

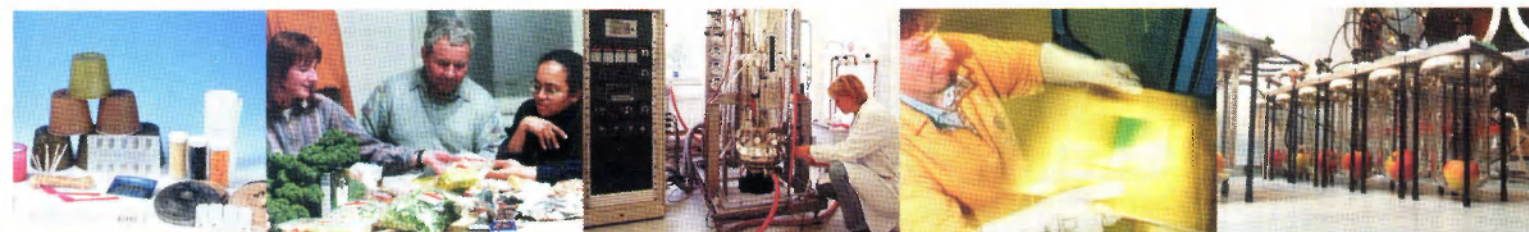
Beperking zilverschurft bij tafelaardappelen

Rapport 3e en afsluitende jaar

OPD 98/265/juni 2001

Vertrouwelijk

M.P. van Hoof
E.U. Thoden van Velzen
J.R. ten Donkelaar
J.G.J. Hermans



Beperking zilverschurft bij tafelaardappelen

Rapportage 3e en afsluitende jaar

Ref.nr. OPD 98/265/juni 2001

Vertrouwelijk

Michiel van Hoof
Ulphard Thoden van Velzen
Janneke ten Donkelaar
Janine Hermans

ATO B.V.
Agrotechnologisch Onderzoeksinstituut
Bornsesteeg 59
Postbus 17
6700 AA Wageningen
Tel: 0317 475029
Fax: 0317 475347

2251498

Inhoud	pagina
Voorwoord.....	2
1 Inleiding.....	3
1.1 Het probleem zilver schurft	3
1.2 Infectie.....	3
1.3 Bewaring.....	5
2 Eerste jaar: inventarisatie van de tafelaardappelketen op zilver schurft.....	6
2.1 Keteninventarisatie	6
2.2 Verpakkingsexperimenten	7
2.3 Conclusies eerste jaar	7
3 Tweede jaar: beperking zilver schurft door verschillende technologische ingrepen.....	8
3.1 Inleiding	8
3.2 Karakterisering zilver schurft op een aantal partijen	8
3.3 Toepassen waswater-additieven.....	8
3.4 Verpakkingsexperimenten	8
3.5 Effecten van omgevingsfactoren op groei en sporulatie.....	9
3.6 Conclusies tweede jaar	9
4 Karakterisering zilver schurft tijdens lange bewaring.....	10
4.1 Inleiding	10
4.2 Opzet onderzoek	10
Bewaring	10
Bepalen zilver schurftindex	10
Bepaling zilver schurft besmettingsindex.....	10
4.3 Resultaat.....	10
Verloop zilver schurft tijdens lange bewaring	10
Invloed RV.....	13
4.4 Conclusies	13
5 Toepassen van waswater-additieven ter bestrijding van de groei van zilver schurft.....	14
5.1 Inleiding	14
5.2 Screening waswater-additieven	14
Algemeen	14
Experiment I.....	15
Experiment II.....	17
5.3 Experimenten III en IV	18
Experiment III	18
Experiment IV.....	20
5.4 Conclusies en discussie.....	22
6 Vochtregulerende verpakkingen	23
6.1 Inleiding	23
6.2 Verkenning vochtregulerende aardappelzakken	23
6.3 Effect van vochtregulerende verpakkingen op de uitgroei van zilver schurft	25
6.4 Tweede verpakkingproef met vochtregulerende verpakkingen	27
6.5 Conclusie vochtregulerende verpakkingen.....	28
7 Piekdosering carvon	29
7.1 Inleiding	29
7.2 Verkennend onderzoek carvon-verneveling	29
7.3 Effect piekdosering op uitgroei van zilver schurft.....	31
7.4 Conclusies	34
8 Hoog zuurstofverpakkingen	35
8.1 Inleiding	35

8.2	Experimentele opzet.....	35
8.3	Conclusies	38
9	Diverse behandelingen	39
9.1	Inleiding	39
9.2	Korte hittebehandeling.....	39
9.3	Combinatie technieken.....	39
	Conclusies.....	40
9.4	Conclusies	41
10	Conclusies en discussie	42
	Bijlage 1.....	44

Voorwoord

Voor u ligt de rapportage van het derde en afsluitende jaar van het project 'Beperking van zilverschurft in de tafelaardappelketen' uitgevoerd door ATO in opdracht van de Nederlandse Aardappel Organisatie (NAO).

In 1998 is dit project gestart met een inventarisatie van het probleem zilverschurft in de tafelaardappelketen, vanaf oogst tot aan de winkel/consument. Tegelijkertijd is er gewerkt aan verkennende experimenten naar mogelijkheden om zilverschurftgroei te remmen of te voorkomen in de laatste fase van de keten. Een belangrijke conclusie van het eerste jaar is dat er een groeiversnelling van zilverschurft kan plaatsvinden door allerlei factoren in het traject van uitschuren tot in de winkel.

Het tweede jaar stond in het teken van een brede zoektocht naar mogelijkheden om zilverschurft tijdens wassen of in de verpakking aan te pakken. Getracht is om door middel van kleine technologische ingrepen een remmend effect te sorteren op de groei van zilverschurft. Gelijktijdig met de keteninventarisatie in jaar 1 en het onderzoek in jaar 2 is een stuk achtergrondonderzoek uitgevoerd. Met name effecten van relatieve vochtigheid, temperatuur en handling op de groei van zilverschurft zijn onderzocht.

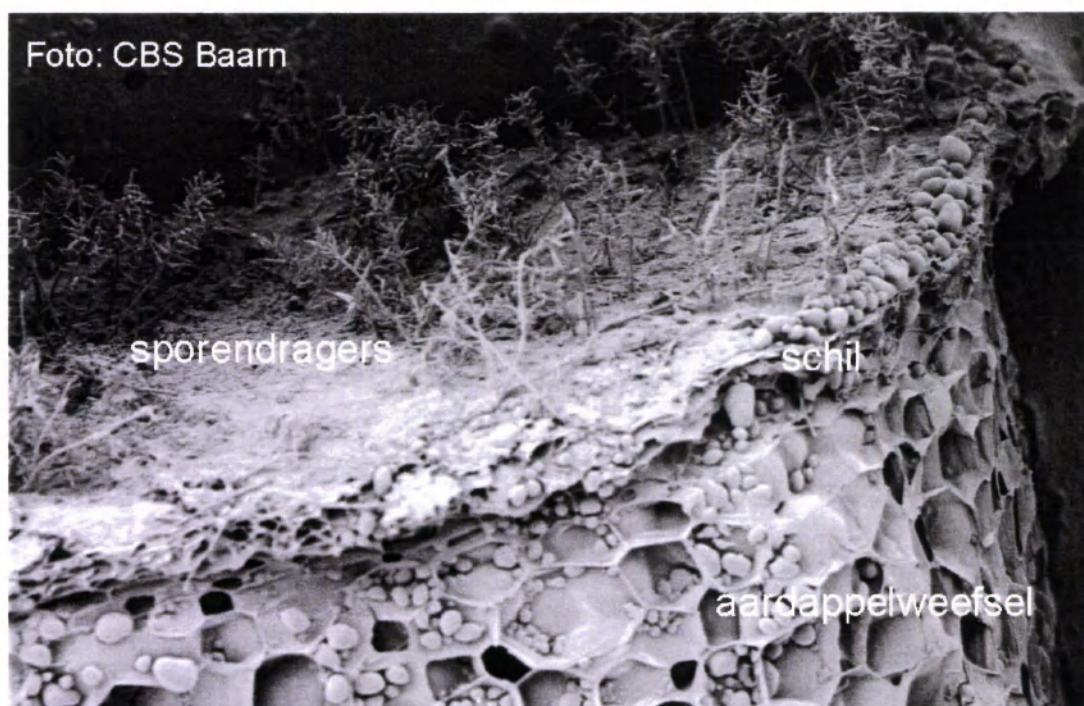
Het derde en afsluitende jaar is ingezet op het ontwikkelen van een zilverschurftremmend verpakkingsconcept. Er zijn twee verschillende ideeën uitgewerkt, gebaseerd op de bevindingen van onderzoek van jaar 1 en 2, namelijk een vochtgereguleerde verpakking en een verpakking met een piekdosering carvon. Daarnaast zijn een aantal experimenten van het tweede jaar betreffende het wassen van aardappelen herhaald.

Een woord van dank gaat uit naar de bedrijven en personen die hun medewerking hebben verleend aan dit project. In het bijzonder gaat dank uit naar Wim van Kleef, Erik Schaap en Aart Zegveld voor het beoordelen van duizenden aardappelen op zilverschurft en verder naar eenieder binnen ATO die een bijdrage heeft geleverd aan dit project.

1 Inleiding

1.1 Het probleem zilverschurft

Zilverschurft bij aardappelen wordt veroorzaakt door de schimmel *Helminthosporium solani*. De ziekte is de afgelopen jaren steeds meer een probleem geworden voor de aardappelsector. Dit komt door een aantal factoren, zoals ontstaan van resistentie tegen thiabendazole-gebaseerde fungiciden, bewaarplaatsen met hogere luchtvochtigheid, niet meer ontsmetten van pootgoed en meer aandacht voor kwaliteit. De schimmel *H. solani* tast alleen de knol aan en vormt zilvergrijze vlekken op de schil. Het veroorzaakt verder geen schade in andere delen van de plant. Tijdens bewaring kan aanzienlijk schade worden veroorzaakt door de schimmel door gewichtsverliezen en slap worden en verschrompelen van de knollen. Verder is het een cosmetisch probleem bij tafelaardappelen. Voor verwerking kan zilverschurft bij het schillen voor problemen en extra schilverliezen zorgen, doordat de uitgedroogde en aangetaste plekken moeilijker te schillen zijn.



Figuur 1.1. Scanning elektronenmicroscopische opname van een doorgesneden aardappelknol met zilverschurftinfectie. Duidelijk te zien zijn de sporendragers, die uit de schil groeien. De schimmeldraden zelf (mycelium) groeien alleen in de kurklaag. (Foto: J. Dijksterhuis en P.L.A. de Leeuw)

1.2 Infectie

H. solani kan conidia (sporen) produceren, die weer nieuwe infecties kunnen veroorzaken. Deze sporen kunnen zich in water of door de lucht gemakkelijk verplaatsen. De ziekte kan door het pootgoed worden overgedragen. Ook kan de schimmel overleven in de grond en op dood organisch materiaal. De schimmel penetreert door de periderm van de aardappelknol of door natuurlijke openingen in de aardappel. De aardappelknol hoeft dus niet beschadigd te zijn om

besmet te raken. Na infectie zal de schimmel groeien. De groei van de schimmel is sterk afhankelijk van de temperatuur en de luchtvochtigheid. Bij normale bewaartemperaturen (rond de 6°C) zal de schimmel langzaam groeien.



Figuur 1.2. Scanning elektronenmicroscopische opname van een sporendrager (conidiofoor) van Helminthosporium solani. De conidiofoor bevat de individuele, kegelvormige sporen (conidia). (Foto: J. Dijksterhuis en P.L.A. de Leeuw)

Pootgoed

Er zijn sterke aanwijzingen dat aardappelen geïnfecteerd kunnen raken met zilverschurft via het pootgoed. Bij infectie via het pootgoed zullen de knollen vooral geïnfecteerd raken bij het naveleinde als gladde zilvergrijze plekken. Ook van velden waar nooit eerder aardappels hebben gestaan zijn aardappelen geogst met zilverschurft. Dit is een indicatie dat infectie via de moederknol kan plaatsvinden.

Bodem

Recent is aangetoond dat de schimmel in leven blijft in dode en verteerde organische materialen in de bodem. De schimmel blijft minstens een jaar infectueus. De grond kan dus een bron van besmetting zijn.

Oogst

Een late oogst, speciaal na het loofvernietigen, bevordert een aantasting met *H. solani*. Natte en warme bodemomstandigheden dragen bij aan de sporenvorming van de schimmel. Tijdens de oogst kunnen gemakkelijk aangetaste en schone knollen door elkaar gemengd worden. Ook kan infectie plaatsvinden door stof of grond dat aan de machines of transportbanden blijft hangen. Dit kan weer resulteren in nieuwe infecties.

1.3 Bewaring

Infectie van knollen voor de bewaring kan worden gekenmerkt als primaire besmetting. In de bewaring kan secundaire besmetting optreden. De plekken ontstaan door secundaire besmetting zijn door de lage temperaturen in de bewaarplaats pas zichtbaar enkele maanden na infectie. Deze plekken beperken zich niet tot het navelende, maar komen over de gehele knol voor. De secundaire besmetting kan plaatsvinden door contact en vermenging van besmette met gezonde knollen. Door het ontstaan van condens in de bewaarplaats kan de sporulatie en de verspreiding van de schimmel verder toe nemen.

De sporen van *H. solani* blijven levensvatbaar voor lange perioden op materiaal als hout en bepaalde kunststoffen. Ook zijn er aanwijzingen dat de schimmel langere tijd in stof in bewaarplaatsen kan overleven, speciaal als er aardappelresten of ander organisch materiaal tussen het stof zit. Als de omstandigheden gunstig zijn voor de schimmel, kan vanuit deze bronnen infectie door sporen plaatsvinden. Besmetting in de bewaring kan dus plaatsvinden van reeds geïnfecteerde knollen of van schimmel(sporen) achtergebleven in de bewaarplaats van voorgaande jaren. Ook via machines en transportbanden kan besmetting plaatsvinden.

De schimmel gedijt goed op plekken in de aardappelbewaarplaats waar vrij vocht aanwezig is. Vrij vocht kan ontstaan door condensatie op plafonds of wanden uit lucht met een relatief hoge vochtigheidsgraad. Dit kan gebeuren door onvoldoende ventilatie. Ook kan er in de aardappelstapel vocht ontstaan door een ongelijke verdeling van temperaturen in de stapel. In het algemeen zal de ventilatiestroom van beneden naar boven lopen. De warmste plek in een aardappelstapel is dan in de bovenste halve meter van de stapel. Door temperatuurverschillen tussen deze bovenste productlaag en de omgeving kan hierin gemakkelijk condensvorming optreden, waardoor op deze plaats snel infectie kan ontstaan en de schimmel zich kan verspreiden.

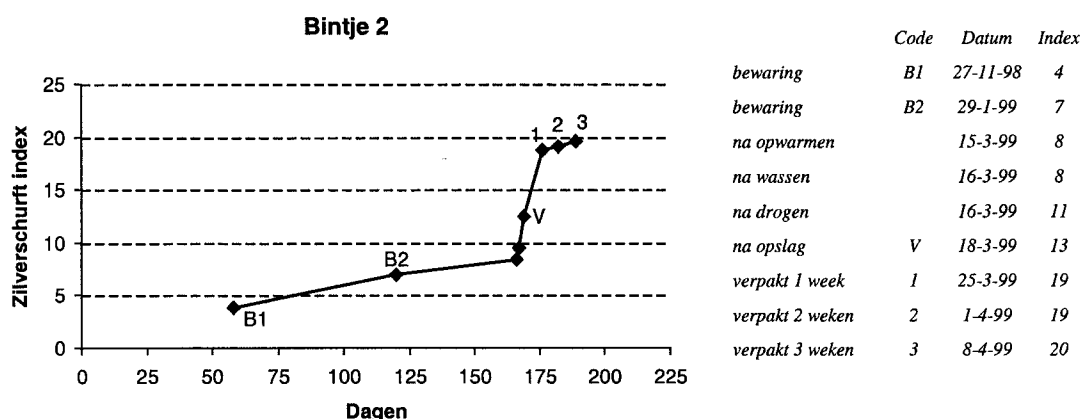
2 Eerste jaar: inventarisatie van de tafelaardappelketen op zilverschorft

ATO heeft in seizoen 1998-1999 in samenwerking met enkele bedrijven en in opdracht van NAO een inventariserend onderzoek gedaan naar de uitgroei van en besmetting met zilverschorft in de tafelaardappelketen. Daarnaast is er een eerste onderzoek gedaan naar de mogelijkheden om met een verpakkingsconcept de uitgroei van zilverschorft in de verpakking te stoppen of te remmen.

Dit hoofdstuk beschrijft in het kort de belangrijkste bevindingen van de keteninventarisatie van het voorafgaande seizoen.

2.1 Keteninventarisatie

Seizoen 1998-1999 is een keteninventarisatie uitgevoerd, waarbij van 8 verschillende partijen de uitgroei van zilverschorft is gevolgd van de lange bewaring tot en met het winkelschap. Voor deze inventarisatie zijn op gezette tijden uit de lange bewaring monsters genomen en beoordeeld op de hoeveelheid aanwezige zilverschorftplekken. Bij het kleinverpakken van de partij zijn monsters genomen en beoordeeld na iedere stap in de procesvoering (sorteren, wassen, drogen). Tenslotte is het verpakte product nog 3 weken in de verpakking onder winkelomstandigheden bewaard en wekelijks beoordeeld. Zo is een overzicht verkregen van de mate van voorkomen van zilverschorft op aardappelen in de gehele tafelaardappelketen voor 8 verschillende partijen (figuur 2.1).



Figuur 2.1. Overzicht verloop zilverschorft index voor partij Bintje 2. Dag 0 is moment van oogst. Coderingen: B1, B2 = in bewaring, V = moment van verpakken, 1, 2 en 3 = In verpakking na 1, 2 en 3 weken winkelsimulatie.

Gelijktijdig met het verpakken van de partijen zijn er waswater, lucht en stofmonsters genomen. Deze monsters zijn beoordeeld op de aanwezigheid van sporen van *H.solani*.

Uit de keteninventarisatie wordt duidelijk dat alle partijen vroeg in de bewaring al besmet zijn met zilverschorft. Tijdens de lange bewaring van de aardappelen groeit de schimmel langzaam.

De zilverschurftbesmetting werd heviger in het logistieke traject dat volgde op de bewaring. Oorzaak hiervoor is de handling van de aardappelen (transport, wassen, verpakken, etc). Het is onwaarschijnlijk dat de toename van de zilverschurftbesmetting in dit traject veroorzaakt wordt door extra infectie met sporen uit waswater, stof of lucht. Dit blijkt uit de lage aantallen zilverschurftsporen die aanwezig zijn in monsters waswater, stof en lucht genomen tijdens het verpakken van de 8 praktijkpartijen.

2.2 Verpakkingsexperimenten

Parallel aan de keteninventarisatie is een aantal verpakkingsexperimenten uitgevoerd. Hierbij is de ontwikkeling van zilverschurft in de verpakking bij verschillende verpakcondities en verschillende opslagcondities onderzocht. De aardappelen zijn verpakt op ATO onder verschillende omstandigheden en 2 tot 3 weken bewaard bij winkelomstandigheden. In de verpakking neemt de aantasting met zilverschurft toe. Er is geen verhoogde toename van zilverschurft als gevolg van vocht (condens) of een hoge RV in de verpakking. Het verpakken van ongewassen aardappelen leidt tot een mindere toename van zilverschurft dan het verpakken van gewassen knollen. Dit wijst op een effect dat handling heeft op de mate van zilverschurftgroei. Het koud bewaren van verpakt product heeft een klein remmend effect op de zilverschurft toename. Het laten vrijkomen van Talent (S-carvon) in de verpakking kan de uitgroei van zilverschurft in een 'dichte' verpakking remmen.

2.3 Conclusies eerste jaar

Waarschijnlijk zijn vrijwel alle partijen aardappelen in Nederland vroeg in de bewaring al besmet met zilverschurft. De besmetting groeit tijdens de lange bewaring langzaam uit. Er ontstaan pas problemen als de aardappelen uit de bewaring komen. Door veranderende omstandigheden als gevolg van handling van de aardappelen, gaat de schimmel versneld verder met zijn ontwikkeling. Dit resulteert in een snelle toename van de bedekkinggraad van zilverschurftplekken op de aardappel. Deze groei gaat door in de verpakking, ongeacht vocht (condens) of hoge RV. Naarmate aardappelen later in het seizoen worden verwerkt, zal de zilverschurft aantasting zwaarder en de toename in de verpakking groter zijn.

Er zijn in de tafelaardappelketen, van teelt tot consument, verschillende momenten om uitgroei van zilverschurft aan te pakken. Een integrale benadering van het probleem biedt het meeste kans op succes. Minimalisatie van de zilverschurftaantasting in het winkelschap begint al bij de teelt en het gebruikte pootgoed. Door een goed ketenmanagement en de inzet van diverse maatregelen in de verschillende fasen van de tafelaardappelketen, kan het probleem zilverschurft onder controle blijven.

3 Tweede jaar: beperking zilverschurft door verschillende technologische ingrepen.

3.1 Inleiding

De belangrijkste taak van het tweede jaar (seizoen 1999-2000) van het project was een screening naar bruikbare methoden om zilverschurftgroei te remmen of te stoppen in het traject vanaf uitschuren tot aan de consument. Daarnaast is in analogie met het eerste jaar weer een vergelijking gemaakt van de zilverschurftaantasting direct na oogst en na verpakken. Ook is een deel achtergrondonderzoek uitgevoerd.

3.2 Karakterisering zilverschurft op een aantal partijen

Dit seizoen zijn 22 verschillende partijen aardappelen gevolgd op zilverschurft. Bij alle partijen was spoedig na de oogst zilverschurft aantoonbaar. Dit is een aanwijzing dat alle partijen aardappelen direct na oogst al besmet zijn met zilverschurft, ook als er nog geen symptomen zichtbaar zijn. De verschillende partijen zijn bewaard bij verschillende telers en verpakt in de periode januari tot juni 2000. De toename van zilverschurft is verschillend per partij en cultivar, maar is voor veel partijen aanzienlijk. Na drie weken winkelsimulatie bereikten een aantal partijen een index van 50 en meer.

Bij relatief droge bewaaromstandigheden ($RV < \pm 90\%$) tijdens de lange bewaring is de ontwikkeling van zilverschurft op de aardappelen minder dan bij meer vochtige omstandigheden ($RV > 95\%$). De drie partijen op ATO geteeld en bewaard lieten minder groei van zilverschurft zien tijdens de lange bewaring. Ook de respons op handling en verpakken is minder hevig dan verwacht mag worden.

3.3 Toepassen waswater-additieven

In een aantal opeenvolgende experimenten zijn verschillende waswater-additieven getest op hun vermogen om de zilverschurftgroei te remmen in de verpakkingsfase. De additieven die zijn getest zijn natriumhypochloriet, kaliumsorbaat en waterstofperoxide. Bij verschillende experimenten zijn verschillende toedieningsmethode gebruikt (dompelen of sprayen) met verschillende hoeveelheden en concentraties van het betreffende middel.

Belangrijkste conclusie is dat geen van de getoetste middelen de zilverschurftgroei kan stoppen. De beste remming van zilverschurftgroei wordt verkregen door een behandeling met kaliumsorbaat. Kaliumsorbaat gaat ook de sporulatie van zilverschurft op aardappel tegen. Een dompeling van knollen in een carvon-oplossing remt de groei van zilverschurft niet. Niet gewassen aardappelen laten een mindere groei van zilverschurft zien in de verpakking dan gewassen aardappelen.

3.4 Verpakkingsexperimenten

Door een consumentenverpakking uit te rusten met een gereguleerd afgiftesysteem voor carvon, zou de uitgroei van zilverschurft in de verpakking worden geremd. In verschillende experimenten zijn verschillende afgiftesystemen voor carvon in combinatie met verschillende verpakkingen getest. De gewenste doelconcentratie carvon kan worden bereikt in een gesloten verpakking, maar remming van de groei van zilverschurft kon niet worden bewezen.

3.5 Effecten van omgevingsfactoren op groei en sporulatie

Kennis van de triggers voor uitgroei van zilverschurft op aardappelknollen is belangrijk voor de aanpak van de problematiek. De groei van de zilverschurft-schimmel is afhankelijk van temperatuur en luchtvochtigheid. Bij lage RV kan de schimmel niet meer sporuleren en neemt de groeisnelheid af.

Er zijn ook experimenten uitgevoerd om te achterhalen wat het effect is van handling van aardappelen op zilverschurftgroei. De triggers die onderzocht zijn waren: (snelheid van) opwarmen, mechanische belasting, effecten van wassen en versmering. Alleen mechanische belasting laat een effect zien op de zilverschurft toename. Op mechanisch belaste aardappelen (trillen, schudden) groeit zilverschurft harder dan op niet belaste aardappelen. Opwarmsnelheid en versmering zijn niet aantoonbaar als trigger voor uitgroei.

3.6 Conclusies tweede jaar

- Alle partijen betrokken bij dit onderzoek waren direct na oogst besmet met zilverschurft. Dit bevestigt het beeld van voorgaand jaar en het probleem zilverschurft in de verpakfase. De aanleg van het probleem ligt bij de teelt. Er vindt een beperkte uitgroei plaats tijdens bewaring tot opwarmen (afhankelijk van situatie (RV)). Door handling/verpakken groeit zilverschurft verder uit.
- Droge bewaaromstandigheden ($RV < 90\%$) reduceren de uitgroei van zilverschurft en de vorming van sporen bij verschillende temperaturen (7 tot 18°C). Zilverschurft lijkt minder hard te groeien in de verpakingsfase op droog bewaarde aardappelen ($RV = 85\%$).
- Uitgroei bij 18°C is afhankelijk van temperatuur en RV. Bij 18°C en RV van 90% of lager vindt geen zichtbare uitgroei plaats gedurende minstens twee weken.
- De vorming van sporen is afhankelijk van de RV. Bij een RV lager dan 94% worden geen sporen gevormd bij 18°C gedurende minstens twee weken.
- Van de getoetste waswater-additieven is kaliumsorbaat de beste remmer van de uitgroei van zilverschurft-plekken. Kaliumsorbaat verhindert ook de vorming van sporen gedurende minstens twee weken.
- Het is technisch mogelijk om afgiftesystemen in verpakking te maken, waarbij de concentratie carvon voldoende hoog is om zilverschurft te remmen.
- Remming van uitgroei door carvon in een verpakking kan dit seizoen niet worden bewezen. Voorgaand seizoen liet wel remming van zilverschurft-groei zien door carvon in de verpakking.
- Er zijn aanwijzingen dat mechanische belasting (trillen, schudden, etc), naast temperatuur en RV een rol speelt als 'trigger' voor de uitgroei van zilverschurft.
- Opwarmsnelheid en versmering zijn niet aantoonbaar als 'trigger' voor de uitgroei van zilverschurft.

4 Karakterisering zilverschurft tijdens lange bewaring

4.1 Inleiding

In jaar twee was één van de bevindingen dat op ATO bewaarde partijen aardappelen minder zilverschurft-aantasting hadden dan andere partijen. De oorzaak hiervoor was waarschijnlijk de lage relatieve luchtvochtigheid van 85 tot 90% in de cel waarin de aardappelen zijn bewaard. Ook andere experimenten in jaar twee gaven aanwijzingen dat RV een belangrijke factor is op de groei van zilverschurft. Dit is dit jaar in een bewaarexperiment met verschillende vochtigheden verder onderzocht.

Dit jaar zijn drie partijen aardappelen gebruikt voor dit project. Alle partijen zijn geteeld op proefboerderij 'de Eest' te Nagele (Noordoostpolder). De geteelde rassen zijn: Bintje, Santé en Bildtstar. Deze partijen vormden de werkvoorraad, waarmee veel experimenten zijn uitgevoerd.

4.2 Opzet onderzoek

Bewaring

De drie partijen zijn bewaard in twee cellen bij verschillende condities. De helft van een partij is bewaard bij 7°C en hoge RV (>95%). De andere helft bij 7°C en een lagere RV (85 tot 90%). Gedurende het seizoen is gekeken naar ontwikkeling van zilverschurft tijdens lange bewaring, alsmede de uitgroei in de verpakkingsfase.

Bepalen zilverschurftindex

De zilverschurftindex is bepaald aan 15 knollen. De bepaling is in drievoud uitgevoerd. Als een monster niet direct beoordeeld werd, dan vond opslag van het monster plaats bij 2°C teneinde verdere groei van zilverschurft te voorkomen. De bepaling gebeurde visueel door een expert (zie bijlage 1). De indexbepaling is standaard uitgevoerd met vier herhalingen.

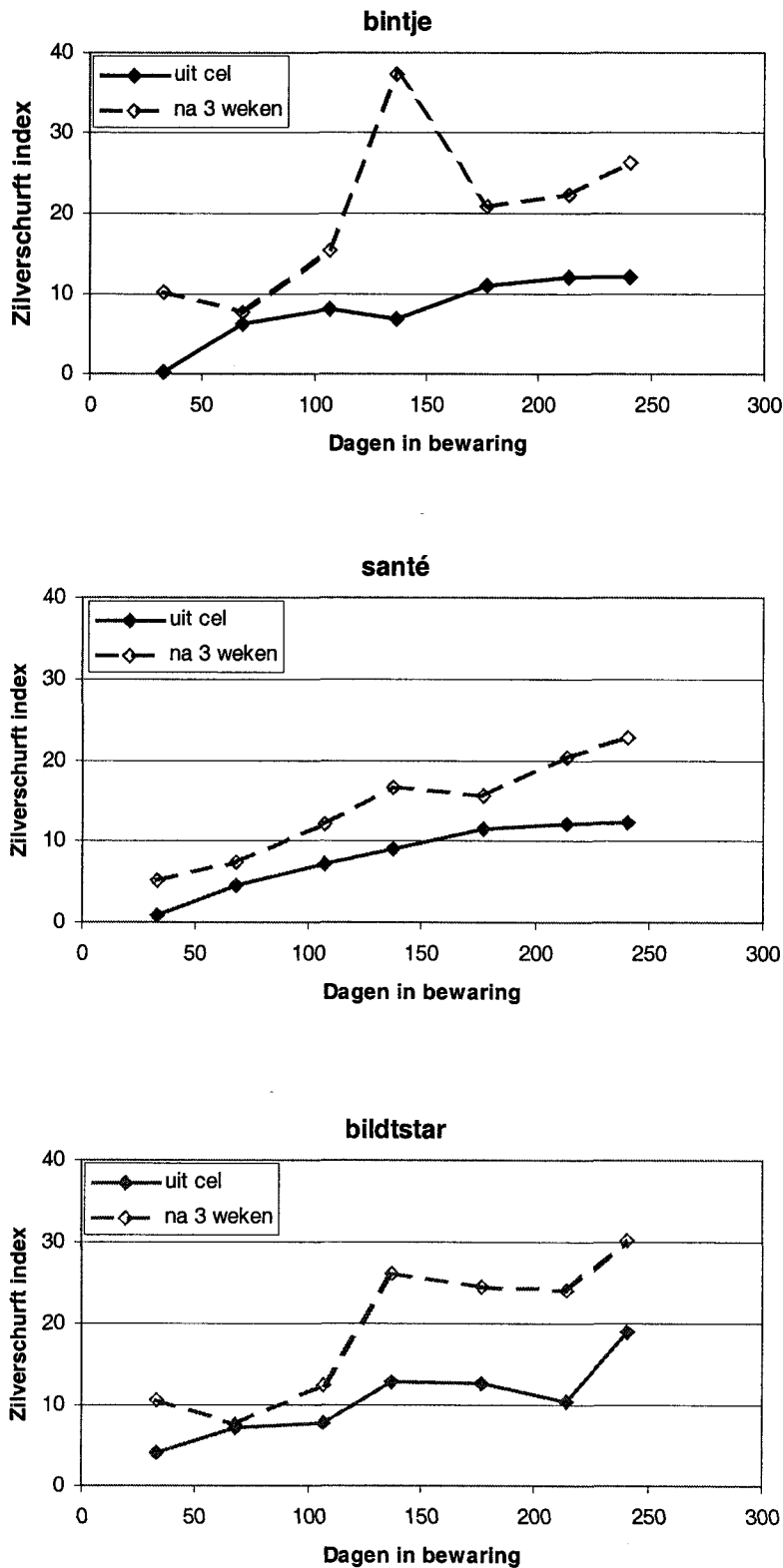
Bepaling zilverschurft besmettingsindex

De zilverschurft besmettingsindex is een soort 'bio-toets' en wordt bepaald om na te gaan of knollen zonder visuele besmetting toch sporen zilverschurft dragen (latente besmetting). Hiertoe zijn aardappelknollen gedurende 3 weken bewaard bij 18°C en een hoge luchtvochtigheid (>95%). Dit zijn voor *H. solani* gunstige groeiomstandigheden. De index is vervolgens bepaald analoog aan de zilverschurft index bepaling (zie bijlage 1). De besmettingsindex bepaling is in viervoud bepaald.

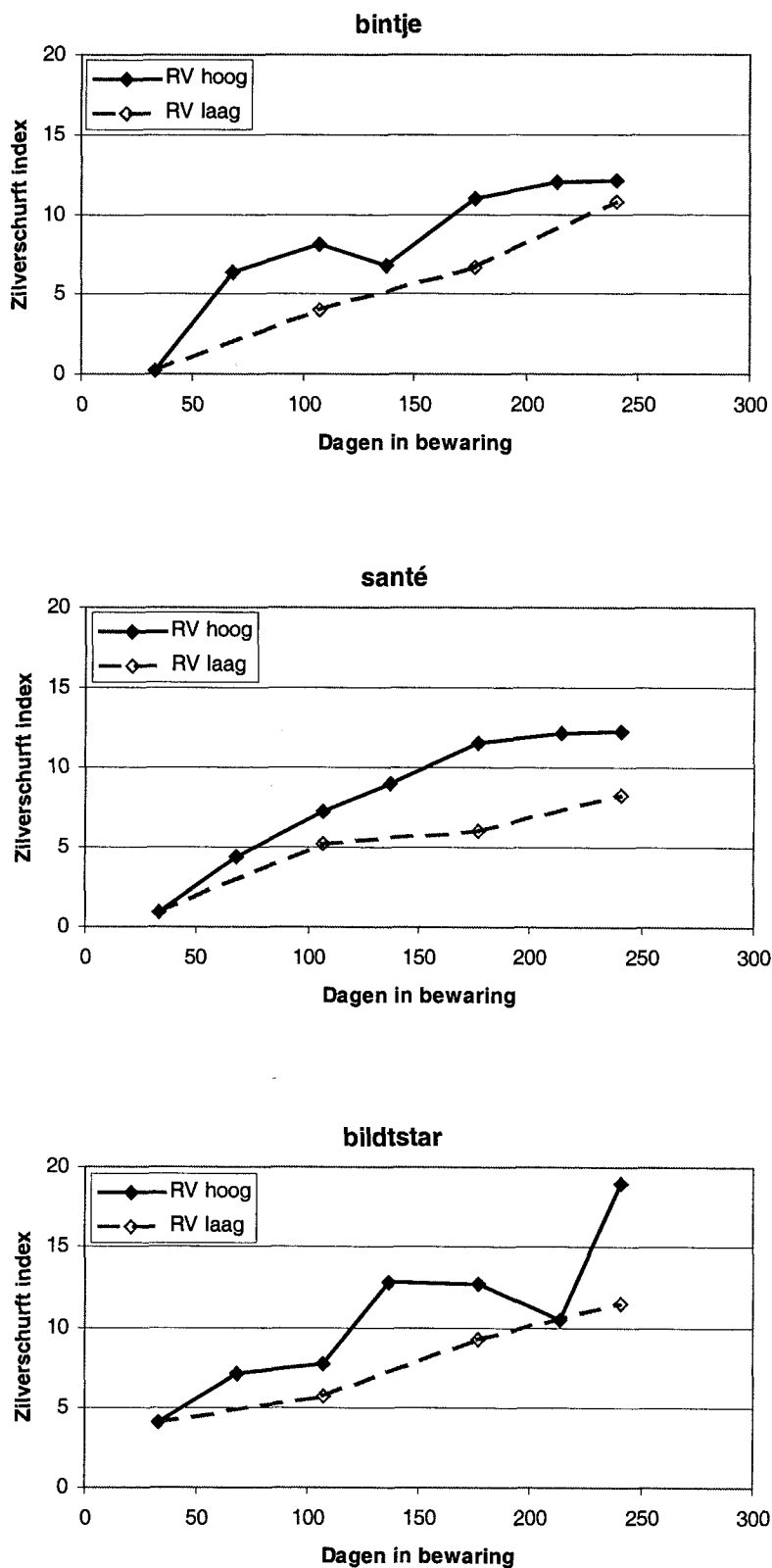
4.3 Resultaat

Verloop zilverschurft tijdens lange bewaring

Figuur 4.1 laat de ontwikkeling van de zilverschurft-index zien gedurende de lange bewaring bij 7°C en een hoge RV (>95%). Ook de reactie van de index op drie weken uitgroeiperiode is te zien in figuur 4.1. De zilverschurft index is spoedig na de oogst nog erg laag. Voor alle rassen geldt dat de zilverschurft index langzaam toeneemt tijdens bewaring.



Figuur 4.1. Verloop van de zilver-schurft index van Bintje, Santé en Bildtstar gedurende lange bewaring (ononderbroken lijn) en na een uitgroeiperiode van 3 weken (stippellijn).



Figuur 4.2. Invloed van de relatieve luchtvochtigheid (RV) op de groei van zilver-schurft tijdens lange bewaring.

Invloed RV

Figuur 4.2 toont de invloed van de relatieve luchtvochtigheid op de ontwikkeling van zilverschorft. Bij bewaring bij een hoge luchtvochtigheid (altijd boven 95%, vaak hoger (tot 99%)) is er meer zilverschorft ontwikkeling op de aardappelen dan bij drogere bewaaromstandigheden (RV altijd beneden 90%).

De uitgroei na 250 bewaardagen bij de lage RV komt voor de drie rassen uit op een index van ongeveer 10. Dit is erg laag, maar niet lager dan de resultaten van de bewaring van afgelopen jaar (jaar 2). Toen was de index voor Bintje en Santé ongeveer 5 en die voor Bildtstar 10.

Bij een relatief vochtige bewaring is de index hoger dan bij de drogere bewaring. De verschillen zijn in absolute zin echter niet erg groot.

4.4 Conclusies

- Tijdens lange bewaring groeit zilverschorft langzaam maar gestaag.
- De groei van zilverschorft is afhankelijk van de relatieve luchtvochtigheid. Een hoge relatieve luchtvochtigheid heeft een stimulerend effect op de ontwikkeling van de zilverschorft index tijdens lange bewaring.

5 Toepassen van waswater-additieven ter bestrijding van de groei van zilverschurft

5.1 Inleiding

Uit literatuur blijkt dat er een aantal middelen en methoden bekend zijn om pathogenen als *H.solani* te bestrijden. Middelen die gebruikt worden tijdens de bewaring zijn imazalil en thiobendazol. Deze middelen zijn ongeschikt voor een behandeling tijdens de verpakkfase in verband met residuen en een veiligheidstermijn.

Naast bovengenoemde middelen zijn er tal van alternatieven bekend, waarvan een groot aantal aanzienlijke praktische bezwaren geeft bij applicatie. Er blijven een aantal interessante middelen over, waarvan toepassing op aardappelen in de was- en verpakkingsfase een optie is. De toepassing van kaliumsorbaat, hypochloriet en waterstofperoxide zijn in verschillende concentraties en formuleringen in het tweede onderzoeksjaar getoetst. Een samenvatting van deze resultaten is te vinden in hoofdstuk 4. Na jaar twee is besloten een deel van de experimenten met waswater-additieven te herhalen in verband met de moeizame groei van zilverschurft dat jaar.

5.2 Screening waswater-additieven

Algemeen

In een aantal opeenvolgende experimenten zijn verschillende waswater-additieven getest op hun vermogen om zilverschurftontwikkeling te remmen. Er is een aantal experimenten uitgevoerd. Voor de overzichtelijkheid en de leesbaarheid zal alleen melding worden gemaakt van die experimenten en resultaten die relevant zijn.

Algemene opzet van de experimenten

Het idee achter deze experimenten is te komen tot een waswater-additief, dat zeer effectief de groei van zilverschurft-plekken gedurende minstens twee tot drie weken remt. Een behandeling van aardappelen direct na het wassen op de verpakbedrijven met een middel behoort bedrijfstechnisch tot de mogelijkheden. Er zijn twee behandelmethoden: sprayen en dompelen. Globaal geldt voor alle uitgevoerde experimenten een zelfde standaard proefopzet. De aardappelen werden gewassen en aan de lucht gedroogd. Daarna vond behandeling plaats door middel van dompelen van de aardappelen. Na behandelen werden de aardappelen weer gedroogd aan de lucht (enkele uren bij kamertemperatuur) en vervolgens verpakt in een standaard geperforeerde aardappelverpakking. De verpakkingen werden gedurende 2 weken opgeslagen bij 'winkelomstandigheden' (18°C, RV 90%, in verpakking >95%). Dit zijn omstandigheden waarbij zilverschurft zich goed ontwikkelt. Voorgaand jaar werd telkens een periode van drie weken winkelsimulatie aangehouden. Om het risico te mijden dat een behandeling in de tijd minder effectief wordt en daarmee zilverschurft de kans geeft weer te groeien is deze periode van winkelsimulatie teruggebracht tot twee weken. Na twee weken werden de aardappelen beoordeeld op zilverschurft. Telkens zijn 15 aardappelen verpakt. Iedere behandeling werd standaard in viervoud of zesvoud uitgevoerd.

Waswater-additieven

De volgende stoffen zijn in het tweede jaar getest als waswater toevoeging: natriumhypochloriet, kaliumsorbaat en waterstofperoxide. Deze middelen zijn alle drie relatief

goedkoop en worden veel gebruikt voor verschillende doeleinden, onder andere in de levensmiddelen-industrie als desinfectans of conserveringsmiddel.

Natriumhypochloriet vormt opgelost in water, als actieve stof hypochloorzuur. Kaliumsorbaat is een veel toegepaste stof in levensmiddelen als conserveermiddel (E202). Uit literatuur blijkt een werking van sorbaat tegen zilverschurft op aardappel. Er zijn twee varianten getest, een normale oplossing en een iets aangezuurde oplossing. Waterstofperoxide (H_2O_2) wordt veel gebruikt voor allerlei ontsmettingsdoeleinden, zoals afvalwater, etc. Ook hier zijn twee verschillende gestabiliseerde formuleringen getest.

Dit jaar zijn een aantal additieven opnieuw getest. Daarnaast zijn ook een aantal nieuwe middelen geprobeerd. Een nieuw middel is AgriClean, een product gebaseerd op hypochloriet en speciaal gemaakt als toevoeging voor waswater voor aardappelen. Dit middel wordt in de praktijk gebruikt voor het wassen van pootgoed, vaak in combinatie met een ozon-behandeling. Ozon-behandelingen zijn niet uitgevoerd in het kader van dit project. Ethanol is een ander middel dat getoetst is op zilverschurft-remmende werking. Een oplossing van ethanol in water heeft een sterk bacterie- en schimmeldodende werking. Ook is een ethanoloplossing geprobeerd waaraan carvon is toegevoegd. De oplosbaarheid van carvon in water is ronduit slecht. In een ethanol-water mengsel lost carvon beter op, zodat via dit mengsel een hogere concentratie carvon verkregen kan worden.

Experiment I

Gebruikt ras: Santé (partij uit praktijk)

Gebruikte methode: Dompelen in oplossing

Experiment is deels herhaling van afgelopen jaar, deels worden ook nieuwe formuleringen getest.

Opzet

- Aardappelen wassen
- Bepaling zilverschurft index aan 15 knollen (in zesvoud uitvoeren).
- Aardappelen behandelen door 10 minuten dompelen in betreffende oplossing
- Aardappelen drogen aan de lucht en vervolgens verpakken (15 knollen per verpakking, 6 verpakkingen per behandeling)
- Na twee weken bij 18°C en RV>95% bepaling van zilverschurft index

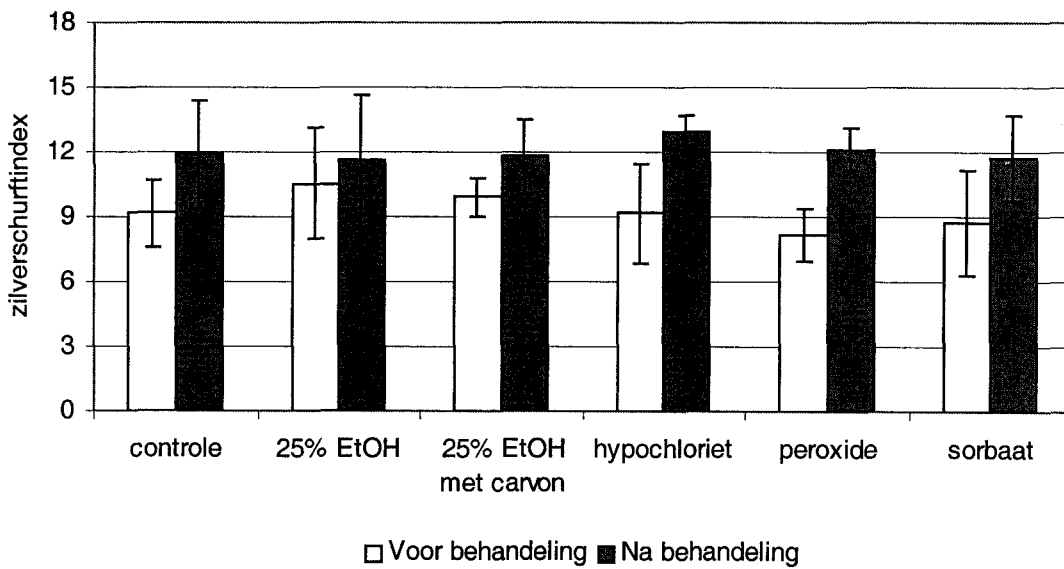
Behandelingen

Tabel 5.1. Overzicht van de diverse behandelingen van experiment I en II.

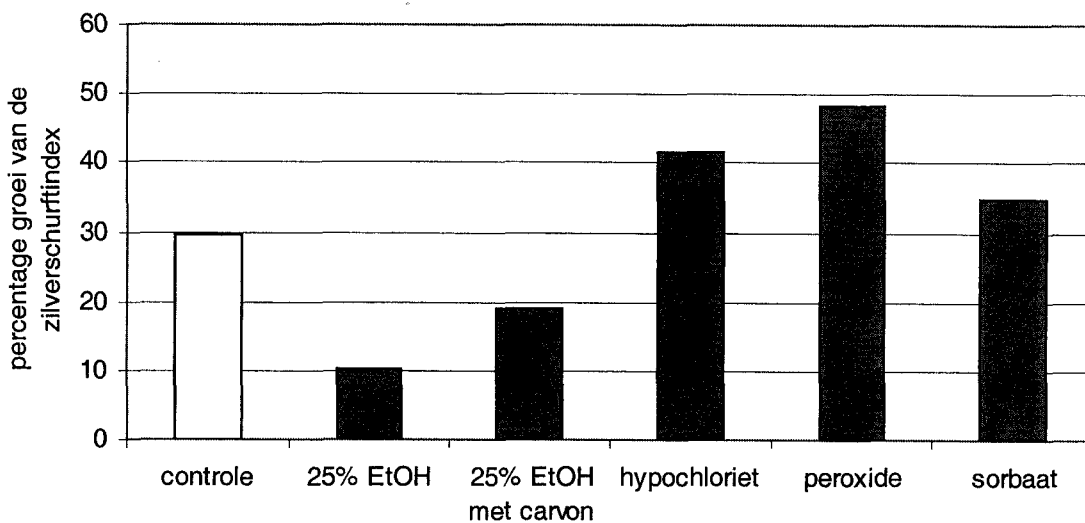
1	Controle (dompelen in water)
2	25% ethanol
3	25% ethanol met 5 ml/l carvon
4	0.8 g/l natriumhypochloriet
5	0.4% waterstofperoxide
6	0.1 M Kaliumsorbaat

Resultaat

Figuur 5.1 laat de zilverschurft index zien voor en na behandeling. De controle is een behandeling met water. Duidelijk is dat er weinig toename is van zilverschurft gedurende twee weken. Voor de controle neemt de index toe van 9 naar 12, voor de diverse behandelingen is een soortgelijke toename te zien. Deze toename is erg klein en het is daarom moeilijk te selecteren of er behandelingen zijn met een remmend effect op de zilverschurft toename. Omdat de index voor en na behandeling van dezelfde 15 aardappelen is bepaald, kan een percentuele toename van de index per behandeling berekend worden. Figuur 5.2 laat de percentuele groei van de zilverschurft index zien. Hieruit blijkt dat de behandelingen met ethanol en ethanol met carvon het best scoren. Gezien de geringe verschillen tussen voor en na behandeling en de grote spreiding van de resultaten kunnen hier echter geen verregaande conclusies worden getrokken.



Figuur 5.1. Resultaat van de verschillende behandelingen van experiment I.



Figuur 5.2. Percentuele groei van de zilverschurft index van experiment I.

Conclusie

De uitgroei van zilverschurft is onvoldoende om een effect van een behandeling te onderscheiden van de controle. Het experiment moet worden herhaald met aardappelen met een betere groei van zilverschurft gedurende twee weken in verpakking.

Experiment II

Gebruikt ras: Bintje (bewaard bij hoge RV)

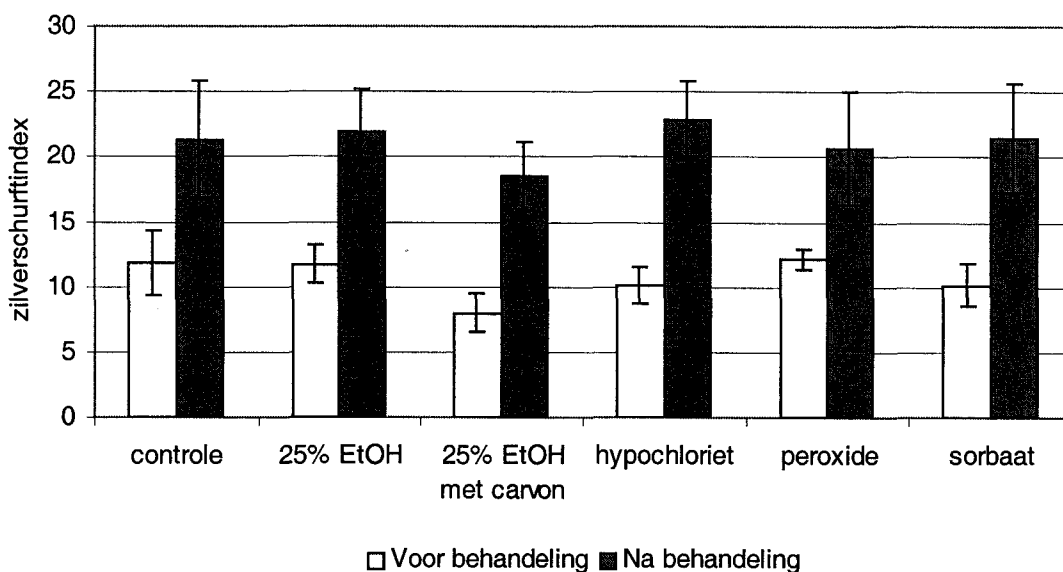
Gebruikte methode: Dompelen in oplossing

Opzet

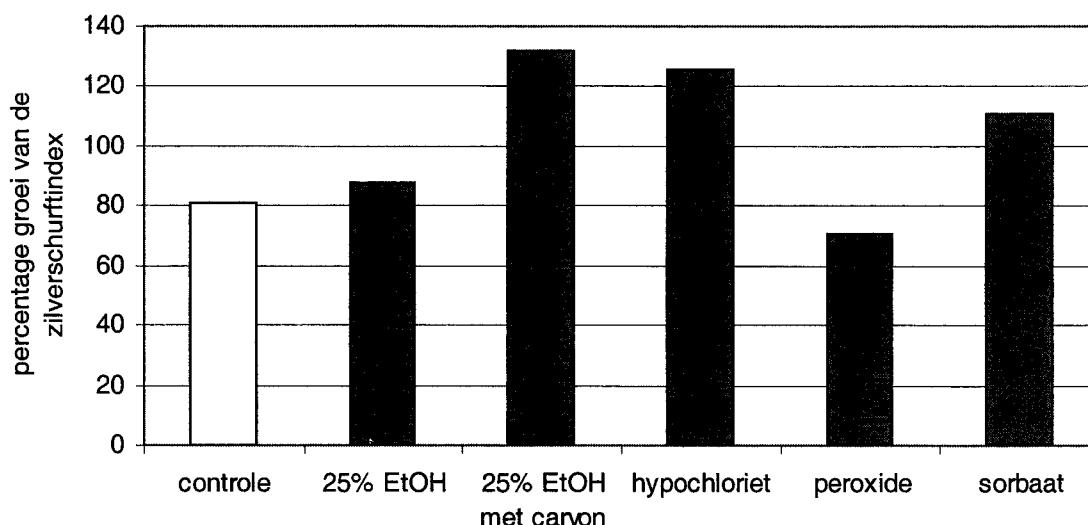
De opzet van dit experiment is identiek aan experiment I (zie tabel 5.1). Alleen de gebruikte aardappelen zijn van een andere partij (Bintje ipv Santé).

Resultaat

Het resultaat van dit experiment staat grafisch weergegeven in figuur 5.3. Uitgroei van zilverschurft is duidelijk te zien. Uitgangssituatie is rond index 10, na twee weken uitgroei is index pakweg verdubbeld. Figuur 5.4 laat de relatieve percentuele groei zien. De behandeling met 25% ethanol en de behandeling met peroxide laten een even grote relatieve groei zien als de controle, terwijl bij de overige behandelingen de zilverschurft index hoger is dan de controle behandeling.



Figuur 5.3. Resultaat van de verschillende behandelingen van experiment II



Figuur 5.4. Percentuele groei van de zilverschurft index van experiment I.

Conclusie

In dit experiment is een toename van zilverschurft index waargenomen van 75 tot 125%. Dit zijn behoorlijke toenames, waarbij een reductie van groei waarneembaar zou moeten zijn. De uitgevoerde behandelingen hebben geen vermindering van zilverschurft index tot gevolg. In een aantal gevallen neemt de zilverschurft index door een behandeling juist toe.

5.3 Experimenten III en IV

In experimenten III en IV is onderzoek gedaan naar de zilverschurftremmende werking van agriclean, een product dat gebruikt wordt bij wassen van pootgoed ter voorkoming van ziekten.

In alle voorgaande experimenten is geen enkel waswater-additief in staat gebleken de toename van de zilverschurft index effectief en eenduidig te remmen. Op zich is dit een opvallend resultaat, omdat de gebruikte middelen in het algemeen bekend staan als bacterie en schimmeldodend. Ook de gebruikte doseringen moeten voldoende zijn.

In experiment III en IV zijn, naast agriclean, nog twee varianten meegenomen. De eerste behandeling betreft een dompeling in een oplossing met imazalil. Imazalil is een fungicide met een bewezen werking tegen zilverschurft. De tweede variant is de uitgroei temperatuur aanpassen. Een verlaging van de temperatuur van 18°C naar 6°C moet normaliter een invloed hebben op de groeisnelheid van zilverschurft. Deze twee laatste varianten, gebruik van imazalil en lagere uitgroei temperatuur, zijn uitdrukkelijk niet bedoeld om te komen tot een directe praktijktoepassing, maar om meer inzicht te krijgen in de toename van de zilverschurft index bij verschillende omstandigheden.

Experiment III

Gebruikt ras: Bintje (bewaard bij hoog RV)

Behandelmethode: Dompelen in oplossing

Opzet

- Aardappelen wassen
- Bepaling zilverschurft index aan 15 knollen (in viervoud uitvoeren).
- Aardappelen behandelen door 10 minuten dompelen in betreffende oplossing
- Aardappelen drogen aan de lucht en vervolgens verpakken (15 knollen per verpakking, 4 verpakkingen per behandeling)
- Na twee weken bij 6°C of 18°C en RV>95% bepaling van zilverschurft index

Behandelingen

Tabel 5.2. Overzicht van de diverse behandelingen van experiment III

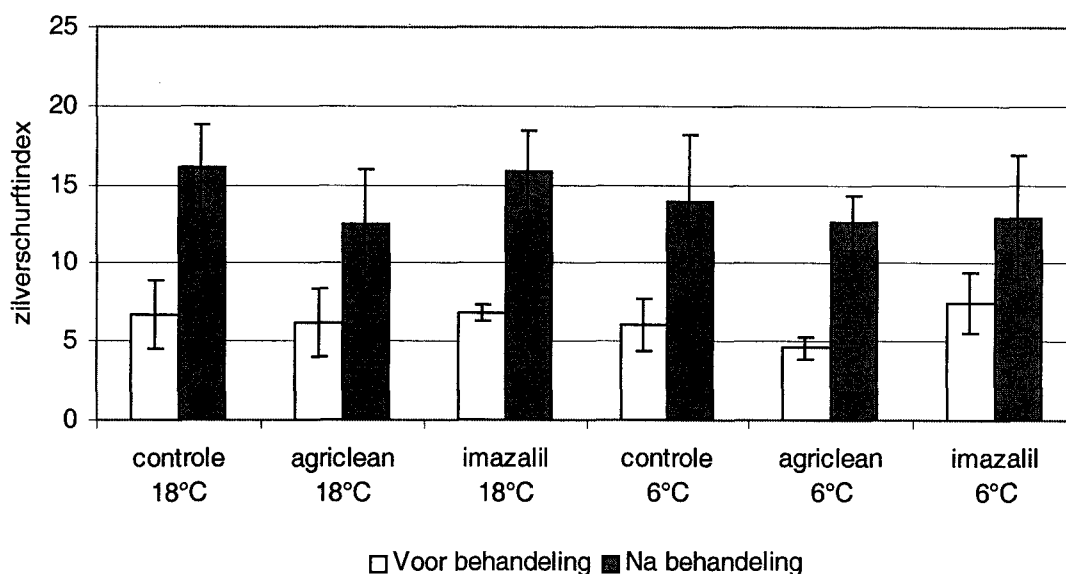
	Behandeling	Temperatuur
1	controle (dompelen in water)	18°C
2	agriclean	18°C
3	imazalil	18°C
4	controle (dompelen in water)	6°C
5	agriclean	6°C
6	imazalil	6°C

Agriclean: volgens etiket 1:60 met water verdund.

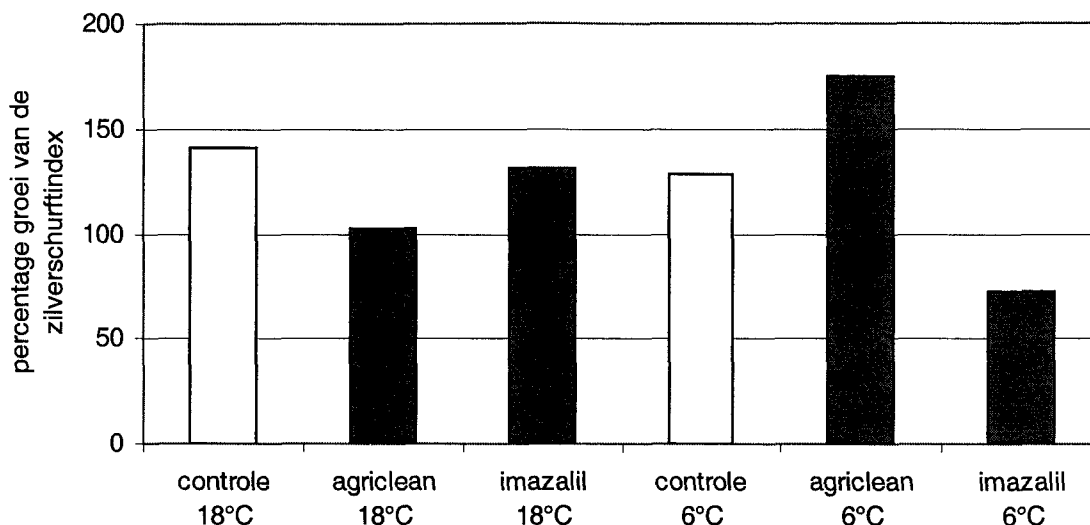
Imazalil: dompeling in waterige oplossing van 1 g/l werkzame stof

Resultaat

Er is een duidelijke toename waarneembaar tijdens de twee weken 'winkelsimulatie' (figuur 5.5 en 5.6). De zilverschurft index neemt toe van ongeveer 6 naar 12,5 tot 16. Opvallend is dat er nauwelijks verschil is tussen twee weken uitgroei bij 18°C of twee weken bij 6°C. Agriclean lijkt geen effect te hebben op de toename van de zilverschurft index. Alleen een behandeling met imazalil en een uitgroei temperatuur van 6°C lijkt een effect te hebben op de toename van de zilverschurft index.



Figuur 5.5. Resultaat van de verschillende behandelingen van experiment III



Figuur 5.6. Percentuele groei van de zilverschurft index van experiment III.

Experiment IV

Dit experiment is een herhaling van experiment III, maar nu met drie verschillende temperaturen voor de tweewekelijkse uitgroei van zilverschurft en een ander ras (Santé ipv Bintje).

Gebruikt ras: Santé (bewaard bij hoog RV)

Behandelmethode: Dompelen in oplossing

Opzet

- Aardappelen wassen
- Bepaling zilverschurft index aan 15 knollen (in viervoud uitvoeren).
- Aardappelen behandelen door 10 minuten dompelen in betreffende oplossing
- Aardappelen drogen aan de lucht en vervolgens verpakken (15 knollen per verpakking, 4 verpakkingen per behandeling)
- Na twee weken bij 6°C of 18°C en RV>95% bepaling van zilverschurft index

Behandelingen

Tabel 5.3. Overzicht van de diverse behandelingen van experiment IV

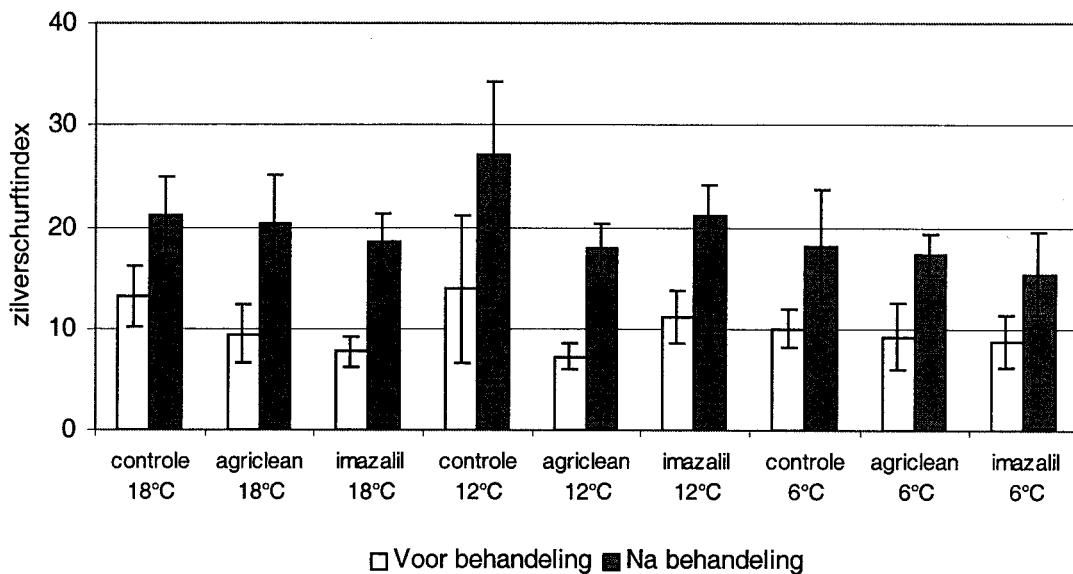
	Behandeling	Temperatuur
1	controle (dompelen in water)	18°C
2	agriclean	18°C
3	imazalil	18°C
4	controle (dompelen in water)	12°C
5	agriclean	12°C
6	imazalil	12°C
7	controle (dompelen in water)	6°C
8	agriclean	6°C
9	imazalil	6°C

Agriclean: volgens etiket 1:60 met water verdund; Imazalil: dompeling in waterige oplossing van 1 g/l werkzame stof

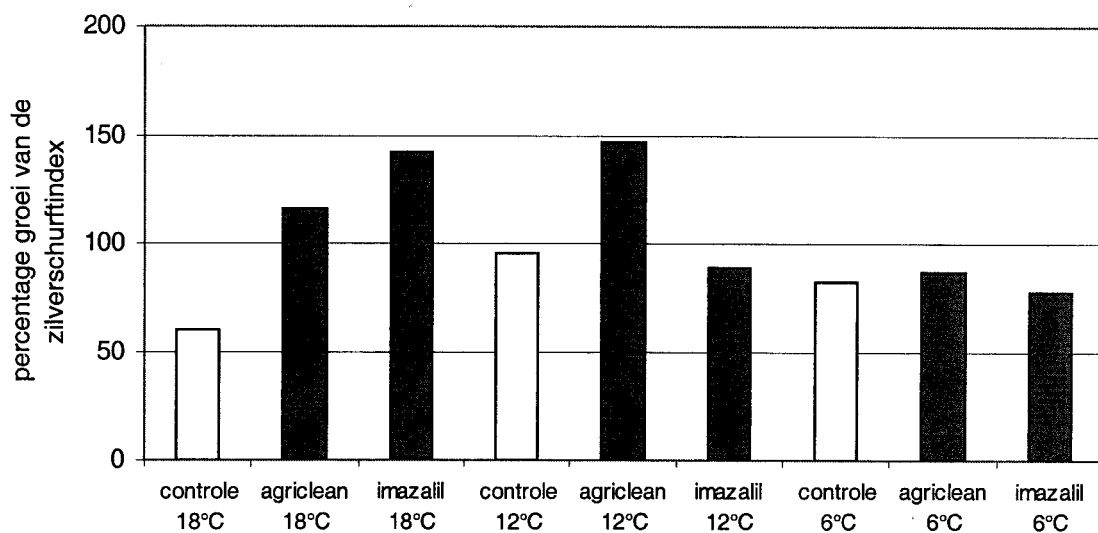
Resultaat

Figuren 5.7 en 5.8 laten de resultaten zien van de diverse behandelingen en temperaturen. De toename van zilverschurft is voldoende om effecten van diverse behandelingen te zien. In een periode van twee weken verdubbelt de zilverschurft index. De percentuele toename na twee weken ligt tussen 50 en 100% voor de controles. De behandelde objecten nemen echter evenveel of meer toe. Dit is een onverwachte situatie, omdat aangenomen mag worden dat de toename van de zilverschurft index evenredig is met de temperatuur in het gebruikte temperatuurvenster.

Imazalil kan in de gebruikte toedieningsvorm en concentratie de toename van de zilverschurft index niet remmen. Dit doet niets af aan de resultaten van imazalil als fungicide tijdens lange bewaring.



Figuur 5.7. Resultaat van de verschillende behandelingen en temperaturen van experiment IV.



Figuur 5.8. Percentuele groei van de zilverschurft index van experiment IV.

Conclusie

- Zowel agriclean als imazalil (met de hier gebruikte concentraties en toedieningsmethode) hebben geen remmend effect op de toename van de zilverschurft index bij uitgroei gedurende twee weken bij temperaturen van 6 tot 18°C.
- De toename van de zilverschurft index gedurende twee weken bij hoge RV is niet afhankelijk van de temperatuur als deze temperatuur zich tussen 6 en 18°C bevindt.

5.4 Conclusies en discussie

- Van de middelen getoetst in de afgelopen twee jaar is geen product gevonden waarbij de zilverschurft index toename gestopt of voldoende geremd kan worden. Een oplossing van het probleem, groei van zilverschurft in de verpakking, door een toevoeging aan het waswater is niet haalbaar met de geprobeerde middelen.
- Zowel agriclean als imazalil (met de hier gebruikte concentraties en toedieningsmethode) hebben geen remmend effect op de toename van de zilverschurft index bij uitgroei gedurende twee weken bij temperaturen van 6 tot 18°C.
- De toename van de zilverschurft index gedurende twee weken bij hoge RV is niet afhankelijk van de temperatuur als deze temperatuur zich tussen 6 en 18°C bevindt.

Met de hierboven beschreven experimenten is getracht de toename van de zilverschurft index te remmen. De gebruikte techniek is dompeling in een water met daaraan toegevoegd een product met een remmende werking op schimmels. Deze techniek is in principe direct in een praktijkoplossing te vertalen. Echter, geen van de geteste middelen kan de toename van de zilverschurft index voldoende remmen dat een toepassing in een praktijksituatie haalbaar is.

Groei van zilverschurft is bewezen temperatuursafhankelijk (zie oa rapportage jaar 2). Dit effect kan echter niet worden teruggevonden in de waswater- en verpakkingsexperimenten. De vraag of een toename van de zilverschurft index in de verpakking wel te verklaren is door groei van de zilverschurftplekken. Mogelijk is hier iets anders aan de hand. Een theorie is dat door wassen of door handling de zilverschurft index toeneemt, terwijl de schimmel zelf niet groeit. Mogelijk zijn bepaalde processen in de aardappelschil hieraan debet. De bekende zilverschurft lesies, de zilvergrijze plekken, zijn zichtbaar door structuurveranderingen in de schil omdat *H.solani* daar groeit. De schimmel zelf is dus niet te zien op aardappel, tenzij deze sporuleert. Een andere mogelijkheid is dat het mycelium, dat in de dode cellagen van de schil groeit (kurk), geheel niet bereikt wordt door de middelen. Mogelijk dringt een waterige oplossing onvoldoende door in de kurkcellen.

Getracht is om door middel van een dompeling in een oplossing met een lage dosering imazalil de groei van de zilverschurft index te remmen. Dit is niet gelukt. Een oorzaak kan zijn dat de methode of dosering niet toereikend was. Een andere verklaring is dat de index toeneemt in de verpakking, terwijl de schimmel zelf niet meer groeit. Uitdrukkelijk wordt erop gewezen dat deze resultaten niets afdoen aan imazalil als werkzame stof tijdens bewaring van aardappelen.

6 Vochtregulerende verpakkingen

6.1 Inleiding

De schimmel *Helminthosporium solani*, veroorzaker van zilverschurft, groeit goed onder warme en vochtige omstandigheden. Door nu de vochtigheid binnen de verpakking te verminderen is het wellicht mogelijk om de uitgroei te beperken. De luchtvochtigheid binnen een verpakking kan op twee wijzen worden verminderd:

- een zak met een hoge waterdamp-doorlaatbaarheid in een droge omgeving
- droogmiddel aan de zak toe te voegen

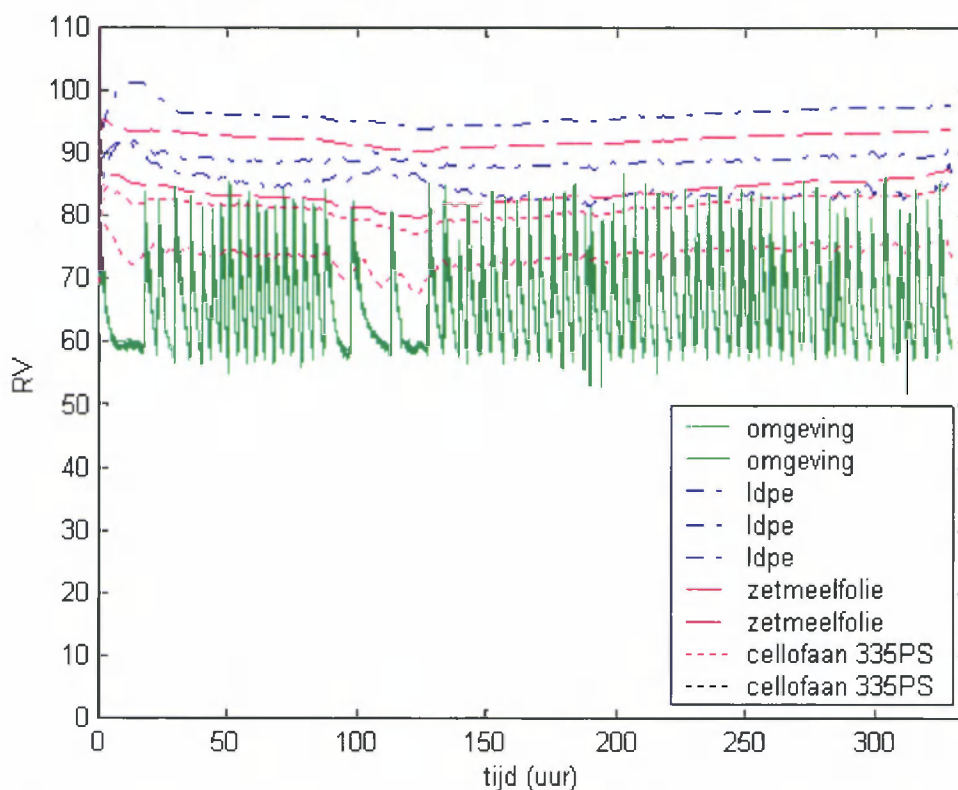
Beide strategieën zijn uitgebreid geprobeerd. Allereerst werden de vochtregulerende kwaliteiten van diverse verpakkingconcepten uitgetest. Op basis hiervan werden de beste vochtregulerende verpakkingconcepten gekozen en werden deze vervolgens in een uitgebreide verpakkingstest getest op hun zilverschurft remmende werking.

6.2 Verkenning vochtregulerende aardappelzakken

Om vast te kunnen stellen in welke mate verpakkingconcepten voor aardappelen de luchtvochtigheid in de kopruimte kunnen sturen werd de volgende verkenning uitgevoerd. Santé aardappelen uit de praktijk werden gewassen, aan de lucht gedroogd en verpakt in diverse verpakkingconcepten (zie onderstaande lijst) samen met RV-sensoren. Deze verpakkingen werden 2 weken lang bewaard in een ruimte van 18°C en ca. 70% RV. De gemeten relatieve vochtigheid in de zak in de tijd werd gemiddeld. De navolgende verpakkingconcepten werden getest.

- Standaard aardappelzak, LDPE rood gekleurd met grote gaten
- Gemicroperforeerd OPP, helder, Danisco flexibles
- Gemicroperforeerd OPP, helder met een papieren inlegvel
- Gemicroperforeerd OPP, helder met een polyacrylaat absorber
- Cellofaan 335PS en 335 MS, UCB België
- Cellulose acetaat, helder
- PET, amorf, helder
- Paragon zetmeelfilm, melkachtig, testproduct van AVEBE en ATO
- Kartonnen doos met sluitende LDPE-zak als nabootsing van een Kartonnen doos met buiten PE-lining.
- Papieren zak
- Hot needle geperforeerd OPP
- Hyplast, een experimentele film die zeer veel vocht door laat.

In figuur 6.1 staan de enkele vochtigheidsgrafieken weergegeven als voorbeeld van de meetresultaten. Hieruit blijkt duidelijk dat relatieve vochtigheid sprongsgewijs varieerde buiten de verpakkingen en dat de luchtvochtigheid binnen de verpakking deze variatie meer of minder snel volgde. Bij verpakkingen met een hoge doorlaatbaarheid gaat dit sneller dan bij verpakkingen met een geringe waterdamp-doorlaatbaarheid.



Figuur 6.1. Relatieve vochtigheid in de bewaarruimte (groene lijnen), binnen in de standaard LDPE zakken (blauwe onderbroken lijnen), binnen de zetmeelzakken (bovenste rode lijnen) en binnen de cellofaanzakken (onderste gestippelde rode lijnen).

De gemeten waarden van relatieve vochtigheid binnen de verpakkingen werden gemiddeld. Deze gemiddelden en de uitdroging in 2 weken tijd zijn samengevat in tabel 6.1.

Tabel 6.1. De gemiddelde relatieve vochtigheid binnen de verpakking en de uitdroging van de aardappelen in 2 weken tijd binnen deze verpakking.

Soort verpakking	Gemiddelde relatieve vochtigheid, [%]	Uitdroging, [%]
Standaard zak, LDPE met gaten	87±2	1.7
OPP microperforaties	100	0.2
OPP microperforaties met inlegvel	93±2	0.4
OPP microperforaties met absorber	87±4	
Cellofaan PS	76±2	2.4
Cellofaan MS	92±2	
Zetmeelfilm	83±2	3.2
Doos in LDPE-zak	94±2	1.3
Cellulose acetaat	87±2	
Papieren zak	75 ± 3	
PET	100	
Hot-needle OPP zak	76±2	
Hypplast	67±2	3.7

Uit deze resultaten blijkt duidelijk dat de relatieve vochtigheid binnen de aardappelzak gereguleerd kan worden door keuze van het materiaal waaruit de folie gemaakt is. In OPP zakken met kleine perforaties is de vochtigheid 100 % en er is condens zichtbaar. Een papieren inlegvel heeft hier weinig invloed op. De absorber kan de luchtvochtigheid beperkt verlagen, maar is omvangrijk en duur. OPP zakken met veel gaten erin (hot needle) bezitten een interne relatieve vochtigheid die gelijk is aan die van de buiten atmosfeer.

De standaard zak van LDPE met grote gaten heeft een interne RV die iets hoger is dan de buiten RV, de grote gaten zorgen voor voldoende uitstroom van waterdamp. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat in deze proef alle verpakkingen apart neergelegd zijn op roosters en niet zoals in de praktijk op elkaar, zodat in de praktijk de gaten vaak geblokkeerd worden en de feitelijke RV in de zak hoger is.

Zakken gemaakt van materialen met een hogere waterdamp-doorlaatbaarheid (zetmeel, cellofaan 335PS, cellulose acetaat, papier en hyplast) laten een duidelijk lagere relatieve vochtigheid in de kopruimte van de verpakking zien. De relatieve vochtigheden binnen de zetmeelzak, de cellofaanzak en van Hyplast zijn bijna gelijk aan de relatieve vochtigheid van de omgeving.

Daarnaast blijkt uit de resultaten, zoals verwacht, dat de uitdroging van de aardappelen omgekeerd evenredig is met de relatieve vochtigheid binnen de verpakking.

6.3 Effect van vochtregulerende verpakkingen op de uitgroei van zilverschurft

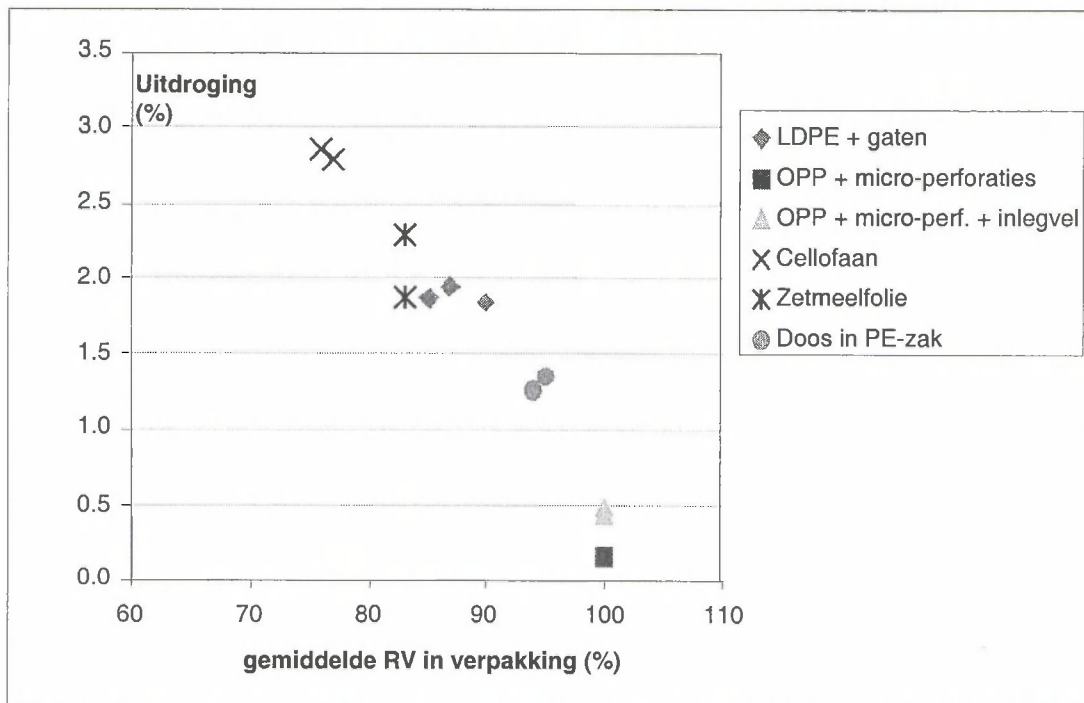
Om het effect van de vochtregulerende verpakkingen op de uitgroei van zilverschurft te bestuderen werd er een verpakkingstest uitgevoerd. Hierbij werden zes verschillende verpakkingvormen met elkaar vergeleken op de uitgroei van zilverschurft die een verschillende relatieve vochtigheid binnen de kopruimte verwezenlijken. Dit waren de volgende verpakkingvormen:

- Standaard aardappelzak, rood LDPE met grote gaten,
- OPP met microperforaties
- OPP met microperforaties en een papieren inlegvel
- Zetmeelfolie
- Cellofaan 335PS
- Kartonnen doos met PE omzak

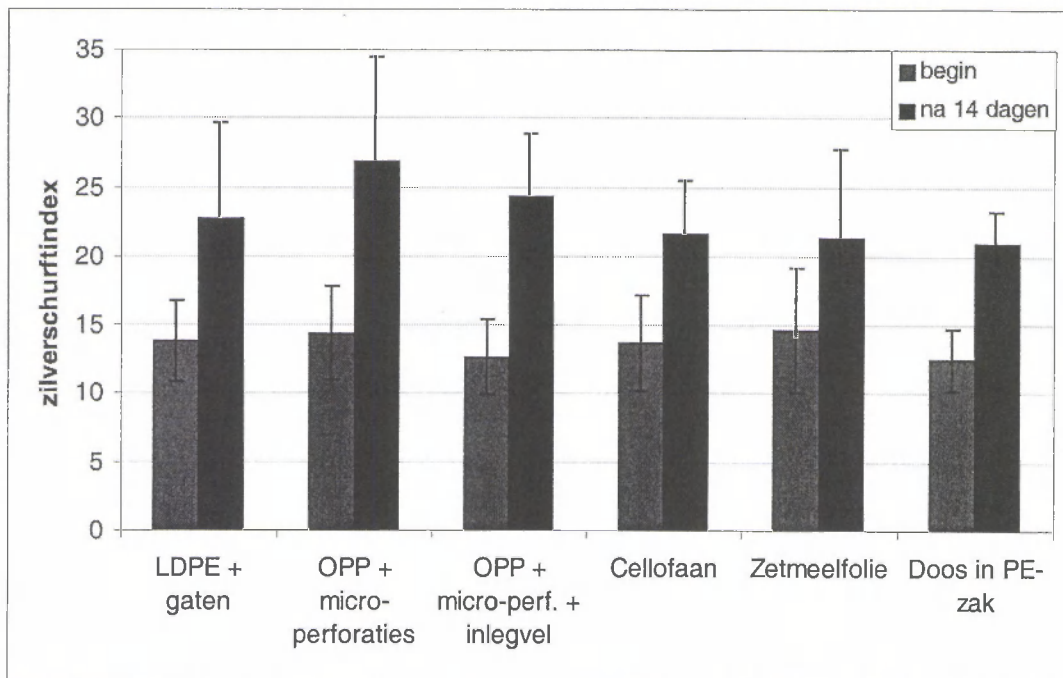
Elke zak werd gevuld met 15 aardappelen (Santé, praktijkpartij), die van tevoren waren gewassen, aan de lucht gedroogd, gewogen en op zilverschurft waren beoordeeld. Sommige zakken werden als controle uitgerust met RV sensor. Vervolgens werden de zakken gesloten en 2 weken lang bewaard bij 18°C en ca. 70 % RV. Na 2 weken werden de aardappelen gewogen en op zilverschurft beoordeeld.

Condens was alleen aanwezig aan de binnenkant van de OPP zakken. De aardappelen in de kartonnen dozen waren beschimmeld. De gemeten waarden van relatieve vochtigheid binnen de verpakking en de uitdroging waren geheel in overeenstemming met de eerdere resultaten, zie figuur 6.2.

Wederom werden er dus zeer verschillende niveaus van relatieve vochtigheid binnen de verpakking verwezenlijkt.



Figuur 6.2. De gemeten relatieve vochtigheid binnen de verpakking als functie van de gemeten uitdroging in 2 weken tijd.



Figuur 6.3. De gemiddelde zilver-schurftindices voor en na 2 weken voor de zes verschillende verpakkingsvormen. De zilver-schurftindex werd bepaald voor alle aardappelen per zak. Deze waarde werd gemiddeld per zak en vervolgens gemiddeld voor de vier herhalingen per verpakkingsvariant.

De resultaten van de zilver-schurft analyses zijn samengevat in figuur 6.3. De zilver-schurftindex werd voor alle aardappelen per zak bepaald. Deze indices werden per zak gemiddeld.

Vervolgens werden deze waarden gemiddeld over de vier herhalingen per verpakkingsvariant. Deze resultaten laten zien dat de zilverschurft uitgroeit van een laag beginniveau van 13-14 tot waarden tussen de 21 en de 27 na 2 weken. Geen van de vochtregulerende verpakkingsvarianten bleek in staat om de uitgroeit van zilverschurft te remmen ten opzichte van de uitgroeit in de standaard zak.

Wanneer de resultaten oppervlakkig onderzocht worden lijkt er wel een zekere trend te zijn, het lijkt alsof de uitgroeit van zilverschurft groter is in de meest vochtige verpakking (OPP) en minder in de drogere verpakkingen (cellofaan en zetmeel). Dit verband kan echter niet worden aangetoond, vanwege de grote spreiding in resultaten. Zodoende werd besloten deze verpakkingsproef nogmaals te herhalen.

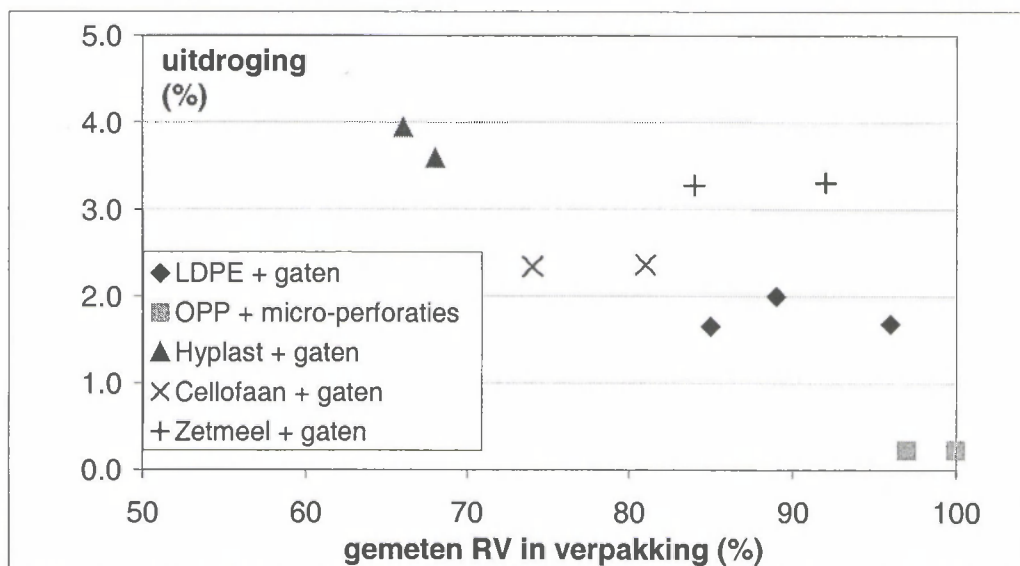
6.4 Tweede verpakkingsproef met vochtregulerende verpakkingen

Deze verpakkingsproef werd op gelijke wijze uitgevoerd als de eerste, echter nu werden er iets andere verpakkingsvormen gekozen:

- Standaard aardappelzak, rood LDPE met gaten
- OPP met micro-perforaties
- Zetmeelfolie met gaten
- Cellofaan 335 PS met gaten
- Hyplast met gaten

Ook nu werd er weer condens waargenomen binnen de OPP zak en in de rest van de zakken niet. In geen van de zakken beschimmelden de aardappelen zoals eerder in de kartonnen doos was gevonden. De resultaten van de gemiddelde relatieve vochtigheid binnen de verpakking en de uitdroging staan in figuur 6.4 samengevat.

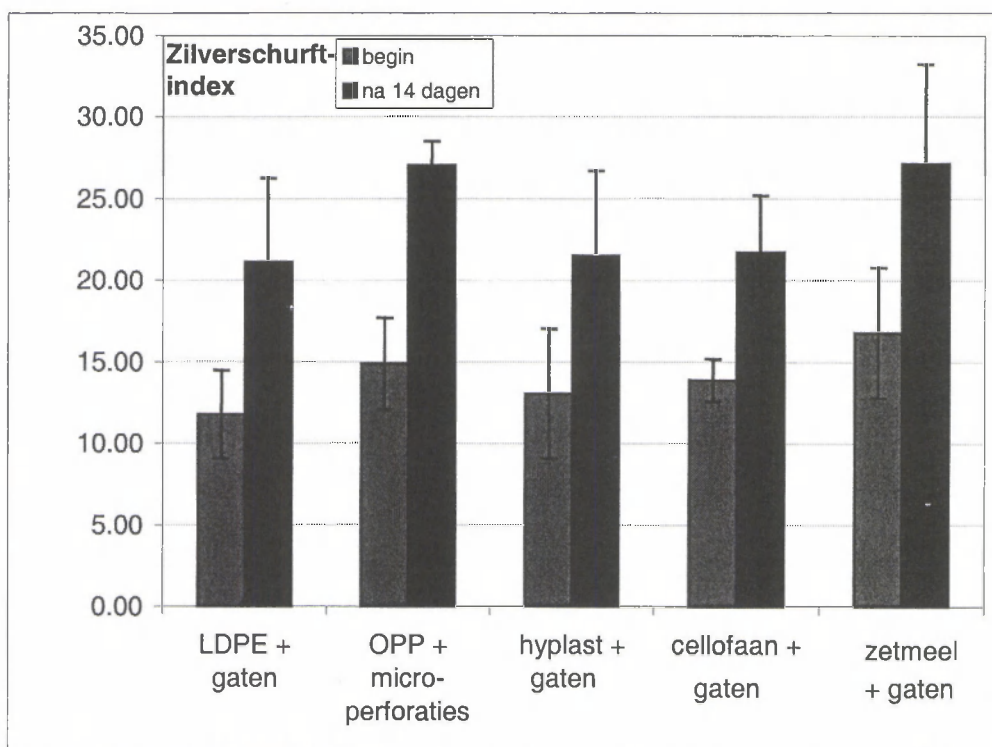
Wederom werd er, zoals verwacht, een duidelijk omgekeerd evenredig verband gevonden tussen relatieve vochtigheid binnen de verpakking en uitdroging van de aardappelen. De aardappelen in Hyplast droogden het meeste uit en voelden zelfs slap.



Figuur 6.4. De gemeten relatieve vochtigheid binnen de verpakking als functie van de gemeten uitdroging in 2 weken tijd.

De resultaten van de zilverschurft analyses zijn samengevat in figuur 6.5. Ook nu was de uitgroeit het grootste in de OPP zak, maar de verschillen met de andere zakken waren gering

en de spreiding in de uitgroei groot. Hierdoor is de conclusie wederom dat niet bewezen kan worden dat vochtregulerende verpakkingen de uitgroei van zilverschurft beperken.



Figuur 6.5. De gemiddelde zilverschurftindices voor en na 2 weken voor de zes verschillende verpakkingvormen. De zilverschurftindex werd bepaald voor alle aardappelen per verpakking. Deze waarde werd gemiddeld per verpakking en vervolgens gemiddeld voor de vier herhalingen per verpakkingvariant.

6.5 Conclusie vochtregulerende verpakkingen

Door aardappelen te verpakken in zakken van verschillende materialen kan de luchtvochtigheid van de kopruimte gestuurd worden. Bij zeer hoge luchtvochtigheid treedt er condens in de verpakking op en bij zeer lage luchtvochtigheid drogen de aardappelen teveel uit. Verwacht werd dat met een verlaagde luchtvochtigheid binnen de verpakking de uitgroei van zilverschurft beperkt kon worden. Er kon echter geen verband worden aangetoond tussen relatieve vochtigheid binnen de verpakking en de uitgroei van zilverschurft. Oppervlakkig gezien lijkt er een verband te bestaan, echter doordat de spreiding in de uitgroei groot is en het verschil in uitgroei tussen de verpakkingen klein is, kan geen verband worden aangetoond.

7 Piekdosering carvon

7.1 Inleiding

Verleden jaar is de gereguleerde afgifte van carvon aan verpakte aardappelen onderzocht. Er zijn toen afgiftesystemen ontwikkeld die de concentratie carvon na ongeveer 1 week op het gewenste niveau van ca. 30 µg/l realiseerden. Dat betekent dat de carvonconcentratie in de eerste week nog te laag is. Bovendien geeft dit een tweede probleem; de geur bij openen is te sterk. Deze problemen kunnen mogelijk ondervangen worden met een afgiftesysteem dat een omgekeerd afgiftepatroon realiseert: eerst een hoge concentratie, later een lagere. Dergelijke systemen worden piekdoseringssystemen genoemd. De eenvoudigste methode om dit te realiseren is met een spray-systeem. Hierbij worden de aardappelen in een zak gedaan, er wordt een carvonnevel in de zak gespoten en direct daarna wordt de zak gesloten. De carvon zal uit de nevel verdampen waardoor er een hoge concentratie carvon in de uren na het verpakken wordt bereikt. Vervolgens daalt deze concentratie doordat de carvon door de aardappelzak heen migreert en door de aardappel opgenomen wordt.

Carvonlevels kunnen op verschillende wijzen worden gemaakt, hierbij kunnen verschillende verdunningsmiddelen gebruikt (waterige systemen met emulgatoren, plantaardige oliën, ethanol, etc.). Bovendien kunnen verschillende spray-systemen worden gebruikt. Eerst werd er verkennend onderzoek verricht naar met meest geschikte verdunningsmiddel met enkele laboratorium-vernevelaars. Vervolgens werd met de meest geschikte levels een verpakkingstest gedaan waarbij het effect van de levels op de uitgroei van zilverschurft werd bepaald.

7.2 Verkennend onderzoek carvon-verneveling

In eerste instantie werden vier verschillende carvon-levels met elkaar vergeleken, zie onderstaande lijst. Hierbij werden 15 Santé aardappelen (praktijkpartij) in een gemicroperforeerde OPP-zak gedaan. Vervolgens werd er 1 of 5 seconden lang deze spray in de zak verneveld en werd de zak gesloten. Deze zakken werden gedurende 2 weken bewaard bij 18°C en 70% RV. De zakken werden regelmatig visueel geïnspecteerd en na 2 weken werd de geur bij opening bepaald en werd de visuele kwaliteit van de aardappelen snel beoordeeld. Het gebruikte vernevelingssysteem was een eenvoudig systeem dat met een handpomp op druk werd gebracht.

De aangemaakte carvon-oplossingen voor verneveling bestonden uit:

- Zuivere carvon (Talent, gedestilleerde karwijzaadolie)
- Carvon in ethanol (1:9 v:v)
- Carvon in zonnebloemolie (1:9 v:v)
- Carvon in emulgator oplossing (10 : 89 : 1 carvon : water: polyethyleenoxidesorbitol-monolaureaat v:v:v)

De resultaten van deze verkenning zijn samengevat in tabel 7.1. Levels van zuivere carvon en carvon-ethanol mengsels kleuren aardappelen zwart. Dit zijn waarschijnlijk brandvlekken ten gevolg van een te hoge concentratie carvon. Zuivere carvon-nevel zet de aardappelen aan tot rotten, waarbij veel vocht vrijkomt. Een vergelijkbaar beeld tonen aardappelen die met mengsels van carvon en ethanol behandeld werden. Hierbij werkt ethanol als een vochtonttrekkend middel. Beide oplossingen zijn dus niet geschikt om aardappelen mee te behandelen.

Aardappelen behandeld met de carvon-emulsie en met het mengsel van zonnebloemolie met carvon zagen er goed uit. De met olie behandelde aardappelen leken iets geler van kleur te zijn. De emulsie behandelde aardappelen neigden naar een iets bruinere kleur maar echt duidelijk was dit niet. Beide systemen zijn dus geschikt om te dienen als piekdoseringsysteem. Opmerkelijk is dat de nevel geen druppels vormt op de binnenkant van de verpakking of op de aardappelen. Het systeem blijft dus onzichtbaar.

Tabel 7.1. Resultaten van de verkenning van het effect van verdunde carvon-nevels op aardappels. De hoeveelheid oplossing die met de vernevelaars ingebracht werd, werd met een balans bepaald, door dit te vermenigvuldigen met de verdunningsfactor werd het ingebrachte gewicht carvon bepaald.

Nevel oplossing	Sproei-tijd, [s]	Gewicht carvon, [mg]	Geur bij openen [0-5]	Uiterlijke kenmerken
A, carvon	1	600	5	Na 3 dagen alles zwart, na 14 dagen rot en condens
A, carvon	5	3000	5	Na 3 dagen alles zwart, na 14 dagen rot en condens
B, carvon-ethanol	1	54	4	Op 20 % van de aardappelen zwarte vlekken, veel vocht in zak
B, carvon-ethanol	5	270	5	Alle aardappelen zwarte vlekken, plas water in zak
C, carvon-olie	1	40	2.5	De aardappelen lijken geler van kleur te zijn
C, carvon-olie	5	200	4	De aardappelen lijken geler van kleur te zijn
D, carvon emulsie	1	80	1	Beperkte spuitvorming
D, carvon emulsie	5	400	3	Normaal

Samengevat:

- carvon in zonnebloemolie en carvon emulsies zijn geschikte oplossingen om te vernevelen als piekdoseringsysteem.
- zuivere carvon en carvon in ethanol zijn niet geschikt.

Om de effecten van olie en emulsie gebaseerde nevels beter te leren kennen werd een tweede verkennende proef uitgevoerd. Hierbij werd gebruik gemaakt van een ander vernevelingssysteem met butaan als drijfgas. Dit systeem geeft een fijnere nevel. Om gelijke hoeveelheden te vernevelen met het eerder gehanteerde systeem moet er langer worden verneveld. Bovendien werd er ook een drievoudige hoeveelheid verneveld. Voor de rest werd de proef op dezelfde wijze uitgevoerd als de eerste proef. Bovendien werden enkele verkennende carvonconcentraties bepaald en werden ook aardappelen behandeld met olie en emulsie maar zonder carvon om het effect van alleen de olie en de emulsie te bestuderen. De resultaten van deze proef zijn samengevat in tabel 7.2.

Tabel 7.2. Resultaten van de tweede verkenning van het effect van carvon-niveaus op aardappels. De hoeveelheid oplossing die met de vernevelaars ingebracht werd, werd met een balans bepaald, door dit te vermenigvuldigen met de verdunningsfactor werd het ingebrachte gewicht carvon bepaald.

Nevel oplossing	Sproei-tijd, [s]	Gewicht carvon, [mg]	Geur bij openen [0-5]	Uiterlijke kenmerken na 2 weken
C, carvon-olie 1:9	25	200	1	Gele kleur, enkele kleine spruit, lichte oliegeur
Carvon-olie 3:9	25	600	2	Gele kleur met enkele bruine vlekken, lichte oliegeur
D, carvon emulsie 1:9	10	400	3	Egaal bruine geur
Carvon emulsie 3:9	10	1200	4.5	Bruine kleur, donkerder dan met de D-emulsie, kleine donkere plekje's zichtbaar
Zonnebloemolie	25	0	-	Gele kleur, veel 2 cm lange spruiten, schimmel naast spruit en oliegeur
Emulsie	10	0	-	Egale bruine kleur, veel 2 cm lange spruiten, schimmel naast spruit en aardegeur

Daarnaast werden een viertal carvonconcentraties gemeten in de zak 3 dagen nadat de nevel was ingespoten en de zak gesloten was, zie tabel 7.3.

Tabel 7.3. De gemeten carvonconcentraties binnen een viertal verpakkingen.

Nevel oplossing	Sproeitijd, [s]	Gewicht carvon, [mg]	Geur bij openen [0-5]	Carvon-concentratie in de zak na 3 dagen, [$\mu\text{g/l}$]
C, carvon-olie 1:9	25	200	1	20
Carvon-olie 3:9	25	600	2	39
Carvon emulsie 3:9	10	1200	4.5	77
Carvon emulsie 3:9	10	1200	4.5	118

Hieruit blijkt dat de carvon-concentraties bij de olie niveaus iets lager liggen dan bij de emulsie niveaus. De gemeten concentraties zijn in ieder geval groter of in de buurt van de streefwaarde van 30 $\mu\text{g/l}$.

Samengevat:

- Versproeiing door middel van carvon-niveaus geeft concentraties van meer dan 30 $\mu\text{g/l}$ nog na 3 dagen
- Hogere concentraties worden bereikt met het emulsiesysteem vergeleken met het oliesysteem.
- Carvon remt spruitvorming binnen deze gemicroperforeerde OPP zakken
- Olie sprays kleuren de aardappelen in beperkte mate geel
- Emulsie sprays kleuren de aardappelen in beperkte mate bruin

7.3 Effect piekdosering op uitgroei van zilverschurft

Om het effect van carvon-niveaus op de uitgroei van zilverschurft vast te stellen werd een verpakkingstest uitgevoerd. Hiervoor werden Santé aardappelen (praktijkpartij) gewassen, aan de lucht gedroogd en op zilverschurft beoordeeld. Vervolgens werden OPP

gemicroperforeerde zakken gevuld met 15 van deze aardappelen en al of niet met een carvonspray behandeld (vier verschillende soorten, zie onderstaande lijst) en gesloten. Voor en na het sproeien werd de zak gewogen, zodat precies kon worden bepaald hoeveel carvon in de verpakking was gebracht. Deze verpakkingen werden gedurende 2 weken bewaard bij 18°C en 70 % RV. Gedurende deze bewaarperiode werden acht verpakkingen geregeld bemonsterd om carvonconcentraties te meten en visueel geïnspecteerd. Tenslotte werd aan het einde van de 2 weken de zakken geopend, de geur bij opening bepaald, de uitdroging en op zilverschurft geanalyseerd.

De volgende nevels werden in de verpakking gespoten:

- E. Carvon in emulgator oplossing (10: 89 : 1 carvon : water: polyethyleenoxidesorbitol-monolaureaat v:v:v)
- F. Carvon in emulgator oplossing (20: 89 : 1 carvon : water: polyethyleenoxidesorbitol-monolaureaat v:v:v)
- G. Carvon in zonnebloemolie (1:9 v:v)
- H. Carvon in zonnebloemolie (2:9 v:v)
- I. Referentie zuivere emulsie (89: 1 water: polyethyleenoxidesorbitol-monolaureaat v:v)
- J. Referentie zuivere zonnebloemolie
- K. Referentie geen spray in standaard rode LDPE aardappelzak
- L. Referentie geen spray in gemicroperforeerde OPP zak

De algemene resultaten van de verpakkingproef zijn verzameld in tabel 7.4, de resultaten van de zilverschurft-analyses staan vermeld in figuur 7.1 en de carvonconcentraties in de tijd zijn weergegeven in figuur 7.2.

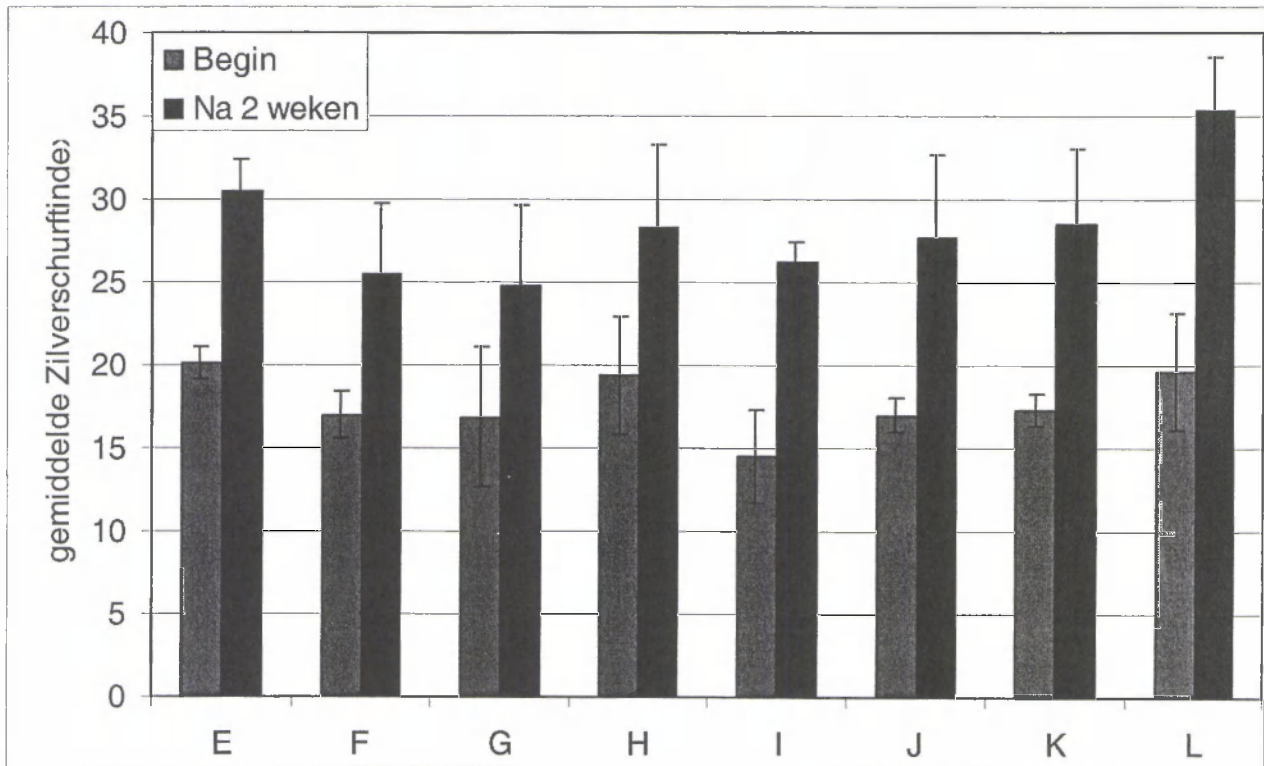
Tabel 7.4. De algemene resultaten van de verpakkingproef na 2 weken.

Nevel / Verp.	Sproei-tijd, [s]	Gewicht carvon, [mg]	Geur bij openen [0-5]	Uiterlijke kenmerken na 2 weken
E	15	230	1	Normale kleur, paar kleine (< 5mm) spruiten
F	15	260	1.8	Normale kleur, paar kleine (< 5 mm) spruiten
G	30	40	2.3	lets gelige kleur, nauwelijks spuitvorming
H	30	270	4	lets gelige kleur, geen spuitvorming, paar vochtdruppels
I	15	0	-	Normale kleur, 2 cm lange groene spruiten
J	30	0	-	lets gelige kleur, 2 cm lange groene spruiten
K	-	-	-	Normale kleur, 2 cm lange witte, groene en rode spruiten
L				Normale kleur, 2 cm lange groene spruiten

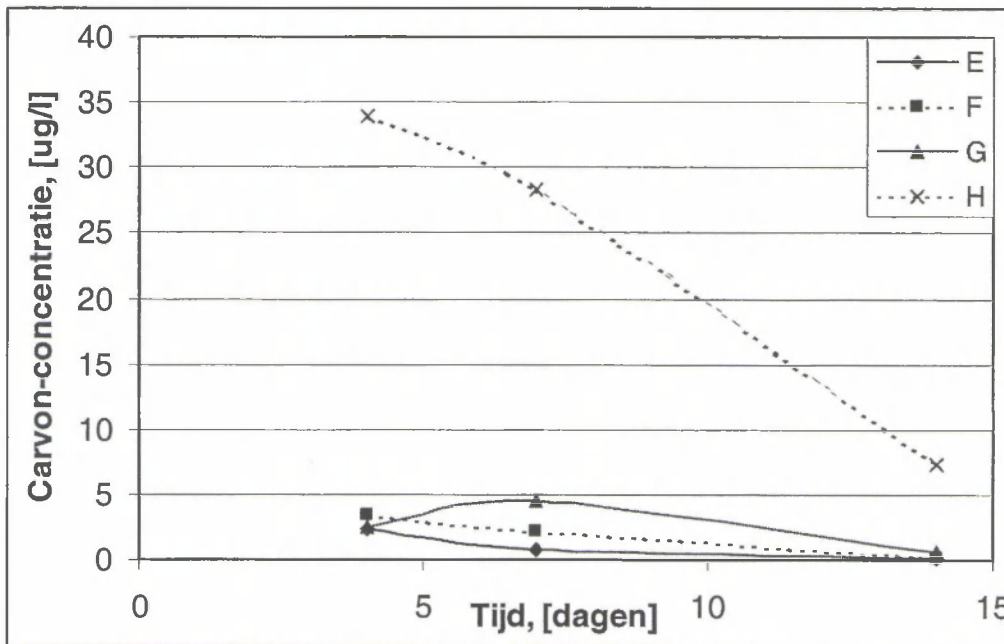
Uit tabel 7.4 blijkt dat de emulsiesystemen (E, F, I) geen invloed hebben op de kleur van de aardappel en dat de zonnebloemolie systemen (G, H, J) de aardappel iets geel kleuren. Verder blijken de carvon bevattende nevels (E, F, G, H) spuitvorming tegen te gaan in vergelijking met de systemen zonder carvon (I, J, K, L). Bovendien blijkt de geur bij openen na 2 weken bij de zonnebloemolie systemen duidelijker te zijn dan bij de emulsiesystemen.

Uit figuur 7.1 blijkt dat de carvon-nevels (E t/m H) de uitgroei van zilverschurft niet remmen ten opzichte van de referentie verpakkingen (I t/m K).

Uit figuur 7.2 blijkt dat de carvonconcentratie in verpakkingen waarin emulsie-niveaus (E, F) zijn gespoten laag blijkt te zijn (minder dan 5 µg/l), terwijl de concentratie in verpakkingen waarin met zonnebloemolie-niveaus (G, H) is gespoten aanzienlijk hoger uitpakt. Dit resultaat is in tegenspraak met de eerste metingen bij de sprayverkenning. Die metingen gaven aan dat de carvonconcentratie in verpakkingen met emulsienevels hoger zou zijn dan die in verpakkingen met olienevels. Mogelijk is het spraysysteem zeer gevoelig voor kleine veranderingen. In ieder geval blijkt de carvonconcentratie in de verpakkingen met de H-nivel groter geweest te zijn dan de 30 µg/l, toch werd de uitgroei van zilverschurft niet geremd in deze verpakking.



Figuur 7.1. De gemiddelde zilverschurft-indices per verpakkingsoort voor en na 2 weken bewaren. De zilverschurftindex werd per verpakking bepaald en gemiddeld voor de vier herhalingen per verpakkingvariant. De carvon bevattende sprays hebben codeletters E tot en met H, de referenties hebben codeletters I tot en met L.



Figuur 7.2. Verloop van de carvonconcentraties in de tijd. Van elke verpakkingvorm met carvonsprays werd in de tijd van twee verpakkingen de carvonconcentratie gemeten. Deze waarden werden gemiddeld.

Samengevat:

- Verpakkingen met een hoge carvonconcentratie ($> 30 \mu\text{g/l}$) in de kopruimte kunnen worden verkregen met behulp van carvon-verneveling.
- Deze verpakkingen remmen de uitgroei van zilverschurft niet.
- De spuitvorming lijkt wel te worden geremd.
- Zonnebloemolie gebaseerde nevels kleuren de aardappelen enigszins geel.

7.4 Conclusies

In het afgelopen jaar zijn er twee soorten actieve verpakkingen ontwikkeld om de uitgroei van zilverschurft op tafelaardappelen te remmen. Het betreft een vochtregulerend systeem en een piekdoseringssysteem met carvon-niveaus. Het is gelukt om de relatieve vochtigheid binnen aardappelzakken te reguleren door verpakkingmaterialen te kiezen die een hogere waterdampdoorlaatbaarheid bezitten. Het is eveneens gelukt om carvon-niveaus in verpakkingen te sprayen, zodat een hoge initiële concentratie carvon in de verpakking verkregen wordt, die langzaam afneemt in de tijd. Het is echter niet gelukt om met één van beide actieve verpakkingen de uitgroei van zilverschurft te remmen.

8 Hoog zuurstofverpakkingen

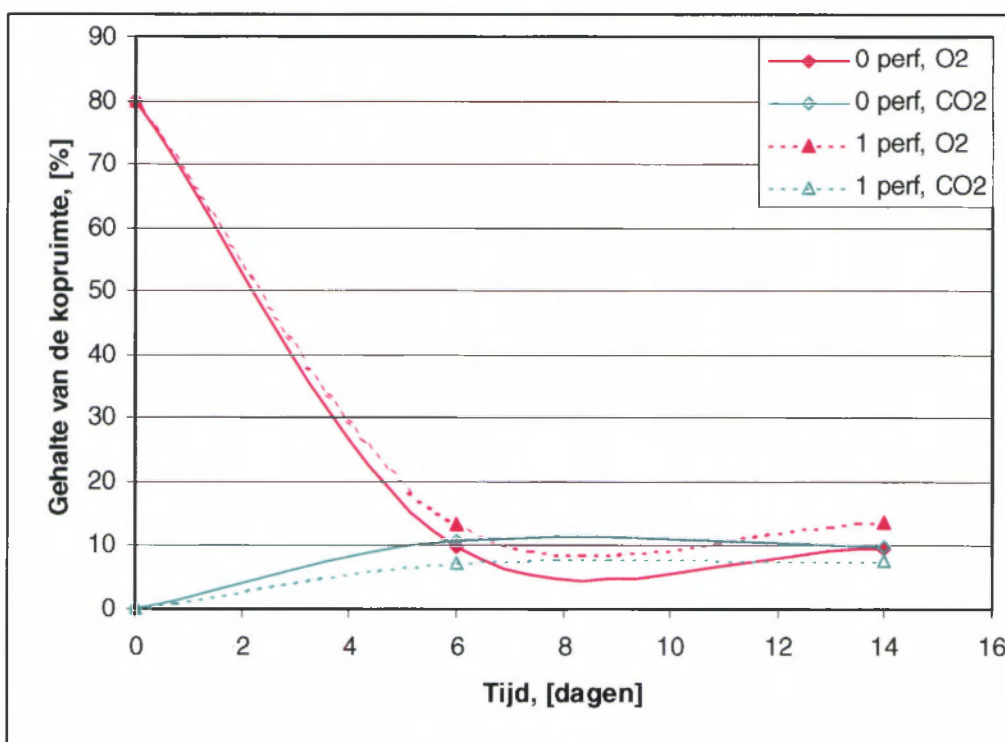
8.1 Inleiding

Van zeer hoge zuurstofgehalten (70-90 %) wordt beweerd dat deze beschermend werken voor tal van levensmiddelen. Wanneer dergelijke hoge zuurstofgehalten in de kopruimte van verpakkingen gerealiseerd wordt kunnen schimmels geïnactiveerd worden. Een voorbeeld van een product waarop hoog zuurstof positieve effecten op de kwaliteit heeft, zijn (levende) mosselen.

Hoge zuurstofgehalten in de kopruimte van de verpakking van een ademend product heeft één groot nadeel; er moet een precieze afstemming zijn met de ademhaling van het product en de gas-doorlaatbaarheid van de barrièreverpakking. In het geval de doorlaatbaarheid te hoog is, lekt de beschermende atmosfeer weg. Terwijl een te lage doorlaatbaarheid het gevaar van verstikking oplevert. Zodoende werd besloten om enkele verkennende testen te doen met verschillende verpakkingen. Hierbij werd gassamenstelling van de kopruimte en de kwaliteit van de aardappel in de tijd gevolgd.

8.2 Experimentele opzet

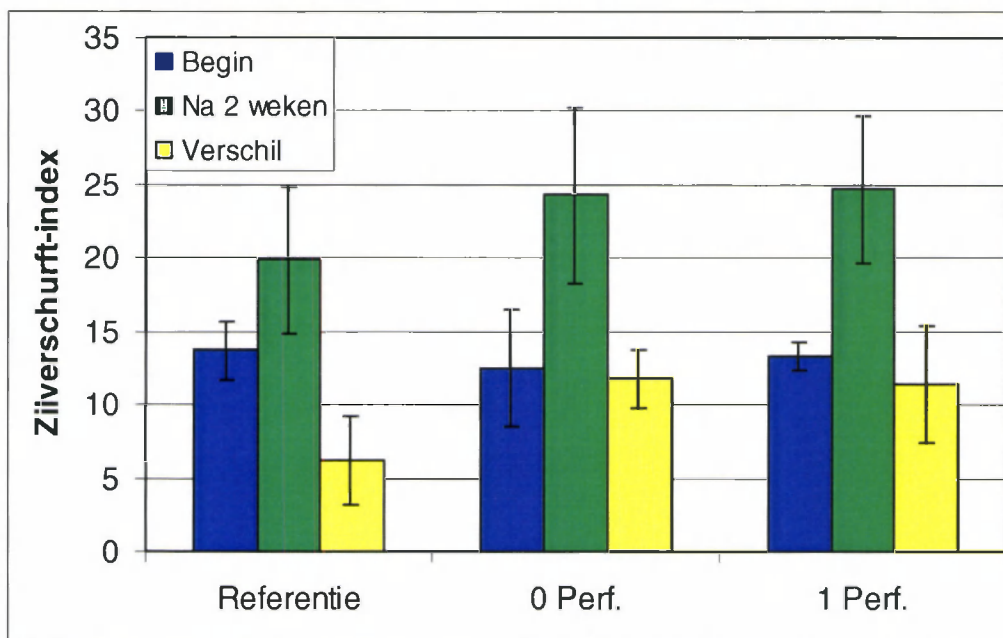
Allereerst werden met zilverschurft besmette Bintjes gesorteerd op grootte. Knollen die in de harde schaal van de verpakking pasten (5 cm hoog, 22 cm lang, 17 cm breed) werden uitgekozen. Deze knollen werden in het begin beoordeeld op zilverschurft, verpakt in een



Figuur 8.1. De ontwikkeling van de gassamenstelling (zuurstof, rood en koolzuur, groen) in de verpakingskopruimte in de tijd. De verpakkingen bevatten ca. 10 Bintjes. De schaal is van PP, de topfolie is 17 μ m OPP met of zonder perforatie. Voor het sluiten werden de verpakkingen begast met een mengsel van 80 % zuurstof en 20 % stikstof.

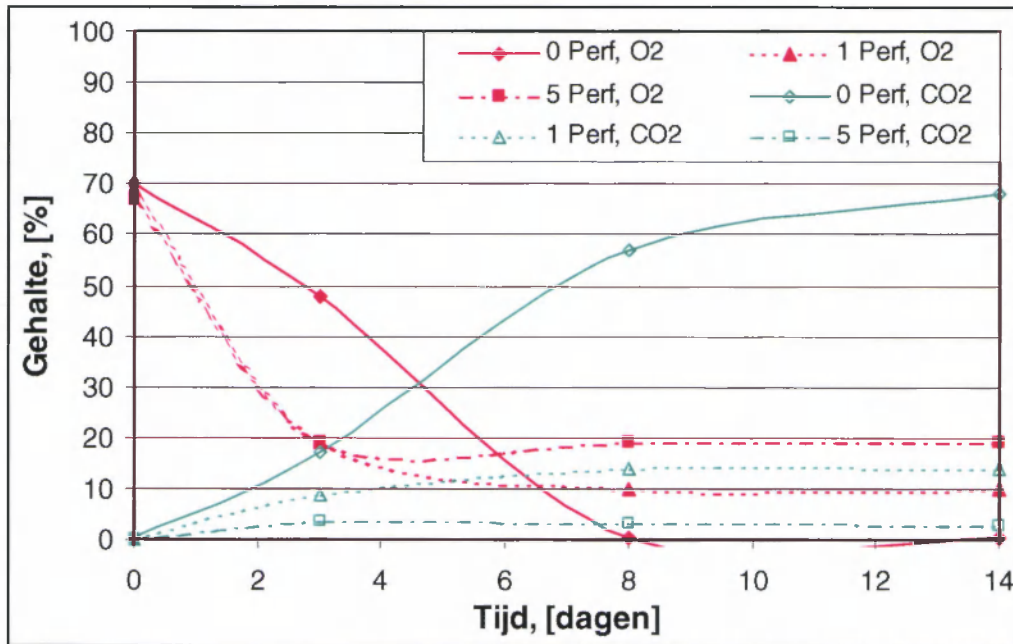
atmosfeer van 80 % zuurstof en 20 % stikstof met een 17 µm dikke OPP topfolie en bewaard bij 18°C en 70 % RV. Omdat verwacht werd dat de doorlaatbaarheid van deze verpakking te laag was, werd er in de helft van de verpakkingen een perforatie gemaakt. De gassamenstelling werd enkele malen in de tijd gemeten. Na 2 weken werden de verpakkingen geopend en werden de knollen op zilverschurft beoordeeld. De resultaten van de gas-metingen zijn samengevat in figuur 8.1. De prestaties van deze hoog-zuurstof verpakkingen werden vergeleken met de standaard geperforeerde LDPE aardappelzak.

De knollen zagen er na 2 weken in de verpakkingen nog goed uit (niet afwijkend) en werden op zilverschurft beoordeeld. De resultaten van de zilverschurft analyse zijn samengevat in figuur 8.2.

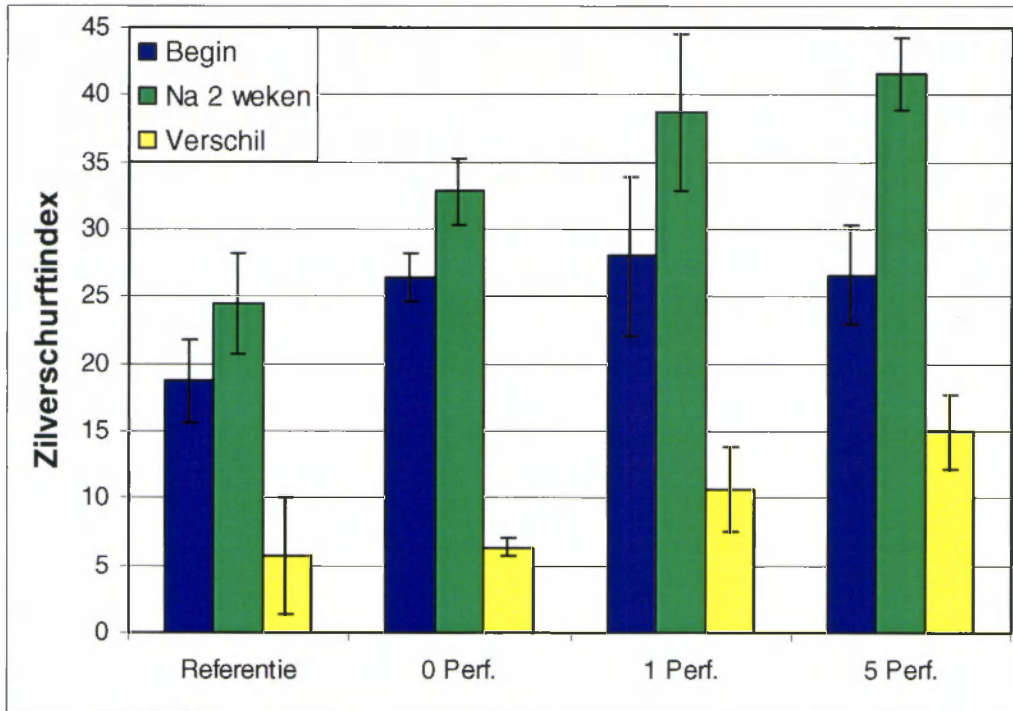


Figuur 8.2. De resultaten van de zilverschurft-analyses.

Uit figuur 8.1 blijkt dat de verpakkingen hun hoge zuurstofgehalte binnen 2 dagen verliezen, doordat de verpakkingen veel te doorlatend bleken te zijn. Derhalve is het niet verwonderlijk dat de uitgroei van zilverschurft niet geremd wordt door deze hoog zuurstofverpakking. Zodoende werd besloten om deze proef te herhalen met een minder doorlatende verpakking bestaande uit een PET-schaal en een PET-folie. Vergeleken werden volledig gesloten PET-verpakkingen en verpakkingen met één of vijf perforaties. De resultaten van de gasmetingen zijn samengevat in figuur 8.3.



Figuur 8.3. De ontwikkeling van de gassenstelling (zuurstof, rood en koolzuur, groen) in de verpakingskopruimte in de tijd. De verpakkingen bevatten ca. 10 Bintjes. De schaal en de topfolie zijn van PET zonder perforatie of met 1 of 5 perforatie(s). Voor het sluiten werden de verpakkingen begast met een mengsel van 80 % zuurstof en 20 % stikstof.



Figuur 8.4. De resultaten van de zilver-schurft-analyses met hoog zuurstofverpakkingen gemaakt van PET met 0, 1 of 5 perforaties.

Ook deze meer gesloten verpakkingen bleken niet in staat om de hoog zuurstofgehaltenes lang te behouden. In de meest gesloten verpakking was dit nog steeds niet langer dan 4 dagen.

Tegelijkertijd neemt in deze meest gesloten verpakking het koolzuurgehalte binnen een week toe tot meer dan 60 %. Alhoewel er in deze proef geen bewijs voor gevonden is, is het waarschijnlijk dat dergelijk hoge koolzuurgehaltes leiden tot productschade. Dus deze hoog zuurstofverpakkingen kennen een intrinsiek probleem; de zuurstof-doorlaatbaarheid is te hoog en de koolzuur-doorlaatbaarheid is te laag.

De resultaten van de zilverschurft-analyse zijn samengevat in figuur 8.4. Deze resultaten laten duidelijk zien dat de hoog zuurstofverpakkingen de uitgroei van zilverschurft op de aardappel niet kunnen beperken. Opmerkelijkerwijs is dat de uitgroei van zilverschurft gelijk is in de volledig gesloten PET-verpakking en de standaard aardappelzak.

8.3 Conclusies

- Hoog zuurstofverpakkingen zijn niet geschikt om de uitgroei van zilverschurft op tafelaardappelen te beperken. In het beste geval is de uitgroei gelijk aan die van de standaardverpakking.

9 Diverse behandelingen

9.1 Inleiding

Zilverschurft groeit in de buitenste cellagen van de aardappelschil. Het vermoeden bestaat dat deze schimmel binnenin deze lagen groeit, zonder direct contact met de buitenkant. Dit verklaart waarom waswateradditieven niet in staat zijn om de schimmel te inactiveren; de schimmel is eenvoudigweg onbereikbaar voor het middel. Om dit dilemma te doorbreken is een andere behandeling noodzakelijk; een behandeling die specifiek is voor het oppervlak. Zo'n oppervlakte-specifieke behandeling zou de schimmel moeten afdoden en de aardappel zelf ongemoeid laten. Drie zulke behandelingen zijn voorgesteld en uitgetoet:

- ◆ Korte hittebehandeling,
- ◆ Combinatie van infrarode en ultraviolette straling
- ◆ Combinatie van ultrageluid en een waswateradditief

9.2 Korte hittebehandeling

Een hitte behandeling is een bekende methode om schimmels te inactiveren. Om de aardappel niet te beschadigen en de schimmel maximaal te treffen is een oppervlakte-specifieke verhittingstechniek noodzakelijk. Hiervoor zijn technieken als behandeling met stoom en infrarood-bestraling het meest geschikt. Behandelingen met microgolven (magnetron) of met radiofrequente energie zijn niet geschikt omdat de aardappel zelf dan het meest verhit wordt, in plaats van het oppervlak.

Opzet

- Kortstondig behandeling van aardappelen met stoom (verschillende behandeltijden)
- Direct afkoelen van de aardappelen in water
- Drogen aan de lucht
- Verpakken in standaard geperforeerde LDPE verpakking
- Bewaring gedurende twee weken bij 18°C en 75% RV

Resultaat

Nog voordat de 2 weken over waren, waren alle verpakte aardappelen dusdanig aan het rotten, dat verdere bepalingen niet uitgevoerd zijn. Blijkbaar worden de aardappelen door deze kortstondige stoombehandeling dusdanig geraakt dat niet alleen de schimmel in de schil geïnactiveerd wordt, maar tevens delen van de aardappel beschadigen en afsterven.

Conclusie

- Kortstondige stoombehandeling is niet geschikt. Delen van de aardappel net onder de schil sterven af en gaan rotten. Het effect op de uitgroei van zilverschurft is niet bepaald.

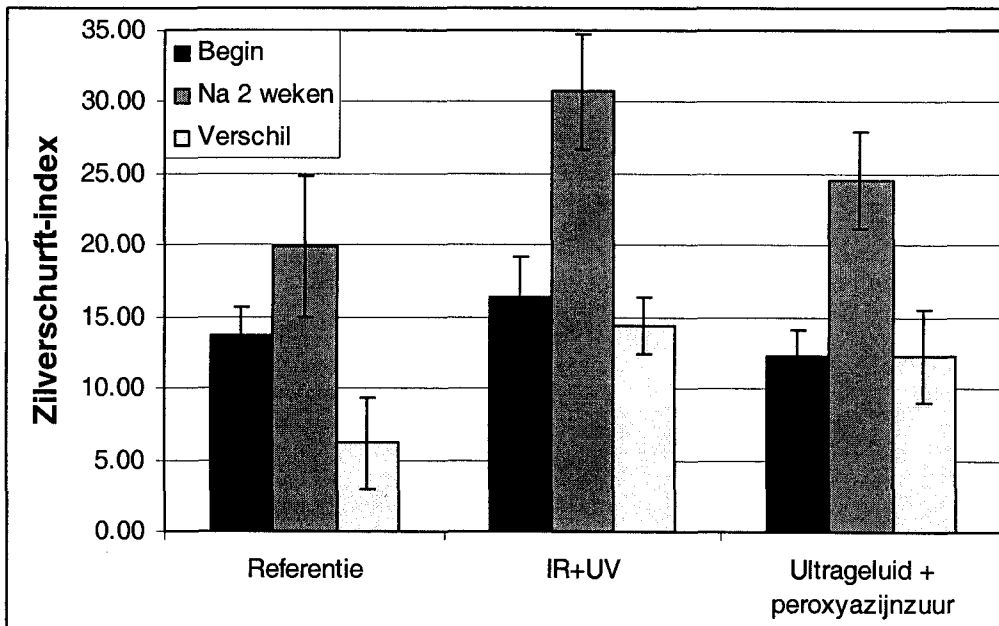
9.3 Combinatie technieken

Twee verschillende oppervlakte-specifieke behandelmethoden zijn getest om de zilverschurft te inactiveren. Bintjes werden behandeld met een combinatie van infraroodstraling en ultraviolette straling. Deze combinatie werd gekozen als verkenning voor mogelijke effecten van dergelijke

straling. Infrarood kan de buitenste millimeters van een oppervlak zeer intens verhitten en lijkt geschikt om de zilverschurft schimmel te inactiveren. Ultraviolette straling heeft een nog beperktere indringdiepte; slechts de buitenste micrometers worden bereikt. Ultraviolette straling kan mogelijk de eiwitstructuren en het erfelijk materiaal van de schimmel kapot maken. De Bintjes werden 5 minuten lang bestraald met infraroodlampen en UV-lampen, omgedraaid en nogmaals bestraald met dezelfde lampen. Hierna werden de aardappelen verpakt in de standaard aardappelzakken.

Daarnaast zijn Bintjes tevens met ultrageluid en een waswateradditief behandeld. Waswateradditieven hebben tot nu toe geen effect gehad op de uitgroei van zilverschurft. Door deze behandeling met ultrageluid te combineren kan worden verwacht dat de indringdiepte van het waswateradditief in de schil toeneemt en dat schimmel nu wel kan worden geïnactiveerd. De Bintjes werden gedompeld in een 2 % oplossing van peroxide en 10 minuten lang met ultrageluid behandeld bij 30°C. Hierna werden ze afgedept, gedroogd aan de lucht en verpakt in standaard aardappelzakken.

De verpakte aardappelen werden 2 weken lang bewaard bij 18°C en 75 % RV. Na deze bewaarperiode werden de aardappelen op zilverschurft geanalyseerd. Deze analyse werd vergeleken met de zilverschurft-analyse voor de behandelingen, zie figuur 9.1.



Figuur 9.1. Resultaten van de zilverschurft-analyse van de behandelde Bintjes.

De resultaten van de zilverschurft-bepalingen geven aan zilverschurft sneller uitgroeit op de behandelde Bintjes dan op de onbehandelde Bintjes. Beide combinatie-technieken zijn dus niet in staat om de schimmel te inactiveren. In tegenstelling, de schimmel wordt juist actiever. Dit is vermoedelijk het gevolg van de verwarming tijdens de behandeling.

Conclusies

- Behandeling van aardappelen met infrarode en ultraviolette straling remt de uitgroei van zilverschurft niet.
- Behandeling met ultrageluid en een waswateradditief (peroxide) remt de uitgroei van zilverschurft niet.

9.4 Conclusies

Er zijn een aantal alternatieve behandelingen uitgevoerd. Geen van de behandelingen is perspectiefvol gebleken voor remming en/of bestrijding van zilverschurft. Een aantal behandelingen lijkt niet te werken, zoals UV en infraroodlicht. De hittebehandeling door middel van stoom is dermate intensief dat de aardappelen er zelf door beschadigen met rot in de verpakking tot gevolg.

Experimenten met ultrageluid zijn uitgevoerd om te proberen waswatertoevoegingen te laten indringen in de schil (kurklaag). Ook dit remt de toename van de zilverschurft index niet. Dit laatste resultaat wijst er voorzichtig op dat de onbereikbaarheid van de schimmel in de schil niet als oorzaak mag worden aangemerkt voor het niet werkzaam zijn van de geteste waswater-additieven.

10 Conclusies en discussie

10.1 Algemene conclusies

- Tijdens lange bewaring bij 7°C groeit zilverschurft langzaam maar gestaag.
- De groei van zilverschurft tijdens lange bewaring is afhankelijk van de relatieve luchtvochtigheid. Een hoge relatieve luchtvochtigheid heeft een stimulerend effect op de ontwikkeling van de zilverschurft index tijdens lange bewaring.
- Een aantal middelen zijn als waswatertoevoeging getest op zilverschurftremmende eigenschappen. Kaliumsorbaat, waterstofperoxide en natriumhypochloriet hebben geen bewezen groeiremmend effect op de zilverschurft index bij uitgroei gedurende twee weken bij 18°C en hoge RV.
- Agriclean (een bestaande formulering voor wassen van aardappelen) heeft geen bewezen remmend effect op de toename van de zilverschurft index bij uitgroei gedurende twee weken bij temperaturen van 6 tot 18°C.
- De toename van de zilverschurft index gedurende twee weken bij hoge RV is niet afhankelijk van de temperatuur als deze temperatuur zich tussen 6 en 18°C bevindt.
- Het is mogelijk om de relatieve luchtvochtigheid in een verpakking met aardappelen te sturen door materiaalkeuze.
- Er kan geen verband worden aangetoond tussen relatieve vochtigheid in een verpakking en de uitgroei van zilverschurft op aardappelen in die verpakking.
- Het is mogelijk in een verpakking een piekdosering carvon te realiseren, die langzaam in de tijd afneemt.
- Het is niet aangetoond dat een piekdosering carvon in de verpakking een remmend effect heeft op de ontwikkeling van de zilverschurft index.
- Hoog zuurstofverpakkingen zijn niet geschikt om de uitgroei van zilverschurft op tafelaardappelen te beperken. In het beste geval is de uitgroei gelijk aan die van de standaardverpakking.
- Een korte oppervlakte-hittebehandeling door middel van stoom is niet geschikt voor remming van zilverschurft. Het aardappelweefsel raakt te veel beschadigd.
- Een behandeling van aardappelen met infrarode en ultraviolette straling remt uitgroei van zilverschurft onder de geteste omstandigheden niet.

10.2 Discussie

Dit derde en afsluitende jaar heeft de nadruk gelegen op het ontwikkelen van een zilverschurftremmende verpakking. Er zijn twee concepten uitgewerkt: een vochtregulerende verpakking en een actieve verpakking op basis van (piekdosering) carvon. Daarnaast zijn een

aantal waswater-additieven getoetst. Zowel de verpakkingen als de waswater-additieven hebben niet het gewenste resultaat, remming van zilverschurft in de verpakking-fase, opgeleverd.

Een belangrijk punt is dat een aantal 'zekerheden' toch minder zeker zijn in een (semi)-praktijk situatie. Zo is de groei van de zilverschurft-schimmel afhankelijk van temperatuur, maar kijkend naar ontwikkelingen van de zilverschurft index op verpakte aardappelen kan deze temperatuurs-afhankelijkheid niet worden aangetoond. Ook de groei onder verschillende RV's laat verschillen zien in verschillende situaties. Zo kan een RV-effect worden aangetoond bij de lange bewaring van aardappelen, maar niet in verpakkingen.

Carvon is naast kiemremmer ook een goede remmer van allerlei pathogenen, waaronder zilverschurft tijdens lange bewaring. In een verpakking is het echter niet mogelijk gebleken om zilverschurft adequaat te remmen door middel van carvon.

Een verklaring voor de hierboven beschreven resultaten zou kunnen zijn dat de toename van de zilverschurft index gedurende de eerste weken in een verpakkingssituatie niet afhankelijk is van de daadwerkelijke groei van de schimmel. De zilverschurft index is gedefinieerd als het oppervlak zichtbare aantasting (zilvergrijze vlekken). Deze worden zichtbaar door veranderingen in de structuur van de schil. Mogelijk kunnen deze structuurveranderingen blijven plaatsvinden, ook als groei van zilverschurft in de schil zelf is gestopt of geremd. De index toename is dan het gevolg van een soort achtergebleven symptoomontwikkeling van myceliumnetwerken, die al aanwezig zijn maar nog niet zichtbaar.

Een mogelijke verklaring voor het niet werken van verschillende waswater-toevoegingen is de slechte bereikbaarheid van de schimmel in de schil. Een waterige oplossing kan mogelijk niet genoeg in de kurkcellagen doordringen om zo zilverschurft te bestrijden. Een eerste experiment om dit te onderzoeken (ultrageluid tijdens dompeling van aardappelen) ondersteunt deze theorie echter niet.

Het is duidelijk geworden dat de beheersing van zilverschurft een zaak is van de gehele (tafel)aardappelketen. Door een goede beheersing van zilverschurft in de keten (vanaf schoon pootgoed, via teelt en bewaring) kan het probleem tijdens de verpak- en winkelfase beperkt blijven. Tijdens de verpakfase zijn de mogelijkheden tot beheersing van zilverschurft zeer beperkt gebleken.

Bijlage 1

Bepaling van de zilverschurft-index

Bepaling gebeurt visueel door een schatting te maken van het percentage door zilverschurft bedekt oppervlak van de zwaarst besmette zijde van de knol. Met het geschatte percentage kan de knol ingedeeld worden in één van onderstaande klassen.

Klasse I	0%	aangetast knolopp. gem.	0%
Klasse II	0-5%	gem.	2.50%
Klasse III	5-12.5%	gem.	8.75%
Klasse IV	12.5-25%	gem.	18.75%
Klasse V	25-50%	gem.	37.50%
Klasse VI	50-75%	gem.	62.50%
Klasse VII	75-100%	gem.	87.50%

Door het aantal knollen in de diverse klassen te vermenigvuldigen met het gemiddelde percentage aangetast knoloppervlak, deze producten op te tellen en te delen door het totaal aantal knollen (normaal 15-25 knollen) wordt per monster één getal voor de zilverschurftaantasting verkregen, de zilverschurft index

De maximale zilverschurft index is 87.50 (alle knollen in klasse VII).