

MA-TOEPASSING VAN
STAMYLAN 2102TX00
POLYETHEENFOLIE
(deel I)

R.G. Evelo
H.A.M. Boerrigter

VERTROUWELIJK

ato-dlo



**MA-TOEPASSING VAN
STAMYLAN 2102TX00
POLYETHEENFOLIE
(deel I)**

R.G. Evelo
H.A.M. Boerrigter

VERTROUWELIJK

(Dit rapport is vertrouwelijk, hiervoor gelden de bepalingen zoals vastgelegd in de samenwerkingsovereenkomst tussen DSM en ATO-DLO op 31-03-1992)

Inhoudsopgave

	pagina
0. Samenvatting	2
1. Probleem- en doelstelling	3
2. Inleiding	4
3. Resultaten	5
4. Discussie	5
4.1 Referentiekader van agrarische produkten	6
4.2 Evaluatie van Stamylan 2102TX00 folie	8
5. Conclusies	13
6. Literatuur	14

0. Samenvatting

De permeabiliteitscoëfficiënten van het Stamylan 2102TX00 polyethen folie zijn voor enkele gassen bij 8 en 18°C bepaald. Bij 18°C zijn deze $1,2 \cdot 10^4$, $4,9 \cdot 10^4$, $4,5 \cdot 10^3$ en $2,8 \cdot 10^4$ ml/(m².dag.bar) voor zuurstof, kooldioxide, stikstof respectievelijk ethyleen. Bij 8°C zijn deze $7,0 \cdot 10^3$, $3,1 \cdot 10^4$, $3,1 \cdot 10^3$ en $1,6 \cdot 10^4$ ml/(m².dag/bar) voor zuurstof, kooldioxide, stikstof en ethyleen. De waterdoorlaatbaarheid bij 18°C is 8,3 gr/(m².dag) en bij 8°C 4,4 gr/(m².dag) bij een gradient van 50% relatieve luchtvochtigheid over het folie.

Agrarische producten zijn geclassificeerd op de gewenste gassamenstelling in de modified atmosphere verpakking. De eerste groep heeft een gewenste evenwichtsconcentratie van 3% zuurstof en 3% kooldioxide. Voor de tweede is dit 3% zuurstof en 8% kooldioxide. Als voorbeeldprodukt voor deze groepen zijn spruiten respectievelijk 'Elstar' appels gekozen.

Als suggestie voor de modificatie van het Stamylan 2102TX00 folie wordt voorgesteld de temperatuurafhankelijkheid van de gasdoorlaatbaarheid voor zuurstof en kooldioxide te vergroten. Deze is ongeveer een factor twee bij een stijging van 8 naar 18°C, gewenst is een factor drie voor dit temperatuurinterval.

De verhouding tussen de zuurstof- en gasdoorlaatbaarheid kan worden geoptimaliseerd op een van de twee produktgroepen en wel naar 1:6 of 1:2,25 (zuurstof:kooldioxide) voor de klasse waarvoor spruiten respectievelijk appels als voorbeeld zijn genomen.

De gasdoorlaatbaarheid van het folie dient voor agrarische producten met een hoge ademhalingsactiviteit verhoogd te worden, anders is er een kans op een anaërobe gassamenstelling in de verpakking, hetgeen kan resulteren in de vorming van toxische produkten voor de mens.

Over de kans op condensvorming is via een klein verpakkingsexperiment een indruk gekregen. Bij de meeste verpakkingen trad condensatie in de verpakking op. Dit moet worden verbeterd.

1. Probleem- en doelstelling

In dit project worden de eigenschappen van Stamylan 2102TX00 polyetheen folie bepaald en geoptimaliseerd voor een toepassing van modified atmosphere verpakken van agrarische produkten. De opdracht voor het ATO-DLO bestaat uit twee delen. Dit rapport bevat de verslaglegging van de eerste deel. Hierin worden de specificaties van het uitgangsmateriaal t.a.v. de gasdoorlaatbaarheid voor zuurstof, kooldioxide, stikstof, ethyleen en de waterdoorlaatbaarheid bepaald. De resultaten worden in perspectief geplaatst van de gewenste specificaties voor het verpakingsfolie. Aan de hand hiervan zullen suggesties t.a.v. de applicatie en wijzigingen in de specificaties worden gedaan.

In de tweede fase wordt een gemodificeerde versie van deze folie door DSM geleverd. De eerder genoemde eigenschappen worden weer bepaald. Tevens zal er een applicatie verpakkingsexperiment met een produkt worden uitgevoerd. Hierbij zal een vergelijk worden gemaakt met het uitgangsmateriaal.

2. Inleiding

Alle groente en fruit produkten worden tijdens de afzetketen van de producent tot en met de gebruiker wel op een of andere wijze verpakt. Levende agrarische produkten zijn in het algemeen zeer gevoelig voor een verkeerde behandeling tijdens de afzetketen. De kwaliteitsachteruitgang kan door klimaatbeheersing en de optimale verpakking worden beperkt. Een verpakt produkt doorloopt in de afzetketen een temperatuurscenario, waardoor de interactie tussen het produkt, het klimaat en de verpakking vastgelegd. Hiermee ligt het kwaliteitsverloop grotendeels vast.

Agrarische produkten zijn na de oogst nog steeds biologisch actief, zo vindt er nog steeds respiratie van het produkt plaats. Door de verbranding van suikers wordt kooldioxide gevormd en zuurstof verbruikt. Ook wordt het gasvormige rijpingshormoon ethyleen in meer of mindere mate geproduceerd. Via transpiratie wordt water afgegeven.

Als een dergelijk produkt in een afgesloten verpakking wordt gestopt zal de gassamenstelling en het vochtgehalte in deze verpakking veranderen. De zuurstofconcentratie in de verpakking daalt en de kooldioxide-, water- en ethyleenconcentratie stijgen. Deze verandering wordt tegelijkertijd afgeremd door het gastransport door de verpakking. T.g.v. het ontstane concentratieverschil zal er zuurstoftransport van buiten naar binnen plaatsvinden en kooldioxide-, water- en ethyleentransport van binnen naar buiten. Bij veel produkten wordt de biologische activiteit (inclusief de ademhaling) door deze gewijzigde gassamenstelling geremd. Na enige tijd treedt er een evenwichtsituatie op waarbij de gasopname en gasafgifte van het produkt gelijk is aan het transport door de verpakking. Dit heet een modified atmosphere (*ma*) verpakking [A.A Kader et al.]. Deze gewijzigde gassamenstelling t.o.v. atmosferische omstandigheden kan van gunstige invloed zijn op de houdbaarheid van het produkt.

In het verleden werd pvc rek-wikkelfolie veel als verpakkingsmateriaal van dit type verpakkingen gebruikt. Uit milieu overwegingen wordt pvc in deze toepassingsvorm niet meer gebruikt. Gezocht is daarom naar een vervangingsmateriaal. Vaak wordt hiervoor polyetheen als basisgrondstof gebruikt.

De prestaties van deze folies blijven over het algemeen achter t.o.v. de pvc folie in de toepassing van *ma* verpakkingen van agrarische produkten. Verschillende laminaten worden ontwikkeld om hierin verbetering te brengen. Echter in het licht van de afvalproblematiek is het gewenst om plastics te produceren met geen of zo min mogelijk additieven om zo de mogelijkheid van recycling te vergroten.

In dit project wordt Stamydan 2102TX00 folie op gas- en waterdoorlaatbaarheid gekarakteriseerd. Aan dit LDPE folie zijn volgens de producent weinig additieven toegevoegd. Het dient als

uitgangsmateriaal voor een *ma* verpakking van groente en fruit producten. Na een classificatie van de agrarische producten worden voor enkele van de groente- en fruitsoorten de gewenste permeabiliteitscoëfficiënten berekend. Deze eisen worden naast de hier bepaalde specificaties gezet, waaruit enkele suggesties voor modificaties volgen.

3. Resultaten

Van dit Stamylan 2102TX00 folie zijn de permeabiliteitscoëfficiënten voor zuurstof, kooldioxide, stikstof en ethyleen bepaald. Deze zijn in tabel 1 weergegeven bij een temperatuur van 8 en 18°C. De waterdoorlaatbaarheid is via de gravitatie methode bepaald met een relatieve luchtvochtigheidsgradient van 50 % over het folie. In het gemeten domein (1033 - 536 Pa dampdruk deficit) is de waterdoorlaatbaarheid lineair met het dampdruk deficit.

Tabel 1: Doorlaatbaarheden van het Stamylan 2102TX00 folie

Temperatuur	8°C	18°C
Zuurstof permeabiliteit ml/(m ² .dag.bar)	7,0.10 ³	1,2.10 ⁴
Kooldioxide permeabiliteit ml/(m ² .dag.bar)	3,1.10 ⁴	4,9.10 ⁴
Stikstof permeabiliteit ml/(m ² .dag.bar)	3,1.10 ³	4,5.10 ³
Ethyleen permeabiliteit ml/(m ² .dag.bar)	1,6.10 ⁴	2,8.10 ⁴
Water doorlaatbaarheid gr/(m ² .dag) bij 50% RV	4,4	8,3

4. Discussie

Aan Stamylan 2102TX00 folie zijn verscheidene gasdoorlaatbaarheden en de waterdoorlaatbaarheid gemeten. Naast deze werkzaamheden zijn er nog de volgende algemene kanttekeningen te maken. De dikte van dit folie bedraagt 19µm. Dit is voor een rek-wikkelfolie met *ma* toepassing aan de hoge kant. Momenteel worden veelal folies met een dikte tussen 11 -18 µm gebruikt.

Tijdens het gebruik van Stamylan 2102TX00 folie waarbij het folie om een polystyreen bakje werd gewikkeld viel de verwerkbaarheid op een handsealer tegen t.o.v andere rek-wikkelfolies. De rek in het Stamylan 2102TX00 folie lijkt lager dan in de andere folies. Dit kan bij de nu gebruikte verpakkingsmachines mogelijk problemen leveren.

Het folie biedt wellicht ook de mogelijkheid om agrarische produkten in gesealde plastic zakken te verpakken. Deze produkten moeten dan wel enige mechanische belasting kunnen verdragen. In de huidige situatie biedt het pulp schaalpje of polystyreen bakje van de verpakking hiervoor enige bescherming.

Een verschil in negatieve zin is de helderheid van het folie. Deze dient bij *ma* verpakkingen zeer hoog zijn. Het uiterlijk van het produkt moet goed zichtbaar zijn aangezien dit een belangrijk kwaliteitskenmerk is. Helderheid is op dit moment voor verbetering vatbaar.

4.1 Referentiekader van agrarische produkten

Voordat de permeabiliteitscoëfficiënten kunnen worden bediscussieerd moet er eerst een classificatie van de *ma* gevoelige produkten en hun gewenste gasklimaat gemaakt worden. Dit is het referentiekader waarin het Stamylan 2102TX00 folie kan worden geplaatst.

Van een groot aantal groenten is bekend dat controlled atmosphere (*ca*) bewaring gunstig is voor de houdbaarheid. *Ca* bewaring is een vorm van bewaring waarbij door actieve regeling (door toevoegen of scrubben van gassen) een bepaalde gasconcentratie wordt vastgehouden. Produkten waarvoor geldt dat de houdbaarheid via *ca* bewaring kan worden verlengd komen in aanmerking voor *ma* verpakkingen. Indien er geen verdere produktgegevens aanwezig zijn, worden deze *ca* gasconcentraties als advies voor de *ma* evenwichtcondities meegegeven.

Er is een groot aantal groentesoorten bekend waarbij *ca* bewaring rond de 3% zuurstof en de 3% kooldioxide gunstig is voor de houdbaarheid. Voor een aantal van deze produkten is geen aanvullende informatie. Dit is de eerste doelgroep van *ma* produkten, zij hebben een gewenste *ma* evenwichtsconcentratie van ongeveer 3% zuurstof en 3% kooldioxide. Voorbeelden hiervan zijn diverse koolsoorten, paprika en spruiten [P. Greidanus et al.].

Daarnaast zijn er enkele produkten waarvan bekend is dat de optimale evenwichtsgascondities voor *ma* verpakkingen bij andere concentraties liggen. De voorkeursconcentratie voor bv. Elstar appels, champignons en broccoli is 3% zuurstof en 8% kooldioxide [P. Greidanus et al.; C.F. Forney et al.]. Deze vormen de tweede mogelijke doelgroep.

In het kader van dit project wordt er uiteindelijk voor een specifiek produkt de specificatie van Stamylan 2102TX00 folie aangepast. Om de discussie overzichtelijk te houden wordt er op dit

moment uit beide categorieën van produkten een voorbeeldprodukt genomen.

Voor de eerste groep met een gewenst evenwicht van 3% zuurstof en 3% kooldioxide worden spruiten geselecteerd. Er is gekozen voor spruiten omdat dit produkt sterke positieve *ma* effecten vertoont. Spruiten worden nu los in fust en in open netjes verpakt [P. Greidanus et al.]. Dit houdt in dat zowel aan een toepassing met een gesloten pe zak als verpakking als aan een omwikkeld polystyreen bakje kan worden gedacht. Deze vrijheid in de verpakkingsvorm is een extra reden voor het kiezen van spruiten als model produkt voor de eerste categorie van produkten.

Tabel 2: Overzicht van de produkten en verpakking.

Produkt	spruiten	spruiten	Elstar appels	Elstar appels
Massa	500 gr	500 gr	1100 gr	1100gr
Temperatuur	8°C	18°C	8°C	18°C
Afmeting verpakking	17*12,5*6 cm	17*12,5*6 cm	21*15*7.5 cm	21*15*7.5 cm
Gewenste CO ₂ concentratie	3%	3%	8%	8%
Gewenste O ₂ concentratie	3%	3%	3%	3%
Gewenste O ₂ permeabiliteit ml/(m ² .dag.bar)	1,3.10 ⁴	3,5.10 ⁴	4,2.10 ³	1,5.10 ⁴
Gewenste CO ₂ permeabiliteit ml/(m ² .dag.bar)	7,7.10 ⁴	2,1.10 ⁵	9,5.10 ³	3,4.10 ⁴

Voor de tweede groep met een evenwichtswaarde van 3%, 8% voor de zuurstof- respectievelijk de kooldioxideconcentratie, stellen we 'Elstar' appels voor. Via persoonlijke communicatie is ons bekend dat de markt voor deze *ma* verpakkingen voor appels groeit. Als verpakkingsvorm wordt de huidige pulp tray omwikkeld met rek-wikkelfolie gekozen. Deze verpakking bevat 6 appels. De

dimensies van de verpakking liggen hiermee vast. Er is ook de mogelijkheid om appels in gesealde plastic zakken te verkopen.

Hiermee is het referentie kader voor het Stamydan 2102TX00 folie gecreëerd. Er zijn twee voorbeeld produkten gekozen, met een verpakkingsvorm en een gewenste evenwichtsgasamenstelling. Aan de hand van de ademhaling van het produkt, die sterk afhankelijk is van de temperatuur en in mindere mate van de gassenstelling, kan men de gewenste permeabiliteit van het verpakkingsfolie bij beide temperaturen berekenen [A.A. Kader et al.]. Deze zijn in tabel 2 weergegeven. De tabel geeft 4 specificaties voor het folie, nl. $1,3 \cdot 10^4$ en $7,7 \cdot 10^4$ ml/(m².dag.bar) voor de zuurstof- respectievelijk kooldioxidepermeabiliteit bij 8°C en $3,5 \cdot 10^4$ en $2,1 \cdot 10^5$ ml/(m².-dag.bar) voor 18°C voor spruiten. Voor Appels zijn deze gewenste permeabiliteiten $4,2 \cdot 10^3$ en $9,5 \cdot 10^3$ ml/(m².dag.bar) voor zuurstof en kooldioxide bij 8°C en $1,5 \cdot 10^4$ en $3,4 \cdot 10^4$ ml/(m².dag.bar) bij 18°C

Deze kunnen worden vergeleken met de experimenteel bepaalde waarden van Stamydan 2102TX00 folie uit tabel 1.

4.2 Evaluatie van Stamydan 2102TX00 folie

Bij de evaluatie van de mogelijkheden van dit Stamydan 2102TX00 folie zijn de volgende aspecten te onderkennen.:

- verhouding tussen de zuurstof- en kooldioxidepermeabiliteit
- temperatuurafhankelijkheid van de permeabiliteit
- absolute waarde voor de permeabiliteit voor zuurstof en kooldioxide.
- waterdoorlaatbaarheid
- ethyleenpermeabiliteit

Aan de hand van de verhouding tussen de zuurstof en kooldioxide permeabiliteit en de temperatuurafhankelijkheid kan het gedrag van de folie worden beschreven. Met het toekennen van de absolute waarde voor de permeabiliteit voor de diverse gassen en van water worden de specificaties van de folie volledig vastgelegd.

4.2.1 Verhouding tussen de zuurstof- en kooldioxidepermeabiliteit

Op basis van een gewenste evenwichtsconcentratie en een beschrijving van de ademhaling en het gastransport door de folie kan de verhouding tussen de zuurstof- en kooldioxidepermeabiliteit worden berekend. Hierbij wordt uitgegaan van een volledige verbranding van de suikers waardoor het opgenomen volume zuurstof gelijk is aan het geproduceerde volume kooldioxide.

Men kan nu afleiden dat voor produkten met een gewenste evenwichtsconcentratie van 3% zuurstof en 3% kooldioxide de verhouding van deze permeabiliteitscoëfficiënten respectievelijk 1:6 dient te zijn. Bij de tweede categorie met de concentratie 3% en 8% behoort een verhouding van 1:2,25 voor de zuurstof en de kooldioxide-permeabiliteitscoëfficiënten. Deze verhouding is onafhankelijk van de temperatuur. Het huidige Stamylan 2102TX00 folie heeft een verhouding van 1:3,77. Dit zit dicht in de buurt van de toepassingen uit de produktgroep van Elstar dan de toepassing uit de categorie waarvoor spruiten centraal staan.

4.2.2 Temperatuurafhankelijkheid van de gasdoorlaatbaarheid

Uit tabel 1 en 2 volgt dat de temperatuurafhankelijkheid van de gewenste permeatiecoëfficiënten voor zuurstof en kooldioxide veel groter is dan waargenomen in Stamylan 2102TX00 folie. De temperatuurafhankelijkheid van de gewenste situatie wordt bepaald door de temperatuurafhankelijkheid van de ademhaling van het produkt. De temperatuurafhankelijke ademhaling van het produkt kan volgens een Arrhenius vergelijking worden beschreven. Uit tabel 2 volgt voor de gewenste permeabiliteit ruwweg een factor 3 groter wordt bij de verhoging van 10°C in dit temperatuurstraject voor beide produkten. Dit is representatief voor de veel agrarische produkten. In zijn algemeenheid kan men stellen dat deze afhankelijkheid voor agrarische produkten groter is dan die van het folie. Dit is een onderwerp voor de optimalisatie van het folie.

Het is gewenst dat het produkt en de folie hetzelfde temperatuurafhankelijke gedrag vertonen. Beide hebben dezelfde afhankelijkheid, nl Arrhenius, alleen de activeringsenergie van het folie moet worden aangepast [T. van Hiele et al.; H.Sha et al.; R.M. Beaudry et al].

In de huidige situatie waarbij de temperatuurafhankelijkheid van het folie niet gelijk is aan die van het produkt is het noodzakelijk te focussen op één temperatuur, gekoelde of niet gekoelde bewaring, 8 of 18°C. In praktijk blijkt dat deze keuze gekoelde of niet-gekoelde bewaring tijdens de afzet niet volledig door het produkt wordt bepaald, maar veelal door de beschikbare koelcapaciteit in de verschillende schakels in de afzetketen. Met name in de laatste twee schakels, de detaillist en de consument komen beide temperaturen voor een en hetzelfde produkt voor. Op basis hiervan is hetzelfde voorbeeldprodukt bij beide temperaturen als uitgangspunt genomen.

Bekend is dat het relatieve effect van de houdbaarheid door de *ma* verpakking voor de meeste agrarische produkten groter is bij hogere temperaturen. De houdbaarheid bij 8°C wordt al sterk verlengd door het koelen, waardoor de bijdrage van de *ma* verpakking wordt gereduceerd. Op grond hiervan wordt 18°C als uitgangspunt bij het fixeren van de absolute waarde van de permeabiliteit genomen. Het *ma* effect is hier maximaal.

4.2.3 Absolute waarde voor de zuurstof- en kooldioxidepermeabiliteit.

Als uitgangspunt van de evaluatie van Stamyln 2102TX00 folie wordt 18°C genomen. De temperatuurafhankelijkheid wordt nu buiten beschouwing gelaten.

Bij deze temperatuur heeft Stamyln 2102TX00 folie een permeabiliteit van $1,2 \cdot 10^4$ ml/(m².dag.bar) voor zuurstof. Dit is zeer dicht bij de gewenste permeabiliteit van het voorbeeldproduct uit de categorie met evenwichtsgasconcentraties 3% zuurstof en 8% kooldioxide. Voor appels is een permeabiliteit van $1,5 \cdot 10^4$ ml/(m².dag.bar) berekend bij een zuurstofconcentratie van 3%. Als de permeabiliteit corresponderend bij het interval van 2% tot 4% zuurstof wordt $1,3 \cdot 10^4$ tot $1,7 \cdot 10^4$ ml/(m².dag.bar) berekend.

Voor deze klasse van producten is de gewenste verhouding van de zuurstof- en kooldioxidedoorlaatbaarheid 1:2,25 en die van het folie is 1:3,77 in werkelijkheid. Hieruit volgt dat de gewenste kooldioxidepermeabiliteit voor de Elstar appels op dit moment duidelijk lager ligt dan de gemeten doorlaatbaarheid van het Stamyln 2102TX00 folie, nl $3,4 \cdot 10^4$ tegen $4,9 \cdot 10^4$ ml/(m².dag.bar). Voor de kooldioxide kan de permeabiliteit behorende bij het interval 7% tot 9% bepaald worden. Deze bedraagt $3,5 \cdot 10^4$ en $3,2 \cdot 10^4$ ml/(m².dag.bar) respectievelijk.

Voor het produkt uit de andere categorie wordt een geheel andere situatie aangetroffen. Het valt op dat de gewenste permeabiliteit voor zuurstof en kooldioxide bij spruiten veel hoger liggen dan die voor de appels. Dit wordt veroorzaakt doordat de ademhalingsactiviteit van spruiten veel hoger is dan van die appels. Dit verschil in ademhalingsactiviteit is niet representatief voor de gemaakte opsplitsing naar gewenste evenwichtsconcentraties. Champignons, die in dezelfde categorie thuis horen als de appels vertonen ook een hele hoge ademhalingsactiviteit bij 18°C. Zij hebben ook de voorkeur voor een folie met een hoge doorlaatbaarheid. Maar natuurlijk wel in een 1:2,25 in plaats van 1:6 verhouding van de zuurstof- en kooldioxidedoorlaatbaarheid.

Indien agrarische producten met een zeer hoge ademhalingsactiviteit verpakt worden in een verpakkingsmateriaal waarvan de zuurstofdoorlaatbaarheid te laag is, dan kunnen er anaërobe condities in de verpakking ontstaan. Onder dergelijke omstandigheden kunnen toxische producten voor de mens (ethanol en aceetaldehyde) gevormd worden. Dit dient ten alle tijde te worden vermeden.

Deze discussie geeft aan dat de optimale doorlaatbaarheden in zijn algemeenheid zeer uiteen kunnen lopen. Het verdient de voorkeur om de permeabiliteit van het folie in zijn geheel te verhogen, zodat het folie ook geschikt is voor producten met een hoge ademhalingsactiviteit. Mocht de doorlaatbaarheid van het folie voor producten met een zeer lage ademhalingsactiviteit te hoog worden, waardoor het *ma* effect niet bereikt wordt, dan kan er voor deze producten altijd nog

gebruik gemaakt worden van een dikkere folie. Echter de machineverwerkbaarheid en de verpakkingsvorm begrenzen de speelruimte.

De wijzigingen die aan het Stamylan 2102TX00 folie moeten worden uitgevoerd voor spruiten zijn aanzienlijk groter dan voor de appels. Voor spruiten moet de absolute permeabiliteit voor zuurstof met circa een factor 3 worden verhoogd en de verhouding tussen de zuurstof en de kooldioxide dient te worden gewijzigd. Indien dit mogelijk is heeft dit als voordeel dat ook de veel producten met een hoge ademhalingsactiviteit veilig in deze verpakking kunnen worden verpakt.

Voor appels dient de zuurstof permeabiliteitscoëfficiënt iets te worden verhoogd, de verhouding van de zuurstof- en kooldioxidetransmissie moet licht worden aangepast.

4.2.4 De waterdoorlaatbaarheid.

Een waterdoorlaatbaarheid $8.7 \text{ gr}/(\text{dag.m}^2)$ bij een dampdrukdeficit van 1033 Pa is niet ongebruikelijk voor een pe folie en ligt in dezelfde orde als rek-wikkelfolies op basis van polyetheen.

De waterdoorlaatbaarheid dient in principe zo laag mogelijk te zijn, want gewichtsverlies is uiteindelijk geldverlies. Echter condensvorming in de verpakking moet worden vermeden. Dit belemmert het zicht op het produkt, en stimuleert het microbiële bederf [L.A. Risse et al.]. Dit zijn allebei belangrijke negatieve kwaliteitskenmerken.

Om de kans op condensvorming te testen is naast de waterdoorlaatbaarheid een klein verpakkingsexperiment uitgevoerd. Hierbij zijn enkele groente en fruit producten in het Stamylan 2102TX00 folie verpakt en vergeleken met andere verpakkingsmaterialen. Het bleek dat er in de verpakkingen met het Stamylan 2102TX00 folie veel meer condensvorming op trad. Dit is een veel voorkomend probleem bij folies op basis van pe.

De condensvorming wordt beïnvloed door de waterdoorlaatbaarheid van het verpakkingsmateriaal en de oppervlakte-eigenschappen van het folie. Dit onderzoek omvat alleen een studie naar de waterdoorlaatbaarheid. Daarom zijn eenduidige richtlijnen om het condensatieprobleem te lijf te gaan niet mogelijk. Het effect van de oppervlakte-eigenschappen kan niet worden verwaarloosd.

Op dit moment kan dit folie wel in perspectief met ander folies worden geplaatst. Bij het gebruik van de voormalige rek-wikkelfolies op basis van pvc in *ma* toepassingen trad weinig condensvorming op. Voor deze rek-wikkelfolie op basis van pvc is de waterdoorlaatbaarheid circa een factor 10 hoger dan die voor Stamylan 2102TX00.

Op basis van de ervaringen met pvc rek-wikkelfolies en met de bovengenoemde restrictie kan

het advies van een verhoging van de waterdoorlaatbaarheid voor het Stamylan 2102TX00 met een factor 10 worden gegeven.

4.2.5 Ethyleenpermeabiliteit

Ethyleen is een gasvormig verouderingshormoon dat de houdbaarheid van agrarische produkten sterk negatief beïnvloeden kan. Ethyleen heeft al effect een concentratie van circa 1 part per million (ppm). Bekend is dat de kooldioxide soms de negatieve werking van ethyleen kan remmen.

De permeabiliteit van Stamylan 2102TX00 folie voor ethyleen is bepaald onder hele kleine concentratieverschillen over het folie. Dit komt overeen met de situatie in de praktijk waarbij de concentratie in de verpakking voor sommige produkten kan oplopen tot enkele honderden ppm.

Dankzij de lage concentratieverschillen over de verpakking blijft de ethyleen in de verpakking en kan zij niet bij andere produkten die in de buurt komen en daar zijn eventuele desastreuze werk verrichten. Op basis van de huidige gegevens hoeft de ethyleen permeabiliteit niet te worden gewijzigd.

5. Conclusies

- De temperatuursafhankelijkheid van het Stamydan 2102TX00 folie met betrekking tot de gastransmissie voor zuurstof en kooldioxide dient vergroot te worden, om deze gelijk te krijgen aan het verpakte produkt.
- De verhouding van de zuurstof- en kooldioxidepermeabiliteit moet 1:2,25 of 1:6 worden, afhankelijk van de doelgroep van produkten.
- De modificaties aan Stamydan 2102TX00 zijn voor bewaring bij 18°C kleiner voor appels dan voor spruiten.
- De permeabiliteit van zuurstof en kooldioxide dient te worden verhoogd, waardoor het ook mogelijk wordt de agrarische produkten met een hoge ademhalingsactiviteit in dit folie te verpakken. Hierbij kunnen de gewenste permeabiliteitscoëfficiënten van spruiten bij 18°C als richtlijn dienen, $3,5 \cdot 10^4$ ml/(m².dag.bar) voor zuurstof en $2,1 \cdot 10^5$ ml/(m².dag.bar) voor kooldioxide.
- De kans op condensvorming moet verkleind worden. Dit kan door het aanpassen van de waterdoorlaatbaarheid en/of de oppervlakte eigenschappen te beïnvloeden. Op basis van analogie met pvc rek-wikkelfolie is het advies de waterdoorlaatbaarheid met een factor 10 te verhogen.
- Voor de toepassing als *ma* folie is het gewenst dat de helderheid wordt verhoogd.

6. Literatuur

- R.M. Beaudry, A.C. Cameron, A. Shirazi en D.L. Dostal-Lange: Modified-atmosphere packaging of blueberry fruit: effect on temperature on package O₂ and CO₂, J. Amer. Soc. Hort. Sci, vol 117 (3), pag. 436-441, 1992.
- C.F. Fomey en R.E. Rij: Temperature of Broccoli florets at time of packaging influences packaging atmosphere and quality, Hort. Science, vol. 26 (10), pag. 1301-1303, 1991.
- P. Greidanus en M.A. Verhoeven (ed.): Produktgegevens groente en fruit, Mededelingen Nr. 30, Sprenger Instituut, Wageningen 1986.
- T. van Hiele, G.J. Koster, J. van Male, E.L. Nules en L. Vahl: Handboek voor koude techniek, hoofdstuk 9 , P.C. Noordervliet B.V., Zeist, 1986.
- A.A. Kader, D. Zagory en E.L.Kerbel: Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables, Critical reviews in food science and nutrition, vol. 28 (1), pag. 1-29, 1989.
- L.A. Risse en D. Chun: Influence of various conditioning times and temperatures and intermittent warming on chilling injury and decay of nonwrapped and film wrapped pepers, Proc. Fla. State Hort. Soc. vol 100, pag. 29-32, 1987.
- H. Sha en I.R. Harrison: CO₂ permeability and amorphous fractional free-volume in uniaxially drawn HDPE, J. of polymer Science, Part B, vol. 30, pag. 915-922, 1992.