

Agrotechnological Research Institute (ATO-DLO)
P.O. Box 17, 6700 AA Wageningen, The Netherlands

Instituut voor
Agrotechnologisch
Onderzoek
ATO-DLO
Bornsesteeg 59
Postbus 17
6700 AA Wageningen



**Condensvrije kleinverpakking voor
champignons**

M.A.R. Snel
A. Zegveld
H.A.M. Boerrigter
G.J.P.M. van den Boogaard
C.R.J. Willems

Vertrouwelijk

Rapport B336 / Juni 1998



ato-dlo



ato-dlo

Rapport

Condensvrije kleinverpakking voor champignons

VERTROUWELIJK

M. A. R. Snel
A. Zegveld
H. A. M. Boerrichter
G. J. P. M. van den Boogaard
C. R. J. Willems

**Instituut voor
Agrotechnologisch
Onderzoek (ato-dlo)**
Bornsesteeg 59
Postbus 17
6700 AA
Wageningen
tel. 0317.475000
fax. 0317.475347

Eigendom van ato-dlo. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermeerderd of gedistribueerd zonder schriftelijke toestemming van ato-dlo

2251076

Inhoudsopgave

1	<i>Samenvatting</i>	3
2	<i>Inleiding</i>	4
2.1	Probleemstelling.....	4
2.2	Doel van het project	4
2.3	Aanpak	4
3	<i>Rapportage fase 1: Screening van mogelijkheden</i>	5
3.1	Inleiding	5
3.2	Materiaalmodificaties	5
3.3	Modificaties in verpakkingsontwerp.....	7
3.4	Gatenpatronen	7
3.5	Testmethoden	7
3.6	Resultaten.....	9
3.7	Conclusies fase 1	11
4	<i>Rapportage fase 2: Testen van nieuwe verpakkingen onder ketenrealistische omstandigheden</i>	13
4.1	Inleiding	13
4.2	Experiment 1	13
4.3	Experiment 2	17
4.4	Experiment 3	20
4.5	Conclusies fase 2.....	22
5	<i>Algemene conclusie</i>	23
6	<i>Literatuur</i>	24
7	<i>Bijlagen</i>	25

1 Samenvatting

Verstappen Verpakkingen c.v. te Horst wil zijn positie als belangrijkste leverancier van champignonverpakkingen verstevigen door een oplossing te vinden voor het condensprobleem in de huidige verpakking van PS. Dit rapport is een weergave van de in dit kader uitgevoerde experimenten (volgens onderzoeksplan OPD. 97/344/081297/A).

In een eerste fase is het condensprobleem geanalyseerd en zijn oplossingen verzameld in de literatuur en bij diverse folie en additieven leveranciers. De verschillende oplossingen, zowel op het gebied van materiaalmodificaties als dekselontwerpen en gatenpatronen, zijn getest voor champignonverpakkingen. Een gewijzigd gatenpatroon bleek op korte termijn de grootste kans van slagen te hebben. Dit concept is in een tweede fase uitgewerkt.

Het gatenpatroon is systematisch gevarieerd en getest onder ketenrealistische omstandigheden. Gaten in het bakje en deksel bleken ten opzichte van alleen gaten in het deksel naast gewichtsverlies extra condens te veroorzaken. Gaten in het deksel leiden ook tot gewichtsverlies maar zijn effectief in het afvoeren of bestrijden van condensvorming op het deksel.

Een deksel met tenminste 18 gaten in de afgeschuinde zijde en tenminste 4 gaten (min. Ø 6 mm) in de bovenzijde geeft het beste resultaat wat betreft voorkomen of beperken van condensvorming. Hierbij wordt een bakje gebruikt zonder gaten. De prestaties van dit concept zijn vergelijkbaar met die van de 'Hordijk' oplossing. Er zijn geen oplossingen gevonden die beter presteren dan de 'Hordijk' oplossing. De robuustheid van het concept zou in een derde praktijk-fase getest moeten worden.

2 Inleiding

2.1 Probleemstelling

Het koelen en verpakken van groenten en fruit en andere vochtige levensmiddelen kan tot gevolg hebben dat vocht aan de binnenzijde van de verpakking neerslaat. Bij champignonverpakkingen van hard PS ontstaat met name condens aan de binnenzijde van het transparante deksel. De condens vermindert het zicht op het product. Inkopers bij supermarktketens beschouwen dit als een negatief aspect van de huidige champignonverpakking. Ook moet vermeden worden dat grote waterdruppels die zich uit de condens vormen op de champignons vallen. Vochtdruppels veroorzaken bruine plekken op de champignons wat de kwaliteit van het product vermindert.



Figuur 1: Huidige verpakking voor verse champignons.

De marktleider op het gebied van de productie van champignonbakjes is Verstappen Verpakkingen c.v. te Horst. De heer J. Verstappen heeft ATO-DLO gevraagd een onderzoek uit te voeren om het geschetste probleem op te lossen dan wel te verminderen. Hierbij is zowel het materiaal als het ontwerp van de verpakking in ogenschouw genomen. De uitgangspunten en randvoorwaarden van het onderzoek staan vermeld in het onderzoekswerkplan OPD. 97/344/081297/A. Dit rapport is een weergave van de verschillende onderzoeksactiviteiten. Zowel de resultaten van fase 1 als fase 2 staan hierin weergegeven.

2.2 Doel van het project

Het doel van dit onderzoeksproject is het oplossen van het condensprobleem bij de huidige dekselverpakking van Verstappen Verpakkingen c.v.. Het is daarbij niet noodzakelijk dat in een nieuw concept de kwaliteit van de verpakte champignons beter is, deze moet minimaal gelijk zijn aan de kwaliteit van champignons in de huidige verpakking.

2.3 Aanpak

De oplossing van het condensprobleem wordt in eerste instantie gezocht via modificatie van het huidige dekselmateriaal (PS). Dit houdt in dat het dekselmateriaal anti-condens eigenschappen moet krijgen. Een tweede oplossingsroute is het bedenken van alternatieve verpakkingsontwerpen. Een derde idee is het aanbrengen van een gatenpatroon dat condensvorming tegengaat. Ook het gebruik van andere materialen wordt onderzocht.

3 Rapportage fase 1: Screening van mogelijkheden

3.1 Inleiding

Doelstelling van de eerste fase van het project is het inventariseren van de mogelijkheden die bestaan voor het oplossen van condensproblemen in verpakkingen en het testen van deze prototypes met verse champignons. Allereerst worden in dit hoofdstuk de verschillende gevonden mogelijke oplossingen beschreven. Vervolgens worden de gebruikte testmethoden toegelicht. De resultaten van de testen met uiteindelijk zo'n 20 types worden vermeld. Tenslotte wordt als afsluiting van fase 1 hieruit een conclusie getrokken.

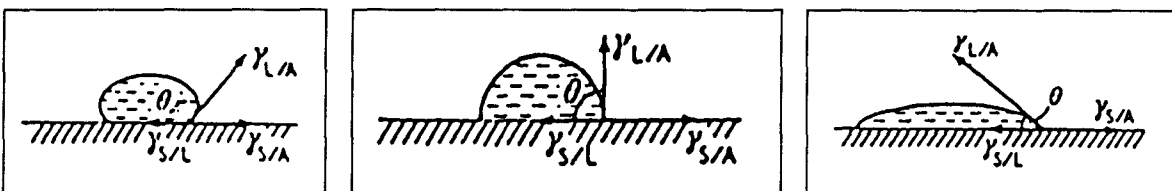
3.2 Materiaalmodificaties

De oppervlaktespanning van een materiaal bepaalt voor een groot deel de gevoeligheid voor condensvorming. Verlaging van de oppervlaktespanning vermindert de kans op condensvorming. In de volgende subparagrafen worden verschillende methoden beschreven die in de literatuur vermeld worden. De beschreven technieken zijn:

- bijmenging van een antifogging additief;
- aanbrengen van een antifogging laag;
- modificatie van het materiaaloppervlak.

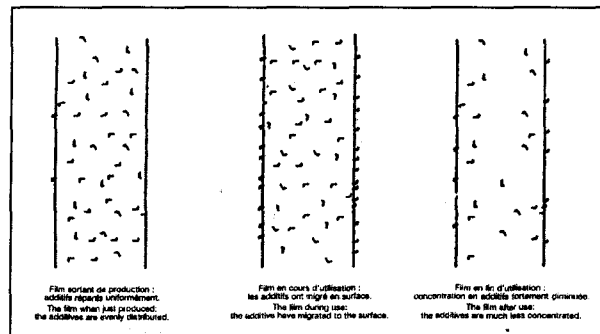
Bijmengen van een antifogging additief

Door toevoeging van een additief aan het granulaat kan de oppervlaktespanning verlaagd worden. Condensdruppels en folie stoten elkaar niet meer af (figuur 2, linker plaatje) maar vormen een groot raakvlak (figuur 2, rechter plaatje). Door de waterdruppels evenredig over het oppervlak te verdelen treedt minder reflectie [1] waardoor het zicht op de champignons wordt verhoogd.



Figuur 2: Contacthoek van verschillende materialen.

Bij de keuze van een additief moet rekening gehouden worden met de compatibiliteit met het polymeer en de overige toegevoegde additieven. Afhankelijk hiervan en van de concentratie en temperatuur migreert de stof sneller of langzamer naar het folie-oppervlak waar het zijn werk doet. De effectiviteit van een anti-condens folie hangt af van de kwaliteit van het additief en de concentratie van het additief aan het folie-oppervlak. De effectiviteit neemt toe naarmate de additieven meer tijd krijgen om naar het oppervlak te migreren (middelste plaatje figuur 3). De dikte van de folie speelt een rol in de duurzaamheid van het anti-condens effect. De dikste folies blijken de langste levensduur te hebben. Naast bovengenoemde factoren hebben ventilatie, verdamping en condensatie invloed op de duurzaamheid van een folie. Door water wat zich op het folie afzet worden de additieven langzaam weggespoeld (rechter plaatje figuur 3).



Figuur 3: Verdeling van het anti-fogging additief in de polymeer matrix en op het oppervlak van de film.

Condens kan verspreid worden door de toevoeging van additieven als 'niet ionische ethoxylaten' of 'hydrofiele vetzurenesters', zoals 'glyceryl stearate', wat de afzetting van een continue vochtfilm bevordert [2, 3]. Aan verpakkingsfolies voor vlees en andere voedingsmiddelen met een hoog gehalte aan water kunnen goedgekeurde 'phthalate ester plasticizers' evenals 'adipaten' toegevoegd zijn [4].

Aanbrengen van een antifogging laag

Een ander idee was om op het dekselmateriaal een zeer dunne folie met anti-condens eigenschappen te coaten of te lamineren. Verstappen heeft in principe de mogelijkheid om met name het eerste proces uit te voeren. Een variant is, hierop een anti-condens laagje te sprayen. Het bedrijf Servo Wrap zegt over dit laatste het volgende: 'Het aanbrengen van een anti-condens laag is effectiever dan toevoegingen in het granulaat, echter is het ook veel duurder omdat de laag in een extra lakgang aan de folie toegevoegd wordt.'

Oppervlaktebehandeling

Naast het aanbrengen van een anti-condens laag kan de oppervlaktetenspanning van een folie ook gewijzigd worden door een oppervlaktebehandeling. Het folie-oppervlak kan worden voorbehandeld met een chemische of elektrische (corona) behandeling of met een vlam. De corona behandeling is in het kader van dit project toegepast en daarom uitvoeriger behandeld.

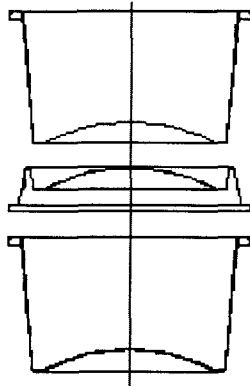
Het materiaal wordt bij Corona in-line met het extrusieproces met een elektrische lading bewerkt. Het oppervlak van de folie oxydeert en wordt polair en daardoor ontvankelijk voor water (en inkt). Door de behandeling ontstaan minuscule kuiltjes in het folie oppervlak. Zowel een te lichte als een te zware behandeling zijn ongewenst. Het laatste maakt het oppervlakte onregelmatig van uiterlijk (minder transparant) en levert mogelijk moeilijkheden op in het verwerkingsproces.

De tijd tussen de voorbehandeling en verwerking (thermovormen) moet geminimaliseerd worden omdat het effect van de behandeling in de loop van de tijd afneemt en het behandelde oppervlak gevoelig is voor handling en gemakkelijk stofdeeltjes opneemt.

Veel leveranciers van verpakkingsfolies zijn onbekend met de oplossingen die bestaan voor condensvorming. Die bedrijven die wel anti-condens folies leveren zijn niet bereid de samenstelling van hun folie uit te leggen. Navraag bij 18 bedrijven leverde slechts 8 reacties op die vervolgvragen mogelijk maakten (zie bijlagen voor lijst met geconsulteerde bedrijven). Ook blijken er weinig anti-condens additieven voor PS op de markt te zijn. Dit heeft waarschijnlijk te maken met het feit dat de gebruikstemperatuur ver onder de glasovergangstemperatuur van PS ligt, dit in tegenstelling tot PE en PP.

3.3 Modificaties in verpakingsontwerp

Naast het modificeren van het verpakkingsmateriaal is ook het dekselontwerp veranderd met de bedoeling condensvorming tegen te gaan. In het huidige deksel zijn daarom, evenwijdig met de lange kant van het deksel, bollingen aangebracht van respectievelijk 4, 8 (zie figuur 4) en 16 mm. Deze bolling moet condensdruppels weg laten vloeien naar de zijkant van het deksel. Op deze wijze blijft mogelijk het zicht optimaal en kunnen waterdruppels niet op de champignons vallen.



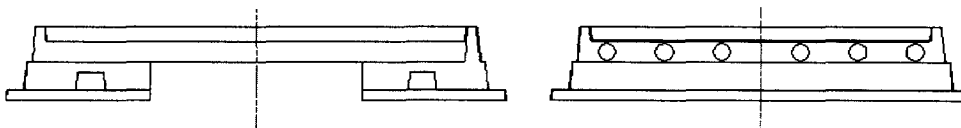
Figuur 4: Tekening van verpakings ontwerp met bolling (8 mm) in deksel en bodem van het bakje

3.4 Gatenpatronen

Als derde mogelijkheid zijn een aantal gatenpatronen in het deksel en/ of het bakje getest. Het idee daarbij is dat door luchtcirculatie en wervelingen bij het deksel voorkomen wordt dat waterdamp neerslaat. De luchtstroompjes voeren de vochtige lucht naar buiten af voordat verzadiging optreedt. De volgende mogelijkheden zijn systematisch gevarieerd:

- Grootte van de gaten
- Plaats van de gaten
- Hoeveelheid gaten

Alle varianten zijn getest ten opzichte van een dicht deksel, huidig deksel (op de hoeken voorzien van een rond gat met een diameter van 12 mm) en het deksel van de concurrent ('Hordijk'). Zie figuur 5.



Figuur 5: Zijaanzicht van 'Hordijk' oplossing en oplossing met grote gaten in de zijkant van het deksel

3.5 Testmethoden

De effectiviteit van de verschillende oplossingen is in deze eerste fase op drie manieren getest; 1) door middel van contacthoekmetingen; 2) met behulp van het testen van bakjes gevuld met een

hoeveelheid water en 3) tenslotte zijn de meest kansrijke concepten getest met champignons en bij ketenrealistische temperaturen.

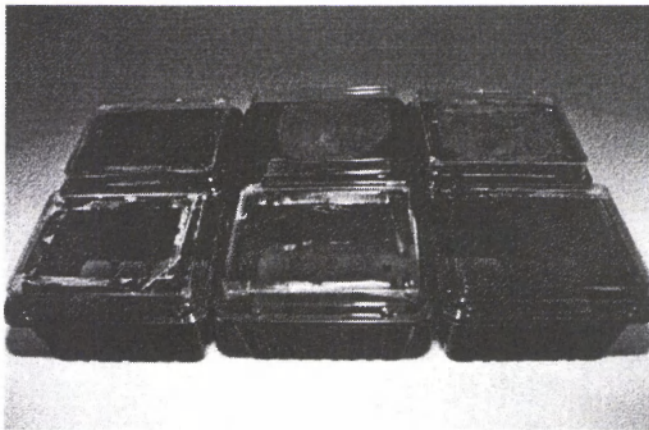
Contacthoekmetingen

De gevoeligheid van een materiaal voor condensvorming kan voor een deel voorspeld worden met behulp van een contacthoekmeting. De contacthoek is een maat voor de oppervlaktespanning van een materiaal. Bij een contacthoekmeting wordt de hoek tussen een waterdruppel en het dragende materiaal gemeten. Hoe groter de bolling is en dus de contacthoek, des te gevoeliger is het materiaal voor condensvorming. De metingen zijn uitgevoerd met een Video Contact Angle VCA 2500 XE. De contacthoek van de volgende materialen is bepaald:

- onbehandeld PS
- door ATO geëxtrudeerd PS met anti-condens additief
- Diverse opgevraagde anti-condens folies
- Coronabehandeld PS

Tests met bakjes gevuld met water

Naast het meten van de contacthoek zijn de verschillende mogelijkheden getest in combinatie met bakjes gevuld met water. Op deze manier is het verband tussen de contacthoekmeting en het optreden van condens gecontroleerd en zijn aspecten als dekselbolling en gatenpatroon getest. Naar aanleiding van deze test is een indeling gemaakt in zes klassen van condensvorming. Deksel die in klasse 0 en 1 vallen zijn geschikt als condensvrije verpakking. Deksel die in klasse 3 t/m 5 vallen vormen geen alternatief. Deksel in klasse 2 vormen de grens van wat acceptabel is als nieuw ontwerp.



Figuur 6: Condensklassen.

Testen onder ketenrealistische omstandigheden

De materialen die na de twee voorgaande tests veelbelovend leken zijn in een afsluitende proef getest met verse champignons. De verpakte champignons zijn 4 dagen bewaard bij 10 °C en na de derde dag gedurende korte tijd bij 18 °C geplaatst. Tijdens deze test is niet alleen de condensvorming bestudeerd maar is ook de kwaliteit van de champignons geanalyseerd. Hiertoe is witheid, gewichtsverlies en steelgroei bepaald.

3.6 Resultaten

Van alle beschreven materialen dekselontwerpen en gatenpatronen zijn proefstukken opgevraagd of gemaakt en getest. In de volgende subparagrafen worden de resultaten gepresenteerd.

Contacthoekmetingen

Tabel 1: Contacthoekmetingen.

Materiaal	Contacthoek [°]	Opmerkingen
Huidige PS deksel	107	hoogste waarde!
PVC folie D	85	
PVC folie A	81	
PET folie	67-75	
OPP + AF (Polyfresh)	46	
Polyolefine (MRX-19)	85-20	neemt af in de tijd
PA 6	74-76	
PS Coronabehandeld	91-92	200 Wmin/m ²
	41-69-79	2000 Wmin/m ² , neemt toe in de tijd
OPP + AF (P+)	94-20	neemt af in de tijd, niet meer meetbaar
OPP + AF (P+)	74	na contact met water
PS + Atmer 1007 (1%)	103	geëxtrudeerd door ATO
PS + Brij 35 (0,5%)	94	idem
PS + Aquacalk (10%)	87	idem, wordt ondoorzichtig
PS + Brij 35 (opgesmeerd)	58	
PS + Atmer 1007 (opgesmeerd)	<20	niet meer meetbaar

Uit de contacthoekmetingen blijkt dat het huidige PS deksel de grootste contacthoek heeft. Een aantal behandelde proefstukken PS en andere materialen hebben een beduidend kleinere contacthoek. De gevormde hoek blijkt ook afhankelijk te zijn van de tijd; sommige materialen reageren traag op een condensdruppel en/of de werking neemt af in de loop van de tijd (OPP + AF (P⁺) na contact met water). Ook heeft het additief tijd nodig om naar het oppervlak te migreren.

Testen met bakjes gevuld met water

Naast het bepalen van de contacthoek zijn bovenstaande materialen en additieven ook getest boven champignonbakjes gevuld met water. In onderstaande tabel zijn een aantal behandelingen en materialen weergegeven die in condensklasse 0, 1 of 2 vallen.

Tabel 2: Bepaling van condensklasse van verschillende materialen en additieven.

Materiaal	Klasse	Betekenis
PVC folie-D	0	geen condens
PVC folie-A	0	idem
Polyolefine (MRX-19)	0	idem
Atmer 1007	1	grote druppels, geen belemmering van doorzicht
OPP + AF 1A	1	idem
OPP + AF 1B	1	idem
OPP + AF (Polyfresh)	2	condensvorming, doorzicht wordt iets belemmerd
PET folie	2	idem
PP Servo standaard	2	idem

Naast additieven zijn ook dekselontwerpen en gatenpatronen getest boven een champignonbakje gevuld met water. Geen van de bollingen zorgde er zelfstandig voor dat de condensdruppels afgevoerd werden. De bollingen van 8 en 16 mm zijn ook getest in combinatie met een materiaalmodificatie. In dit geval zorgt de bolling ervoor dat de waterfilm aan de binnenzijde van het deksel in grote druppels naar de zijkant wordt afgevoerd.

Uit de testen met gatenpatronen (grootte: speldeprik-15 mm, in bakje en/ of deksel, 4 tot 22 stuks) blijkt dat met name grote gaten rondom de zijkant van het deksel en de ‘Hordijk’ oplossing condens weten af te voeren uit de verpakking.



Figuur 7: Condensvorming bij verschillende gatenpatronen.

Testen onder ketenrealistische omstandigheden

Als afsluiting van fase 1 zijn de meestbelovende oplossingen, zowel in materiaal als ontwerp en gatenpatroon getest in combinatie met bakjes gevuld met champignons. Bij de uitkomsten kunnen een aantal opmerkingen geplaatst worden:

- Op een schaal van 0= wit tot 5 = bruin waarbij 4 en 5 onacceptabel is voor verkoop en 3 de grens vormt, wordt de witheid in alle verpakkingen beoordeeld met een 2, behalve de PVC rekfolie verpakkingen die een 3 of 4 scoren
- Het gewichtsverlies is het grootst wanneer geen deksel gebruikt wordt
- De polyolefine en het PVC folie A met bol deksel hebben het laagste gewichtsverlies
- Steelgroei is het grootst onder een bol PS deksel wat ingesmeerd is met het additief Atmer 1007
- Steelgroei wordt het meest beperkt onder PVC rekfolie A. Dit is een gevolg van de modified atmosphere, met een verhoogd percentage CO₂ en verlaagd percentage O₂, die in de verpakking ontstaat. Het effect is bekend uit eerder ATO onderzoek.
- Condens is afwezig in de volgende verpakkingen: polyolefine (met anticondens eigenschappen), PVC folie A bol, 'Hordijk', PVC rekfolie A en D (verschillen zowel in doorlaatbaarheid als in anti-condens eigenschappen)
- Condensvorming is maximaal in de verpakking met standaarddeksel zonder gaten

Tabel 3: Kwaliteitsmetingen en condensbepaling tijdens afsluitende proef eerste fase.

Materiaal	Witheid [0-5]	Gewichtsverlies [%]	Steelgroei [mm]	Condens-klasse [0-5]
PVC folie A	2	0.5	8.5	1
Polyolefine (MRX-19)	2	0.4	10.8	0
PVC folie A, bol	2	0.4	9.7	0
Standaarddeksel	2	2.9	7.5	3
Standaarddeksel, zonder gaten	2	0.7	10.3	5
PS + Atmer 1007	2	0.7	10.9	1
PS + Atmer 1007, bol	2	0.5	12.2	1
'Hordijk'	2	5.4	6.7	0
Kleine gaten in deksel en bakje	2	6.0	5.8	2
Kleine gaten in bakje	2	2.3	4.8	4
PVC folie A, rekfolie	3-4	0.6	2.2	0
PVC folie D rekfolie	3	0.5	2.6	0
Geen deksel	4	16.2	3.3	nvt

3.7 Conclusies fase 1

In de eerste fase is gebleken dat met name optimalisatie van het bestaande gatenpatroon van de huidige verpakking voor verse champignons een eenvoudige en goedkope oplossing van het condensprobleem is met een grote kans van slagen. Materiaalmodificatie en oppervlaktebehandelingen kosten, gezien de respons van fabrikanten, meer tijd om uit te ontwikkelen maar hebben wel het voordeel dat ze minder gemakkelijk nagemaakt kunnen worden door concurrenten

Om bovenstaande redenen is in overleg met Verstappen besloten om in de tweede fase het gatenpatroon in een ontwerp van Verstappen te gaan optimaliseren en testen onder ketenrealistische

omstandigheden. Hoewel niet gekozen is om een deksel met een gewijzigde materiaalsamenstelling te ontwikkelen doet ATO op dit moment nog tests met nieuw ontvangen masterbatches voor PS. We willen de mogelijkheid van een lange termijn oplossing zeker open houden.

4 Rapportage fase 2: Testen van nieuwe verpakkingen onder ketenrealistische omstandigheden

4.1 Inleiding

De doelstelling van de tweede fase van het project is het optimaliseren en testen van het gatenpatroon in het deksel en het bakje. In deze fase zijn drie experimenten uitgevoerd waarbij de doelstelling en opzet volgde uit de resultaten van het voorgaande experiment.

4.2 Experiment 1

In deze paragraaf wordt een beschrijving gegeven van de geteste verpakkingen, product en de gebruikte proefopstelling van experiment 1. Dit eerste experiment is bedoeld om de condensvorming in de verpakkingen met verschillende gatenpatronen te bepalen en de kwaliteitsaspecten van de champignons te meten.

Verpakkingen

In totaal zijn 60 champignonbakjes met deksels getest. Binnen deze hoeveelheid zijn systematisch 15 varianten gemaakt (waarvan steeds vier exemplaren zijn gefabriceerd en getest). Bij de opzet van het eerste experiment is de opstelling gebruikt zoals die in tabel 4 is weergegeven. Opgemerkt moet worden dat de deksels met 18 gaten en de bakjes met 10 gaten van het huidige ontwerp zijn. Alle andere patronen zijn aangebracht in een nieuw bakje met afschuiningen, die door Verstappen is ontwikkeld.

Tabel 4: Proefopzet condensbepaling en kwaliteitsmeting champignons, eerste experiment

Nummer	Deksel	Bakje
1	'Hordijk'	Dicht
2	dicht	Dicht
3	18 gaten*	Dicht
4	18 gaten*	10 gaten*
5	18 gaten*	14 gaten
6	18 gaten*	22 gaten
7	22 gaten	Dicht
8	22 gaten	10 gaten*
9	22 gaten	14 gaten
10	22 gaten	22 gaten
11	14 gaten	Dicht
12	14 gaten	10 gaten*
13	14 gaten	14 gaten
14	14 gaten	22 gaten
15	Open	Dicht

Product

Voor dit experiment zijn fijne champignons gebruikt van de eerste vlucht Somycel 608. Het product is binnen één uur na de oogst naar ATO-DLO gebracht. Daarbij komt een transporttijd van ca. 30 minuten. Alle champignons zijn bij aanvang van het experiment licht geschubt, de hoeden zijn goed gesloten en de kleur is wit tot licht roze. Gemiddelde steellengte van de champignons is 9,6 mm.

Opslagcondities

Voor het eerste experiment zijn de opgelegde bewaarcondities als volgt:

- 4 uur 3 °C
- 30 minuten 18 °C (dekselen)
- 18 uur 3 °C
- 9 uur 18 °C als simulatie van condities in winkelruimte
- 16 uur 3 °C
- 4 uur 18 °C als simulatie van condities in winkelruimte

Beoordeling

Op vijf momenten in het bewaarproces is de condensvorming in de verschillende bakjes beoordeeld. Het eerste oordeel heeft plaatsgevonden tijdens de 18-urige bewaring bij 3 °C (na 3,5 uur opslag). De tweede beoordeling heeft plaatsgevonden nadat de bakjes 30 minuten bij 18 °C zijn uitgesteld. De derde beoordeling van de condensvorming heeft op hetzelfde moment en onder dezelfde omstandigheden plaatsgevonden maar dan één dag later. Deze keer is de condensafname gevolgd. Nadat de bakjes 1 uur 30 min. en 3 uur 15 min. bij 18 °C hebben gestaan is de condensvorming weer beoordeeld.

De kwaliteit van de champignons is gemeten bij aanvang van het experiment en aan het einde van beide uitstallingen bij 18 °C.

Dataverwerking en statistiek

De resultaten van alle drie de experimenten zijn door middel van een ANOVA (varantie-analyse) met het statistisch data verwerkingsprogramma GENSTAT geanalyseerd. Er is nagegaan of de gevonden testresultaten betrouwbaar zijn. Als een verschil tussen de uitkomsten wordt aangegeven is dit een significant verschil bij een betrouwbaarheidsinterval van tenminste 95%.

Resultaten

Gewichtsverlies

Uit tabel 5 kan worden afgeleid dat hoe meer gaten er in de verpakking zitten des te groter het gewichtverlies is. Daarnaast blijkt dat de invloed op het gewichtsverlies van de gaten in het bakje groter is dan de invloed van de gaten in het deksel. Overigens zijn de gewichtsverliezen van alle verpakkingen zeer acceptabel.

Tabel 5: Percentage gewichtsverlies

Deksel/bakje	Dicht	10 gaten	14 gaten	22 gaten
14 gaten	0.6	0.8	1.1	1.2
18 gaten	0.7	0.8	1.2	1.3
22 gaten	1.1	1.0	1.2	1.4

L.s.d. is 0,1.

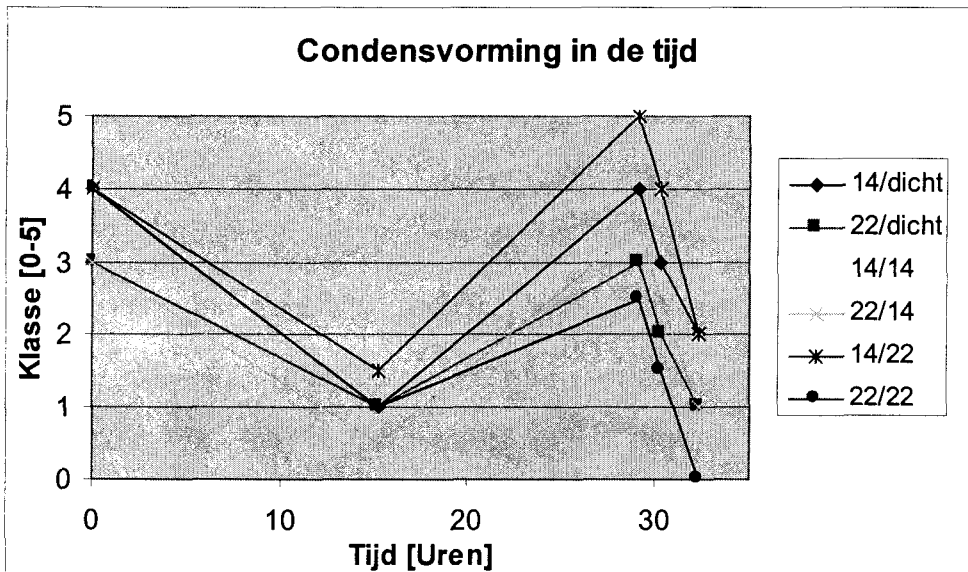
Steellengte

De steellengte is gemeten op de eerste en tweede dag van de proef. In deze tijd is de steel gemiddeld 1,3 mm gegroeid. De groei is beperkt en acceptabel vanuit handelsoverwegingen. Er zijn significante verschillen tussen de diverse verpakkingen, de verschillen zijn echter niet eenduidig. Uit de resultaten kunnen hierdoor geen conclusies getrokken worden.

Condensvorming

In figuur 8 is de condensvorming in de tijd uitgezet. De verschillende lijnen vertegenwoordigen bakjes die dicht zijn of 14 of 22 gaten hebben (legenda: na de /), de bijbehorende deksels hebben 14 of 22 gaten. Uit de grafiek kan worden afgelezen dat het aanbrengen van meer gaten in het deksel (22 v.s. 14) een positief effect heeft op de condensvorming. De verschillen tussen geen gaten of 22 gaten in het bakje zijn beduidend minder groot. De combinaties 22/ 22, 22/ 14 en 22/ dicht voldoen aan het einde van het experiment aan de door ATO in de eerste fase gestelde eisen wat betreft condensvorming.

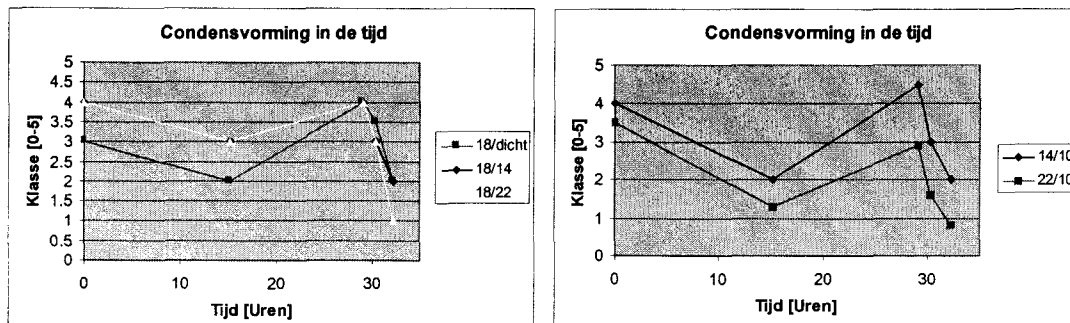
Figuur 8: Condensvorming in de tijd.



In figuur 9 en 10 is de condensvorming in bakjes en deksels van het huidige ontwerp opgenomen. Uit figuur 9 kan afgeleid worden dat het aantal gaten in het bakje weinig positieve invloed heeft op de condensvorming. Daarentegen hebben gaten in het deksel een zeer positieve invloed; het bakje met 22 gaten in het deksel presteert beduidend beter dan het bakje met 14 gaten.

Figuur 9: Condensvorming in de tijd op deksels met 18 gaten.

Figuur 10: Condensvorming in de tijd in bakjes met 10 gaten.



Geconstateerd is in dit eerste experiment dat gaten in het bakje zowel extra gewichtsverlies veroorzaken als condensvorming. Een mogelijke verklaring voor de condensvorming zou kunnen zijn dat in een verpakking met gaten in bakje en deksel laminaire (evenwijdige) luchtstromen optreden tussen de gaten waardoor het oppervlak naast de gaten beslagen blijft. In een verpakking met alleen gaten in het deksel treden turbulente luchtstromen op die ook het oppervlak tussen de gaten condensvrij maken.

Gaten in het deksel zorgen voor een vermindering van de hoeveelheid condens en veroorzaken tevens relatief minder gewichtsverlies. Hieruit is geconcludeerd dat in een volgend experiment de aandacht met name gericht wordt op het gatenpatroon in het deksel en het bakje alleen nog getest wordt in de variant zonder gaten en met een maximum aantal gaten (22).

4.3 Experiment 2

Het tweede experiment is gedeeltelijk een herhaling van proef 1 en heeft als belangrijkste doel beter inzicht te krijgen in de condensvorming die door gaten in het bakje wordt veroorzaakt en wat het effect is van extra gaten in de bovenkant van het deksel.

Verpakkingen

Ook in dit tweede experiment zijn weer 60 bakjes getest. Deze keer zijn 12 varianten gemaakt. De ⁺ in tabel 6 bij het aantal gaten in de deksels staat voor vier extra perforaties in de bovenzijde (diameter 15 mm).

Tabel 6: Proefopzet condensbepaling en kwaliteitsmeting champignons, tweede experiment

Nummer	Deksel	Bakje
1	Dicht	Dicht
2	Dicht	22 gaten
3	14 gaten	Dicht
4	14 gaten	22 gaten
5	22 gaten	Dicht
6	22 gaten	22 gaten
7	14 ⁺ gaten	Dicht
8	14 ⁺ gaten	22 gaten
9	22 ⁺ gaten	Dicht
10	22 ⁺ gaten	22 gaten
11	'Hordijk'	Dicht
12	Open	Dicht

Product

Het geteste product is afkomstig van Banken Champignons b.v. Het product is daar één nacht opgeslagen geweest bij 2 °C. Het betrof product van een tweede vlucht.

Opslagcondities

Voor het tweede experiment zijn de volgende bewaarcondities opgelegd:

- 5 uur 3 °C
- 1 uur 18 °C (verpakken)
- 14 uur 3 °C
- 10 uur 18 °C (uitstalling)
- 14 uur 3 °C
- 5 uur 18 °C (uitstalling)

Beoordeling

Op negen momenten in het bewaarproces is de condensvorming op de verschillende verpakkingen beoordeeld. Zoals te zien is in tabel 7 wordt deze keer de condensvorming op een aantal momenten tijdens de opwarming van 3 naar 18 °C bepaald.

Tabel 7: Beoordelingsschema condensvorming, tweede experiment

Dag	Tijd	Beoordeling	Temperatuur
1	17.15	1	3 °C
2	8.13	2	3 °C
2	8.18	3	18 °C
2	9.03	4	18 °C
2	11.33	5	18 °C
3	7.55	6	3 °C
3	8.00	7	18 °C
3	8.45	8	18 °C
3	12.15	9	18 °C

Het gewicht van de champignons is bij aanvang van het experiment bepaald en nogmaals bij de afloop van het experiment.

Resultaten

Gewichtsverlies

Het gewichtsverlies in de verschillende bakjes is weergegeven in tabel 8. Uit de tabel is af te lezen dat extra gaten in de deksels en/ of bakjes extra vochtverlies geven. Alle varianten met een gesloten bakje echter verliezen een mindere of met de 'Hordijk' variant vergelijkbare hoeveelheid vocht. De varianten met gaten in het bakje vertonen een hoger percentage gewichtsverlies.

Tabel 8: Percentage gewichtsverlies, tweede experiment

Deksel/bakje	Dicht	22 gaten
Dicht	0,1	1,1
14 gaten	1,2	2,2
22 gaten	1,2	3,1
14+ gaten	1,5	3,1
22+ gaten	2,1	3,3
'Hordijk'	2,4	-
Open	5,3	-

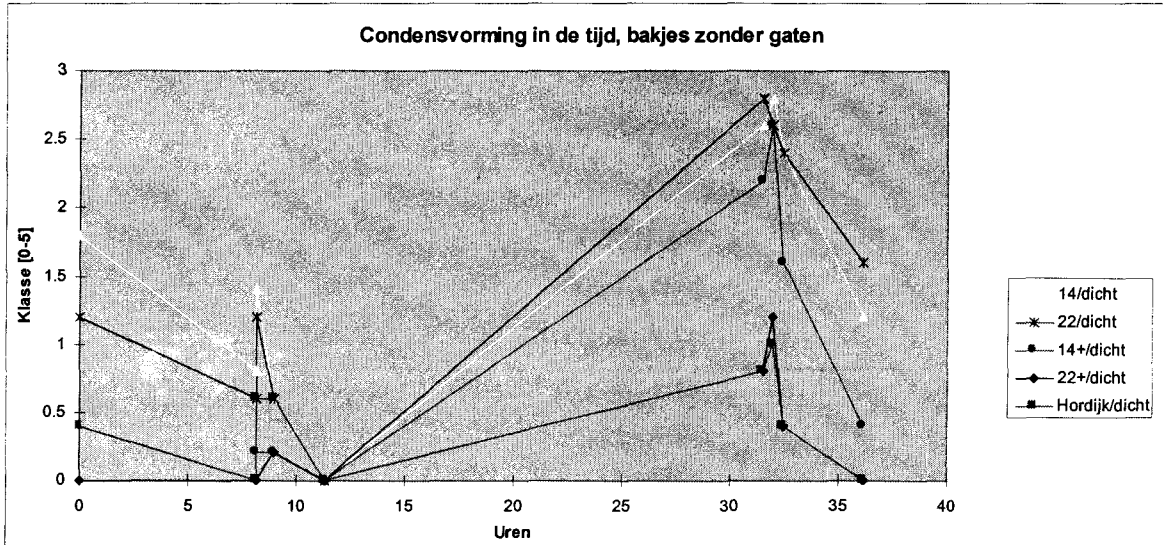
L.s.d. is 0,5.

Condensvorming

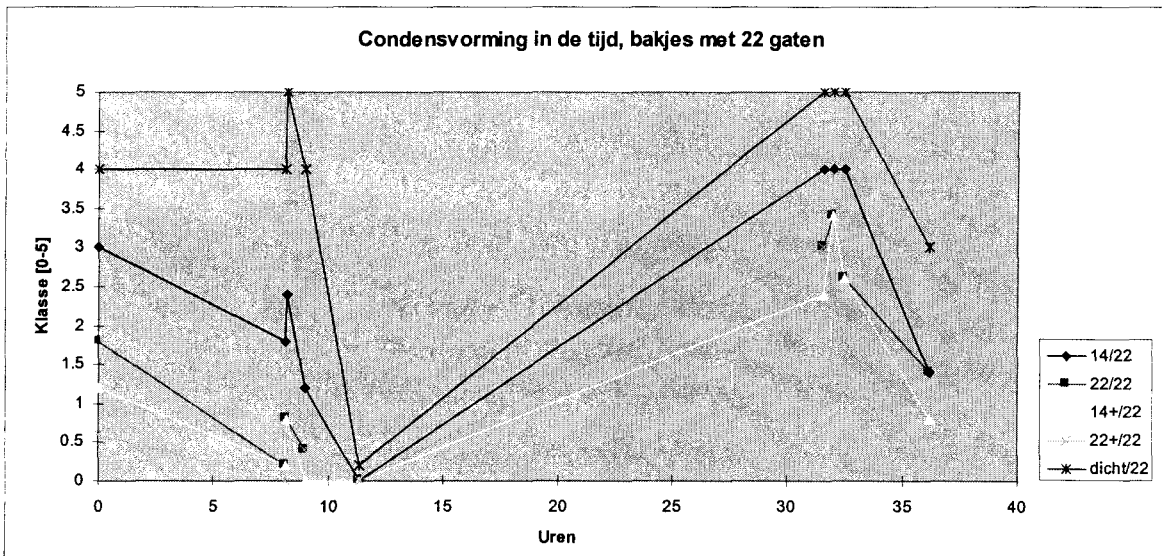
In figuur 11 en 12 is de condensvorming in respectievelijk bakjes zonder gaten en bakjes met 22 gaten uitgezet in de tijd. Duidelijk te zien is dat beide groepen verpakkingen bij een tweede opwarming meer condens vertonen. Opvallend verschil tussen de figuren is de hogere gevoeligheid van de bakjes met 22 gaten voor condensvorming.

Met name de 'Hordijk' oplossing en de 22⁺ dicht variant reageren goed op de opgelegde temperatuurvariaties. Deze verpakkingen blijven gedurende de hele simulatie onder de waardering van 1,5.

Figuur 11: Condensvorming in de tijd van dichte bakjes in combinatie met gatenpatronen in het deksel.



Figuur 12: Condensvorming in de tijd van bakjes met 22 gaten in combinatie met gatenpatronen in het deksel.



In dit tweede experiment is duidelijker dan in het eerste gebleken dat gaten in het bakje niet bijdragen in de afvoer van condens uit de champignonverpakking. Daarbij zorgen dezelfde gaten wel voor extra gewichtsverlies. In het derde experiment zijn daarom gaten in het bakje achterwege gebleven.

4.4 Experiment 3

Het derde experiment heeft als belangrijkste doel het ontwikkelen van een condensvrij deksel. Naast gaten in de afschuining zijn gaten aangebracht in de bovenzijde van het deksel. Gaten in het bakje zijn ditmaal achterwege gelaten.

Verpakkingen

Ook in het laatste experiment zijn 60 bakjes getest. Deze keer zijn 15 varianten getest. De opzet van dit tweede experiment is in tabel 9 weergegeven.

Tabel 9: Proefopzet condensbepaling en kwaliteitsmeting champignons, derde experiment

Nummer	Schuine zijden	Bovenzijde
1	18	4 * 15 mm Ø
2	18	4 * 10 mm Ø
3	18	4 * 6 mm Ø
4	20	6 * 10 mm Ø
5	20	8 * 6 mm Ø
6	20	12 * 6 mm Ø
7	22	geen
8	22	4 * 15 mm Ø
9	22	4 * 6 mm Ø
10	Geen schuinte	4 * 15 mm Ø
11	Geen schuinte	4 * 6 mm Ø
12	Geen schuinte	12 * 6 mm Ø
13	Geen schuinte	'Hordijk'
14	Geen schuinte	Dicht
15	Open bakje	-

Product

De voor de proef gebruikte champignons zijn binnen één uur na de oogst in 30 minuten van de kweker naar ATO gebracht. Het ras is Somycel 608. Het betrof product van een eerste vlucht.

Opslagcondities

Voor het derde experiment zijn de volgende bewaarcondities opgelegd:

- 4 uur 2 °C
- 1 uur 18 °C (verpakken)
- 18 uur 2 °C
- 8 uur 18 °C (uitstalling)
- 18 uur 2 °C
- 5 uur 18 °C (uitstalling)

Beoordeling

Op tien momenten in het bewaarproces is de condensvorming op de verschillende verpakkingen beoordeeld. Het gewicht van de champignons is bij aanvang van het experiment bepaald en nogmaals bij de afloop van het experiment.

Tabel 10: Beoordelingsschema condensvorming, derde experiment

Dag	Tijd	Beoordeling	Temperatuur
1	16.00	1	2 °C
2	8.00	2	2 °C
2	8.05	3	18 °C
2	8.50	4	18 °C
2	11.30	5	18 °C
3	8.20	6	2 °C
3	8.25	7	18 °C
3	9.10	8	18 °C
3	11.50	9	18 °C
3	13.20	10	18 °C

Resultaten

Gewichtsverlies

Het gewichtsverlies is na twee dagen gemiddeld 1,6%. Uit tabel 11 is af te lezen dat de deksel met 18, 20 en 22 gaten minder gewichtsverlies veroorzaken dan de 'Hordijk' deksel.

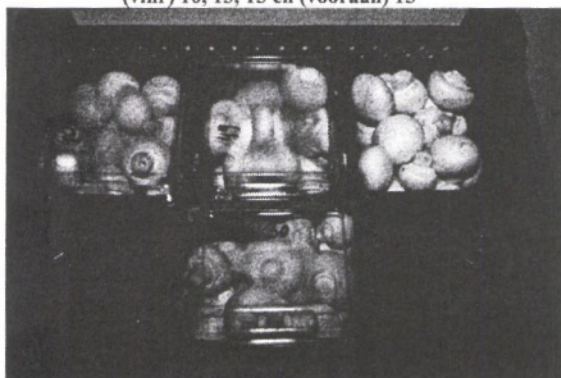
Tabel 11: Percentage gewichtsverlies, derde experiment

Deksel	Gewichtsverlies [%]
dicht	0,7
18 gaten	1,8
20 gaten	1,8
22 gaten	2,0
'Hordijk'	2,6

L.s.d. is 0,4.

Condensvorming

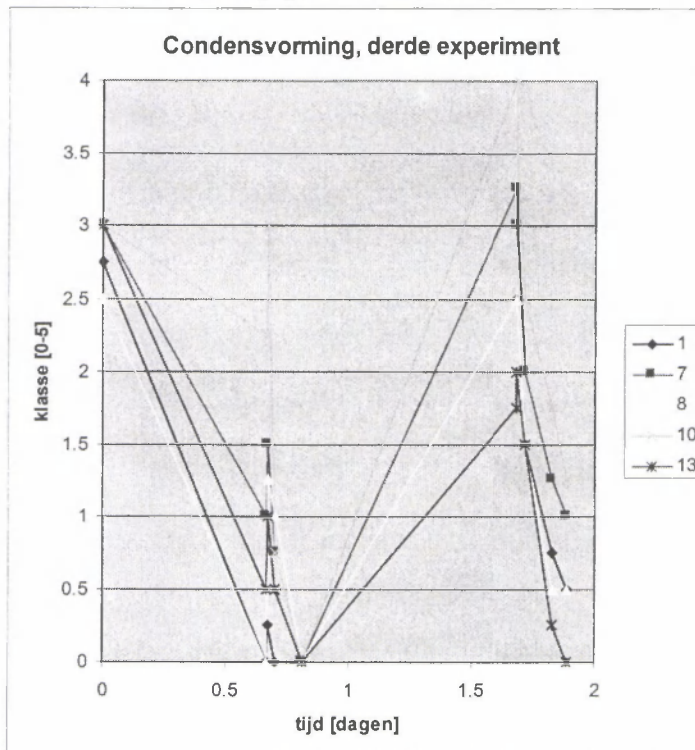
Figuur 13: Eerste waarneming van condens op bakjes uit groep (vlnr) 10, 13, 15 en (vooraan) 15



De concepten 1, 2, 3, 4, 6, 8, en 9 presteren even goed als de 'Hordijk' oplossing wat betreft condensvorming. De concepten 5, 7, 10, 11, 12 en 14 presteren slechter. Tussen de verschillende versies gatenpatronen (18, 20 of 22 gaten) bestaat geen significant verschil. Het aantal gaten in de afschuining moet tenminste 18 bedragen om even goed als de 'Hordijk' oplossing te presteren.

Ook het gebruik van gaten in de bovenzijde van het deksel vermindert condensvorming. De verschillende gatenpatronen veroorzaken echter geen significante verschillen. Minimaal moeten vier gaten van minimaal \varnothing 6 mm aangebracht worden om even goed te presteren als de 'Hordijk' deksel.

Figuur 14: Condensvorming tijdens derde experiment



4.5 Conclusies fase 2

Er is geen ontwerp oplossing gevonden die, zowel qua condensvorming als op kwaliteitsgebied, beter presteert dan de 'Hordijk' oplossing. Een aantal concepten presteert even goed. Uit deze concepten kan door Verstappen een keuze gemaakt worden.

5 Algemene conclusie

De doelstellingen uit fase 1 en 2 zijn gehaald. Na fase 1 bleek een gewijzigd gatenpatroon een eenvoudige en goedkope oplossing met grote kans van slagen. In fase 2 zijn hiervan een aantal concepten ontwikkeld die, onder ketenrealistische omstandigheden, voldoen aan de gestelde anti-condens eisen. Uit deze concepten kan Verstappen een keus maken (advies ATO-DLO: zoveel en zo groot mogelijke gaten).

Wanneer dit resultaat voldoende aanleiding geeft daadwerkelijk een nieuwe anti-condens verpakking in de markt te introduceren adviseert ATO een pilot-scaleproductie op te starten. In deze derde fase wordt getest of productie-exemplaren gelijk zijn aan handgemaakte exemplaren. Om de nieuwe verpakking meer kans te geven is een begeleide marktintroductie, zoals in onderzoeksvoorstel OPD 97/344/081297/A beschreven is, wenselijk. Aspecten waarmee de robuustheid in de praktijk getest kan worden zijn:

- Stevigheid deksel
- Stapelbaarheid verpakking
- Gedrag bij continue koeling
- Inhoud v/d verpakking ivm afschuiningen

6 Literatuur

-
- [¹] Toneatti-P., 'Anti-fog' films Facts and Fiction, *Plasticulture*, no. 84, 1989/4.
[²] Martin-E.L., Additives, plastics in: the Wiley Encyclopedia of packaging technology, New York, 1986.
[³] Briston-J.H., *Plastics films*, Harlow, 1988.
[⁴] Edenbaum-J. (ed.), *Plastics additives and modifiers handbook*, London, 1996.

Bijlagen

Lijst met gecontacteerde bedrijven

- Bedrijven die antifog additieven toepassen
- Bedrijven die oppervlakte van het materiaal behandelen
- Bedrijven die ontwerpwijzigingen adviseren
- Overige gecontacteerde bedrijven

Gedetailleerde onderzoeksresultaten

- Experiment 1
- Experiment 2
- Experiment 3

Bedrijven die antifog additieven toepassen

Mirotech Nederland

Contactpersoon:
dhr. Griens
tel: 0412-633207

folies met anticondens eigenschappen in combinatie met begassen ivm hoge barriere-eigenschappen houdt 3 à 4 maanden werking hun producenten zijn: Südpack, Finland en Acalond, Duitsland
stuurt monster toe

Benepack

Contactpersoon:
dhr. R. Douma
tel: 010-476.54.77

krimpfolie Clysar van Du Pont met anticondensmiddel aan granulaat toegevoegd
stuurt monster toe (ontvangen)

Servo Wrap

Contactpersoon:
dhr. M. de Jonge
tel: 010-248.52.22

additieven hebben een werking van ongeveer een half jaar
stuurt monster toe plus onbehandeld stuk (ontvangen)

Velca Pack

Contactpersoon:
dhr. J. vd Veil
tel: 010-451.35.09

leveren folies met antifogging additief. Het additief is geheim. Verwijzen door naar hun producent 4p in Duitsland

Walki-flex

tel: 010-213.44.11

leveren twee folies met antifog behandeling, één folie waaraan additieven zijn toegevoegd en één folie waarop een coating (laagje zeepsop) is aangebracht wanneer een coating is aangebracht kan deze de werking van de seallaag beïnvloeden hun producenten zitten in Finland en Frankrijk (?)
stuurt behandeld en onbehandeld deel PP (welke techniek) op met technische specificatie

MoDo van Gelder

Contactpersoon:
Dhr. A. de Bruijn
tel: 020-560.53.26

Leveren Omni foodfilm die glashelder is en met uitstekende antifog eigenschappen. Folie blijkt PVC te zijn.

Sumitomo Seika Chemicals Co. Leveren AQUA CALK ® additief, verdere informatie is
Georg-Glock-Str-14 aangevraagd
D-40474 Dusseldorf: **Sumitomo stuurt informatie en een monster film en**
contactpersoon: **additief.**
dhr. H. Tanaka
tel: 0049-211-479940

ICI leveren antifog-additief voor PS, PE en PP. werking is
B-3078 Everberg in PP beduidend minder. De stof heeft een 'indirect
contactpersoon: food approval'. De surfactant verlaagt de
dhr. Stevens oppervlaktespanning van water (=72) en verhoogt die
tel: 0032-27589786 van de kunststof (PE =30). Water verspreidt zich over
een oppervlak wanneer de oppervlaktespanning van
het water lager is dan die van het oppervlak.
ICI stuurt 250 gram additief toe met
gebruiksaanwijzing en technische gegevens.
S.v.p. resultaten doorgeven aan ICI.

W en R Plastics b.v. Leveren antifogging masterbatches van Viba en Cabot.
Postbus 740 sturen **technische informatie en een monster van**
7300 AS Apeldoorn **een kilo op van beide producten. Beide producten contactpersoon:**
zijn slechts geschikt voor PE en PP.
dhr. R. Stegehuis
tel: 055-533.52.24

Binnen ATO-DLO reeds **Brij 35**
aanwezige additieven **GMS**

Bedrijven die oppervlakte van het materiaal behandelen

Brabo-pack Fresh Food

Contactpersoon:
dhr. Verdenius
tel: 0416-33.37.44

Na productie aanbrengen van 'veredelt laagje zeepsop'
vragen proefstuk op bij fabriek

Folietechniek

Contactpersoon:
mvr. D. Lorenzini
tel: 0162-519090

halen evt. PS en PET folies door een
antistatisch bad
**stuurt A4 monster toe plus onbehandeld stuk
(ontvangen)**

Burgers Flexible Packaging

Postbus 475
7300 AL Aperdoorn
Contactpersoon:
dhr. B. Schoeman
tel: 055-538.26.66

voor vis; op het materiaal een 'bedrukking'
aanbrengen, met FDA approval
stuurt monster toe van 30 micron dik

Servo Wrap

Oppervlaktebehandelingen zijn effectiever dan
toevoegingen in het granulaat, echter zijn ze ook veel
duurder omdat ze met een extra lakgang aan de folie
toegevoegd worden, proefstuk zie boven.

Windmoller en Holscher

Postbus 74700
1070 DJ Amsterdam
contactpersoon:
dhr. de Horst
tel: 020-644.46.53

Corona als oppervlaktebehandeling. Voor PS zijn de
effecten onbekend. **Enkele A4-tjes toesturen voor
een behandeling.** Het is mogelijk dat de behandeling
slechts een half uur effect heeft. Dit is genoeg voor het
bedrukken van de folie, echter waarschijnlijk te weinig
om een verpakking in de hele keten condensvrij te
houden.

Bedrijven die ontwerpwijzigingen adviseren

Folietechniek
voor gegevens
zie boven

Adviseren verbeteringen in vorm deksel en het
aanbrengen van nopjes en karteltjes om vocht resp. te
laten wegvloeien of ontsnappen

Overige gecontacteerde bedrijven

Sidlaw UK
Contactpersoon:
mvr. I. Cornai

Anti-fog techniek is bedrijfsgeheim. Levert OPP met
zeer goede anticondens werking. Geleverd onder de
merknaam P+.

Borden

Levert PVC folie van het type MX. Op voorraad
bij ATO. Behandeling van foliemateriaal is onbekend.

Cryovac

Levert Polyolefine van het type MRX-19 met
uitstekende anticondens eigenschappen. Op voorraad
bij ATO.

ASAHI Barrialon
Chemical Industry

Leveren PE folie onder de merknaam Suntec met het
typenummer 100-SH.

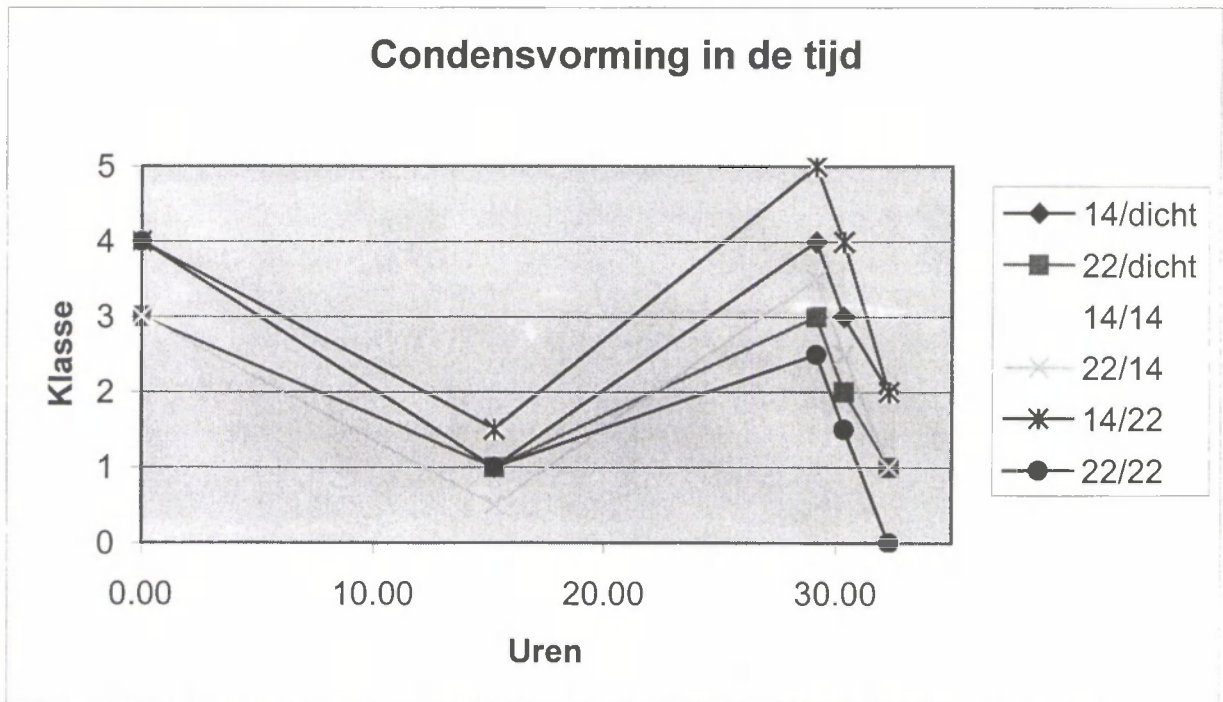
vd Windt verpakkingen

Leveren Polyfresh type witlof. Behandeling van het
materiaal is onbekend.

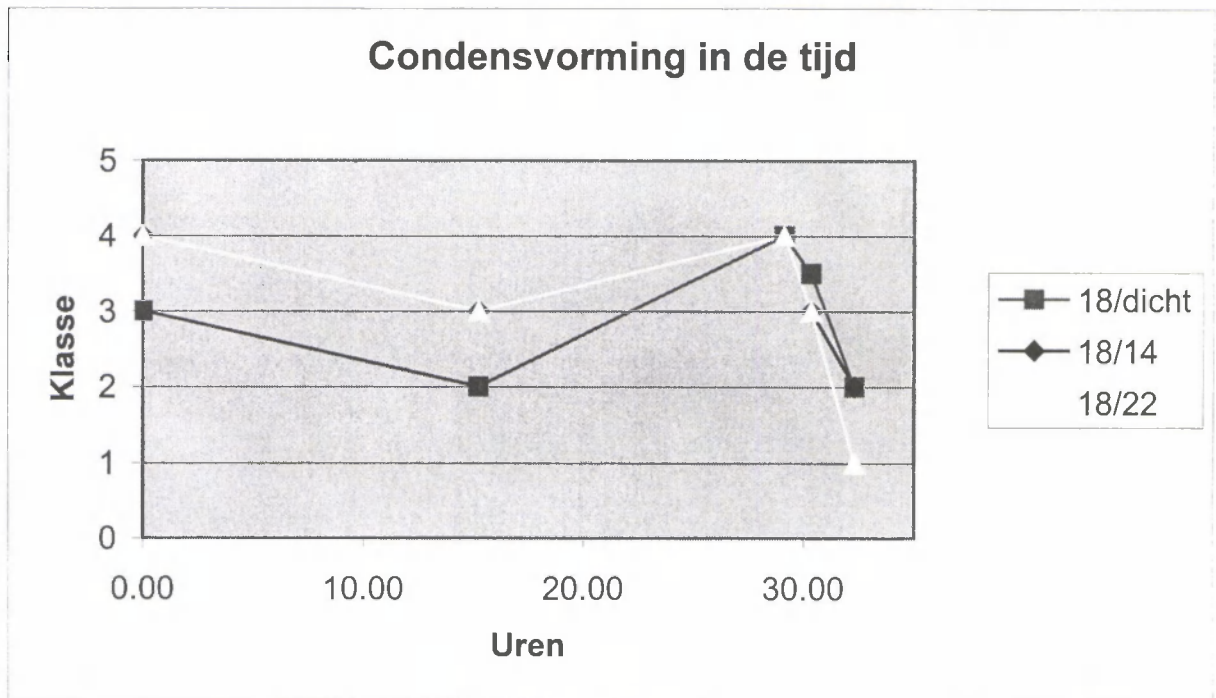
Gedetailleerde onderzoeksresultaten

Experiment 1

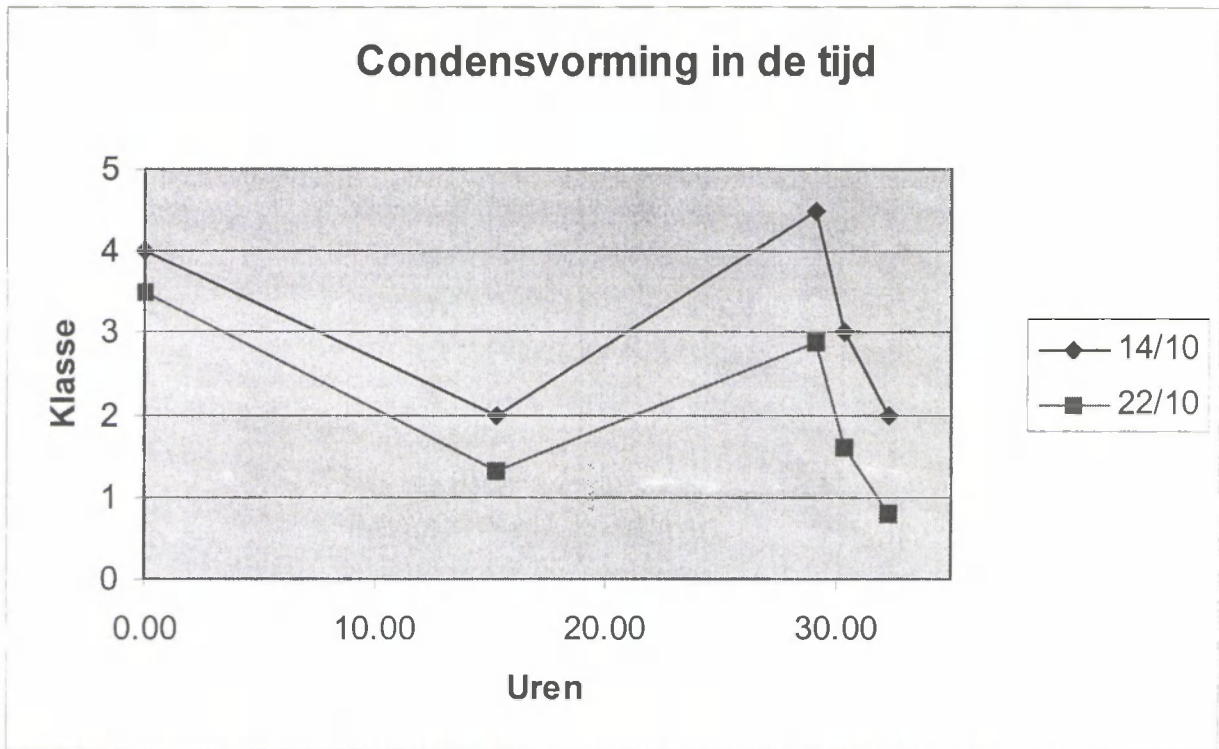
Figuur 8: Condensvorming in de tijd.



Figuur 9: Condensvorming in de tijd van deksels met 18 gaten.

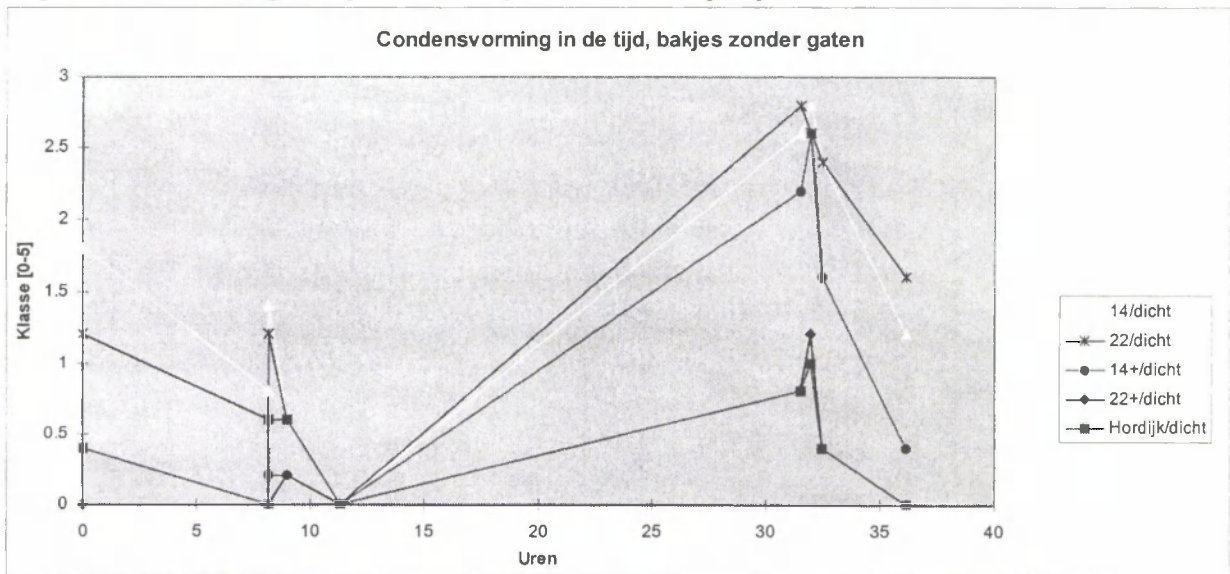


Figuur 10: Condensvorming in de tijd van bakjes met 10 gaten.

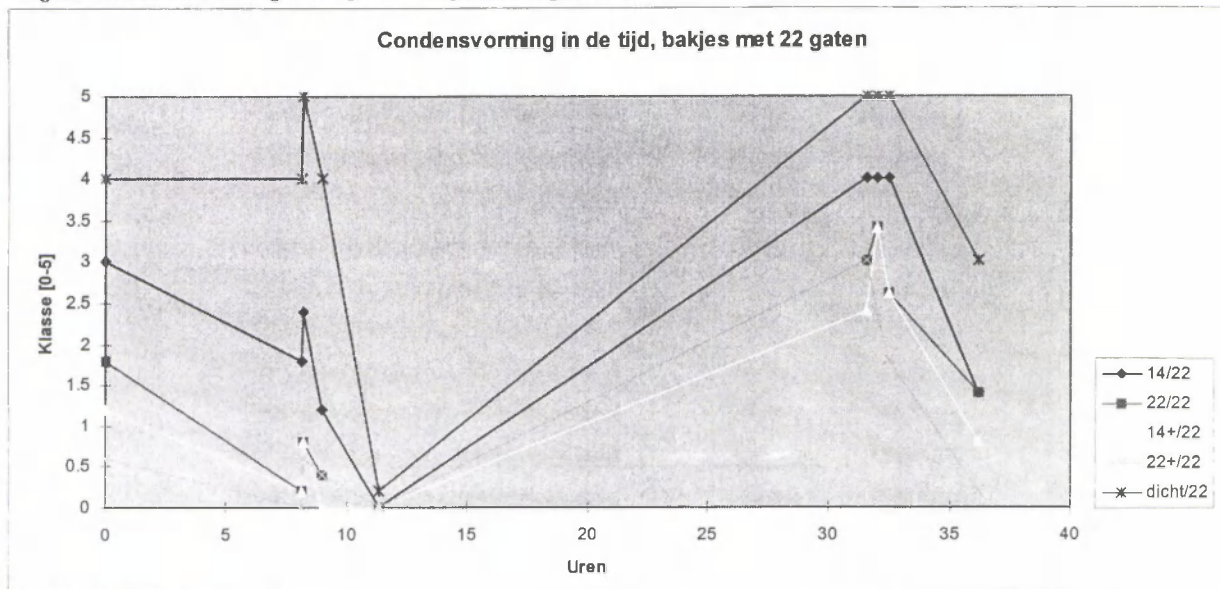


Experiment 2

Figuur 11: Condensvorming in de tijd van dichte bakjes in combinatie met gatenpatronen in het deksel.



Figuur 12: Condensvorming in de tijd van bakjes met 22 gaten in combinatie met gatenpatronen in het deksel.



Experiment 3

Condensvorming in de tijd, derde experiment

Nummer	Tijd [dagen]									
	0	0.667	0.67	0.7	0.81	1.681	1.684	1.72	1.83	1.89
1	2.75	0.0	0.25	0.0	0.0	2.5	2.5	1.5	0.75	0.5
2	2.75	0.5	1.0	0.5	0.0	2.75	3.0	2.0	1.0	0.5
3	2.75	0.5	1.0	0.5	0.0	3.0	3.5	1.75	1.25	0.75
4	2.5	0.25	0.5	0.25	0.0	2.5	3.0	1.25	0.75	0.75
5	2.75	0.75	1.25	0.75	0.0	3.0	3.75	1.75	1.25	1.0
6	2.75	0.0	1.0	0.0	0.0	2.5	3.0	1.25	0.75	0.25
7	3.0	1.0	1.5	0.75	0.0	3.25	3.0	2.0	1.25	1.0
8	2.5	0.0	1.25	1.0	0.0	2.5	2.5	1.5	0.5	0.5
9	2.5	1.0	1.25	1.0	0.0	2.5	2.25	1.25	0.25	0.25
10	3.0	2.25	3.0	0.75	0.0	4.0	3.5	2.5	1.75	1.25
11	3.5	4.0	4.0	2.0	0.0	5.0	5.0	4.25	3.25	2.5
12	4.0	3.0	3.25	1.5	0.0	4.75	4.75	3.0	3.0	2.25
13	3.0	0.5	1.0	0.5	0.0	1.75	2.0	1.5	0.25	0.0
14	5.0	4.0	5.0	2.0	0.0	5.0	5.0	5.0	4.0	3.0
I.s.d.	0,7	0,5	0,6	0,6	0,0	1,1	1,0	0,8	0,8	0,6

Figuur 13: Condensvorming tijdens derde experiment

