

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

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

VERTROUWELIJK

ato-dlo



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

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 en discussie	5
3.1.1 De gasdoorlaatbaarheid	5
3.1.2 De temperatuurafhankelijkheid	7
3.2.1 Het verpakkingsexperiment	7
3.2.2 De gassamenstelling	8
3.2.3 De stevigheid	10
4. Suggesties voor vervolgonderzoek	11
5. Conclusies	13
6. Literatuur	14

0. Samenvatting

De permeabiliteitscoëfficiënten van het gemodificeerde Stamyln 2102TX00 voor O₂, CO₂, N₂ en C₂H₄ op 18°C zijn bepaald op respectievelijk $7,3 \cdot 10^3$, $2,9 \cdot 10^4$, $2,2 \cdot 10^3$ en $1,3 \cdot 10^4$ ml/(m².dag.bar). De permeabiliteitscoëfficiënten voor de verschillende gassen zijn afgenomen. Deze wijzigingen in de gasdoorlaatbaarheid tov het Stamyln 2102TX00 zijn een gevolg van fysische, chemische modificaties in het productieproces.

Door de verschillen in de gasdoorlaatbaarheid van het gemodificeerde materiaal tov het uitgangsmateriaal ontstaat er een andere evenwichtsgasamenstelling in de verpakking met elstar appels. De CO₂-concentratie in de elstar verpakkingen is hoger dan in bij het uitgangsmateriaal. Dit resulteert ook in een hogere stevigheid van de elstar appels na 10 dagen bewaring. De gasamenstelling in de verpakking komt niet volledig overeen met de berekende gasamenstelling. De O₂-concentratie blijft hoger dan verwacht en de CO₂ lager.

Het positieve effect van het afstemmen van het Stamyln 2102TX00 folie of de specifieke wensen van elstar appels wordt aangetoond. Verdere optimalisatie met een significant bijdrage op het behoud van de stevigheid van appels lijkt op grond van beschikbare produktkennis mogelijk.

1. Probleem- en doelstelling

Veel land- en tuinbouwprodukten hebben er baat als zij verpakt worden in een zogeheten modified atmosphere verpakking. De houdbaarheid van het produkt wordt verlengd tgv de gewijzigde gassamenstelling rond het produkt. In het verleden werd vaak een rek-wikkelfolie op basis van pvc gebruikt. Op grond van milieu en wetgevende overwegingen is dit materiaal verdrongen door polyetheen.

Aangezien land- en tuinbouwprodukten ieder hun specifieke eisen aan zo'n verpakkingsfolie stellen wordt er in dit project nagegaan in hoeverre het Stamylan 2102TX00 is af te stemmen en wat hiervan het effect op de produktkwaliteit is. Het totale project bestaat uit 3 onderdelen, waarvan er twee door het ATO-DLO zijn uitgevoerd.

In het eerste deel zijn de specificaties van het uitgangsmateriaal t.a.v. de gasdoorlaatbaarheid van zuurstof, kooldioxide, stikstof en ethyleen en de waterdampdoorlaatbaarheid bepaald. De doorlaatbaarheden zijn in perspectief gebracht met de gewenste specificaties van een verpakkingsfolie. De gewenste specificaties zijn bepaald na classificatie van agrarische produkten die in aanmerking komen voor *ma* verpakkingen. De bevindingen en conclusies uit de eerste fase van dit onderzoek zijn vastgelegd in 'ma-toepassing van Stamylan 2102TX00 polyetheen folie (deel I), R.G Evelo en H.A.M. Boerrigter'.

In het tweede deel van dit project is het uitgangsmateriaal gemodificeerd in de richting van een van de voorgestelde opties. In 'modificatie permeatie-eigenschappen van pe-folie; haalbaarheidsstudie, J. Breen' wordt hiervan verslag gedaan. Er is gekozen om het verpakkingsfolie te modificeren naar de specificaties zoals geformuleerd voor elstar appels bij 18°C.

In het derde en laatste fase van dit project worden de eerder genoemde eigenschappen maar nu van het gemodificeerde folie bepaald. Om een indruk te krijgen van de effecten van de modificaties op de gewijzigde gassamenstelling en de produkt kwaliteit (voor elstar appels is dit de stevigheid) is een verpakkingsexperiment uitgevoerd. De verslaglegging van dit derde deel van het project vindt in deze rapportage plaats.

2. Inleiding

Een modified atmosphere (*ma*) verpakking is een verpakking waarbij het produkt d.m.v. een barrière materiaal van de buitenlucht wordt afgesloten. Dankzij de ademhalingsactiviteit van het verse agrarische produkt ontstaat er een gewijzigde gassamenstelling in de verpakking. De hoogte van de O₂- en de CO₂-concentraties worden bepaald door een samenspel van de respiratiesnelheid van het produkt en de barrière eigenschappen van het verpakkingsmateriaal [A.A. Kader et al]. De respiratie- en de diffusiesnelheid zijn afhankelijk van de temperatuur. Het transport door het barrière materiaal is afhankelijk van de concentratiegradient en kan met de 1^{ste} wet van Fick worden beschreven. De respiratiesnelheid is een functie van de O₂ en CO₂-concentraties rond het produkt. Bij lage O₂-concentraties neemt de respiratiesnelheid af. Een verlaging van de respiratiesnelheid kan ook worden bereikt door een sterke verhoging van de CO₂-concentratie. De O₂ en de CO₂-concentratie interacteren wat betreft hun invloed op de respiratiesnelheid [E.C. Lougheed].

In het eerste deel van dit project zijn de O₂, CO₂, N₂ en C₂H₄ gasdoorlaatbaarheden van het uitgangsmateriaal bepaald. Op basis van de gewenste gasconcentraties in een *ma* verpakking is een classificatie van de land- en tuinbouwprodukten gemaakt. Er zijn twee groepen gemaakt; een waarvoor de gewenste evenwichtsconcentratie rond de 3% O₂ en de 8% CO₂ ligt en een waarvoor deze rond de 3% O₂ en 3% CO₂ ligt. Voor elke klasse is een modelprodukt gekozen. Elstar appels zijn als voorbeeld voor de groep met als gewenste evenwichtsgasconcentraties 3% O₂ en 8% CO₂ geselecteerd en spruiten voor de groep met als gewenste situatie 3% voor beide gasconcentraties. Bij deze twee produkten is vervolgens een consumentenverpakking gedefinieerd. Op basis van deze maatvoering en de beschikbare produktkennis zijn tenslotte de specificaties voor de O₂ en CO₂-permeabiliteit van het gewenste folie bepaald.

Wat betreft de waterdoorlaatbaarheid van het Stamylan 2102TX00 is geconcludeerd dat deze laag is tov andere pe rek-wikkelfolies die nu gebruikt worden. De oppervlakte eigenschappen die condensvorming beïnvloeden moeten mogelijk gemodificeerd worden. Ook zijn de wensen t.a.v. een transparanter folie en een materiaal dat in dikte meer overeenkomt met de huidige toegepaste rek-wikkelfolies als suggestie geformuleerd. De verslaglegging van dit deel van het project is beschreven in [R.G. Evelo et al].

Op basis van deze gegevens is het Stamylan 2102TX00 polyetheen folie in de tweede fase van dit project gemodificeerd [J. Breen]. Er is besloten het folie te modificeren voor het verpakken van elstar appels bij 18°C.

In de derde fase zijn de gasdoorlaatbaarheden van het gemodificeerde folie bepaald en is een

experiment met elstar appels uitgevoerd om de geschiktheid van het materiaal verder te toetsen. Hiervoor zijn elstar appels verpakt met Stamylyan 2102TX00, de gemodificeerde variant en met een commercieel verkrijgbaar folie, met als merknaam Aliprot. Aliprot is een rek-wikkelfolie op basis van polyetheen die momenteel gebruikt wordt voor het verpakken van appels op pulpschaaltjes. In deze experimenten zijn de O₂ en CO₂-concentraties in de verpakking en de stevigheid van de appels bepaald.

Om de twee Stamylyan folie uit elkaar te houden zal in dit stuk de volgende nomenclatuur worden gebruikt: 'Stamylyan 2102TX00' voor het uitgangsmateriaal en 'Stamylyan-mod' voor het gemodificeerde materiaal.

3. Resultaten en discussie

3.1.1 De gasdoorlaatbaarheid.

De permeabiliteitscoëfficiënten van Stamylyan-mod folie zijn voor zuurstof, kooldioxide, stikstof en ethyleen bij 8 en 18°C bepaald. Deze zijn in tabel 1 weergegeven, samen met de permeabiliteitscoëfficiënten van het uitgangsmateriaal en de gewenste situatie, zoals ook vermeld in tabel 1 en 2 van [R.G. Evelo et al]. De permeabiliteitscoëfficiënten zijn gedefinieerd voor de dikte van het folie. De dikte van het Stamylyan-mod folie is 18 - 21 µm dik. Er is een grote variatie in de dikte over het oppervlak binnen de genoemde uiterste waarden. Stamylyan-mod heeft een dikte in dezelfde orde als het uitgangsmateriaal, deze is ook 'gemiddeld' 19 µm dik.

In [R.G. Evelo et al] is voor de verandering in de CO₂-permeabiliteit bij toepassing voor een ma verpakking van de Elstar appels bij 18°C, van $4,9 \cdot 10^4$ naar $3,4 \cdot 10^4$ ml/(m².dag.bar) voorgesteld. Het voorstel voor de verandering van de O₂-permeabiliteit was een geringe stijging van $1,2 \cdot 10^4$ naar $1,5 \cdot 10^4$ ml/(m².dag.bar). Uit de experimentele bepaling van de CO₂-permeabiliteit bij 18°C blijkt dat deze is afgenomen tot $2,9 \cdot 10^4$ ml/(m².dag.bar). Deze is daarmee iets lager dan de gewenste doorlaatbaarheid. De O₂-permeabiliteit is gedaald ipv licht gestegen. De verhouding PO₂/PCO₂ is voor het uitgangsmateriaal 4,1 en voor de gemodificeerde versie 4,0. Hieruit volgt dat deze nauwelijks is veranderd tgv het modificatie proces. In [J. Breen] is gemeld dat een wijziging in de verhouding van de permeabiliteit zeer lastig te uit te voeren is.

De O₂ en CO₂-permeabiliteit zijn met ongeveer een factor 2 verlaagd. Als deze verandering alleen veroorzaakt zou worden door een wijziging in de dikte dan zou het materiaal een factor 2 dikker moeten worden. Hoewel de dikte van beide Stamylyan folies niet exact bekend is (vanwege

de grote variatie in het materiaal), is het gemodificeerde materiaal gemiddeld zeker geen factor twee dikker. Hieruit kan men concluderen dat de veranderingen in de gasdoorlaatbaarheid zijn te herleiden tot chemische, fysische modificaties van het productieproces van dit folie en niet alleen aan verandering van de dikte.

Tabel 1: Doorlaatbaarheden van Stamylan folies.

	Stamylan-mod	Stamylan-mod	gewenst [R.G. Evelo et al]	Stamylan 2102TX00 [R.G. Evelo et al]
Temperatuur (°C)	8	18	18	18
zuurstof permeabiliteit ml/(m ² .dag.bar)	3,7 .10 ³	7,3.10 ³	1,5. 10 ⁴	1,2 . 10 ⁴
kooldioxide permeabiliteit ml/(m ² .dag.bar)	1,7.10 ⁴	2,9.10 ⁴	2,4. 10 ⁴	4,9.10 ⁴
stikstof permeabiliteit ml/(m ² .dag.bar)	1,0.10 ³	2,2.10 ³	nvt	4,5. 10 ³
ethyleen permeabiliteit ml/(m ² .dag.bar)	8,0.10 ³	1,3.10 ⁴	nvt	2,8. 10 ⁴
water doorlaatbaarheid gr/(m ² .dag) bij 50% RV	4,5	8,7	nvt	8,3

Voor de doorlaatbaarheid van stikstof en ethyleen werd het in [R.G. Evelo et al] niet zinvol geacht om een gewenste doorlaatbaarheid te specificeren. De discussie van de nieuwe doorlaatbaarheid kan zich beperken tot het vermelden van de gevonden doorlaatbaarheden. Voor N_2 is dit $2,2 \cdot 10^3$ ml/(m².dag.bar) en voor C_2H_4 is dit $1,3 \cdot 10^4$ ml/(m².dag.bar) bij 18°C.

In de eerste fase van dit project is geen concreet advies voor de gewenste waterdoorlaatbaarheid gegeven. Wel is gemeld dat de waterdoorlaatbaarheid tov andere rek-wikkelfolies die voor *ma* toepassingen worden gebruikt vrij laag is. De waterdoorlaatbaarheid is echter niet de enige grootte die van belang is bij de mogelijkheid tot condensvorming in de *ma* verpakking. Deze wordt ook sterk bepaald door de oppervlakte eigenschappen van het folie. Ondanks verschillen in waterdoorlaatbaarheid tussen verpakkingsmaterialen loopt de relatieve luchtvochtigheid in de verpakking veelal tgv de respiratie en transpiratie van het produkt snel tot verzadiging op. Condensvorming wordt dan mede bepaald door de oppervlakte eigenschappen van het folie.

Op basis van deze gegevens is een stijging van de waterdoorlaatbaarheid met circa een factor 10 voorgesteld en/of in combinatie met het aanbrengen van een anti-condenslaag. Bij vergelijking van de effectieve waterdoorlaatbaarheid in Stamylyan 2102TX00 en Stamylyan-*mod* valt op dat deze nauwelijks gewijzigd is.

3.1.2 De temperatuurafhankelijkheid

De temperatuurafhankelijkheid van de permeatiecoëfficiënten vertoont een Arrhenius afhankelijkheid [H. Sha et al]. Voor een nauwkeurige bepaling van de activeringsenergie zijn meer dan twee meetpunten noodzakelijk. Aangezien het doel van deze experimenten niet het vaststellen van de activeringsenergie is maar het vaststellen van de permeatiesnelheid bij 8 en 18 °C zijn alleen gegevens bij deze temperatuur voorhanden. Om toch een indruk te krijgen van het verschil in temperatuurafhankelijkheid tussen het gemodificeerde materiaal en het uitgangsmateriaal kan men de verhouding tussen de permeabiliteit bij 8 en 18°C vergelijken (bv. $PCO_{2,18}/PCO_{2,8}$). Voor CO_2 is dit 1,7 voor het uitgangsmateriaal en 1,6 voor Stamylyan-*mod*. Voor de andere drie gassen is deze verhouding ook nauwelijks gewijzigd. Hieruit volgt dat de temperatuurafhankelijkheid van de diffusie van het Stamylyan-*mod* niet gewijzigd is t.o.v het Stamylyan 2102TX00.

3.2 Het verpakkingsexperiment

Om een indruk te krijgen van de effecten van de modificatie van het Stamylyan folie op de kwaliteit van elstar appels is er een verpakkingsexperiment uitgevoerd. Hiervoor zijn elstar appels

verpakt in Stamylyan 2102TX00 of Stamylyan-*mod* of Aliprot. De Aliprot film is in de experimenten meegenomen om als referentie kader te dienen voor de huidige situatie van *ma* verpakte appels.

In de eerste fase van dit project is opgemerkt dat de verwerkbaarheid van het Stamylyan 2102TX00 als rek-wikkelfolie gewikkeld om een bakje met produkt tegen valt. Dit komt omdat er weinig rek in het folie zit [R.G. Evelo et al]. Dit is ook voor het Stamylyan-*mod* folie het geval. Daarom is er besloten om de appels te verpakken in gesealde zakken, zonder pulpschaaltje, zoals al in [R.G. Evelo et al] als alternatief is voorgesteld.

In het verpakkingsexperiment zijn de volgende variaties te onderscheiden:

Produkt : elstar appels

aantal/ gewicht: 4 stuks \pm 850 gr
6 stuks \pm 1100 gr

Verpakkingsfolie: Stamylyan 2102TX00

Stamylyan-*mod*

Aliprot (16 μ m)

Temperatuur: 15 °C

Bewaarduur 10 en 21 dagen

Oberservabelen: O₂

CO₂

Stevigheid

De gassamenstelling in de verpakking is 1, 2, 5, 6, 7, 11, 14 en 20 dagen na aanvang van het experiment gemeten. Deze concentraties zijn mbv gaschromatograaf (Chrompack CP2001 (TCD))bepaald. De destructieve bepaling van de stevigheid vindt na 10 en 21 dagen plaats. Deze is bepaald met behulp van een penetrometer [W.J. Bramlage]. Het werkingsprincipe van de meting berust van de indringweerstand van een plunjer in het vruchtvlies van de appel.

3.2.2 De gassamenstelling

Bij de analyse van de O₂ en CO₂-concentraties als functie van de tijd, valt op dat de O₂ en de CO₂-concentratie 1 dag na aanvang van het experiment al bijna op zijn evenwichtswaarde is. De snelheid waarmee het verpakkingssysteem op evenwicht komt wordt beïnvloed door de tempera-

tuur. Voor veel agrarische produkten is het gebruikelijk dat, bij niet gekoelde temperaturen, binnen 1 a 2 dagen het evenwicht wat betreft de gassamenstelling is ingesteld. Voor de bediscussiering van de gasconcentraties in de verpakking is het gemiddelde genomen vanaf meetdag 5 tm 20. Door de gemeten waarden op dag 1 en 2 niet in de middeling te betrekken is de bijdrage van het instellen van het evenwicht op de hoogte van het evenwicht te verwaarlozen.

Het experiment is uitgevoerd met verpakkingen die 4 of 6 appels bevatten. In tabel 2 zijn de O₂ en CO₂-concentraties gegeven gemiddeld over de tijd en de duplo's. De statistische verwerking is uitgevoerd met GENSTAT [Genstat] en levert betrouwbaarheden zoals in de tabel 2 vermeld.

Het verschil in de concentraties tussen de verpakkingvariant met 4 en met 6 appels is minimaal en is bijna overal kleiner dan de spreiding veroorzaakt door de produkt variatie. Dit komt omdat de verhouding tussen de massa van de verpakte hoeveelheid appels en het oppervlak van de verpakking voor beide variaties vrijwel gelijk is, 1449 en 1442 kg/cm³ voor 4 respectievelijk 6 appels. Deze verhouding is vrijwel gelijk omdat voor beide verpakkingen het totale volume minimaal is en de vorm van de verpakking voor 4 en 6 appels een parallellepipedum is gebleven.

Aangezien de gasconcentraties voor 4 en 6 appels voor alle verpakkingen vrijwel gelijk zijn is de trend tussen de verschillende verpakkingfolie voor 4 en 6 appels ook gelijk. Voor de eenvoud wordt de discussie tot de verpakkingen met 6 appels beperkt. De conclusie zijn wel volledig te transformeren naar de verpakkingen met 4 appels.

Vergelijkt men de O₂-concentratie in de Stamyln-mod verpakking met het uitgangsmateriaal dan is deze voor de laatst genoemde significant hoger. Dit is in overeenstemming met de gevonden permeabiliteits gegevens van paragraaf 3.1.1 waar het gemodificeerde folie een lagere permeabiliteit heeft dan het ongemodificeerde folie.

De CO₂-concentratie in de elstar verpakkingen met de Stamyln-mod is significant hoger dan met de Stamyln 2102TX00. Ook dit komt overeen met de gemeten permeabiliteit. Het uitgangsmateriaal laat meer CO₂ per tijdseenheid door dan het Stamyln-mod.

De gemeten O₂ en CO₂-concentraties komen niet overeen met de berekeningen uitgevoerd in [R.G. Evelo et al]. De O₂-concentratie is voor alle verpakkingen veel te hoog en de CO₂-concentratie duidelijk te laag. De discrepantie is vermoedelijk te wijten aan de onderschatting van de interactie tussen de O₂ en de CO₂ op de ademhaling. De interactie tussen de O₂ en de CO₂ in dit domein van gasconcentraties is nog maar nauwelijks onderzocht. Dit domein is specifiek voor ma verpakkingen en valt buiten het domein van de controlled atmosphere bewaring waarover wel veel meer produkt kennis beschikbaar is.

In geen van de verpakkingen is condensvorming op getreden. Hoewel in [R.G. Evelo et al]

nadrukkelijk is geweest op de mogelijkheid tot condensvorming is er bij deze combinatie van temperatuur en produkt geen condensvorming bij een van de drie verpakkingsvarianties opgetreden . Desondanks is deze problematiek bij *ma* verpakkingen belangrijk, met name wanneer er nog veel actieve produkten worden verpakt, bv broccoli.

Tabel 2: Overzicht van de verpakkingen

type verpakking	aantal appels	O ₂ (vol %) concentratie ± 0,9	CO ₂ (vol %) concentratie ± 0,6	stevigheid na 10 dagen ±0,20 P≥0,95 (kg/cm ²)	stevigheid na 21 dagen ±0,22 P≥0,95 (kg/cm ²)
Stamylan 2102TX00	4	14,4	2,8	4,91	4,31
Stamylan 2102TX00	6	14,5	2,7	5,06	4,26
Stamylan-mod	4	10,6	4,0	5,44	4,31
Stamylan-mod	6	10,4	4,1	5,48	4,33
Aliprot	4	18,8	1,5	4,96	4,17
Aliprot	6	17,1	2,0	4,82	4,43

3.2.2 De stevigheid

Een belangrijk kwaliteitskenmerk van appels is de stevigheid. Deze kan met een penetrometer worden gemeten. Een hoge waarde van de penetrometer komt overeen met een stevige appel. Neemt de gemeten waarde af dan zal de stevigheid ook afnemen. De absolute waarde is afhankelijk van het appelras en de tijd van het jaar. Net geogste appels hebben een andere absolute waarde voor de stevigheid dan appels die eerst zijn opgeslagen in controlled atmosphere bewaring.

Bij Elstar appels wordt de stevigheid van elke appel bepaald door zowel aan de blos zijde als aan de groene zijde zijn de stevigheid te bepalen. Het is bekend dat de blos zijde in het algemeen iets steviger is dan de groene zijde. De stevigheid van de appels in een verpakking is de stevigheid gemiddeld over 16 appels verpakt in 3 of 4 verpakkingen (afhankelijk van 6 of 4 stuks per verpakking) en gemiddeld over de blos en groene zijde.

In tabel 2 is naast de gasconcentraties ook de gemiddelde waarde voor de stevigheid van verpakte elstar appels na 10 en 21 dagen gegeven. De tabel laat zien dat er geen verschil is tussen de appels uit een verpakking met 4 of 6 appels op 10 en 21 dagen na aanvang van het experiment. Dit is ook consistent met het verloop van de gasconcentraties in deze verpakkingen. Er is geen significant verschil tussen de 4 en 6 appel verpakkingen wat betreft de gasconcentraties aangetroffen.

Bekijkt men de stevigheid na 21 dagen dat valt op dat er geen verschil is tussen de onderlinge verpakkingsvariaties. Alle appels hebben eenzelfde mate van afleving. Dit beschrijft de situatie dat alle appels oud zijn. Interessanter is de situatie na 10 dagen. Op dit moment zijn er wel verschillen tussen de verpakkingsvariaties.

De stevigheid van de appels verpakt in Stamylan-mod laat een hogere gemiddelde waarde zien bij een betrouwbaarheid van $P \geq 0,95$. Dit is in overeenstemming met de verwachting dat de stevigheid langer behouden blijft bij bewaring bij hogere CO₂-concentraties. Op basis van deze gegevens kan men concluderen dat de modificaties van het Stamylan 2102TX00 een gunstig effect hebben op het verloop van de stevigheid van elstar appels. Op basis van de beschikbare kennis dat de gewenste gas rond de 3% O₂ en 8% CO₂ ligt, zou de permeabiliteitsconstanten van O₂ en CO₂ nog verder kunnen worden aangepast om het verloop van de stevigheid van de appels nog gunstiger te beïnvloeden.

Vergelijkt men de stevigheid van de appels verpakt in Stamylan 2102TX00 met Aliprot dan is er geen significant verschil tussen de folies. Het verloop van de stevigheid van de elstar appels in het uitgangsmateriaal en het huidig gebruikte materiaal is op basis van deze metingen gelijk. De appels verpakt in het Stamylan-mod folie hebben na 10 dagen *ma* bewaring een hogere stevigheid dan de appels verpakt met Aliprot.

4. Suggesties voor vervolgonderzoek

Dit project toont aan dat er door modificatie van het Stamylan 2102TX00 folie een duidelijk positief effect op de stevigheid, tijdens de *ma* bewaring van elstar appels, is te bereiken. Een voortzetting van dit project kan zich richten op: a. een verdere verbetering van dit verpakkingsmateriaal voor het verpakken van appels en/of meer in de breedte door b. het folie geschikt maken voor meer toepassingen binnen de markt van *ma* verpakkingen. Hierbij dienen de interacties tav produkt-verpakking-logistieke afzetketen nader te worden bestudeerd.

De mogelijkheden voor het verbeteren van dit folie voor verder gebruik binnen het doelprodukt appels lijken vanuit de produkteisen goed haalbaar. De CO₂-concentratie zou verhoogd moeten

worden naar 8% zonder anaërobe in de verpakking.

Voor algemeen gebruik als *ma* verpakkingsmateriaal moet het materiaal betere rek eigenschappen hebben. Produkten zoals appels en spruiten die enige mechanische belasting kunnen hebben kunnen rechtstreeks verpakt worden in plastic zakken. Dit in tegenstelling tot zeer kwetsbare produkten zoals bv champignons en aardbeien. De laatste groep van produkten worden eerst in bakjes verpakt en vervolgens met rek-wikkelfolie afgesloten. Beide geteste Stamydan folies vertonen te lage rek mogelijkheden voor een voldoende verwerkbaarheid voor deze laatst genoemde toepassing.

Toepassing van Stamydan folie bij de tweede groep produkten waarbij een evenwichtsgassenstelling van 3% O₂ en 3% CO₂ bereikt moet worden kan tevens doelgericht worden onderzocht. Daarbij kan worden geboogd op de reeds opgedane expertise in dit project.

5. Conclusies

- De permeabiliteit van het Stamylan-*mod* bij 18°C voor CO₂ is 2,9.10⁴ ml/(m².dag/bar) en voor O₂ 7,3x.10³ ml/(m².dag/bar). Deze liggen lager dan tov het uitgangsmateriaal Stamylan 2102TX00.
- De O₂ en CO₂-permeabiliteit is verandert tgv chemische en/of fysische modificatie in het productie proces.
- De verhouding tussen de O₂ en de CO₂-permeabiliteit is voor het Stamylan 2102TX00 en het Stamylan-*mod* materiaal gelijk.
- De temperatuurafhankelijkheid van de gasdoorlaatbaarheid voor O₂, CO₂, N₂ en C₂H₄ is niet gewijzigd als gevolg van de modificatie van het uitgangsmateriaal.
- De waterdampdoorlaatbaarheid is tgv de modificatie niet gewijzigd.
- De wijzigingen van de O₂ en CO₂-doorlaatbaarheid hebben een significante verandering van de evenwichtsgassamenstelling van de onderzochte *ma* verpakkingen tot gevolg.
- De elstar appels verpakt in de gemodificeerde Stamylan-*mod* hebben een hogere stevigheid tov elstar appels verpakt in het Stamylan 2102TX00 folie.
- De elstar appels verpakt in de gemodificeerde Stamylan-*mod* hebben een hogere stevigheid tov elstar appels verpakt in 16 µm dik Aliprot.
- Beide Stamylan folies zijn nog niet geschikt als rek-wikkelfolie; Bij toepassing in de vorm van plastic zakken lijken ze wel te voldoen.
- Op basis van beschikbare produktkennis zou een verdere optimalisatie van het verpakkingsfolie waarbij een CO₂-concentratie van rond de 8% wordt bereikt nog een significante verbetering van de stevigheid geven. Te lage O₂-concentratie moeten wel worden vermeden.

6. Literatuur

- W.J. Bramlage, Measuring fruit firmness with a penetrometer. Posth. Pom. Newsl. 1983, 1, 5-9.
- J. Breen, Modificatie permeatie-eigenschappen van pe-folie; haalbaarheidsstudie" 1992, KRI-TNO rapport nr 516.
- R.G. Evelo, H.A.M. Boerrigter: ma toepassing van polyethen folie (deel I), 1992, ATO-DLO rapport B011.
- Genstat 5 Committee, Genstat 5 Reference Manual, 1987, Clarendon Press, Oxford.
- A.A Kader, D. Zagory en E.L. Kerbel: Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables, Critical review in food science and nutrition, 1989, vol 28 (1), pag. 1-29.
- E.C. Loughheed, Interactions of oxygen, carbon dioxide, temperature and ethylene that may induce injuries in vegetables. HortScience, 1987, 22, pp 791-794.
- H. Sha en I.R. Harrison: CO₂ permeability and amorphous fractional free-volume in uniaxially drawn HDPE, J. of polymer Science, Part B, 1992, vol 30, pag 915-922.