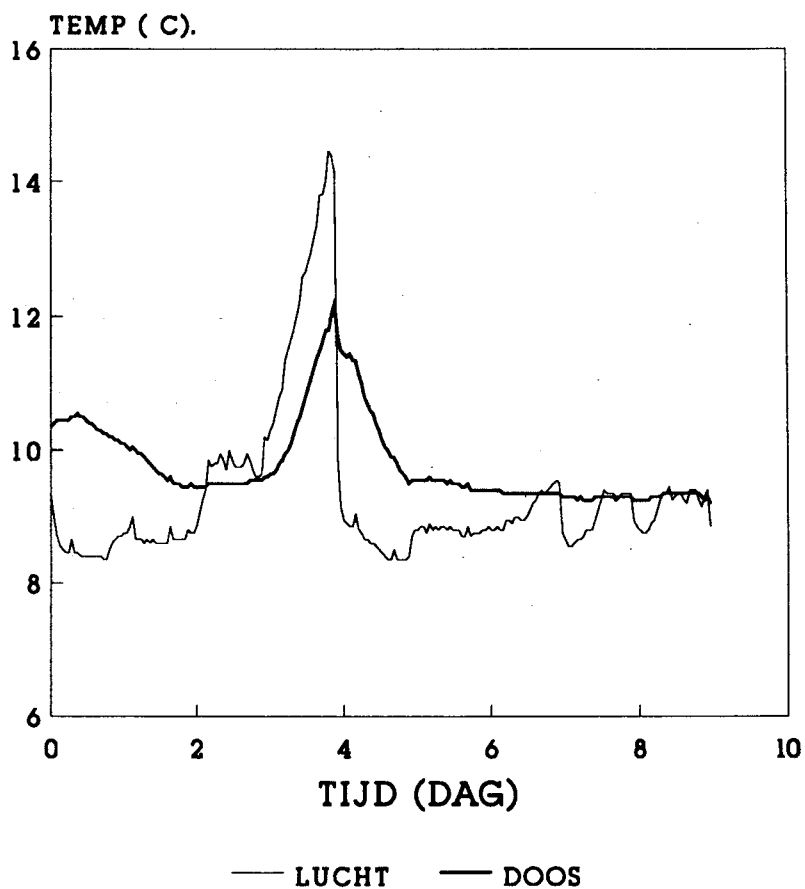
Grower numbers : H1 = WN 1768; H2 = WP 1968; H3 = WP 1265;

## TEMP VOORIN CTR



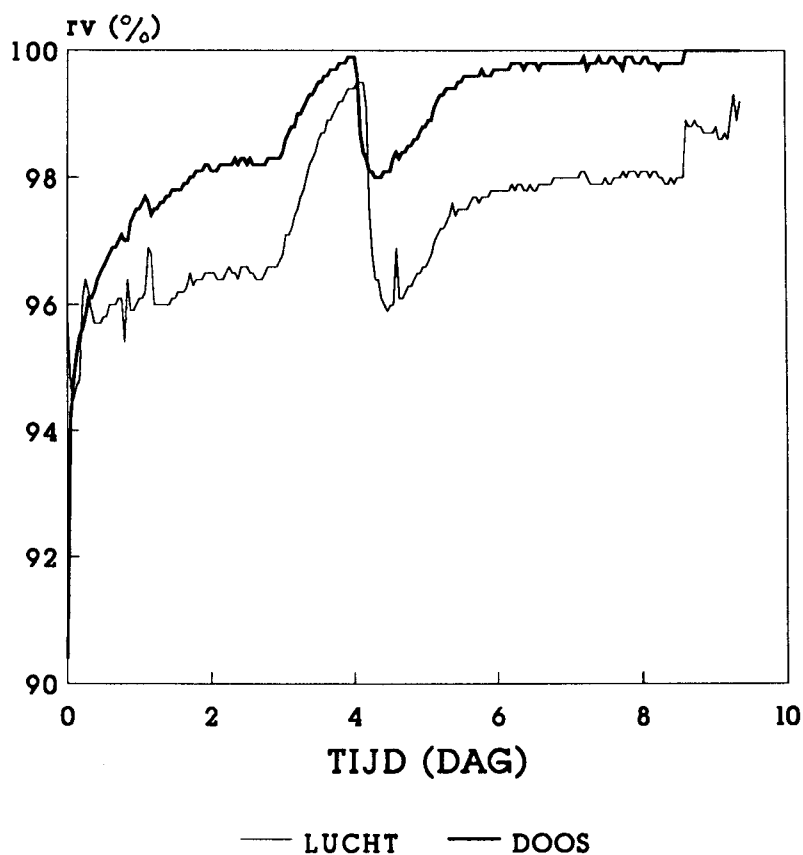
**Figuur 6.1 :** Temperatuurverloop voorin de container van lucht onder de pallet en in de doos als functie van de transporttijd. Duidelijk te zien is dat tijdens het transport er een calamiteit is opgetreden.

## TEMP ACHTERIN CTR



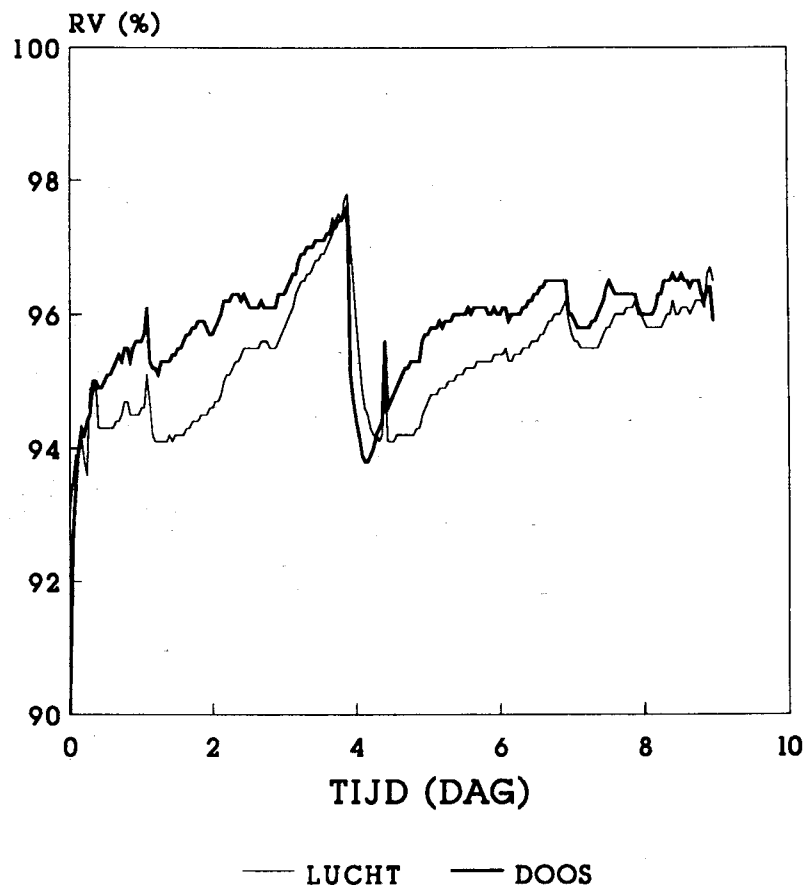
**Figuur 6.2 :** Temperatuurverloop achterin de container van lucht onder de pallet en in de doos als functie van de transporttijd. Duidelijk te zien is dat tijdens het transport er een calamiteit is opgetreden.

## VOORIN CTR



**Figuur 6.3 :** Het rv verloop voorin de container van de lucht onder de pallet en in een doos als functie van de transporttijd. Ook hier is het effect van de storing rond dag 4 duidelijk zichtbaar.

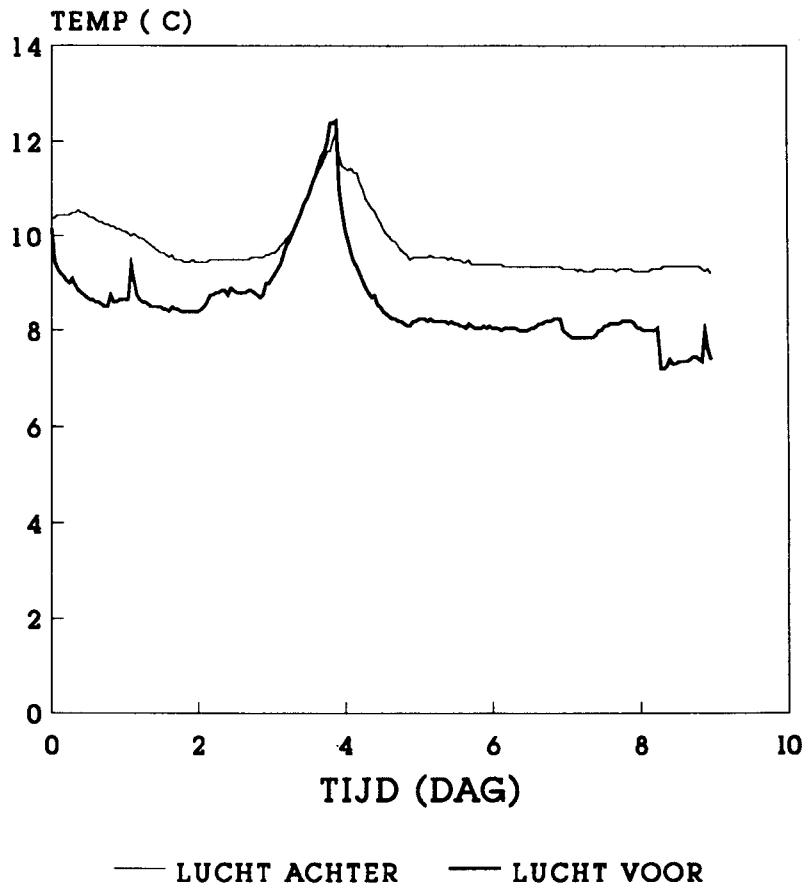
## RV ACHTERIN CTR



**Figuur 6.4 :** Het rv verloop achterin de container van de lucht onder de pallet en in een doos als functie van de transporttijd. Ook hier is het effect van de storing rond dag 4 duidelijk zichtbaar.

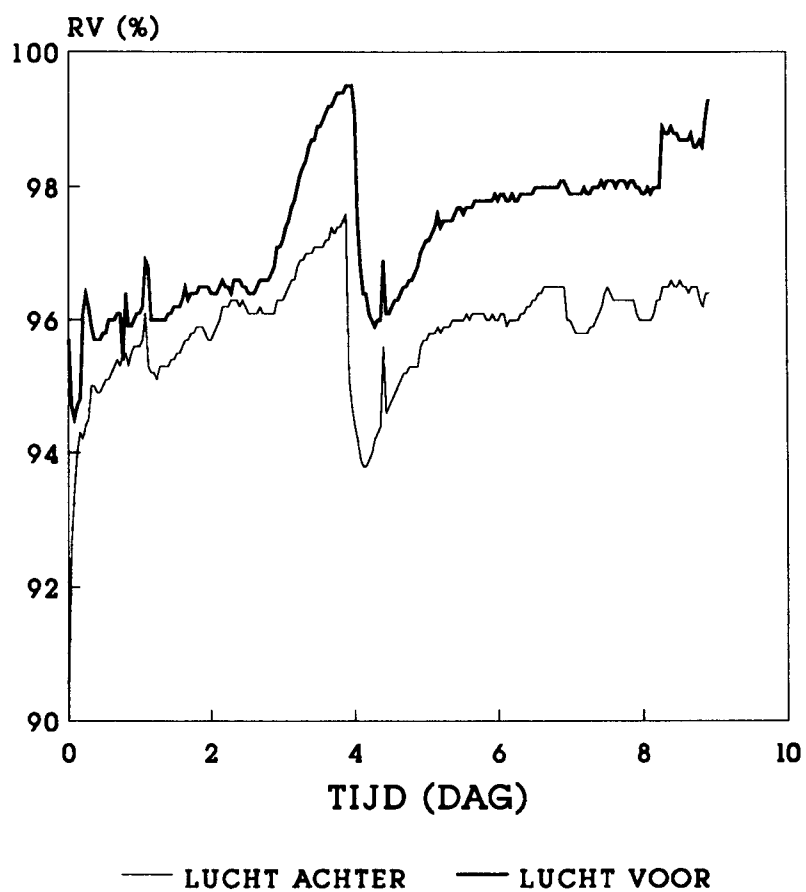


## T VERDELING CTR

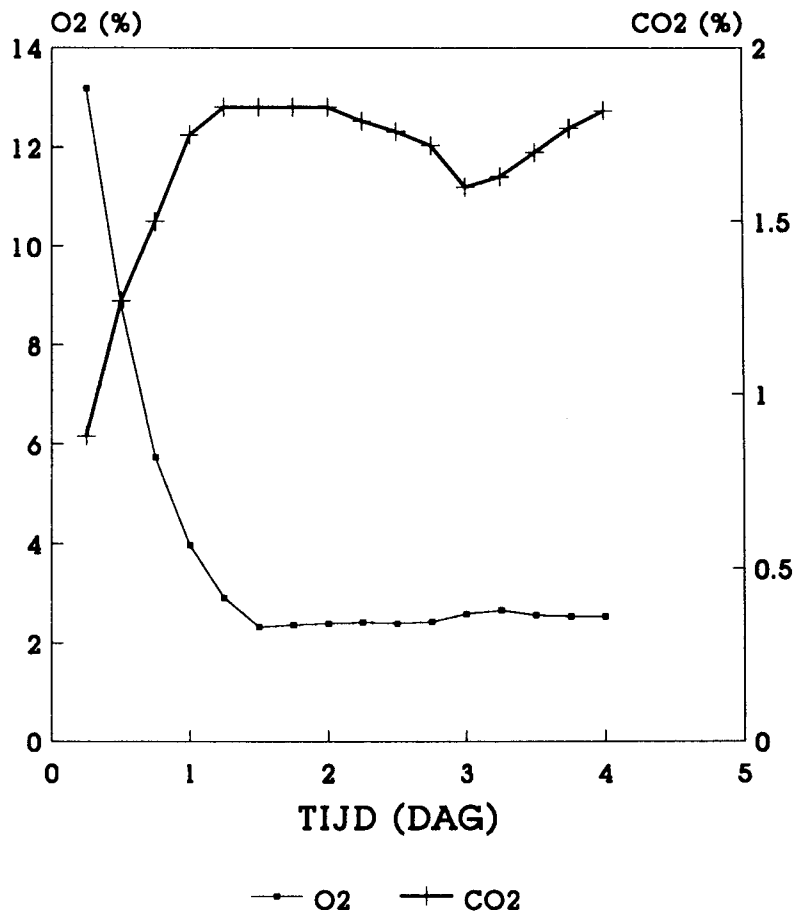


**Figuur 6.5:** Temperatuurverdeling tussen voor- en achterin de container als functie van de transporttijd.

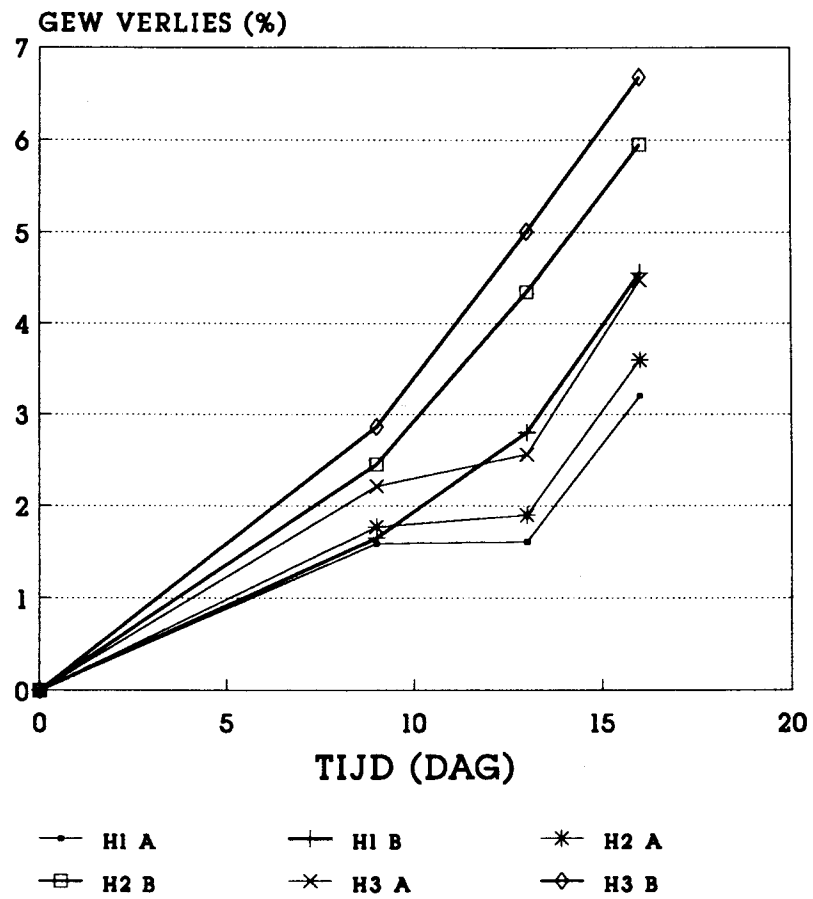
## RV VERDELING CTR



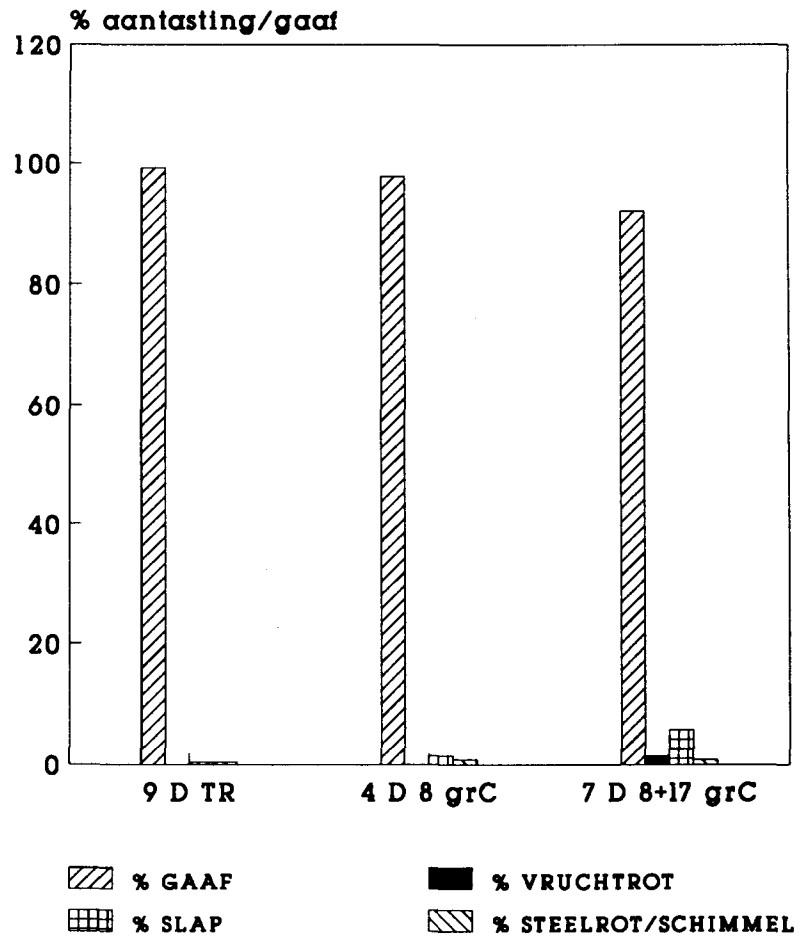
Figuur 6.6: Rv verdeling tussen voor- en achterin de container als functie van de transporttijd.



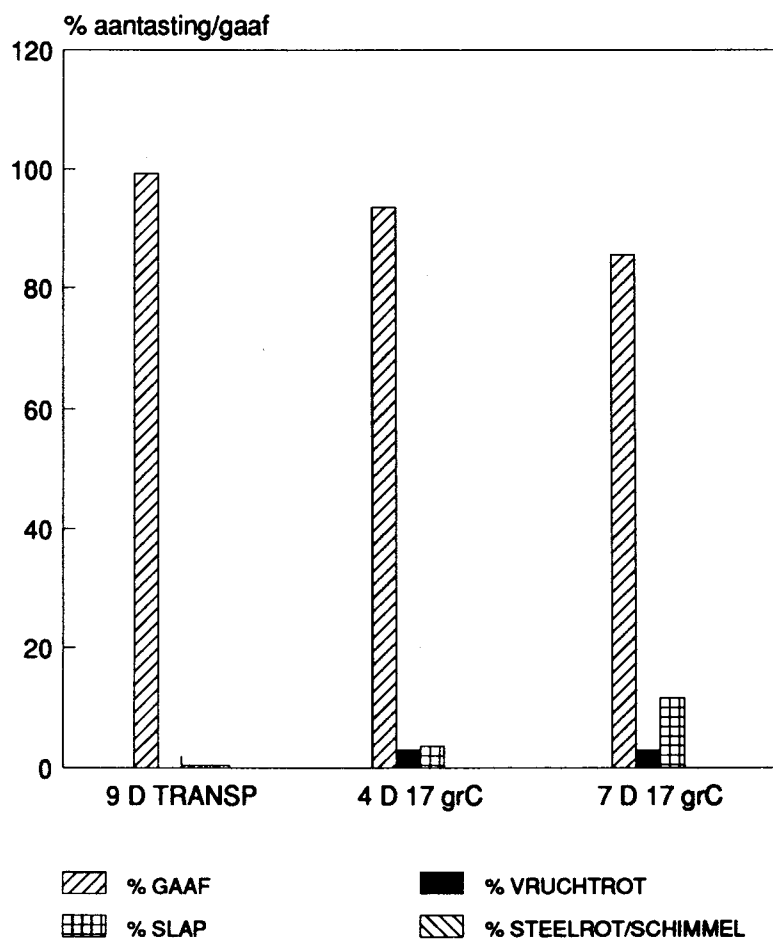
**Figuur 6.7 :** De gemeten gasconcentraties van O<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub> in de eerste vier dagen van het transport. Meting : USDA Beltsville.



**Figuur 6.8 :** Massaverlies van de monsterpaprika's na het transport en de nabewaring. (A) : 4 dagen bij 8 °C en 3 bij 17 °C nabewaring. (B) : 7 dagen bij 17 °C nabewaring. Bron : USDA.



**Figuur 6.9 :** Percentage gawe en slappe paprika's en percentage met vruchtrot en steelrot/schimmel na 9 dagen transport, 3 dag nabewaring op 8 °C, 7 dag nabewaring (3 op 8 °C + 4 op 17 °C).



**Figuur 6.10 :** Percentage gawe en slappe paprika's en percentage met vruchtrot en steelrot/schimmel na 9 dagen transport, 7 dagen nabewaring op 17 °C en 7 dagen nabewaring op 17 °C.

Literatuurlijst

1. Hughes, P.A., A.K. Thompson, R.A. Plumbley and G.B. Seymour, 1981. Storage of capsicum under CA, MA and hypobaric conditions. *J. of Hort. Sc.*,56(3);261-265.
2. Morris, L.L. and A.A. Kader, 1977. Commodity requirements and recommendations for transport and storage-selected vegetables. Proceedings of the second national CA-research conference april 5,6 and 7, 1977 at Michigan State University. Horticultural report no. 28;266-276.
3. Otma, E.C., 1989. De invloed van CA-bewaring en folieverpakking op de houdbaarheid van rode paprika's. ATO-Agro-technologie, rapport zonder nummer, 16 blz..
4. Polderdijk, A., A. Bovenschen en H. Mertens, 1986. CA-bewaring van rode paprika's bij verschillende temperaturen. Wageningen, Sprenger Instituut, rapport no. 2325, 40 blz..
5. Sàray, T., 1989. Technologie for the cold storage of vegetables in CA. Theses of candidate's dissertation. Institute of Food Technology, University of Horticulture, Budapest.
6. Stenvers, N. en P. Herchel, 1971. CA-bewaring van groente en zacht fruit, Wageningen, Sprenger Instituut rapport no. 1750, 53 blz..
7. Oranje Boek Projecten.