

Houdbaarheid en Koeling, Groentegewassen

Eindrapportage februari 2004

VERTROUWELIJK

Gérard van den Boogaard
Richard Canters
Harmannus Harkema
Martijntje Vollebregt

Report 081

Colophon



Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van en gefinancierd door Productschap Tuinbouw

Title	Houdbaarheid en Koeling, Groentegewassen – Eindrapportage 2004
Author(s)	G.J.P.M. van den Boogaard, R.A.M. Canters, H. Harkema, en H.M. Vollebregt
A&F number	081
ISBN-number	n.v.t.
Date of publication	Februari 2004
Confidentiality	Februari 2009
Project code.	OPD 01/001/030101/a

Agrotechnology & Food Innovations B.V.
P.O. Box 17
NL-6700 AA Wageningen
Tel: +31 (0)317 475 024
E-mail: info.agrotechnologyandfood@wur.nl
Internet: www.agrotechnologyandfood.wur.nl

© Agrotechnology & Food Innovations B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.

All right reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publisher. The publisher does not accept any liability for the inaccuracies in this report.

This report is authorised by: G.J.P.M. van den Boogaard



The quality management system of Agrotechnology & Food Innovations B.V. is certified by SGS International Certification Services EESV according to ISO 9001:2000.

Samenvatting

Het belang van de sector bij dit project is dat alle ketendeelnemers (van teler tot retailer) kennis nodig hebben om verantwoorde beslissingen te kunnen nemen ten aanzien van de inrichting van hun distributiekanaal. Het behoud van voldoende kwaliteit staat daarbij voorop.

Deze rapportage is het vervolg op het ATO rapport: HenK Voedingstuinbouw, Rapportage 2001 – 2002, OPD 01/001/030101a. en HenK Voedingstuinbouw, Rapportage 2002 – 2003, OPD 01/001/030101a, rapportnummer B732.

Het onderzoek is gebaseerd op 5 producten: aardbei, paprika, witlof, tomaat en sla.

Hieronder worden, per product, de belangrijkste nieuwe bevindingen opgesomd.

Paprika

Kruisbesmetting van kunstmatig besmette paprika's naar niet besmette paprika's kon niet worden aangetoond.

Tomaat

- Uit de kennisinventarisatie komen de volgende hiaten naar voren:
- Voor trostomaten is er geen informatie over het effect van wisselklimaten en de optelbaarheid van effecten, met name over het effect op de conditie van de groene delen is geen informatie voorhanden.
- Het effect van condens op vruchtrot en schimmelontwikkeling op de groene delen is niet voldoende gekwantificeerd.
- Het onderzoek met trostomaten zal zich derhalve richten op het effect van onderbreking van de koelketen (onderbreking gedurende korte of langere tijd vroeg of laat in de keten) en condensduur. Experimenten met afkoelsnelheden zijn recent uitgevoerd; dit onderwerp zal daarom niet in dit project opgenomen worden.

De conclusies uit experimenten zijn de volgende.

- Wanneer trostomaten niet gevoelig zijn voor bederf en wanneer schimmel geen rol speelt is de conditie van de groene delen de beperkende kwaliteitsfactor en daarmee houdbaarheid bepalend. De ontwikkeling van kwaliteitsverliesmodellen moet zich derhalve in eerste instantie richten op de groene delen.
- In de binnen dit project uitgevoerde proevenreeks speelden vruchtrot en schimmelontwikkeling geen rol.
- De trostomaten kleurden voldoende door.
- Vruchtval trad op bij het ras Cedrico, maar dit gebeurde over het algemeen pas wanneer de conditie van de groene delen onvoldoende was.
- Van het één dag ongekoeld laten (22°C) kon geen effect op de conditie van de groene delen aangetoond worden, twee dagen niet koelen leverde houdbaarheidsverlies op.

- Ondanks langdurige condens en een hoge RV trad nauwelijks bederf op en werd er geen schimmelontwikkeling waargenomen.
 - Langdurige condens en hoge RV beschermen de groene delen tegen uitdroging.
- M.b.t. de conditie van de groene delen werden aanzienlijke verschillen tussen partijen trostomaten aangetoond, m.b.t. de vruchtstevigheid was de spreiding wat minder groot.

Sla

Het experiment leidt tot de volgende conclusies.

- Partijen ijsbergsla kunnen verschillen in snelheid van uitdroging, gevoeligheid voor bederf en mate van verkleuring van het snijvlak.
- Verliezen treden met name op tijdens de uitstalperiode bij hoge temperatuur.
- Snijvlakverkleuring treedt reeds op voor de uitstalperiode.
- Verpakken in polypropyleen zakjes vermindert het verlies door verwelking.
- Bij bederfgevoelige partijen kunnen na langdurige uitstalling bij hogere temperatuur (18°C) kroppen in polypropyleen zakjes meer bederf vertonen dan niet verpakte kroppen, maar in deze fase zijn zowel verpakte als niet verpakte kroppen van onvoldoende kwaliteit.
- Bederf komt ook voor bij niet verpakte kroppen.
- Belangrijkste conclusie is dat kwaliteitsverlies door bederf explosief kan verlopen tijdens een uitstalperiode met een te hoge temperatuur (18°C).

Modellen

De volgende conclusies kunnen worden getrokken.

- De verschillende processen die kwaliteitverlies tot gevolg hebben bij de onderzochte producten kunnen goed worden omschreven met een rekenmethode. Uitgangspunten voor het inschatten van de kwaliteit zijn de temperatuur, relatieve luchtvochtigheid en verblijftijd bij die condities.
- Uit de gevonden partijverschillen wordt het duidelijk dat er geen absolute uitspraken gedaan kunnen worden over de te verwachten kwaliteit van een product aan het einde van een afzetketen.
- Door gebruik te maken van de spreiding in productkwaliteit kan een inschatting worden gemaakt van het risico op schade en/ of verlies tijdens de afzet.
- Het is mogelijk om de effecten op de kwaliteit van het product van verschillende afzetketens in te schatten.

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1 Inleiding	7
2 Paprika	8
2.1 Inleiding	8
2.2 Opzet en uitvoering	8
2.3 Resultaten	8
2.4 Conclusie	10
3 Tostomaat	11
3.1 Inleiding	11
3.2 Literatuur tomaat	11
3.2.1 Inleiding	11
3.2.2 Temperatuur	11
3.2.3 Lage temperatuur bederf (LTB)	13
3.2.4 Temperatuurwisselingen	13
3.2.5 Afkoelsnelheid	14
3.2.6 Relatieve luchtvochtigheid (RV)	14
3.2.7 Rijpheid bij oogsten	14
3.2.8 Mechanische belasting (handling)	14
3.2.9 Modelontwikkeling	15
3.2.10 Gevolgen voor het onderzoek	15
3.3 Experimenten	15
3.3.1 Inleiding	15
3.3.2 Onderbreking koelketen	16
3.3.3 Condens	16
3.3.4 Spreiding tussen partijen	17
3.4 Conclusies	18
4 Ijsbergsla	20
4.1 Inleiding	20
4.2 Experiment	20
4.3 Conclusies	23
5 Andijvie	24
5.1 Inleiding	24
5.2 Experiment	24
5.3 Conclusies	25
6 Modellen	26
6.1 Inleiding	26
6.2 Kwaliteitsverloopmodellen	27

6.2.1	Ketenanalyse met Aladin	27
6.2.2	Kwaliteitsverloopmodellen per product	31
6.2.3	Houdbaarheid bij bepaalde temperatuur	35
6.3	Overige modellen	35
6.3.1	Afkoeling en opwarming	35
6.3.2	Condensrisico	36
6.4	Conclusies	38
	Bijlagen	39

1 Inleiding

Deze rapportage is het vervolg op het ATO rapport: HenK Voedingstuinbouw, Rapportage 2001 – 2002, OPD 01/001/030101a en HenK Voedingstuinbouw, Rapportage 2002 – 2003, OPD 01/001/030101a, rapportnummer B732. Om die reden zullen zaken die in de vorige rapportages uitvoerig aan de orde zijn geweest niet meer worden herhaald. In dit rapport worden voornamelijk de meest recente onderzoeksresultaten en de betekenis hiervan voor de praktijk besproken.

Het belang van de sector bij dit project is dat alle ketendeelnemers (van teler tot retailer) deze kennis nodig hebben om in de toekomst verantwoorde investeringsbeslissingen te kunnen nemen ten aanzien van de inrichting van hun distributiekanaal. Het behoud van voldoende kwaliteit staat daarbij voorop. De kennis wordt verspreid via vakliteratuur, presentaties en dergelijke.

Door de trend naar snelheid verandert de inrichting van ketens en dient de conditionering geoptimaliseerd te worden naar de specifieke behoeftes. Er is onvoldoende kennis over het kwaliteitsverloop van producten beschikbaar om daarop verstrekkende keuzes te baseren.

Belangrijke vragen die gesteld worden zijn:

- wint snelheid het van koeling als het om kwaliteit gaat,
- wanneer treedt het omslagpunt op,
- bij welke producten en omstandigheden kan koeling achterwege blijven,
- wat is de optimale afkoelsnelheid gegeven de beoogde distributieketen.

Op deze vragen is in grote lijnen in de eerste twee rapportages van het project al een antwoord gegeven. De onderwerpen die in deze rapportage aan de orde komen zijn: kennis inventarisatie tomaat, experimenten met tomaat en spreiding in kwaliteit bij ijsbergsla. De meeste aandacht in deze rapportage gaat naar de ontwikkelde methode om met behulp van berekeningen het effect op de productkwaliteit door veranderingen in de keten te kunnen inschatten. Het doel is niet om een absoluut getal te geven maar om te kunnen aangeven welke veranderingen een duidelijk effect hebben op de kwaliteit van het product.

2 Paprika

2.1 Inleiding

Uit voorgaand onderzoek in dit project is gebleken dat vooral de temperatuur de snelheid van rotontwikkeling van geïnfecteerde paprika's beïnvloedt. In hoeverre kruisbesmetting tussen geïnfecteerde – en niet geïnfecteerde paprika's kan optreden, is onderzocht in het hier beschreven experiment.

2.2 Opzet en uitvoering

Voor dit experiment (november 2003) werden enkele dagen oude rode Spaanse paprika's gebruikt. Er werden alleen paprika's gebruikt die bij het begin van de proef geen uiterlijke kenmerken van vruchtrot vertoonden. Er werden drie groepen paprika's samengesteld:

- Paprika's die kunstmatig besmet werden door injectie met een reïncultuur van een *Fusarium* soort die binnenrot bij paprika veroorzaakt.
- Paprika's die aangeprikt waren met een steriele injectienaald, als controlebehandeling voor de kunstmatig besmette groep.
- Gave, niet aangeprikte paprika's.

Vervolgens werden niet eerder gebruikte paprikadozen als volgt gevuld:

1. 20 gave paprika's.
2. 20 aangeprikte paprika's.
3. 10 besmette – en 10 gave paprika's.
4. 10 besmette – en 10 aangeprikte paprika's.

Per behandeling werden 6 dozen gevuld en opgeslagen bij 20°C, de behandelingen 1 en 2 gescheiden van de behandelingen 3 en 4. Om na te gaan of kruisbesmetting wellicht pas optreedt wanneer vruchten aan de buitenkant bederf vertonen, werden na 9 dagen dozen gevuld met besmette – en niet besmette paprika's, toen de besmette paprika's aan de buitenkant duidelijk zichtbaar rot vertoonden.

2.3 Resultaten

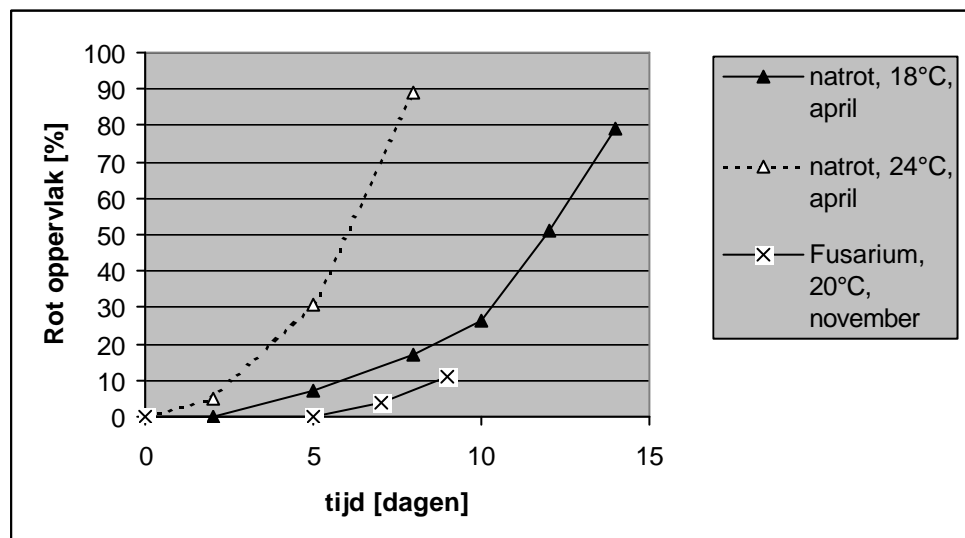
Al spoedig bleek dat de bederfverschijnselen van de besmette paprika's er anders uitzagen dan in eerdere proeven met kunstmatige besmetting. In eerdere proeven was de kunstmatige besmetting uitgevoerd met een suspensie van rotte paprika's. Toen kwam de binnenrot naar buiten als duidelijke “natrot”, waardoor paprika's snel voor een groot deel bedorven waren. Nu ontwikkelde de rot zich minder snel en waren de plekken minder vochtig, soms zelfs vrij droog. Deze vorm van rot is wel waargenomen in eerdere proeven, maar de gevolgen waren meestal minder desastreus dan die van natrot. Natrot kwam wel voor, zowel bij de besmette – als bij de niet besmette paprika's.

Figuur 2-1 toont het verschil in ontwikkelingssnelheid tussen de met een natrot suspensie besmette paprika's (april 2003) en de met *Fusarium* besmette paprika's (november 2003). Behalve

de aard van de infectie (gemengde suspensie of reincultuur) kan ook de concentratie van de beginbesmetting en verschil in vatbaarheid van de partijen paprika's het verschil in snelheid van bederf veroorzaken.

Uit deze proef bleek het volgende:

- Een vrij klein aantal van de niet besmette paprika's kregen wel bederf, maar voornamelijk in de vorm van natrot, welke niet veroorzaakt werd door de kunstmatige besmetting. Dit vrij kleine aantal vruchten zorgde voor een relatief hoog percentage aangetast vruchtoppervlak, veroorzaakt door de zeer snelle natrotontwikkeling.
- Wanneer de door natrot aangetaste paprika's buiten beschouwing worden gelaten dan is de rotaantasting bij de niet kunstmatig besmette paprika's zeer gering, ook wanneer deze gemengd zijn met kunstmatig besmette paprika's.
- Ook wanneer besmette – en niet besmette paprika's pas gemengd werden wanneer de besmette vruchten reeds duidelijk zichtbaar rot waren werd geen kruisbesmetting van besmette – naar niet besmette vruchten aangetoond.



Figuur 2-1: Ontwikkeling rot in kunstmatig besmette partijen paprika's. In april 2003 werden paprika's besmet met een suspensie van door natrot aangetaste paprika's. In november werden paprika's geïnfecteerd met een reincultuur van een Fusarium species.

2.4 Conclusie

Kruisbesmetting van kunstmatig besmette paprika's naar niet besmette paprika's kon niet worden aangetoond.

Opmerking:

Bovenstaande conclusie is gebaseerd op de "droge" variant van binnenrot; of dezelfde conclusie getrokken mag worden voor "natrot" is niet duidelijk.

3 Trostomaat

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de experimenten uitgevoerd met trostomaat besproken. Hierin staan het effect van onderbreking van de koelketen, effecten van condens en variatie tussen partijen centraal. Eerst wordt er een samenvatting gegeven van de literatuurinventarisatie.

3.2 Literatuur tomaat

3.2.1 Inleiding

Van de producten die in het kader van dit project zijn onderzocht is van de tomaat de meeste literatuur voorhanden. Naarmate meer literatuur doorgenomen wordt, blijkt echter dat de uitbreiding van de kennis geringer wordt. Om de inventarisatie enigszins te beperken is de volgende werkwijze toegepast.

- Artikelen over het voorkomen van lage temperatuur bederf door hittebehandelingen en andere behandelingen die ons niet of moeilijk toepasbaar leken voor de praktijk, zijn slechts ten dele geraadpleegd.
- Alleen voor wat betreft interne verslagen, interimrapporten en rapporten van het Sprenger Instituut en het ATO is naar volledigheid gestreefd. Sommige van deze publicaties zijn vertrouwelijk: in deze gevallen is informatie gebruikt voor de inventarisatie, maar de publicaties zijn niet opgenomen in de literatuurlijst.
- Het overgrote deel van de literatuur gaat over losse tomaten, pas de laatste jaren is er onderzoek gedaan naar de conditionering van trostomaten. In de tekst zijn verwijzingen aangegeven in de vorm van cijfers. Deze cijfers hebben betrekking op de genummerde referenties, welke in Bijlage 2 staan.

3.2.2 Temperatuur

Boven een bepaalde temperatuur verschilt het effect van temperatuurtoename van dat onder die temperatuur. Onder deze omslagtemperatuur treedt “lage temperatuur bederf” (LTB) op. Deze omslagtemperatuur ligt niet vast, maar is afhankelijk van o.a. de bewaarduur (zie LTB).

Effect van de temperatuur boven de LTB-grens

De doorkleuring van tomaten is temperatuursafhankelijk. Onder de 13°C gaat de doorkleuring langzaam, in het traject 16-24°C is de doorkleuring optimaal en in uitzonderlijke gevallen (> 32°C) kleuren de tomaten geel (ref. 15).

Verhoging van de temperatuur leidt over het algemeen tot minder stevige vruchten (ref. 11, 12, 13, 14, 16, 17, 26), maar de grootte van het effect is rasafhankelijk (ref. 14).

Het effect van de temperatuur op rotontwikkeling op de vrucht is minder eenduidig. De beschreven effecten lopen uiteen van “minder rot” (gevonden bij trostomaten, ATO-onderzoek), via “geen effect” (ref. 14) tot “meer rot” (ref. 11, 12). Het meest logische is dat

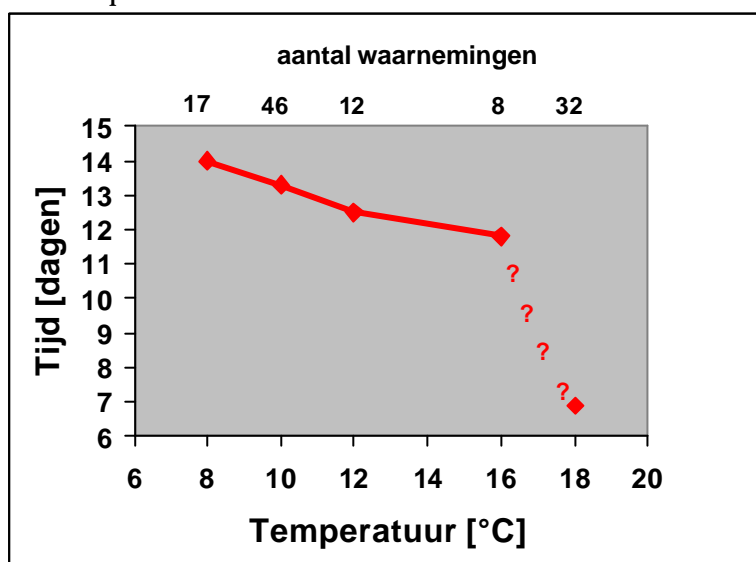
temperatuurverhoging leidt tot meer bederf, omdat de meeste schimmels en bacteriën zich sneller ontwikkelen bij hogere temperaturen.

Temperatuurverhoging kan leiden tot meer schimmel op kroontjes (ref. 12 en ATO-onderzoek), en een grotere gevoeligheid voor schade bij oogsten en sorteren (ref. 7).

Bij tomaten leidt temperatuurverhoging tot een snellere doorkleuring en een minder goede conditie van de groene delen (ATO-onderzoek).

De optimale temperatuur is afhankelijk van de rijpheid bij de oogst. Voor “mature green” tomaten (groene tomaten met iets kleur) wordt als optimaal traject 12.5 – 15°C genoemd, voor lichtrode tomaten 10 – 12.5°C (ref. 25) en voor rode tomaten 7 – 10°C (ref. 25) en 8 – 10°C (ref. 27).

Voor tomaten is de optimale temperatuur voor een keten van 9 – 14 dagen 8°C (ATO-onderzoek). Dit wordt geïllustreerd door Figuur 3-1. In deze figuur wordt de gemiddelde houdbaarheid gegeven van tomaten die bij verschillende temperaturen zijn bewaard. De punten in de figuur zijn gemiddelden van vele waarnemingen aan verschillende rassen tomaten in een aantal proeven.



Figuur 3-1: Houdbaarheid van tomaten, bewaard bij 8 – 18°C. De RV bij 8 – 16°C was ongeveer 85%, bij 18°C werd een RV van ongeveer 75% gehandhaafd.

De “vrije val” in houdbaarheid bij 18°C wordt mogelijk veroorzaakt door de combinatie van hoge temperatuur en lage RV. De houdbaarheid beperkende kwaliteitskenmerken waren conditie van de groene delen (73%), zachte vruchten (14%), vruchtrot (11%) en schimmel op de groene delen (2%). Onvoldoende doorkleuren en vruchtval was nooit beperkend (ATO-onderzoek).

3.2.3 Lage temperatuur bederf (LTB)

LTB verschijnselen worden vooral waargenomen wanneer tomaten na een koude bewaring in de warmte (uitstalruimte) geplaatst worden (ATO-onderzoek).

De LTB-grens is afhankelijk van de bewaarduur (ref. 14, 25). Voorbeeld: 4 rassen werden tot 6 weken (!) bewaard bij 8, 10, 12 en 14°C. Na 2 weken werd geen LTB waargenomen, na 3 weken vertoonden alle rassen LTB verschijnselen bij 8°C en 3 rassen bij 10°C. Na 4 weken bij 10°C was er LTB schade bij alle rassen. Zeer langdurige bewaring bij de aanbevolen temperatuur voor kortere ketens kan dus LTB verschijnselen geven.

Rijpe tomaten zijn minder gevoelig voor LTB dan groene (ref. 2, 15, 16), in één geval echter (ref. 22) werd gemeld dat rode vruchten meer putjes vertoonden dan groene tomaten na 4 dagen bewaring bij 3°C.

LTB kan zich op een aantal manieren openbaren:

- Minder goede doorkleuring (ref. 3, 15, 22, 25, ATO-onderzoek).
- Putjes: ingezonken plekjes op de vrucht (ref. 2, 22, 25).
- Meer bederf (ref. 23, 25).
- Minder stevige vruchten (ref. 4, 8, 11).
- Korter uitstalleven (ref. 21).
- Smaakafwijkingen bij trostomaten na 19 dagen 6°C, vergeleken met 19 dagen 10°C (ATO-onderzoek).

Er is zeer veel onderzoek verricht naar het voorkomen en/of beperken van LTB, o.a. door korte perioden bij hoge temperatuur (zowel in warme lucht als in warm water), maar dergelijke behandelingen zijn niet relevant binnen het kader van dit project; daarom is niet hiernaar geen verder literatuuronderzoek verricht.

3.2.4 Temperatuurwisselingen

In de hier beschreven bevindingen werden wisselingen aangebracht tussen temperaturen die boven de LTB grens liggen. Over het effect van temperatuurwisselingen, wel of niet gepaard gaande met condens, zijn enkele interessante publicaties gevonden.

Met vleestomaten werd dagelijks gewisseld gedurende 10 dagen tussen 12 en 20°C (gemiddeld 16°C). Hierdoor werden de tomaten 5 keer blootgesteld aan condens. Deze wisselingen gaven niet meer rot of slappe vruchten dan continu 12 of 16°C, en minder rot en slappe vruchten dan 20°C. Wisselen gaf wel meer schimmel op de kroontjes dan continu 12 en 16°C, maar minder dan continu 20°C. Dus: beter koelen naar 12°C en eventueel temperatuurwisselingen dan niet koelen (20°C) (ref. 19).

Binnen het temperatuurtraject 12 – 27°C geldt dat de volgorde van de temperaturen en de frequentie niet van invloed zijn op kleuring en stevigheid; effecten van onregelmatige temperaturen zijn optelbaar (ref. 26).

3.2.5 Afkoelsnelheid

Eén referentie meldt dat snel afkoelen naar 12.5°C essentieel is voor de kwaliteit (ref. 25), volgens een andere referentie (ref. 7) heeft de afkoelsnelheid variërend van één nacht tot twee dagen met een starttemperatuur van <22°C geen effect. In voorgaand ATO-onderzoek werd geen effect van de afkoelsnelheid gevonden.

3.2.6 Relatieve luchtvochtigheid (RV)

Verhoging van de RV leidt tot minder gewichtsverlies en kan leiden tot steviger vruchten. Maar dit kan gepaard gaan met meer schimmel op de kroontjes, meer rot na langdurige bewaring, meer gescheurde vruchten en meer vruchtval. Bewaring in dozen met minder openingen resulteert in minder gewichtsverlies, maar meer schimmel op de kroontjes. Geadviseerd wordt maximaal 90 – 95%RV, maar niet gedurende een te lange periode (ref. 10, 24, 25, 27, ATO-onderzoek). In een recent uitgevoerd ATO-onderzoek wordt gesteld “een RV van 85% lijkt vooralsnog het compromis te zijn tussen indroging en schimmelvorming”; dit citaat heeft betrekking op de groene delen van tomaten die gedurende minimaal 9 dagen per boot getransporteerd worden.

3.2.7 Rijpheid bij oogsten

Van groener oogsten zijn de volgende effecten op de kwaliteit van tomaten beschreven.

- Minder gevoelig voor handling (ref. 5, 22).
- Langer houdbaar (ref. 5, 6, 18).
- Blijven langer stevig (ref. 1, 5, 9, 12, 16, ATO-onderzoek).
- Groter verschil in houdbaarheid als gevolg van de temperatuur (ATO-onderzoek).
- Gevoeliger voor LTB (ref. 15, 16).

In een recent ATO-onderzoek met tomaten, gericht op gekoeld transport naar de USA bleek ook dat groener oogsten leidt tot langer stevig blijven van de vruchten, maar twee van de drie getoetste rassen kleurden onvoldoende door. De onvoldoende doorkleuring, gecombineerd met de grote gevoeligheid voor LTB maant tot voorzichtigheid met groener oogsten, vooral bij langdurig gekoeld transport (tegen de LTB-grens aan), in het bijzonder wanneer het de Amerikaanse markt betreft, waar goed doorgekleurde tomaten vereist worden.

3.2.8 Mechanische belasting (handling)

Onder mechanische belasting wordt verstaan het geheel aan belasting wat de tomaten ondervinden bij oogsten, sorteren, val en trillingen tijdens transport. Over het effect van mechanische belasting is het volgende gevonden.

- Rijpe (rode) tomaten zijn gevoeliger voor handling (ref. 5, 21, 22).
- Warme tomaten zijn vermoedelijk gevoeliger voor mechanische belasting (ref. 7), maar in andere referenties (ref. 20, 21) worden wisselende effecten van de temperatuur vermeld.
- Mechanische belasting kan leiden tot onregelmatig rijpen (ref. 9).
- Handling kan een negatief effect op het uitstalleven hebben (ref.21).

- Uit een recent uitgevoerd onderzoek met trostomaten bleek dat mechanische stress de aantasting door vruchtrot kan verhogen en dat de gevoeligheid voor stress door mechanische belasting rasafhankelijk is (ATO-onderzoek).

3.2.9 Modelontwikkeling

Binnen dit project worden de experimenten uitgevoerd met trostomaten. Uit eerder onderzoek met recente trostomatenrassen is gebleken dat veelal de conditie van de groene delen de beperkende factor is voor de houdbaarheid van trostomaten en niet of nauwelijks de stevigheid van de vruchten of de doorkleuring. Er is in de literatuur uitgebreid gerapporteerd over het ontwikkelen van beschrijvende – en verklarende modellen die betrekking hebben op het kwaliteitsverloop van tomaten. Deze modellen gaan vrijwel altijd over rijping (kleuring) en zacht worden van losse tomaten. Omdat deze literatuur niet behulpzaam kan zijn bij de modelontwikkeling in dit project wordt het hier niet verder beschreven.

3.2.10 Gevolgen voor het onderzoek

De resultaten van deze kennisinventarisatie werden besproken in de vergadering van de onderzoeksbegeleidingscommissie (OBC) van dit project van 13 december 2002. Tijdens deze bijeenkomst werd besloten dat de experimenten worden uitgevoerd met trostomaten. Uit de kennisinventarisatie komen de volgende hiaten naar voren:

- Voor trostomaten is er geen informatie over het effect van wisselklimaten en de optelbaarheid van effecten, met name over het effect op de conditie van de groene delen is geen informatie voorhanden.
- Het effect van condens op vruchtrot en schimmelontwikkeling op de groene delen is niet voldoende gekwantificeerd.
- Het onderzoek met trostomaten zal zich derhalve richten op het effect van onderbreking van de koelketen (onderbreking gedurende korte of langere tijd vroeg of laat in de keten) en condensduur. Experimenten met afkoelnelheden zijn recent uitgevoerd; dit onderwerp zal daarom niet in dit project opgenomen worden.

3.3 Experimenten

3.3.1 Inleiding

Het onderzoek met trostomaten heeft zich vooral gericht op het effect van onderbreking van de koelketen (onderbreking gedurende korte of langere tijd vroeg of laat in de keten), en als gevolg hiervan condensduur en condensfrequentie.

De experimenten zijn uitgevoerd met trostomaten van het ras Cedrico, afkomstig van één teler. Eén van de experimenten is tevens uitgevoerd met Clotilde trostomaten.

Tenslotte is een experiment uitgevoerd met een aantal partijen trostomaten om een indruk te krijgen over de grootte van de spreiding van de resultaten. In alle experimenten werden de trostomaten per 5 trossen in open kratten gelegd, zodanig dat het klimaat rond de trossen gelijk is aan het celklimaat.

De kwaliteitskenmerken waarop de trostomaten zijn beoordeeld zijn:

- Doorkleuring (niet in alle experimenten)
- Conditie van de groene delen
- Schimmelontwikkeling op de groene delen
- Vruchtstevigheid
- Vruchtval
- Vruchtrot
- Gescheurde vruchten

Een uitgebreide beschrijving van de kwaliteitskenmerken in te vinden in Bijlage 3.

3.3.2 *Onderbreking koelketen*

Er is nagegaan wat de invloed is van een onderbreking van een keten van 6 dagen bij 10°C door 1 tot 3 dagen bij 22°C, aan het begin of aan het eind van de keten. Het doel was om mogelijke effecten op de conditie van de groene delen en de vruchtstevigheid te bepalen. Daarom werd tijdens de onderbreking bij 22°C de RV laag gehouden (<40%), zodat geen condens kon optreden. Daarmee werd voorkomen dat schimmel op de groene delen en vruchtrot de andere kwaliteitskenmerken zouden doorkruisen.

De conditie van de groene delen bleek beperkend te zijn voor de houdbaarheid. Vruchtval kwam veel voor, maar dit gebeurde meestal pas wanneer de groene delen uitgedroogd waren. De vruchtstevigheid bleek geen problemen op te leveren, schimmelontwikkeling bleef achterwege en vruchtrot kwam vrijwel niet voor. De vruchten kleurden voldoende door. Dit experiment leverde de volgende resultaten op:

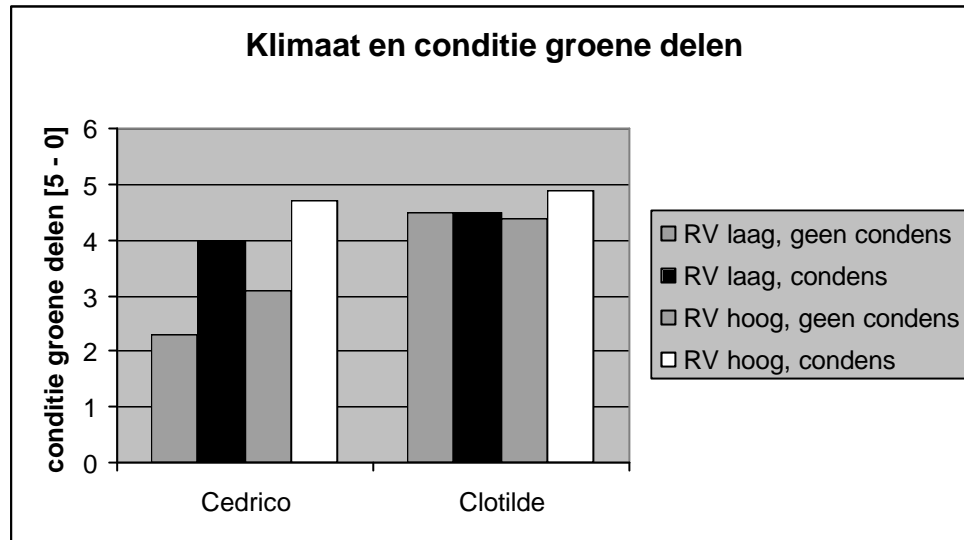
- Eén dag 22°C was niet van invloed op de kwaliteit, maar na 2 en 3 dagen 22°C waren de groene delen van minder goede kwaliteit. Het moment van de onderbreking was niet van belang.
- Bewaring gedurende even lange perioden bij 10 en 22°C (gemiddeld 16°C) bood geen nadelen t.o.v. continu bij 16°C bewaren.

3.3.3 *Condens*

Door trostomaten bloot te stellen aan klimaatwisselingen werden verschillende condensduren bereikt. In het ene experiment, zie Bijlage 4.2, werden trostomaten blootgesteld aan maximaal 18 – 24 uur condens, verdeeld over 6 perioden van 3 – 4 uur. In een ander experiment, zie Bijlage 4.3, werd meer dan 48 uur condens gegeven, verdeeld over 6 perioden van meer dan 8 uur. In dit laatste experiment verbleef een deel van de trostomaten bovendien constant bij een hoge RV (95%) gedurende 8 dagen. In alle gevallen werden de condensbehandelingen vergeleken met behandelingen zonder condens bij dezelfde temperaturen. Deze experimenten leverden de volgende resultaten op:

- Schimmel op de groene delen trad in geen van de gevallen op.
- Vruchtrot trad incidenteel op, maar de aantasting bleef acceptabel.
- Bij Cedrico was er een duidelijk positief effect van de combinatie van hoge RV en condens op de conditie van de groene delen (zie Figuur 3.2).

De groene delen van Clotilde waren minder gevoelig voor uitdroging. Maar omdat het hier gaat om slechts één herkomst per ras, mag hieruit niet de conclusie getrokken worden dat over het algemeen “Clotilde betere groene delen heeft dan Cedrico”.



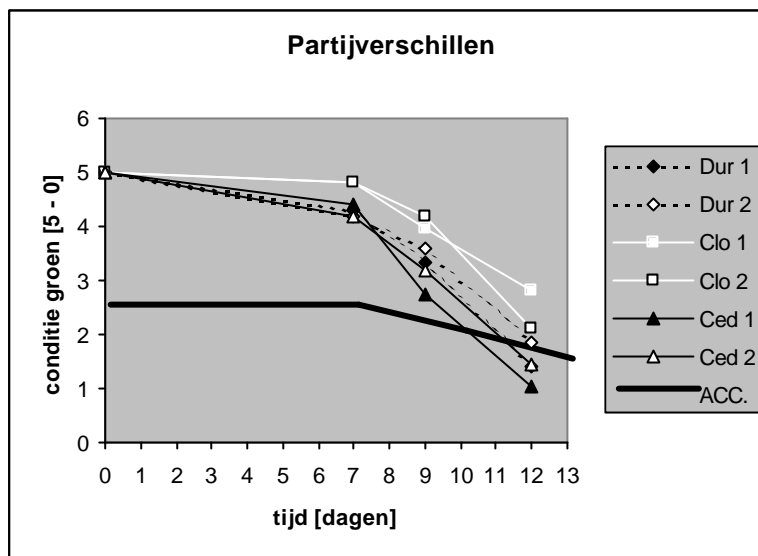
Figuur 3-2: De conditie van de groene delen na 8 dagen bewaring. De trostomaten werden gedurende 8 dagen bewaard bij 10°C, bij 80%RV (*RV laag*) of 95% (*RV hoog*). Binnen deze periode werden de trostomaten op 6 van de 8 dagen gedurende 8 uur bij 22°C geplaatst, bij 35% (*geen condens*) of 95% (*wel condens*). Bij verschillen groter dan 0.4 is er sprake van een significant verschil.

3.3.4 Spreiding tussen partijen

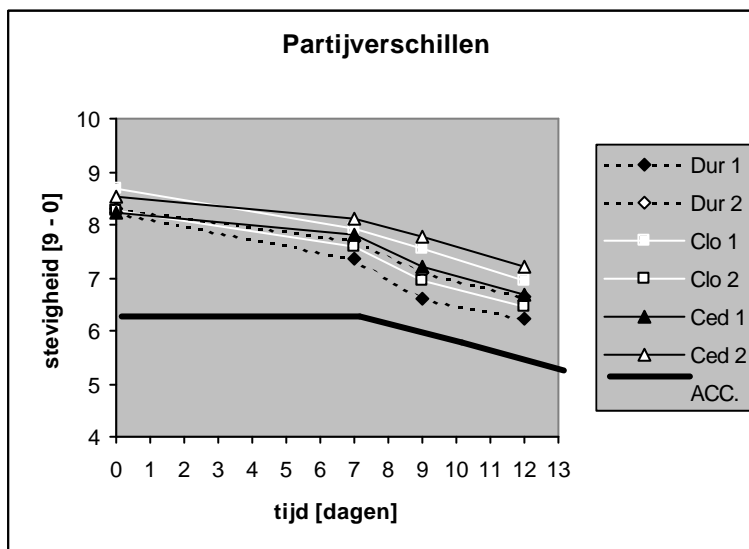
Om een indruk te krijgen over de mate van spreiding tussen partijen werden zes partijen trostomaten (de rassen Cedrico, Clotilde en Durinta, elk van twee telers afkomstig) blootgesteld aan een gesimuleerde keten van 7 dagen. Uitgangspunt was een ketenklimaat van 10°C/95%RV, maar deze keten werd twee keer gedurende een dag onderbroken door een verblijf bij 22°C/95%RV (de dagen 2 en 6). Na deze ketensimulatie lagen de trostomaten 5 dagen bij een uitstaklimaat (18°C/75%RV). Deze keten is qua lengte reëel, en het gekozen klimaat is zodanig dat rot en schimmelontwikkeling een kans krijgen (hoge RV, condens).

Geen van de partijen had moeite met doorkleuren. Hier en daar kwamen gescheurde vruchten voor, maar niet in opzienbarende aantallen. De mate van vruchtrot was ruimschoots aanvaardbaar. De conditie van de groene delen was de beperkende kwaliteitsfactor en dus bepalend voor de houdbaarheid.

Figuur 3.3 en Figuur 3.4 tonen de spreiding t.a.v. conditie van de groene delen en vruchtstevigheid. Uit Figuur 3.3 blijkt dat de partijen vrij grote verschillen in conditie van de groene delen kunnen vertonen. Beide partijen Clotilde hadden betere groene delen dan beide partijen Cedrico. De kwaliteit van de groene delen vertoonden de grootste spreiding pas in de uitstalfase. De spreiding tussen de partijen m.b.t. de vruchtstevigheid was wat kleiner. Geen van de partijen had onacceptabel zachte vruchten.



Figuur 3-3: De conditie van de groende delen van 6 partijen tomaten. Na 7 dagen begint de uitstalperiode. De zwarte lijn (ACC.) is de acceptatiegrens, welke verloopt tijdens de uitstalfase (zie Bijlage 3). Wanneer punten minimaal 0.4 uit elkaar liggen verschillen deze significant van elkaar.



Figuur 3-4: De vruchtstevigheid van 6 partijen tomaten. Na 7 dagen begint de uitstalperiode. De zwarte lijn (ACC.) is de acceptatiegrens, welke verloopt tijdens de uitstalfase (zie Bijlage 3). Wanneer punten minimaal 0.25 uit elkaar liggen verschillen deze significant van elkaar.

3.4 Conclusies

De conclusies die kunnen worden getrokken uit de hier beschreven experimenten zijn de volgende.

- Wanneer tomaten niet gevoelig zijn voor bederf en wanneer schimmel geen rol speelt is de conditie van de groene delen de beperkende kwaliteitsfactor en daarmee houdbaarheid bepalend. De ontwikkeling van kwaliteitsverliesmodellen moet zich derhalve in eerste instantie richten op de groene delen.
- In de binnen dit project uitgevoerde proevenreeks speelden vruchtrot en schimmelontwikkeling geen rol.
- De tomaten kleurden voldoende door.
- Vruchtval trad op bij het ras Cedrico, maar dit gebeurde over het algemeen pas wanneer de conditie van de groene delen onvoldoende was.
- Van het één dag ongekoeld laten (22°C) kon geen effect op de conditie van de groene delen aangetoond worden, twee dagen niet koelen leverde houdbaarheidsverlies op.
- Ondanks langdurige condens en een hoge RV trad nauwelijks bederf op en werd er geen schimmelontwikkeling waargenomen.
- Langdurige condens en hoge RV beschermen de groene delen tegen uitdroging.
- M.b.t. de conditie van de groene delen werden aanzienlijke verschillen tussen partijen tomaten aangetoond, m.b.t. de vruchtstevigheid was de spreiding wat minder groot.

4 Ijsbergsla

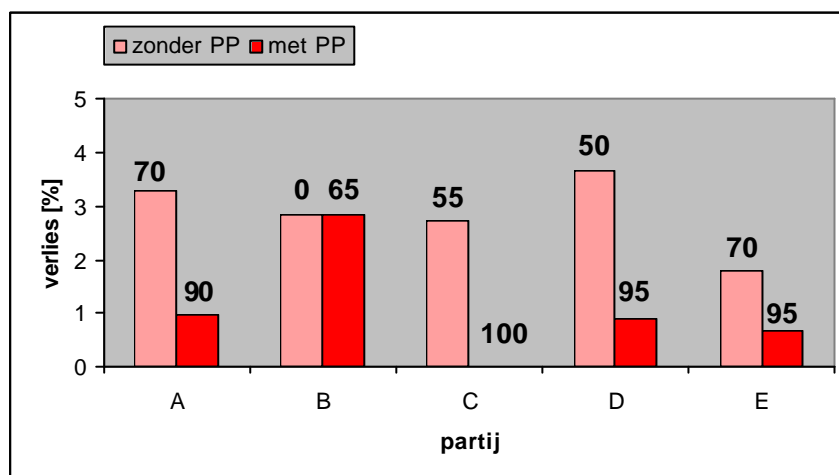
4.1 Inleiding

Ter complementering van eerder onderzoek zijn experimenten gericht op partijvariatie uitgevoerd.

4.2 Experiment

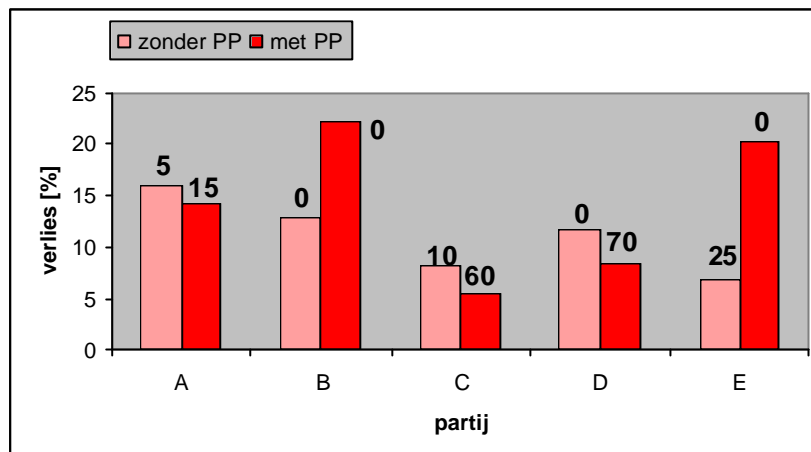
In dit experiment werd een indruk verkregen over de mate waarin partijverschillen kunnen optreden m.b.t. de kwaliteit tijdens en na een ketensimulatie.

Wel en niet in polypropyleen zakjes verpakte ijsbergsla van 5 telers werd blootgesteld aan een keten van 7 dagen. De temperatuur was 5°C, gedurende de 2^e en 5^e dag onderbroken door 24 uur 15°C. De RV was steeds 95%. Na de ketensimulatie werd het product bij 18°C/75%RV geplaatst (uitstalsimulatie). Figuur 4-1 en Figuur 4-2 geven een beeld van het “verlies”, dit is het verwijderde blad als gevolg van bederf en verwelking, uitgedrukt in % gewichtsverlies. Tevens is aangegeven het percentage kroppen zonder verlies. Aan het eind van de 7 dagen ketensimulatie werd er weinig verwelking of bederf waargenomen.



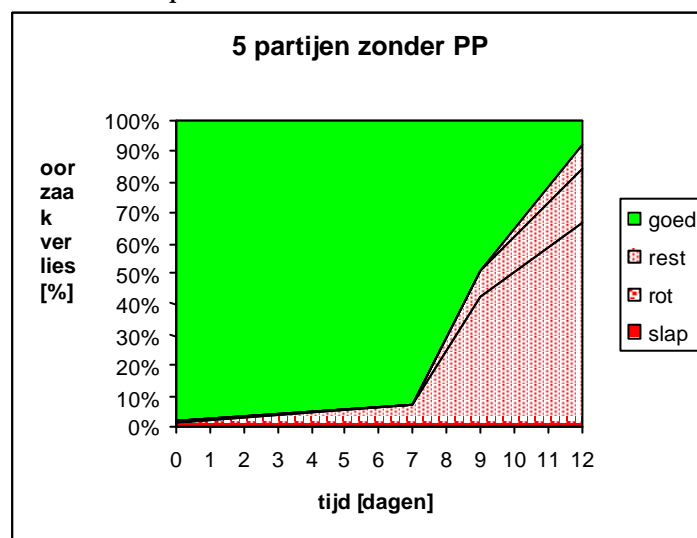
Figuur 4-1: Verwijderd blad (% gewichtsverlies) als gevolg van bederf en/of verwelking na 2 dagen uitstalleven. De cijfers boven de kolommen geven de percentage's kroppen zonder verlies weer.

Uit Figuur 4-1 blijkt dat na 2 dagen uitstalleven het percentage verlies onder de 4% bleef. Verpakken in polypropyleen gaf minder verlies en er was een aanzienlijk verschil tussen de partijen. Verlies bij de niet verpakte kroppen werd voornamelijk veroorzaakt door verwelking. Na 5 dagen uitstalleven is het beeld verschoven, zie Figuur 4-2. Bij enkele partijen bleek polypropyleen op de lange termijn meer verlies te veroorzaken. Langer bewaren bij een hoge temperatuur doet verlies door bederf snel toenemen, zowel bij verpakte – als niet verpakte kroppen. De ene partij blijkt gevoeliger voor bederf te zijn dan de andere.



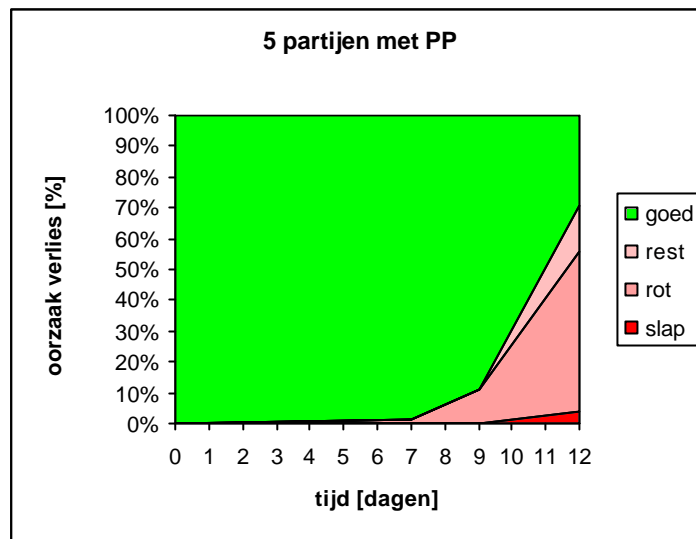
Figuur 4-2: Verwijderd blad (% gewichtsverlies) als gevolg van bederf en/of verwelking na 5 dagen uitstalleven. De cijfers boven de kolommen geven de percentages kappen zonder verlies weer.

Figuur 4-3 en Figuur 4-4 geven een beeld van de oorzaak van verlies in de loop van de tijd. Verpakken in polypropyleen leverde na 5 uitstaldagen meer verlies (in gewichtsprocenten) op, maar het aantal kappen zonder verlies was in polypropyleen groter. Duidelijk blijkt ook dat verliezen vooral optreden tijdens de uitstalperiode.



Figuur 4-3: Oorzaak van verlies van vijf partijen ijsbergsla, zonder verpakking. Na dag 7 werden de kappen bij 18°C/75%RV gelegd (uitstalklimaat).

De snijvlakverkleuring bleek na afloop van de gesimuleerde keten al bijna maximaal te zijn. Eén van de partijen had minder last van snijvlakverkleuring dan de rest.



Figuur 4-4: Oorzaak van verlies van vijf partijen ijsbergsla, verpakt in polypropyleen zakjes. Na dag 7 werden de kropen bij 18°C/75%RV gelegd (uitstalklimaat).

Nagegaan werd hoe ver ijsbergsla mag uitdrogen voordat zichtbare verwelking optreedt. Daartoe werden 5 partijen onverpakte kropen bewaard bij 5°C/75% V. Na 5 dagen werden de kropen gewogen en beoordeeld, Bijlage 5.2. Tabel 4-1 geeft een overzicht van de gewichtsverliezen, inclusief de spreiding (SD = standaarddeviatie) en het geringste en grootste gewichtsverlies per partij. Tevens staat het gewichtsverlies, inclusief verwijderd slap blad, het aantal verwijderde slappe bladeren en het aantal kropen dat ondanks enige indroging niet zichtbaar slap was vermeld.

Tabel 4-1: Gewichtverlies en zichtbare verwelking van niet verpakte ijsbergsla na 5 dagen bewaring bij 5°C en 75% RV.

partij	GV[%]	SD	laagst [%]	hoogst [%]	GVtotaal [%]	# slap	# krop goed
A	10.8	2.3	7.3	15.6	19.5	35	0
B	7.0	1.1	5.2	9.6	9.8	14	6
C	5.8	1.0	4.2	7.7	9.1	10	10
D	7.0	1.4	4.3	9.6	14.1	18	3
E	6.4	1.0	4.8	8.5	13.7	26	3

Legenda:
GV [%] = gemiddeld gewichtsverlies in % na 5 dagen bij 5°C/75%RV, zonder verwijderd verwelkt blad
SD = standaarddeviatie (+/-) van GV [%]
laagst [%] = geringste gewichtsverlies van 20 kropen
hoogst [%] = grootste gewichtsverlies van 20 kropen
GVtotaal [%] = gemiddeld gewichtsverlies in % na 5 dagen bij 5°C/75%RV, inclusief verwijderd verwelkt blad
#slap = totaal aantal verwijderde bladeren als gevolg van verwelking
krop goed = aantal kropen die er niet verwelkt uitzagen (max. 20)

Er blijken verschillen in uitdroging op te treden zowel binnen als tussen partijen. Soms was een krop met veel uitdroging nog niet zichtbaar verwelkt, en kropen met weinig uitdroging hadden soms enkele verwelkte bladeren.

Een relatie tussen het percentage uitdroging en de mate van verwelking werd niet gevonden. Vermoedelijk ligt de grens van zichtbare verwelking bij 4 – 5% gewichtsverlies.

4.3 Conclusies

Het experiment leidt tot de volgende conclusies.

- Partijen ijsbergsla kunnen verschillen in snelheid van uitdroging, gevoeligheid voor bederf en mate van verkleuring van het snijvlak.
- Verliezen treden met name op tijdens de uitstalperiode bij hoge temperatuur.
- Snijvlakverkleuring treedt reeds op voor de uitstalperiode.
- Verpakken in polypropyleen zakjes vermindert het verlies door verwelking.
- Bij bederfgevoelige partijen kunnen na langdurige uitstalling bij hogere temperatuur (18°C) kroppen in polypropyleen zakjes meer bederf vertonen dan niet verpakte kroppen, maar in deze fase zijn zowel verpakte als niet verpakte kroppen van onvoldoende kwaliteit.
- Bederf komt ook voor bij niet verpakte kroppen.

5 Andijvie

5.1 Inleiding

Door de onderzoeksbegeleidingscommissie werd gevraagd andijvie op beperkte schaal aandacht te geven. In dit hoofdstuk wordt het experiment uitgevoerd met andijvie besproken.

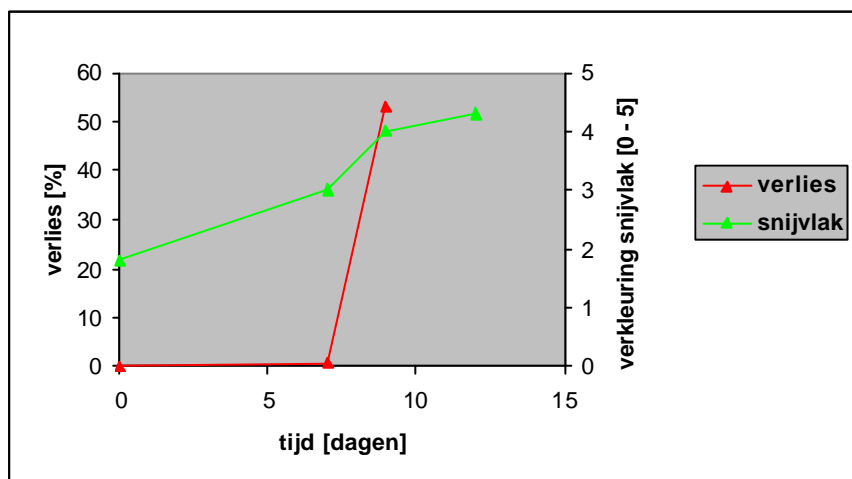
5.2 Experiment

Een partij andijvie werd blootgesteld aan een keten van 7 dagen. De temperatuur was 5°C, gedurende de 2^e en 5^e dag onderbroken door 24 uur 15°C. De RV was steeds 95%. Na de ketensimulatie werd het product bij 18°C/75%RV geplaatst (uitstalsimulatie).

De andijvie was verpakt in kratten, met het blad naar beneden en het snijvlak naar boven; de kratten waren zeer vochtig, de kropen stonden permanent in water.

De kropen werden beoordeeld op snijvlakverkleuring, de conditie van het blad (bederf, verwelking, vergeling) en inwendig bruin. Inwendig bruin werd niet waargenomen.

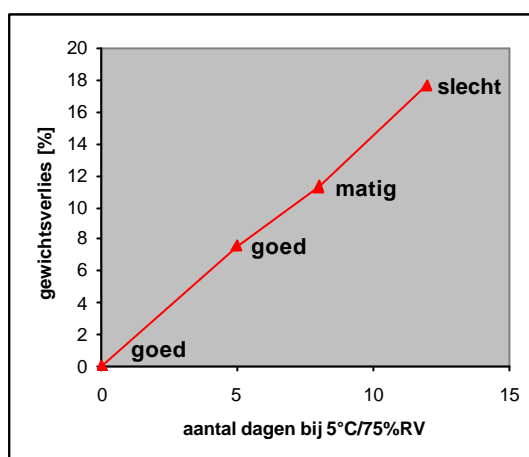
Figuur 5-1 geeft een beeld van het verlies als gevolg van het verwijderen van slecht blad door bederf, verdroging en vergeling en de snijvlakverkleuring. Het verlies is uitgedrukt in % gewichtsverlies.



Figuur 5-1: Verlies door verwijdering van rot en/of verdroogd en/of vergeeld blad (in % gewichtsverlies) en de mate van snijvlakverkleuring [0 – 5].

Uit Figuur 5-1 blijkt dat de snijvlakverkleuring toeneemt zowel tijdens de keten als tijdens de uitstalperiode; verlies door slecht blad trad zeer snel tijdens de uitstalperiode op.

Het gewichtsverlies als gevolg van uitdroging werd bepaald door andijvie te bewaren bij 5°C/75%RV. Figuur 5-2 geeft een beeld van het gewichtsverlies.



Figuur 5-2: Gewichtsverlies en kwaliteit van andijvie tijdens bewaring bij 5°C/75%RV. De punten zijn voorzien van kwalificaties tav de conditie van de andijviekroppen.

Uit Figuur 5-2 blijkt dat een gewichtsverlies van 7% nog geen effect had op de uiterlijke kwaliteit van deze partij andijvie. De kwaliteit was matig (zichtbare verwelking) bij ongeveer 11% gewichtsverlies. De kwaliteit was nog niet van dien aard dat er blad werd verwijderd. De grens van zichtbare kwaliteitsachteruitgang lag in dit experiment tussen 7 en 11% gewichtsverlies. Dit was andijvie met veel aanhangend water, hetgeen de bepaling van het gewichtsverlies bemoeilijkte.

5.3 Conclusies

Belangrijkste conclusie is dat kwaliteitsverlies door bederf explosief kan verlopen tijdens een uitstalperiode met een te hoge temperatuur (18°C).

6 Modellen

6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de modellen besproken die voor kwaliteitsaspecten van de verschillende producten ontwikkeld zijn.

Binnen HenK is het onderzoek gefocust op kwaliteitsaspecten die op basis van het uiterlijk van het product sensorisch vastgesteld kunnen worden. We zijn dus niet geïnteresseerd in de processen die achter de verschijnselen liggen, maar willen weten en beschrijven hoe deze verschijnselen beïnvloed worden door de omstandigheden in ketens. Het eerste deel van dit hoofdstuk beschrijft de ontwikkelde modellen.

Bij het opstellen van de modellen is gestreefd naar formuleringen die zo eenvoudig mogelijk zijn en, indien mogelijk, fysiologisch verklaarbaar.

De modellen houden niet expliciet rekening met effecten van verschillende teelt- en direct-na-oogst behandelingen die het product heeft ondergaan. In plaats daarvan kan de gebruiker hierin variëren door dit mee te nemen in zijn indruk van de initiële kwaliteit van het product en van de gevoeligheid van de partij in niet-optimale omstandigheden. Kennis hierover vernauwt de keuze in de parameterwaardes.

Het bovenstaande hangt ook samen met de biologische variatie. De parameters van het model zijn opgesteld uit de data voor verschillende experimenten over verschillende jaren, seizoenen en voor sommige producten, rassen. Door de informatie die een gebruiker van tevoren heeft over een partij (combinatie van ras, oogstmoment en herkomst) wordt de variatie verkleind zodat het toch mogelijk is om bijvoorbeeld verschillende ketens voor het betreffende product op prestatie te vergelijken voor een zekere partij. Zo kan men ook nagaan wat het effect is van het verkleinen van de variatie in de initiële kwaliteit op bijvoorbeeld de uitval in de keten.

De modellen kunnen op de volgende manieren ingezet worden:

- interpolatie naar omstandigheden buiten de experimentele omstandigheden
- toepassing in ketenvergelijkingen

Door A&F is een logistieke simulatietool ontwikkeld, Aladin (AgroLogistics Analysis and Design Instrument). Om inzicht te geven in de mogelijkheden van de modellen laten we in dit hoofdstuk een toepassing van Aladin voor de distributie van aardbei en paprika zien.

Naast de kwaliteitsverloopmodellen zijn er voor een aantal andere onderwerpen beschrijvingen gemaakt die in het tweede deel van dit hoofdstuk worden beschreven. Ten eerste de opwarming of afkoeling van een lading product. De experimenten zijn vaak zo opgezet dat het product snel de omgevingstemperatuur kan aannemen, in de praktijk is dat door verpakking en stapeling vaak niet het geval. Dit heeft invloed op de kwaliteit van het product en hiermee kan rekening worden gehouden in Aladin. Ten tweede is er een condensrisico beschrijving opgesteld. Deze bestaat uit 2 delen, ten eerste het al of niet optreden van condens op het product door temperatuursprongen

in een keten en ten tweede de intensiteit van de condens: de hoeveelheid en de condensduur. Hiermee kan het condensrisico in een keten bepaald worden.

6.2 Kwaliteitsverloopmodellen

Als illustratie van de toepassing van de modellen hebben we de distributie van aardbei en paprika in Aladin gesimuleerd. Het eerste deel van deze sectie beschrijft deze analyse. In het tweede deel komen de modelomschrijvingen van alle onderzochte producten aan bod. Per product worden de relevante kwaliteitsaspecten beschreven, evenals het geldigheidsgebied en de omgang met effecten van koelsnelheid, uitgesteld koelen, temperatuurwisselingen en optreden van condens. Ook wordt er stilgestaan bij de omgang met variatie.

6.2.1 Ketenanalyse met Aladin

In deze sectie beschrijven we in Aladin de distributie van aardbei en groene paprika. In Aladin kunnen (vraaggestuurde) distributieketens gesimuleerd worden. Tijdens de simulatie wordt ook de productkwaliteit gevolgd. Hiervoor zijn de binnen HenK ontwikkelde modellen in de Aladin omgeving geïmplementeerd. De resultaten van een simulatie kunnen weergegeven worden in bijvoorbeeld resterend schapleven, uitvalpercentage in de keten of het verloop van de verschillende kwaliteitsaspecten in de tijd.

De volgende ketens zijn bekeken:

- A. optimale koelketen
- B. standaard keten
- C. standaard keten met koeling bij de retailer
- D. standaard keten met koeling bij teler (aardbei) of standaard keten met koeling tijdens transport (paprika)

Tabel 6-1 en Tabel 6-12 geven de specifieke temperaturen en verblijftijden voor de ketens.

Tabel 6-1: Temperaturen en verblijftijden voor verschillende ketens voor aardbei.

Aardbei	Keten				
	A	B	C	D	Alle ketens
Schakel	Temperatuur [°C]	Temperatuur [°C]	Temperatuur [°C]	Temperatuur [°C]	Verblijftijd [uur]
Teler	4	12	12	4	12
Transport 1	4	6	6	6	4
Handel	4	10	10	10	24
Transport 2	4	6	6	6	4
Retailer	4	18	4	18	24

Tabel 6-2: Klimaat en verblijftijden voor verschillende ketens voor paprika.

Paprika	Keten				
	A	B	C	D	Alle ketens
Schakel	Klimaat	Klimaat	Klimaat	Klimaat	Verblijftijd [uur]
Teler	8°C, 75% RV	18°C, 75% RV	18°C, 75% RV	18°C, 75% RV	12
Transport 1	8°C, 75% RV	15°C, 80% RV	15°C, 80% RV	8°C, 75% RV	4
Handel	8°C, 75% RV	15°C, 80% RV	15°C, 80% RV	15°C, 80% RV	24
Transport 2	8°C, 75% RV	15°C, 80% RV	15°C, 80% RV	8°C, 75% RV	24
Retailer	8°C, 75% RV	18°C, 75% RV	8°C, 75% RV	18°C, 75% RV	72

Aardbei

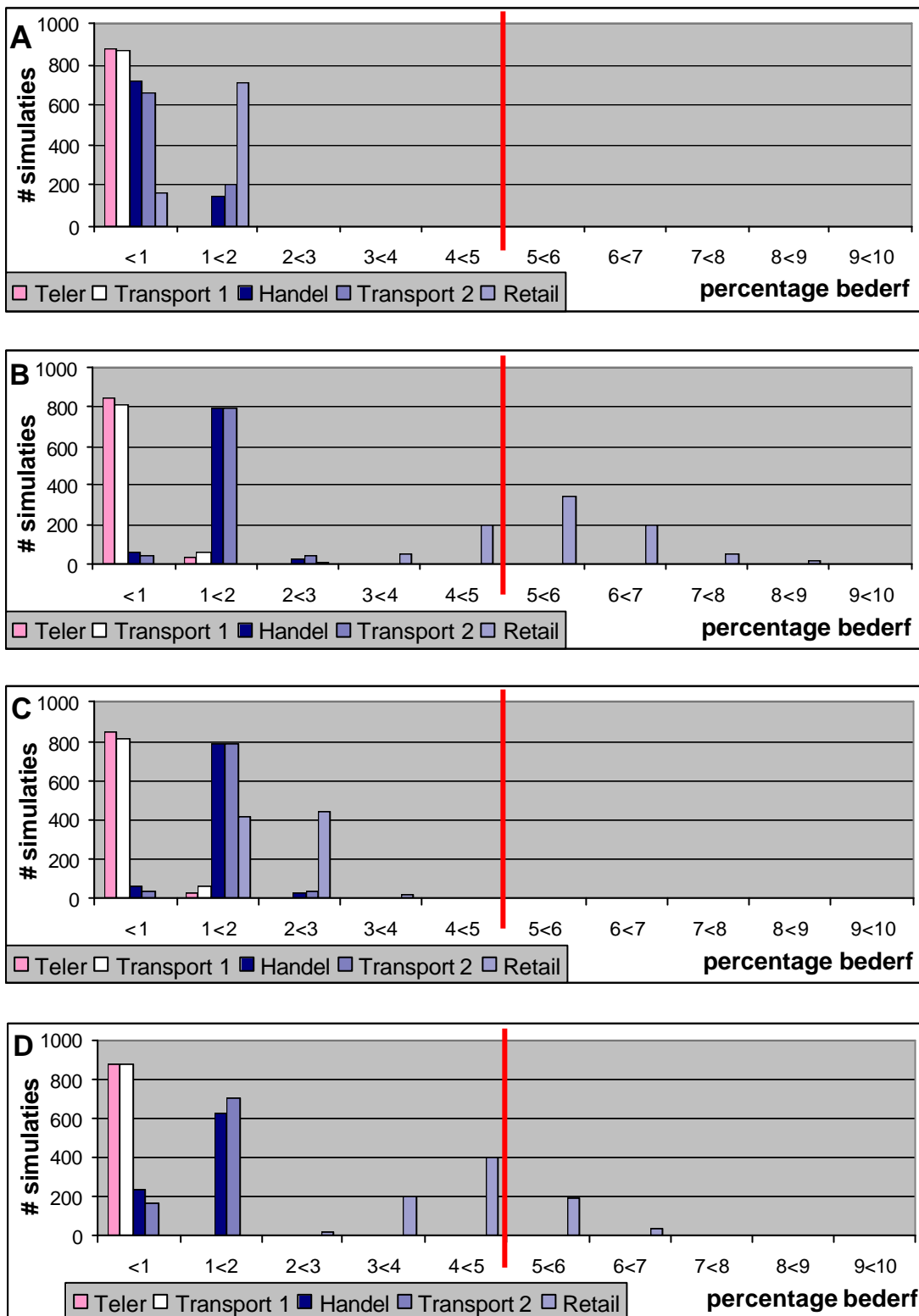
De kwaliteit van de aardbeien wordt gemeten in bederf. Figuur 6-1 geeft het percentage bederf in de verschillende schakels weer voor de verschillende ketens voor product met een initiële kwaliteit van 0.5% bederf met standaard deviatie van 0.1%. Er is 878 keer een partij door de keten gegaan. Het model biedt de mogelijkheid om naast de ketenomstandigheden ook partij kenmerken als initiële kwaliteit en variatie aan te passen.

De simulaties laten zien dat het meeste bederf optreedt bij de retailer. De acceptatiegrens ligt op 5% bederf. Gezien de bij de retailer heersende temperatuur en de korte keten heeft inspanning eerder in de keten om de temperatuur meer optimaal te houden niet veel invloed op de kwaliteit in het schap als er geen koeling bij de retailer wordt toegepast. Als er in de keten beter gekoeld wordt, heeft beter koelen bij de retailer (keten C) meer effect dan koelen bij de teler (keten D) ten opzichte van de standaardketen (keten B).

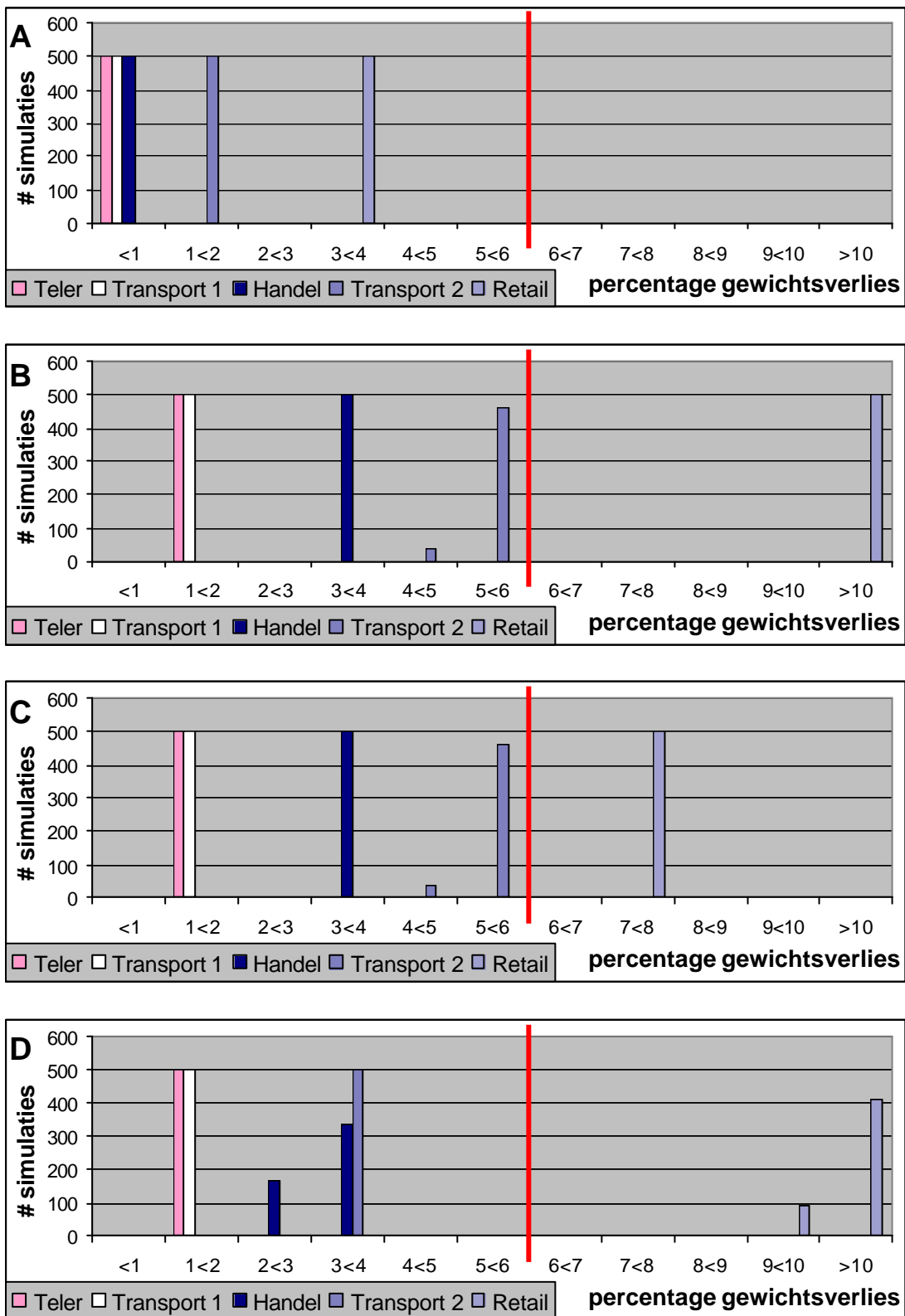
Paprika

De kwaliteit van groene paprika wordt gemeten in stevigheid, bontverkleuring en binnen- en steelrot. Voor paprika kunnen de verschillende aspecten samengevat in de shelf life bij de retailer. Hierbij is ervan uitgegaan dat alle aspecten even zwaar wegen. Aladin heeft de mogelijkheid om dit te variëren. Figuur 6.2 geeft het gewichtsverlies weer voor de verschillende ketens. Er is 500 keer een partij door de keten gegaan. Een partij heeft initieel geen gewichtsverlies, maar de gevoeligheid voorgewichtsverlies verschilt per partij tijdens de simulatie.

De simulaties laten zien dat temperatuurhandhaving belangrijk is in de paprika keten. Uit vergelijking van keten C en D is te zien dat koeling bij de retailer meer winst oplevert dan koeling tijdens transport indien de overige schakels hun huidige sub-optimale temperatuur aanhouden. Maar beide configuraties resulteren, gegeven de initiële kwaliteit van het product, nog niet tot een kwaliteit onder de acceptatiegrens van 6% gewichtsverlies.



Figuur 6-1: Percentages bederf in aardbei in de verschillende ketens weergegeven per ketenschakel.



Figuur 6-2: Gewichtsverlies paprika in de verschillende ketens weergegeven per ketenschakel.

6.2.2 Kwaliteitsverloopmodellen per product

Over het algemeen vertonen de partijen in de experimenten vaak een grote variatie in kwaliteit ondanks dat ze van hetzelfde ras zijn, van dezelfde teler, enz. Hierdoor is het vaak moeilijk om effecten van behandelingen als meerdere malen condens te beschrijven in een model. De modellen zijn dan ook niet bedoeld om absolute uitspraken te doen, maar wel geschikt voor ketenvergelijkend onderzoek.

Aardbei

Voor aardbeien wordt de houdbaarheid bepaald door het optreden van bederf. De ontwikkeling van bederf is afhankelijk van de temperatuur. Des te hoger de temperatuur, des te sneller de rotontwikkeling gaat. De acceptatiegrens ligt op 5% bederf.

Bederf ontstaat als het aardbeiwefsel hiervoor toegankelijk wordt. Dit wordt bepaald door de rijping van de aardbei. De snelheid van rijping hangt af van de temperatuur. Naast de snelheid van rijping is het initiële niveau van bederf van groot belang. De meeste partijvariatie kan verklaard worden uit verschillen in het initiële niveau van bederf. Gezien de exponentiele toename in bederf is de initiële kwaliteit van grote invloed op de houdbaarheid van een partij. Dit initiële niveau ligt vaak onder de 1% aangetaste aardbeien. Zulke lage waardes zijn moeilijk te meten en er is nog geen eenduidige relatie met partijspecifieke omstandigheden, zoals teeltseizoen e.d. bekend.

Ondanks uitgebreid experimenteel onderzoek is het niet geheel eenduidig of temperatuurwisselingen en condens aanleiding geven tot alleen een verhoging van de gemiddelde temperatuur of ook tot een extra effect. Wel is dit het geval bij koelketenonderbrekingen van 4°C naar 18°C. De data waarbij deze wisselingen werd uitgevoerd gaf geen mogelijkheid om dit op een eenduidige manier te beschrijven. In het algemeen zal in de praktijk deze hoge temperatuur niet voorkomen. Hiervoor is geen correctie ingebouwd.

Tabel 6-3 geeft een samenvatting van de belangrijkste eigenschappen van het model.

Tabel 6-3: Samenvatting aardbei bederfmodel.

Aspect	Afhankelijk van	Beschrijving	Geldigheid	Temperatuur-wisselingen	Condens
Bederf [%]	Temperatuur	S-curve	Elsanta 4-18°C	Geen extra effect bij gematigde temperatuur	Geen extra effect

Het model is gebaseerd op data verkregen uit metingen tussen 4 en 18°C voor het ras Elsanta. Voor andere temperaturen en rassen is het aan te raden eventuele conclusies met experimenten te verifiëren.

Paprika

Voor paprika wordt de kwaliteit bepaald door een combinatie van de aspecten stevigheid, bontverkleuring en binnen- en steelrot bij ketens waarbij de temperatuur niet onder de 8°C komt. Uit de experimenten is gebleken dat stevigheidsverlies en, bij groen product, bont altijd optreden. Rot treedt alleen op als het product hier ook gevoelig voor is. In het model moet de gebruiker hier een keuze voor maken.

In de simulaties zijn de acceptatiegrenzen als volgt gesteld: stevigheid: 3 (op een schaal van 5 – 0, als gevolg van gewichtsverlies van 6%); bont: 5% verkleuring per vrucht; steelrot: 1 (op een schaal van 0 – 3); binnenrot: 5% van het vruchtoppervlak.

Tabel 6-4 beschrijft de belangrijkste eigenschappen van het model.

Tabel 6-4: Samenvatting paprika model voor de aspecten: stevigheid, bontverkleuring en steel- en binnenrot.

Aspect	Afhankelijk van	Beschrijving	Geldigheid	Temperatuurwisselingen	Condens
Stevigheid [5 (hard) - 0 (zacht)]	Gewichtsverlies	Lineair	8-28°C	Geen extra effect	Geen extra effect
Gewichtsverlies [% initieel gewicht]	Dampdrukdeficietsom	Lineair		Geen extra effect	Geen extra effect
Bont [% verkleurde vrucht]	Tijd Temperatuur	Lineair Coëfficiënten exp. temp.afh.	8-18°C	Geen extra effect	Geen extra effect
Steelrot [0 (geen) – 2 (veel)]	Gevoeligheid product	Exponentieel		Geen extra effect *	Geen extra effect *
Binnenrot [tijdstip 5% zichtbaar besmet]***	Tijd Gevoeligheid product Temperatuur	Lineair		Geen extra effect	Geen extra effect **

* Er was wel effect in de experimenten, maar dit was niet eenduidig en is niet opgenomen in het model.

** Experimenteel was er sprake van een positief effect bij meer condens. Dit komt door het positieve effect van het verlagen van de gemiddelde temperatuur.

*** Er is te weinig data om ook een goede omschrijving van de ontwikkeling in de tijd op te stellen.

Trostomaat

Uit de experimenten die voor dit project uitgevoerd zijn, bleek dat de kwaliteit van de groene delen het belangrijkste kwaliteitsaspect is. Vruchtval bleek pas een issue te worden nadat de groene delen door de acceptatiegrens waren gegaan. De experimenten van afgelopen jaar lieten geen verandering in stevigheid zien, maar vanwege het belang van dit aspect voor de consument is op basis van oudere data een formulering voor de stevigheid toegevoegd.

In de modellen kan expliciet rekening gehouden worden met het seizoen en het ras. Zoals in de experimentele data te zien is, is de winst die hiermee behaald wordt niet altijd groot. In de appendix wordt daarom ook een formulering gegeven waarbij geen rekening met het seizoen wordt gehouden.

Opvallend is dat in de experimenten de afhankelijkheid van de kwaliteit van de groene delen beter beschreven wordt als afhankelijk van de temperatuursom dan van de dampdrukdeficietsom. Voor vruchtval dragen temperatuur- en dampdrukdeficietsom evenveel bij aan de beschrijving van het aspect.

In de modellering is m.b.t. de invloed van de luchtvochtigheid alleen het effect op de conditie van de groene delen meegenomen. Er was wel invloed op andere aspecten zichtbaar in de experimenten, maar deze was niet eenduidig.

Tabel 6-5 beschrijft de belangrijkste eigenschappen van het model.

Tabel 6-5: Samenvatting model trostomaat voor de aspecten: groene delen, vruchtval en stevigheid.

Aspect	Afhankelijk van	Beschrijving	Geldigheid	Temperatuurwisselingen	Condens
Groene delen [5 (goed) - 0 (verdroogd)]	Temperatuursom Dampdrukdeficietsom Eventueel: Oogstmoment, Ras	S-curve in temperatuursom Lineair in dampdrukdeficietsom	0-20°C DDD:0-600 Pa	Geen extra effect	Geen extra effect
Vruchtval [% loskomende vruchten per tros]	Eventueel: Oogstmoment Ras	S-curve in temperatuur- en dampdrukdeficietsom	0-20°C	Wel effect, meer wisselingen geeft minder vruchtval	Geen extra effect
Stevigheid [9 (zeer stevig) – 0 (zeer slap)]	Temperatuursom	Lineair	0-20°C	Geen extra effect	Geen extra effect

Ijsbergsla

Uit de experimenten bleek dat verlies door slap + rot het belangrijkste kwaliteitsaspect was. Er is geen onderscheid gemaakt tussen slap en rot. Wel bleek dat van het totale verlies bij niet verpakte sla het aandeel slap groter is dan bij verpakte sla.

De ontwikkeling van slap + rot bleek niet significant verschillend voor verpakt of onverpakt product. Ook waren de seizoensverschillen niet significant. Daarom kan er met een beschrijving volstaan worden waarvan de coëfficiënten alleen van de temperatuur afhankelijk zijn en niet van type verpakking of oogstmoment.

Er is geen extra effect van temperatuurwisselingen. Ook condens op de buitenkant van de krop blijkt geen zichtbare invloed te hebben op de kwaliteit.

De modelparameters laten, ten gevolge van de spreiding in de waarnemingen, een grote variatie zien. Dit hoge percentage kan worden verklaard door het feit dat rot een proces is dat door besmetting wordt geïnitieerd. De compactheid van het product en het feit dat een groot deel van de kroppen verpakt is, maakt dat het kan voorkomen dat een deel van de kroppen wel besmet en een ander deel niet besmet is, waardoor zeer grote variaties in rot ontstaan.

Tabel 6-6 beschrijft de belangrijkste eigenschappen van het model.

Tabel 6-6: Samenvatting model ijsbergsla voor het aspect: slap + rot.

Aspect	Afhankelijk van	Beschrijving	Geldigheid	Temperatuurwisselingen	Condens
Slap + rot	Temperatuursom	S-curve	5 – 20°C 60 – 90% RV	Geen extra effect	Geen extra effect

Witlof

Voor witlof zijn meerdere kwaliteitsaspecten van belang. De gemodelleerde aspecten zijn: bruinrand, rot, pitgroei en roodverkleuring.

Opvallend in het model is de koppeling tussen pitgroei en roodverkleuring voor product wat gevoelig is voor roodverkleuring. Rot volgt dezelfde ontwikkeling als bruinrand en deze aspecten gaan meestal hand in hand. Daarom is rot afhankelijk van bruinrand gemodelleerd. De modellen zijn opgesteld gebaseerd op data van 1 tot 20°C. Witlof kan onder de 4°C last krijgen van lage temperatuur bederf. Dit is tijdens de experimenten niet naar voren gekomen en wordt niet gemodelleerd.

Opvallend was de grote spreiding tussen partijen. Niet alleen tussen rassen, of verschillende herkomsten, maar ook in partijen van hetzelfde ras en herkomst die een paar weken na elkaar geoogst waren. Daarom kan de gebruiker ook bij dit product zelf aangeven of er sprake is een gevoelige of minder gevoelige partij en informatie over de initiële kwaliteit meegeven.

Vanwege de manier van verpakken is in de experimenten niet expliciet gekeken naar de effecten van condens.

De spreiding in een partij en tussen partijen maakt het lastig om duidelijkheid te scheppen over de effecten van temperatuurwisselingen. In een deel van de experimenten werden de effecten hiervan pas na het verstrijken van de normale distributieduur zichtbaar. De eenvoudigste manier om dit in het model te ondervangen is door de gevoeligheid van een partij voor een bepaald aspect mee te geven en zo de parameterkeuze te bepalen.

Tabel 6-7 geeft een samenvatting van de belangrijkste eigenschappen van het model.

Tabel 6-7: Samenvatting model witlof voor de aspecten: bruinrand, rot, pitgroei en roodverkleuring.

Aspect	Afhankelijk van	Beschrijving
Bruinrand [0 (geen) – 5 (veel)]	Temperatuur	S-curve in tijd
Rot [0 (geen) – 5 (veel)]	Bruinrand	S-curve in tijd
Pitlengte [% initiële kroplengte]	Temperatuur	Lineair in tijd Temperatuurafhankelijke coëfficiënten volgens Arrhenius
Roodverkleuring [0 (geen) – 5 (veel)]	Indien gevoelig voor rood: pitlengte en temperatuur	Lineair in tijd Temperatuur en pitgroei afhankelijke coëfficiënten

6.2.3 Houdbaarheid bij bepaalde temperatuur

Mbv de modellen kan bepaald worden welke opslagtemperatuur gebruikt moet worden om een bepaalde houdbaarheid te halen. Het is van belang te realiseren dat hiervoor keuzes voor initiële kwaliteit en gevoeligheid voor sub-optimale omstandigheden gemaakt zijn. Dit resulteert in bepaalde parameterwaardes die niet geldig zijn voor alle partijen.

Voor de in dit project onderzochte producten worden hiervan voorbeelden gegeven tijdens de OBC van 4 maart 2004.

6.3 Overige modellen

6.3.1 Afkoeling en opwarming

Opschaling

De compactheid van een stapeling product heeft invloed op de opwarming of afkoeling van het product op verschillende posities in de stapeling. Iedere product – verpakking – koelsysteem configuratie heeft zijn eigen karakteristieke gedrag. Dit leidt tot inhomogeniteit in de temperatuur, en daardoor mogelijk in de kwaliteit, in een stapeling. Met de configuratie specifieke kenmerken kan dit beschreven worden. Van een configuratie kan bijvoorbeeld experimenteel bepaald worden wat de halfwaardetijden zijn voor de buitenste laag en het binnenste deel van een

stapel product op een pallet. Dit kan gebruikt worden in de simulaties als de configuratie daartoe aanleiding geeft. Aladin heeft de mogelijkheid om effecten van inhomogeniteit te simuleren.

Afkoelsnelheid en uitgesteld koelen

Om te illustreren wat de invloed is van snel en/of direct koelen aan het begin van de keten op de gemiddelde temperatuur in de keten is voor de ketens zoals beschreven in Sectie 6.2.1 uitgerekend wat de gemiddelde producttemperatuur over de hele keten is als er bij de telers snel of langzaam en/of uitgesteld gekoeld wordt, zie Tabel 6-8. De verblijftijd bij de telers wordt met de uitstelperiode of de verlenging ten gevolge van langzaam koelen verlengd.

Tabel 6-8 Gemiddelde producttemperatuur voor aardbei en paprika bij direct of uitgesteld koelen en snel of langzaam koelen (aardbei: snel koelen: 3 uur, langzaam koelen: 6 uur, uitstel: 6 uur; paprika: snel koelen: 12 uur, langzaam koelen: 24 uur, uitstel: 12 uur).

Product	Initiële temp. [°C]	Koeling	Koelpe-riode [uur]	Uitstel-Periode [uur]	Gemiddelde temperatuur in keten [°C]			
					A	B	C	D
Aardbei	20	Direct, snel	3		4,0	12,7	7,8	11,3
	20	Uitstel, snel	3	6	5,4	13,4	8,5	12,7
	20	Direct, langzaam	6		4,0	12,7	7,8	11,3
	20	Uitstel, langzaam	6	6	5,4	13,4	8,5	12,7
Paprika	24	Direct, snel	12		8,0	17,0	12,1	15,6
	24	Uitstel, snel	12	12	9,3	17,4	12,6	16,1
	24	Direct, langzaam	24		8,7	18,4	13,6	17,1
	24	Uitstel, langzaam	24	12	10,0	18,9	14,1	17,6

Bij de berekeningen is geen rekening gehouden met het eventueel geleidelijk opwarmen of afkoelen tussen de schakels. Bij het vergelijken van de effecten van de vier genoemde configuraties van afkoelsnelheid en uitstelperiode heeft dit in dezelfde geen invloed per keten op de conclusies over de invloed van het initiële traject bij de teler.

Zoals te zien is, zijn de verschillen in de gemiddelde temperatuur tussen de ketens ten gevolge van de configuratie van de koeling bij de telers klein.

6.3.2 Condensrisico

Een keten bevat vaak temperatuursprongen. Afhankelijk van de grootte van de temperatuursprong en de relatieve vochtigheid (RV) in de nieuwe omgeving kan er condens op het product ontstaan. Het optreden van condens tijdens een keten van bederfelijke producten kan leiden tot een verhoging van de kwaliteitsproblemen. Een omgeving met een hoge vochtigheid en de aanwezigheid van vrij water zijn ideale omstandigheden voor de groei van bacteriën en schimmels.

Het ontstaan en verdwijnen van condens is een proces wat door veel factoren beïnvloed wordt. Naast de omgevingsfactoren als temperatuur en luchtvochtigheid spelen ook

producteigenschappen als dichtheid, vorm en ademhaling mee. Binnen A&F is een model ontwikkeld wat al deze eigenschappen meeneemt (MAP model). Dit model vereist kennis over veel producteigenschappen. Tot nu toe zijn die nog niet allemaal bekend. Daarom is een eenvoudiger beschrijving van het condensrisico gemaakt om snel aan te kunnen geven of in een keten condens optreedt en om een inschatting te geven van de hoeveelheid condens en van de duur van de condensperiode.

Gebaseerd op experimenten van verscheidene producten (asperge, paprika, appel, gerbera en roos) is een omschrijving gemaakt van het risico van condens. De omschrijving bevat 2 delen. Ten eerste het al of niet optreden van condens, wat bepaald wordt door de combinatie van temperatuur en RV. En ten tweede de intensiteit, bestaande uit de hoeveelheid en de tijdsduur van de condens.

Een belangrijke aanname bij deze omschrijving is dat de omgeving in staat moet zijn om alle condens weer op te nemen. De omschrijving is hierdoor minder geschikt voor ketens waarbij sprake is >90% RV. Hiervoor kan wel het MAP model ingezet worden.

Toepassing

Tabel 6-9 geeft voor verschillende producttypen de dauwpuntstemperatuur en de condensduur in minuten en uren. De begintemperatuur van het product is 4°C en het product ondergaat een temperatuursprong naar resp. 10, 15 of 20°C bij een relatieve luchtvochtigheid van 75%. De halfwaardetijd is de tijd die het kost totdat het product opgewarmd is tot de temperatuur halverwege de temperatuursprong.

Tabel 6-9: Dauwpuntstemperatuur (Td) en condensduur voor verschillende typen product, met een begintemperatuur van 4°C, bij een temperatuursprong naar een andere temperatuur bij 75% RV.

Producttype	Temperatuur	Td °C	tijd tot Td minuut	Halfwaardetijd Minuut	condensduur	
	Sprong van 4°C naar:				minuut	uur
Rond, massief	10	5.8	19.7	39	100.8	1.7
	15	10.6	51.6	39	112.1	1.9
	20	15.4	70.5	39	117.0	2.0
Rond, hol	10	5.8	14.2	28	72.4	1.2
	15	10.6	37.0	28	80.5	1.3
	20	15.4	50.6	28	84.0	1.4
Cilinder, massief	10	5.8	5.3	10.4	26.9	0.4
	15	10.6	13.8	10.4	29.9	0.5
	20	15.4	18.8	10.4	31.2	0.5
Bloem	10	5.8	2.4	4.7	12.1	0.2
	15	10.6	6.2	4.7	13.5	0.2
	20	15.4	8.5	4.7	14.1	0.2

6.4 Conclusies

De volgende conclusies kunnen worden getrokken.

- De verschillende processen die kwaliteitverlies tot gevolg hebben bij de onderzochte producten kunnen goed worden omschreven met een rekenmethode. Uitgangspunten voor het inschatten van de kwaliteit zijn de temperatuur, relatieve luchtvochtigheid en verblijftijd bij die condities.
- Uit de gevonden partijverschillen wordt het duidelijk dat er geen absolute uitspraken gedaan kunnen worden over de te verwachten kwaliteit van een product aan het einde van een afzetketen.
- Door gebruik te maken van de spreiding in productkwaliteit kan een inschatting worden gemaakt van het risico op schade en/ of verlies tijdens de afzet.
- Het is mogelijk om de effecten op de kwaliteit van het product van verschillende afzetketens in te schatten.

Bijlagen

Bijlage 1 Experiment kruisbesmetting Fusarium bij paprika (bij Hoofdstuk 2)

Start: 19 november 2003

Opzet

Binnenrot wordt veroorzaakt door een nog onbekende Fusarium species. In dit experiment wordt nagegaan in hoeverre met binnenrot geïnfecteerde paprika's niet geïnfecteerde paprika's besmetten. Er wordt uitgegaan van een reïncultuur van Fusarium, verwant aan Fusarium lactis. Met deze reïncultuur ($5 \cdot 10^5$ sporen per ml) werd een deel van de paprika's geïnjecteerd (0.5 ml per vrucht). Een deel van de paprika's werd met een steriele injectienaald aangeprikt, als controlebehandeling voor het injecteren. De reïncultuur werd betrokken van de NAK Tuinbouw. De (rode) paprika's kwamen uit Spanje en waren bij de start van het experiment enkele dagen oud. De volgende behandelingen werden samengesteld (per behandeling 6 niet eerder gebruikte dozen, per doos totaal 20 paprika's):

1. Niet geïnfecteerde paprika's, gaaf
2. Niet geïnfecteerde paprika's, aangeprikt
3. 50% geïnfecteerde – en 50% niet geïnfecteerde gave paprika's, mix samengesteld aan het begin van de proef
4. 50% geïnfecteerde – en 50% niet geïnfecteerde aangeprikte paprika's, mix samengesteld aan het begin van de proef
5. 50% geïnfecteerde – en 50% niet geïnfecteerde gave paprika's, mix samengesteld wanneer de geïnfecteerde paprika's uit de voorraad bederf aan de buitenkant laten zien
6. 50% geïnfecteerde – en 50% niet geïnfecteerde aangeprikte paprika's, mix samengesteld wanneer de geïnfecteerde paprika's uit de voorraad bederf aan de buitenkant laten zien

De behandelingen 5 en 6 werden op 28 november samengesteld, dus 9 dagen na het begin van het experiment.

Resultaten

De niet besmette paprika's van behandelingen 5 en 6 vertoonden nauwelijks rotverschijnselen, hiervan worden geen resultaten vermeld. Onderstaande tabel toont de rotaantasting in % van het vruchtoppervlak. Het experiment werd "verontreinigd" door een rotaantasting (een zich zeer snel ontwikkelende vorm van natrot) die niet toegeschreven wordt aan de geïnfecteerde Fusarium. De tabel toont zowel het percentage aantasting voor alle vormen van rot als het percentage rot exclusief natrot.

Bijlage 2 Referenties inventarisatie tomaat (bij Sectie 3.2)

Er is t.b.v. dit project tevens kennis vergaard uit 9 vertrouwelijke rapporten. Deze notities zijn niet in de referentielijst opgenomen. De vrij te raadplegen referenties zijn:

1. Agar, I.T., K. Abak and G. Yarsi. Effect of different maturity stages on the keeping quality of NOR (Non-Ripening), RIN (Ripening-inhibitor) and normal type tomatoes, *Acta Horticulturae* **368** 742-753, 1994.
2. Artés, F and A.J. Escriche. Intermittent warming reduces chilling injury and decay of tomato fruit, *Journal of Food Science* **59**(5): 1053-1056, 1994.
3. Artés, F., E. Sánchez and L.M.M. Tijskens. Quality and shelf life of tomatoes improved by intermittent warming, *Lebensm.-Wiss. U.-Technol.* **31**: 427-431, 1998.
4. Beek, G. van, L.M.M. Tijskens and H.W. Stork. De kwaliteit van tomaten na een korte gekoelde bewaring, *Rapport 1935 Sprenger Instituut*, 1976.
5. Damen, P.M.M. en J.J. Polderdijk. Kwaliteitskenmerken en houdbaarheid van tomaat, *Rapport 2332 Sprenger Instituut*, 1987.
6. Damen, P.M.M. en O.P. de Punder. CO₂-bewaring van tomaten, *Rapport 2080 Sprenger Instituut*, 1979.
7. Damen, P.M.M., R. Bons en H. Götte. Doorkleuring en houdbaarheid van al dan niet gekleurde tomaten, *Rapport Sprenger Instituut 1998*, 1977.
8. Efiuwwevwere, B.J.O. and S.N. Thorne. Development of chilling injury symptoms in stored tomato fruit (*Lycopersicon esculentum* Mill), *J. Sci.Food Agric* **002-5142/88**: 215 – 226, 1988.
9. Frenkel, C and J.J. Jen. "Tomatoes", uit "*Quality and Preservation of Vegetables*", N.A. Michael Eskin, 54-73, 1989.
10. Grierson, W. and W.F. Wardowski. Relative humidity effects on the postharvest life of fruits and vegetables, *HortScience* **13**(5): 570-574, 1978.
11. Herregods, M. Kwaliteits- en houdbaarheidstesten op tomaten. *Notitie*, 1989.
12. Hilhorst, R.A. Signaalkenmerken houdbaarheid tomaten, *Rapport 2024 Sprenger instituut* , 1978.
13. Islam, M.S., T. Matsui and Y. Yoshida. Physical, chemical and physiological changes in storage tomatoes under various temperature, *Tech. Bull. Fact. Agr. Kagawa Univ.* **48** (1): 7-16, 1996.
14. Kapitsimadi, C.M. Effect of storage temperature of the post-harvest behavior of four tomato cultivars, *Gartenbauwissenschaft*, **54**(2): 66-70, 1989.
15. Koning, E.J.M. de. De kleuring van de tomatenvrucht, *scriptie Vakgroep Tuinbouwplantenteelt*, 1989.
16. Lin, W.C. and G.S. Block. The effects of culture practice and storage temperature on quality and flavor volatiles of greenhouse tomatoes, *Acta Horticulturae* **464**: 213-218, 1998.
17. Meir, S., L. Rubin, G. Zauberman and Y. Fuchs. Changes in fluorescent lipid peroxidation products of room-ripened and vine-ripened tomato fruits in relation to other ripening parameters, *Postharvest Biology and Technology* **2**: 125-135, 1995.

- 18.Polderdijk, J.J. en P.M.M. Damen. Kwaliteitskenmerken en houdbaarheid van tomaat 1987, *Rapport 2348 Sprenger Instituut*, 1988.
- 19.Polderdijk, J.J., H.Sonneveld en P.M.M. Damen. De invloed van variabele temperaturen en condensatie op de houdbaarheid van champignons, witlof, vleestomaten, paprika's, komkommers en aubergines, *Rapport 2329 Sprenger Instituut*, 1986.
- 20.Schouten, S.P. en H.W. Stork. Houdbaarheidsonderzoek tomaat 1977, *Rapport 2010 Sprenger Instituut*, 1977.
- 21.Schouten, S.P. en H.W. Stork. Houdbaarheidsonderzoek tomaat 1978, *Rapport 2061 Sprenger Instituut*, 1979.
- 22.Schouten,S.P., H.W. Stork en R.A. Hilhorst. Houdbaarheidsonderzoek met tomaten van het ras Sonato in 1976, *Rapport 1982 Sprenger Instituut*, 1977.
- 23.Segall, R.H. Bacterial soft rot, bacterial necrosis, and alternaria rot of tomatoes as influenced by field washing and postharvest chilling, *Plant Disease Reporter*, Vol **51** (2): 151-152, 1967.
- 24.Stenvers, N., S.P.Schouten and H.W.Stork. Evaluation of the appearance of the tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.) in relation to quality, *Gartenbauwissenschaft*, **43**(1): 11-14, 1978.
- 25.Suslow, T.V. and M. Cantwell. Tomato. Recommendations for maintaining Postharvest Quality, <http://rics.ucdavis.edu/postharvest2/Produce/ProduceFacts/Veg/tomato.shtml>, recent.
- 26.Thorne, S. and J.S. Segurajauregui Alvarez. The effect of irregular storage temperatures on firmness and surface color in tomatoes, *J.Sci. Food Agric* **33**: 671-676, 1982.
- 27.Website <http://www.worldwidefresh.com/>, recent.

Bijlage 3 Beoordelingsprotocol trostomaten, acceptatiegrenzen (bij Hoofdstuk 3)

In het overgrote deel van de experimenten is de kwaliteit van de trostomaten op een aantal momenten vastgelegd door te beoordelen op de kwaliteitskenmerken kleur, stevigheid van de vrucht, gescheurde vruchten, aantasting van de vruchten door rot, vruchtval, conditie van steel + kronen en aantasting van steel + kronen door schimmel. Tevens werden afwijkingen (o.a. niet egaal kleuren van de vrucht, gele kronen) genoteerd. Indien mogelijk en/of wenselijk werden de resultaten statistisch getoetst (variantie-analyse) m.b.v. GENSTAT. In experimenten waarin een gesimuleerde keten gevolgd werd door een simulatie van het uitstalleven werden de trostomaten beoordeeld aan het eind van de keten (uitstaldag 0), na 2 of 3 dagen (als simulatie van het eind van het verblijf in de supermarkt,) en na nog eens 3 dagen (als simulatie van het uiterste consumptiemoment). De acceptatiegrenzen verschuiven met de uitstaltijd.

Aantasting door rot

De mate van aantasting door rot (vaak veroorzaakt door schimmels) wordt beschouwd als belangrijkste kwaliteitskenmerk. De mate van aantasting wordt aangegeven door de vruchten in te delen in 6 groepen met de codes 0 – 5:

- 0: geen zichtbare of voelbare aantasting
- 1: iets rot (meestal bij de kroon), of kleine vlekken op de vrucht
- 2: duidelijke rotte plek of grote vlekken (> 0.5 cm doorsnee)
- 3: grote rotte plek (tot ongeveer 25% van de vrucht)
- 4: vrucht voor ongeveer 25 – 50 % rot
- 5: vrucht voor minimaal de helft rot

Vruchten in rotstadium 4 of 5 werden uit de proef verwijderd en niet meer beoordeeld op de andere kenmerken. Wanneer meer dan 40% van het aantal vruchten in een proefeenheid (tros of aantal trossen of doos) in de rotstadia 4 of 5 waren werd de gehele proefeenheid niet meer beoordeeld op andere kwaliteitskenmerken.

Als maat voor rot wordt de rotindex berekend. Wanneer alle vruchten van een experimentele eenheid in rot stadium 5 zijn krijgt deze experimentele eenheid de rotindex 100.

Voorbeeld: van de 22 vruchten zijn er 3 in stadium 1, 1 in stadium 2, 2 in stadium 3 en 1 in stadium 5. De rotindex is: $((3 \times 1) + (1 \times 2) + (2 \times 3) + (0 \times 4) + (1 \times 5)) / (22 \times 5) \times 100$, uitkomst: 14.5.

Indien wenselijk wordt variantie-analyse uitgevoerd op de rotindex.

De aantasting door rot wordt als onacceptabel beschouwd in de volgende gevallen:

- Uitstaldag 0: rotindex > 3
- Uitstaldag 3: rotindex > 4.5
- Uitstaldag 6: rotindex > 5

Gescheurde vruchten

Het scheuren van de vruchten gaat soms vooraf aan het optreden van schimmel en rot. Scheuren is niet altijd duidelijk te onderscheiden van rot. In sommige gevallen is de aantasting door rot al zover gevorderd dat scheuren als oorzaak niet meer vast te stellen is. Dit kan met name voorkomen bij een hoge relatieve luchtvochtigheid.

Kleur van de vruchten

De vruchten worden vergeleken met een kleurenkaart van The Greenery. De kleur loopt van 0 (hard groen) tot 11 (meest gekleurd, rood). Variantie-analyse werd uitgevoerd op het gemiddelde kleurstadium. Uitgangspunt is dat de vruchten aan het eind van het transport doorgekleurd moeten zijn. Een enkele niet doorgekleurde vrucht is nog wel acceptabel in de handelsfase, maar in de consumentenfase moeten alle vruchten doorgekleurd zijn. Niet in alle experimenten werd de kleur bepaald.

De mate van doorkleuring wordt onacceptabel geacht in de volgende gevallen:

Uitstaldag 0: meer dan 10% van de vruchten groener dan stadium 5

Uitstaldag 3: meer dan 5% van de vruchten groener dan stadium 5

Uitstaldag 6: één of meer vruchten groener dan stadium 8

Stevigheid van de vruchten

Van de vruchten wordt handmatig de stevigheid bepaald. De vruchten worden ingedeeld in de stevigheidsklassen 9 tot en met 0 (9 = keihard, 8 = hard, 7 = stevig, 6 = voldoende, 5 = onvoldoende, 4 = zacht, 3 = zeer zacht, 2 = week, 1 = zeer week, 0 = "waterzacht", maar niet rot). Variantie-analyse wordt uitgevoerd op de gemiddelde stevigheidsscore. De stevigheid van de vruchten is onacceptabel in de volgende gevallen:

Uitstaldag 0: gemiddelde score < 6

Uitstaldag 3: gemiddelde score < 5.5

Uitstaldag 6: gemiddelde score < 5

Vruchtval

Bij elke beoordeling worden de trossen even opgetild en omgedraaid om de vruchten ook aan de onderkant te inspecteren op rot. Tevens dient het optillen als "stimulans" voor vruchtval. Er wordt onderscheid gemaakt in val waarbij de vrucht loslaat op een scheidingsvlak ongeveer 1 cm boven de vrucht (val met kroon) en val waarbij de vrucht onder de kroon loslaat (val zonder kroon). Het percentage vruchtval (met en zonder kroon) wordt berekend; variantie-analyse kan worden uitgevoerd op dit percentage. De mate van vruchtval is onacceptabel in de volgende gevallen:

Uitstaldag 0: percentage vruchtval totaal > 10

Uitstaldag 3: percentage vruchtval totaal > 15

Uitstaldag 6: percentage vruchtval totaal > 20

Conditie steel en kronen

Per tros werd een oordeel gegeven over de conditie van steel en kronen. De trossen kregen een cijfer variërend van 5 tot 0 (5 = zeer groen en turgescient, 4 = groen en turgescient, 3 = iets ingedroogd en/of iets verkleurd, kroonblaadjes iets ingedroogd, 2 = nog net voldoende, wel wat ingedroogd en/of verkleurd, kroonblaadjes iets ingedroogd, 1 = onvoldoende, 0 = totaal verdroogd). Variantie-analyse werd uitgevoerd op de gemiddelde score. De conditie van steel en kronen was onacceptabel in de volgende gevallen:

Uitstaldag 0: gemiddelde score < 2.5

Uitstaldag 3: gemiddelde score < 2

Uitstaldag 6: gemiddelde score < 1.5

Schimmel op steel en kronen

De mate van schimmelvorming op steel en kronen verloopt van 0 tot en met 5.

0 = geen schimmelvorming

1 = minimale schimmelvorming

2 = geringe schimmelvorming

3 = duidelijke schimmelvorming

4 = ernstige schimmelvorming

5 = steel en kronen geheel bedekt door schimmel

In de loop van het uitstalleven wordt het visuele beeld vaak wat gunstiger; steel en kronen drogen weliswaar meer uit, maar de schimmel is moeilijker waar te nemen. De grens is gedurende het hele uitstalleven gesteld op 1.5. In de proeven binnen dit project werd geen schimmel op steel en kronen waargenomen.

“Putjes” op de vruchten

Hieronder wordt verstaan licht gekleurde verzonken plekjes van enkele millimeters doorsnede.

Onderscheid is gemaakt tussen “putjes” en “putjes ernstig”. Een vrucht met “putjes” heeft enkele kleine lichtgekleurde ingezonken plekjes, dit wordt niet ervaren als een ernstig gebrek. Van “putjes ernstig” is sprake als een groot deel van de vrucht bedekt is met dergelijke plekjes. De conditie van de vruchten is nog acceptabel als het aantal vruchten met “putjes ernstig” de onderstaande percentages niet overschrijdt:

Uitstaldag 0: gemiddelde 5%

Uitstaldag 3: gemiddelde 7.5%

Uitstaldag 6: gemiddelde 10%

Bijlage 4 Experimenten met trostomaten (bij Hoofdstuk 3)

Bijlage 4.1 Ketenonderbreking (bij Sectie 3.3.2)

Start: 25 juni 2003.

Opzet

Uitgegaan werd van een ketenlengte van 6 dagen en een ketentemperatuur van 10°C. In dit experiment werden onderbrekingen van 22°C gesimuleerd van verschillende tijdsduur en vroeg of laat in de keten. Tevens werd het effect nagegaan van het aantal wisselingen op de kwaliteit. Het effect van het aantal wisselingen werd vergeleken met de gemiddelde temperatuur en het gemiddelde dampdrukdeficit, 16°C en 49%RV (dampdrukdeficit 955 Pa). De varianten zijn vermeld in de tabellen. De RV's werden zodanig gekozen dat er:

- Weinig kans op vruchtrot en schimmel op de groene delen als gevolg van de RV is.
- Er bij de wisselingen geen condens optreedt.
- Het dampdrukdeficit bij 16°C hetzelfde is als het gemiddelde van de dampdrukdeficits bij 10 en 22°C.

Op deze wijze werd getracht vruchtrot en schimmel op de groene delen te vermijden, waardoor eventuele effecten op vruchtstevigheid en conditie van de groene delen niet verstoord worden.

Om de kwaliteit van de trostomaten in dit experiment te kunnen vergelijken met die in andere experimenten in deze reeks werden tevens trostomaten continu bij 18°C bewaard.

Het experiment werd uitgevoerd met de trostomaat Cedrico, afkomstig van één teler.

Bijlage 4.2 Condensvorming zonder hoge RV (bij Sectie 3.3.3)

Start: 21 juli 2003

Opzet

Nagegaan is in hoeverre condens effect heeft op de kwaliteit van tomaten. In het bijzonder vruchtrot en schimmelontwikkeling zijn de kwaliteitskenmerken die door condens beïnvloed zouden kunnen worden. Uitgegaan werd van een bewaarklimaat van 9°C / 80%RV. Vanuit dit klimaat werden de tomaten 8 uur per dag geplaatst bij 22°C. Door bij 22°C verschillende RV's te kiezen werd al dan niet condensvorming gerealiseerd. De RV's bij 22°C waren <40% (geen condens), 60%RV (kort condens) en 80%RV (lang condens). In dit experiment werd niet met hogere RV's gewerkt, om er zeker van te zijn dat schimmel- en rot beïnvloeding alleen door condens en niet door een zeer hoge RV zou kunnen plaatsvinden. Er werden drie condensfrequenties toegepast: 2, 4 en 6 keer condens. Als extra behandeling werden tomaten bij 13.4°C / 80%RV opgeslagen, dit klimaat levert de gemiddelde temperatuur en het gemiddelde dampdrukdeficit op vergeleken met de klimaatswisseling om de lange condensperiode te verkrijgen. In het geval van condensfrequentie 6 werd noodgedwongen een "weekendpauze" in de proef ingelast, in die periode werden de tomaten bij 9°C / 80%RV bewaard. Na het weekend werden de 5de en 6de condensperiode gerealiseerd.

Na de condensbehandelingen werden de tomaten in de uitstalruimte geplaatst (18°C / 75%RV). Om de kwaliteit van de tomaten in dit experiment te kunnen vergelijken met die in andere experimenten in deze reeks werden tevens tomaten continu bij 18°C bewaard. Het experiment werd uitgevoerd met de tomatomaat Cedrico, afkomstig van één teler. Omdat in het voorgaande experiment was gebleken dat de vruchtstevigheid niet beperkend is werd deze minder vaak bepaald.

Resultaten

In de tabellen is m.b.v. kleuren aangegeven hoe lang de behandelingen duurden. Hierna werden de tomaten naar de uitstalruimte verplaatst en verder beoordeeld (wit). Op dag 5 en 6 was er een gedwongen weekendpauze in enkele behandelingen (behandelingen met 6x condens).

Bijlage 4.3 Condensvorming met en zonder hoge RV (bij Sectie 3.3.3)

Start: 25 augustus 2003

Opzet

In dit experiment werd het effect van een hoge RV en condens op de kwaliteit van tomaten nagegaan. Uitgegaan werd van een keten van 8 dagen bij 10°C, met 80 of 95 % RV. Gedurende deze keten werden de tomaten 6 keer gedurende 8 uur bij 22°C geplaatst. Door bij 22°C een hoge of een lage RV te kiezen werd wel of geen condens veroorzaakt. Na 8 dagen werden de tomaten bij 18°C/75%RV geplaatst (uitstakklimaat). Tevens werden tomaten continu bij 18°C/75%RV bewaard. De behandelingen waren:

- Lage RV, geen condens: per dag 16 uur 10°C/80%RV en 8 uur 22°C/35%RV.
- Lage RV, condens: per dag 16 uur 10°C/80%RV en 8 uur 22°C/95%RV.
- Hoge RV, geen condens: per dag 16 uur 10°C/95%RV en 8 uur 22°C/35%RV.
- Hoge RV, condens: 16 uur 10°C/95%RV en 8 uur 22°C/35%RV.
- Continu 18°C/75%RV.

Het experiment werd uitgevoerd met de rassen Cedrico en Clotilde, één teler per ras. Omdat vooral effect op vruchtrot en schimmel op de groene delen werd verwacht werden de tomaten op deze kenmerken veelvuldig beoordeeld.

Partijverschillen (bij Sectie 3.3.4)

Start: 10 september 2003

Opzet

Om een indruk te krijgen over de grootte van partijverschillen is een experiment uitgevoerd met drie rassen tomaten, per ras afkomstig van twee telers. Deze zes partijen ondergingen een ketensimulatie van 7 dagen. De tomaten werden opgeslagen bij 10°C/95%RV. Er werden twee ketenonderbrekingen ingelast, beide van 1 dag 22°C/95%RV, na 1 en na 5 dagen. Er werd gekozen voor zowel een hoge RV bij de lage temperatuur als bij de hoge temperatuur, om verschillen in gevoeligheid voor rot en/of schimmel zo duidelijk mogelijk te laten worden. Er ontstond twee keer condens bij de verplaatsing naar 22°C.

Bijlage 5 Experimenten ijsbergsla (bij Hoofdstuk 4)

Bijlage 5.1 Partijverschillen ijsbergsla (bij Sectie 4.2)

Start: 1 oktober 2003

Opzet

Vijf partijen ijsbergsla ondergingen een simulatie van een 7 dagen durende keten. De keten bestond uit 1 dag bij 5°C, gevolgd door 1 dag 15°C, daarna 2 dagen 5°C, dan 1 dag 15° en tenslotte 2 dagen 5°C; de RV was steeds 95%. Na deze ketensimulatie werd de ijsbergsla in de uitstalruimte geplaatst (18°C/75%RV). Het experiment werd uitgevoerd met wel of niet in polypropyleen zakjes verpakte ijsbergsla. De ijsbergsla werd beoordeeld op de mate van verkleuring van het snijvlak, het verlies als gevolg van verwelking en bederf en de verhouding tussen verwelking en bederf als oorzaak van verlies.

N.B. Het kan voorkomen dat “slap” als oorzaak afneemt, dit betekent niet dat er minder slappe kroppen voorkomen, maar dit wordt veroorzaakt door het toenemen van “rot” als oorzaak, het totale percentage kan niet hoger worden dan 100%.

Bijlage 5.2 Gewichtsverlies van vijf partijen ijsbergsla (bij Sectie 4.2)

Start: 1 oktober 2003

Opzet

Van vijf partijen ijsbergsla werden 20 kroppen zonder polypropyleen zakje gedurende 5 dagen bewaard bij 5°C/75% RV. Na 5 dagen werd het gewichtsverlies bepaald en tevens werd bepaald of, en zo ja hoeveel, blad verwijderd moest worden wegens verwelking.

Resultaat

partij	GV[%]	SD	laagst [%]	hoogst [%]	GVtotaal [%]	# slap	# krop goed
A	10.8	2.3	7.3	15.6	19.5	35	0
B	7.0	1.1	5.2	9.6	9.8	14	6
C	5.8	1.0	4.2	7.7	9.1	10	10
D	7.0	1.4	4.3	9.6	14.1	18	3
E	6.4	1.0	4.8	8.5	13.7	26	3

Legenda:
GV [%] = gemiddeld gewichtsverlies in % na 5 dagen bij 5°C/75%RV, zonder verwijderd verwelkt blad
SD = standaarddeviatie (+/-) van GV [%]
laagst [%] = geringste gewichtsverlies van 20 kroppen
hoogst [%] = grootste gewichtsverlies van 20 kroppen
GVtotaal [%] = gemiddeld gewichtsverlies in % na 5 dagen bij 5°C/75%RV, inclusief verwijderd verwelkt blad
#slap = totaal aantal verwijderde bladeren als gevolg van verwelking
krop goed = aantal kroppen die er niet verwelkt uitzagen (max. 20)