

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



**Vergelijking van MA-verpakkingsfolies
voor witlof, broccoli en radijs van
verschillende leveranciers**

**Kwaliteitseffecten bij drie temperaturen en meting
van de gaspermeabiliteit**

**Onderzoek in opdracht van "The Greenery
International"**

H.A.M. Boerrigter
J.J. Polderdijk
F.H. Schreutelkamp

Vertrouwelijk

Rapport B383 / Januari 1999



ato-dlo



ato-dlo

**Vergelijking van MA-verpakkingsfolies
voor witlof, broccoli en radijs
van verschillende leveranciers**

***Kwaliteitseffecten bij drie temperaturen en meting
van de gaspermeabiliteit***

Onderzoek in opdracht van "The Greenery International"

vertrouwelijk

H.A.M. Boerrigter
J.J. Polderdijk
F.H. Schreutelkamp

**Agrotechnological
Research Institute
(ATO-DLO)**
Bornsesteeg 59
P.O. Box 17
NL-6700 AA Wageningen
Phone: +31.317.475000
Fax: +31.317.475347

Eigendom van ATO-DLO. Niets uit dit rapport mag worden gekopieerd zonder schriftelijke toestemming van ATO-DLO.

2251074

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
1. Inleiding	3
2. Doel van het onderzoek	4
3. Materiaal en methoden	4
3.1. Werkwijze	4
3.2. Product	4
3.3. Verpakkingen	5
3.4. Bewaarcondities	5
3.5. Kwaliteitsbepaling	5
3.6. Houdbaarheidsdefinitie	6
3.7. Gasconcentratietingen	6
3.8. Gaspermeabiliteitsmetingen	7
3.9. Vergelijking van gasconcentraties en gasdiffusie	7
3.10. Materiaaleigenschappen	7
4. Resultaten van het broccoli-onderzoek	8
4.1. Screeningstest	8
4.2. Houdbaarheidsexperiment	9
4.2.1. <i>Geelverkleuring</i>	9
4.2.2. <i>Snijvlakverkleuring</i>	10
4.2.3. <i>Bederf</i>	10
4.2.4. <i>Houdbaarheid</i>	11
4.2.5. <i>Gasconcentraties</i>	11
5. Resultaten van het witlof-onderzoek	12
5.1. Screeningstest	12
5.2. Houdbaarheidsexperiment	14
5.2.1. <i>Groenverkleuring</i>	14
5.2.2. <i>Bruinrand</i>	14
5.2.3. <i>Roodverkleuring</i>	15
5.2.4. <i>Pitgroei</i>	16
5.2.5. <i>Geurafwijking, rotaantasting en snijvlakverkleuring</i>	16
5.2.6. <i>Houdbaarheid</i>	17
5.2.7. <i>Gasconcentraties</i>	17
6. Resultaten van het radijs-onderzoek	18
6.1. Screeningstest	18
6.2. Houdbaarheidsexperiment	19
6.2.1. <i>Geelverkleuring van het blad</i>	19
6.2.2. <i>Rotaantasting van het blad</i>	19
6.2.3. <i>Wortelgroei</i>	20
6.2.4. <i>Houdbaarheid</i>	21
6.2.5. <i>Paarsverkleuring knol</i>	21
6.2.6. <i>Gasconcentraties</i>	22
7. Gaspermeabiliteit	22
8. Vergelijking gasconcentratie en -permeabiliteits-metingen	24
8.1. Broccoli	24
8.2. Witlof	25
8.3. Radijs	26
9. Materiaaleigenschappen	26
10. Samenvattende conclusies	28
10.1. Broccoli	28
10.2. Witlof	28
10.3. Radijs	29
10.4. Gasdiffusie	29
10.5. Vergelijking gasdiffusie en gasconcentraties	29
10.6. Materiaaleigenschappen	29
11. Literatuur	29

Samenvatting

“The Greenery” gebruikt voor het verpakken van enkele groentesoorten zogenaamde P-plus folie van Sidlaw Packaging uit Engeland. Deze heldere polypropyleenfolie is voorzien van voor het oog vrijwel onzichtbare microperforaties. Het P-plus concept houdt in dat de hoeveelheid aangebrachte microperforaties zodanig is dat er in de verpakking van een bepaald product een zogenaamde “modified atmosphere” conditie ontstaat die zeer gunstig is voor de houdbaarheid van dat verpakte product.

Enkele jaren geleden kon alleen Sidlaw Packaging dit geavanceerde verpakkingsconcept aanbieden. Inmiddels hebben andere leveranciers dit verpakkingsconcept geïmiteerd en bieden ze, in eigen beheer ontwikkelde verpakkingsfolies aan, bij toepassers zoals The Greenery, tegen soms een significante lagere prijs.

The Greenery International heeft ATO-DLO gevraagd om na te gaan of naast Sidlaw Packaging ook andere leveranciers een volwaardige alternatief voor het huidige P-plus concept kunnen aanbieden.

ATO-DLO heeft dit onderzocht door de kwaliteitseffecten van verschillende folies en van verschillende leveranciers met elkaar te vergelijken. Leveranciers werd gevraagd een ideale verpakkingsfolie te leveren voor witlof, broccoli en geboste radijs. Na een eerste screenings-test met de folies bij één temperatuur (12°C) werd het onderzoek vervolgd met een houdbaarheidstest bij drie opslagtemperaturen (4°-12°-18°C). Om de optredende kwaliteitseffecten te kunnen verklaren zijn tevens gasconcentratiemetingen in verpakkingen en gasdiffusiemetingen met de folies uitgevoerd.

Het resultaat van het onderzoek is dat blijkt dat Sidlaw Packaging met zijn P-plus verpakkingsconcept niet wordt overtroffen of geëvenaard door andere leveranciers. Van de Windt is in staat om goede verpakkingsfolies te leveren en komt dicht in de buurt van de prestatie van Sidlaw Packaging. Dekker Packaging, Flex film en AEP-Bordex zijn niet in staat de prestaties van Sidlaw Packaging te evenaren.

De rangschikking van de onderzochte folies voor het verpakken van broccoli van goed naar minder goed is als volgt: 1) PA190 2) Polyfresh broccoli 3) Cryovac LDX5406 4) Mod AB4090 5) Auto HL4 6) onverpakt 7) coex. Opp-perf.

De rangschikking van de onderzochte folies voor het verpakken van witlof van goed naar minder goed is als volgt: 1) PA90 2) Mod A130 3) ATMP 35 witlof en Polyfresh 4) Cryovac LDX 5406 5) Auto HL4 6) onverpakt

De rangschikking van de onderzochte folies voor het verpakken van geboste radijs van goed naar minder goed is als volgt: 1) PA90 2) Mod A130 3) Polyfresh radijs 4) ATMP 35 witlof 5) Auto HL4 6) onverpakt

Een bepaalde score van een folie kan meestal goed worden verklaard door de in de verpakkingen gemeten gasconcentraties. Voor witlof en radijs werd een betrouwbaar model gevonden waarmee op basis van een gemeten gaspermeabiliteitscoëfficiënt kan worden voorspeld wat de gasconcentratie in een folieverpakking zullen worden. Op basis van alleen gasdiffusiemeting van een folie kan voor de geteste producten de uitwerking op de kwaliteit worden voorspeld.

1. Inleiding

The Greenery cq Frugifera (onderdeel van The Greenery) gebruikt voor het verpakken van diverse groenten o.a. verpakkingsfolies afkomstig van de firma Sidlaw Packaging. Deze folies verbeteren o.a. de houdbaarheid van kleinverpakte broccoli, radijs, spruiten en witlof [lit.1]. De folie wordt onder de merknaam "P-plus" verkocht. Frugifera hanteert de merknaam Fresh+7 voor dit verpakkingsconcept. De folie wordt toegepast op zogenaamde "flowpack" verpakkingsmachines. De folie is een zeer heldere en knisperige polypropyleen en is voorzien van een aantal vrijwel onzichtbare microperforaties. Deze microperforaties zijn nodig om de folie voldoende permeabel te maken voor uitwisseling van de respiratiegassen zuurstof (O₂) en kooldioxyde (CO₂). De hoeveelheid microperforaties wordt zodanig gekozen dat er in de verpakking een gasconcentratie ontstaat die gunstig is voor de houdbaarheid van het verpakte product. Deze verpakkingsvorm wordt modified atmosphere (MA)-verpakking genoemd. De hoeveelheid perforaties die wordt aangebracht is afhankelijk van het te verpakken product, de hoeveelheid product in een verpakking en de temperatuur die tijdens de afzet getolereerd wordt. De perforatiegraad cq gaspermeabiliteit voor O₂ en CO₂ van een verpakking kan dus per product en afzetkanaal verschillen.

Voor Frugifera werd reeds eerder door ATO-DLO een onderzoek uitgevoerd, waarin de optimale permeabiliteit van de P-plus folie voor diverse producten werd vastgesteld [lit.1]. Doordat Sidlaw Packaging enkele jaren geleden als enige dit geavanceerde verpakkingsconcept kon aanbieden. Gebaseerd op een gedegen know-how werd Sidlaw Packaging Europees marktleider. Het P-plus concept levert een toegevoegde waarde en mede daardoor kon Sidlaw Packaging een eigen prijsbeleid voeren. Inmiddels hebben andere leveranciers dit verpakkingsconcept geïmiteerd en bieden ze de door hun zelf ontwikkelde verpakkingsfolies tegen soms lagere prijs aan bij toepassers zoals The Greenery.

Uit ATO-DLO ervaring blijkt dat de meeste leveranciers niet goed op de hoogte zijn van de optimale gascondities voor allerlei producten. Men weet meestal ook niet wat de fysische eigenschappen van de door hun verkochte folies zijn. Men heeft hooguit de beschikbare folies (quick and dirty) getest voor het gehele G+F-assortiment. Op basis hiervan selecteren leveranciers hun folies.

Het is voor The Greenery belangrijk om na te gaan of er naast Sidlaw andere geschikte leveranciers zijn die verpakkingsfolies met verschillende gasdoorlaatbaarheden aanbieden. Uitgangspunt is dat alternatieve folies minimaal hetzelfde kwaliteitseffect op het verpakte product moeten bewerkstelligen tegen concurrerende prijzen.

The Greenery International heeft ATO-DLO gevraagd na te gaan of naast Sidlaw Packaging ook andere leveranciers een volwaardige alternatief voor het huidige P-plus concept aanbieden.

Dit rapport bevat een beschrijving van verpakkingsproeven met: witlof, broccoli en geboste radijs. Om de optredende kwaliteitseffecten te kunnen verklaren zijn tevens gasconcentratie- en gasdiffusiemetingen uitgevoerd. De resultaten van deze metingen worden in dit rapport eveneens geëvalueerd.

De prijsstelling voor de folies afkomstig van diverse leveranciers is zeer belangrijk, maar valt buiten de reikwijdte van dit rapport.

2. Doel van het onderzoek

Het doel van het onderzoek was om na te gaan of er met betrekking tot het kwaliteitsbehoud van het verpakte product, vergelijkbare dan wel betere verpakkings-folies op de markt zijn dan de huidige P-plus folies van Sidlaw Packaging. Kennis hieromtrent maakt selectie van de beste folie mogelijk. Tevens kan deze kennis de onderhandelingspositie van The Greenery bij aankoop van verpakkingsfolies voor flowpack verpakkingen versterken.

Het beoogde resultaat was:

- inzicht in het verschil in houdbaarheid tussen witlof, geboste radijs en broccoli verpakt in de gangbare Frugifera verpakkingen welke gemaakt zijn van P- plus folies van Sidlaw Packaging en in diverse verpakkingen gemaakt van andere folies afkomstig van andere leveranciers
- inzicht in de gaspermeabiliteit van deze folies voor O₂ en CO₂.

3. Materiaal en methoden

3.1. Werkwijze

Aan de bij Frugifera en ATO-DLO bekende leveranciers van MA-verpakkingsfolie is gevraagd folies te leveren voor het verpakken van: broccoli (1 stuks), radijs per bos en witlof (500g). Per product leverde dat ca. 10 folies op van ongeveer 5 leveranciers. De geschiktheid van deze folies voor het verpakken van de testproducten werd vastgesteld in een zogenaamde "screeningstest". Deze screeningstest werd uitgevoerd bij één temperatuur namelijk 12°C. Afhankelijk van het product werd na een bepaalde tijd de kwaliteit van het verpakte product vastgesteld. Op basis van de resultaten van deze "screeningstest" werden kansloze folies geëlimineerd voor uitgebreider vervolgonderzoek. In dit vervolgonderzoek werden kansrijke folies getest bij drie opslagtemperaturen (18°C, 12°C en 4°C). Dit werd gedaan om tot een goed waarde-oordeel te kunnen komen over de volle breedte van klimaatcondities die tijdens de afzet kunnen optreden.

In het vervolgonderzoek werd het product dagelijks beoordeeld om het kwaliteitsverloop en de houdbaarheid van een product-verpakkingcombinatie bij een bepaalde temperatuur te kunnen vaststellen. De beoordelingen werden pas gestaakt als verder beoordelen door teveel bederf van het verpakte product zinloos werd.

Daarnaast werd de gaspermeabiliteit, de doorlaatbaarheid van de folies voor O₂ en CO₂, bepaald met behulp van het ATO-gasdiffusie meetsysteem. De gaspermeabiliteit werd conform ASTM-normen bepaald bij 23°C en ca. 0%rv.

3.2. Product

In alle proeven werd één partij van één herkomst onderzocht.

3.3. Verpakkingen

Een overzicht van alle geleverde en geteste verpakkingsofies wordt in tabel 1 weergegeven.

Tabel 1: Lijst van geteste folies							
Naam van de folie	Mate- riaal	Toe- passing	Leverancier	Dikte µm	Broc- -coli	Ra- dijs	Wit- lof
PA190	OPP	Flowpack	Sidlaw Packaging	34			
PA90	OPP	Flowpack	Sidlaw Packaging	34			
Polyfresh broccoli	OPP	Flowpack	Van de Windt	33			
Polyfresh radijs	OPP	Flowpack	Van de Windt	31			
Polyfresh witlof	OPP	Flowpack	Van de Windt	31			
Everclear AB4090	OPP	Flowpack	Dekker Packaging	30			
Everclear mod H130	OPP	Flowpack	Dekker Packaging	30			
Everclear mod A130	OPP	Flowpack	Dekker Packaging	30			
Everclear mod B90	OPP	Flowpack	Dekker Packaging	30			
Everclear Perfo -1	OPP	Flowpack	Dekker Packaging	30			
Everclear Perfo -vol	OPP	Flowpack	Dekker Packaging	30			
Coexopp perf.	OPP	Flowpack	Dekker Packaging	--			
Cryovac LDX 5406	LDPE	Flowpack	Dekker Packaging	36			
ATMP 35 witlof	OPP	Flowpack	Flex-film int.	34			
ATMP 35 broccoli	OPP	Flowpack	Flex-film int.	34			
Auto HL4	PVC	rekfolie	AEP-bordex	10			

De aangegeven folieverpakkingen werden ter controle steeds vergeleken met het onverpakt product. Bij het gebruik van rekfolie bij radijs en witlof werd een schuimschaaltje mee verpakt.

3.4. Bewaarcondities

De verpakkingen werden in het donker bewaard bij respectievelijk: 4° - 12° - 18°C. Daarnaast werden enkele witlofverpakkingen ook blootgesteld aan licht (1000 lux/m²) gedurende 12 uur per etmaal bij een omgevingstemperatuur van 18°C. De reden om deze bewaarcondities te kiezen is:

- 4°C: simuleert een gekoelde afzetketen met optimale producttemperatuur.
- 12°C: is de koeltrucktemperatuur met een gemengde lading groente en fruit.
- 18°C: simuleert een ongekoelde afzetketen.
- 18°C + licht: simuleert een winkelschap zonder koeling

3.5. Kwaliteitsbepaling

De kwaliteitsbeoordelingen werden uitgevoerd door drie productexperts op basis van visuele kwaliteitskenmerken. Per variant (product x verpakkingstype x bewaarconditie) werden per beoordeling bij witlof 3, bij radijs 2 en bij broccoli 4 verpakkingen beoordeeld.

De volgende kwaliteitskenmerken werden beoordeeld:

Witlof: Groenverkleuring, bruinrand, pitgroei, rot, geurafwijkingen, wel/niet acceptabel, snijvlakverkleuring, bijzonderheden

Geboste radijs: Geelverkleuring blad, kleur knol, wortelgroei, rot, geurafwijkingen, wel/niet acceptabel, bijzonderheden

Broccoli: Geelverkleuring, rot, schimmel, snijvlakverkleuring, geurafwijking, wel/niet acceptabel, bijzonderheden.

De meeste kwaliteitskenmerken werden op een schaal van 0-5 beoordeeld. Klasse 0 betekent: geen aanwezigheid van het kenmerk. Klasse 5 is maximale aanwezigheid van het kenmerk. Binnen dit onderzoek werd klasse 2 vastgelegd als grenswaarde waarboven het product niet meer verkoopbaar is. Dus als één van de kwaliteitskenmerken grenswaarde 2 heeft bereikt, dan is de *houdbaarheid* de tijd die verstreken is vanaf het moment van inpakken.

De kleurschaal en het aspect geurafwijking voor broccoli en radijsknollen week enigzins af van dit systeem.

Broccoli kent een kleurverloop van 7 naar 1. (7 = 100% groen; 6 = nog net verkoopbaar, maximaal enkele bloemknoppen geopend; 5 = iets geelverkleurd = onvoldoende; 1 = 100% geel).

De paarsverkleuring van radijsknollen kent 3 gradaties nl. 0, 1 en 2 waarbij 0 rood is, 1= rood/paars en 2 is geheel paars.

Geurafwijking wordt alleen met ja/nee gescoord.

Deze afwijkende systemen worden gebruikt om vergelijking met reeds eerder verricht onderzoek aan deze producten mogelijk te maken.

3.6. Houdbaarheidsdefinitie

De houdbaarheid van de producten bij een bepaalde temperatuur werd bepaald door het combineren van alle gemeten kwaliteitsaspecten van het betreffende product. Als één van de kwaliteitseigenschappen de limietwaarde overschrijdt, dan is de houdbaarheids- cq verkoopbaarheidsperiode ten einde. Het bepalen van de limietwaarde is arbitrair en hangt af van de fase in de keten waarbij deze wordt bepaald. Een voorbeeld is dat de (ATO)-klasse 1 voor bruinrand bij witlof in de supermarkt wellicht wel wordt getolereerd, maar niet bij binnenkomst in een distributiecentrale. De houdbaarheid is dus de periode waarin alle kwaliteitsaspecten nog een voldoende scoren. Bij deze definitie wegen alle kwaliteitskenmerken even zwaar. Een meer verfijnde methode is om per kwaliteitskenmerk een weegfactor in te voeren en de scores bij elkaar op te tellen. Dit is nu nog niet mogelijk omdat onvoldoende bekend is welke mate een consument de kwaliteitskenmerken belangrijk vindt. Een goed voorbeeld is de vraag of pitgroei van witlof even zwaar moet wegen als bruinrand. Houdbaarheid kan ook worden gebaseerd op een bewaarperiode met daaropvolgend nog een zekere periode van voldoende kwaliteit. De eisen die gesteld worden aan deze zogenaamde "shelf-life" periode bepalen dan de houdbaarheid. In deze proeven werd niet deze "shelf-life"-periode bepaald.

De proefopzet van ATO-DLO is zodanig geweest dat de houdbaarheid achteraf nog kan worden bijgesteld, als de opdrachtgever eventueel andere kwaliteitseisen formuleert dan ATO-DLO thans heeft gedaan. Dit is mogelijk omdat de kwaliteitskenmerken in de tijd zijn bepaald.

3.7. Gasconcentratiemetingen

In alle verpakkingstypes werden in diverse verpakkingen de O₂ en CO₂-concentraties gemeten. De opgetreden kwaliteitseffecten kunnen aan de hand van de gemeten gasconcentraties worden verklaard. Voor deze metingen werd een Chrompack gaschromatograaf gebruikt (type 2002).

3.8. Gaspermeabiliteitsmetingen

Met behulp van het ATO-diffusiemeetsysteem (een volledige beschrijving van het systeem wordt hier achterwege gelaten) zijn van twaalf microgeperforeerde en twee dichte folies de permeabiliteitscoëfficiënten voor O₂ en CO₂ bepaald. Hiertoe werden uit iedere folierol tenminste vier representatieve proefstukken van 600 cm² gesneden waaraan diffusiemetingen werden uitgevoerd. Met behulp van een microscoop werd het aantal in het proefstuk voorkomende microperforaties geteld. De microperforaties zijn aangebracht in rechte, evenwijdig lopende banen en zijn niet gelijkmatig verdeeld over het gehele folieoppervlak. Bij het snijden van deze ronde proefstukken uit de betreffende folierollen, is het arbitrair hoeveel microperforaties meedoen aan de bepaling van de gasdiffusie. Om dit probleem te vermijden is de diffusie per microperforatie bepaald. De gasdiffusie per microperforatie werd vervolgens omgerekend met het aantal in de folie aanwezige microperforaties per m². Op deze wijze wordt een betrouwbare waarde voor de permeabiliteitscoëfficiënt voor de onderzochte folies verkregen.

3.9. Vergelijking van gasconcentraties en gasdiffusie

De gasconcentratiemetingen in de verpakkingen zijn gecorreleerd aan de gemeten permeabiliteitscoëfficiënten. Door dit te doen wordt duidelijk in hoeverre de gasdiffusiemetingen kunnen voorspellen wat er in MA-verpakkingen met product met de O₂ en CO₂-concentratie zal gebeuren. Bij specifieke afwijkingen kan worden nagegaan of de verpakking dan wel de folie goed geseald is of eventueel lek is geraakt.

3.10. Materiaaleigenschappen

Sommige leveranciers claimen dat de door hen geleverde folie helderder is dan de folie van de concurrentie. Door middel van het vergelijken van verpakkingen met product is een oordeel gevormd. De beoordeling was alleen kwalitatief.

Met behulp van contacthoekmeting van op de folie aangebrachte waterdruppels (Instrument: VCA 2500xe) is gekeken wat de oppervlaktespanning is van de geteste folies. Een lage waarde voor de contacthoek geeft een indicatie van de anti-condenseigenschappen van de folie. Een uitvloeiende platte druppel veroorzaakt ten opzichte van staande en mooie ronde druppels beter zicht op het verpakte product. Een lage contacthoek is een gunstige eigenschap voor verpakkingsfolies.

4. Resultaten van het broccoli-onderzoek

4.1. Screeningstest

In tabel 2 staan de resultaten vermeld van de kwaliteitsmetingen aan broccoli die werden verricht na 6 dagen opslag bij 12°C. Voor de overzichtelijkheid zijn niet alle bepalingen maar gemiddeldes weergegeven.

Tabel 2: Kwaliteit van broccoli in diverse verpakkingsfolies					
Opslag: 6 dagen bij 12°C (n=4)					
Folietype	Kleur (schaal 7-1)	Rot (schaal 0-5)	Snijvlak (schaal 0-5)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)
Onverpakt	1	0.5	1	20.8	0.03
Auto HL4 rekwikkel	4.7	0	3	9.5	4.6
PA190	6	0.5	3	9.4	13
Polyfresh broccoli	7	0	3	12.4	10.4
Mod AB 4090	5.7	0.2	3	12.2	10.2
Mod H130	4.3	0	3	14.4	8.2
Cryovac LDX5406	5.3	0	3	6.4	8.1
ATMP 35 broccoli	5.2	0.3	3	12.4	10.1
Coex Opp-perf.	2	0.8	2	20.2	0.8

In dit experiment met deze partij broccoli komen verschillen tussen de onderzochte folies alleen tot uiting via het kwaliteitskenmerk geelverkleuring. Alle snijvlakken verkleuren vrij ernstig in alle verpakkingsfolies, maar in het bijzonder in de polypropeen folies met microperforaties (MA “flowpack” verpakkingen). Onverpakt scoort op dit aspect duidelijk beter dan “verpakt”. De hoge vochtigheid in de MA-verpakkingen is naar alle waarschijnlijkheid de oorzaak van sterkere snijvlakverkleuring. Er is nauwelijks verschil in rotaantasting na 6 dagen.

Alle folieverpakkingen hebben een positief effect op het behoud van de groene kleur m.u.v. de geperforeerde folie. Mod H130 en Auto HL4 presteren duidelijk slechter dan de overige verpakkingsfolies. De beste score wordt behaald door Polyfresh. De thans door The Greenery gebruikte PA190 scoort als één na beste.

Bij folies die microperforaties bevatten vindt de gasuitwisseling vrijwel uitsluitend plaats door de gaatjes en vrijwel niet door de folie. Als bij dergelijke folies de som van O₂ en CO₂ wordt berekend is deze vrijwel gelijk aan 22. Uit de gasconcentratietingen blijkt dat in Cryovac en HL4 verpakkingen de som van zuurstof en kooldioxyde duidelijk lager is dan de som van deze gasconcentraties bij de andere folies. Hieruit volgt dat deze folies geen microperforaties bevatten. De gasdiffusie gaat rechtstreeks door de folie. Er is een redelijk verband tussen de hoogte van de CO₂-concentratie en het effect op de remming van de geelverkleuring.

Op basis van deze resultaten werd een houdbaarheidsproef uitgevoerd met dezelfde folies echter met uitzondering van Mod H130 en ATMP 35.

Conclusie screeningstest broccoli

- *Er zijn vrij grote verschillen tussen de diverse folies onderling met betrekking tot het remmen van geelverkleuring .Polyfresh is de beste folie. De huidige toegepaste folie (PA190) is de op één na beste folie van de hier geteste folies.*
- *De kwaliteitseffecten kunnen door de gasconcentraties worden verklaard.*
- *Snijvlakverkleuring van broccoli wordt versterkt in MA “flowpack” verpakkingen.*
- *De meeste folies bevatten microperforaties.*

4.2. Houdbaarheidsexperiment**4.2.1. Geelverkleuring**

In tabel 3 staat het effect van de geteste folies op de geelverkleuring van de verpakte broccoli weergegeven in dagen voordat kleurstadium 5 (niet meer verkoopbaar) wordt bereikt.

Tabel 3: Effect van folietype op de geelverkleuring van broccoli bij drie opslagtemperaturen			
Folietype	Periode in dagen totdat kleurscore onvoldoende wordt: <6 (schaal 7=groen;5=onvoldoende;0=geheel geel)		
	4°C	12°C	18°C
Onverpakt	13	4	2
Auto HL4 rekwickel	20	5	6
PA190	>37 ¹⁾	16	>10 ²⁾
Polyfresh broccoli	>37	13	>10
Mod AB 4090	21	10	7
Cryovac LDX5406	29	10	>10
Coex Opp-perf.	14	3	2

¹⁾ de proef werd beëindigd voordat kleurstadium 6 werd bereikt

²⁾ op basis van een ander kwaliteitskenmerk was de houdbaarheidsperiode verstreken; kleurstadium 6 werd niet bereikt bij deze conditie.

Er zijn grote verschillen in geelverkleuring tussen de verschillende folietypes. Bezien over de drie temperaturen waarbij gemeten is, is PA190 de beste folie. Polyfresh is vrijwel vergelijkbaar met PA190. Opvallend zijn de slechte scores, vooral bij 12° en 18°C, van de geperforeerde folies. Deze folies worden in de praktijk breed toegepast. Auto HL4 rekwickelfolie is kwalitatief duidelijk slechter dan de andere folies: de zgn. “flowpack”-folietypes.

Conclusie geelverkleuring

- *De beste folies om geelverkleuring van broccoli te remmen zijn PA190 en Polyfresh broccoli.*

4.2.2. Snijvlakverkleuring

De onderzochte partij broccoli had veel last van snijvlakverkleuring. In tabel 4 worden de resultaten met betrekking tot dit kwaliteitskenmerk gegeven.

Tabel 4: Effect van folietype op de snijvlakverkleuring van broccoli bij drie opslagtemperaturen			
Folietype	Periode in dagen totdat snijvlak onvoldoende wordt: <2 (schaal 0=blank;3=onvoldoende;5=geheel zwart)		
	4°C	12°C	18°C
Onverpakt	>16 ¹	>6	>5
Auto HL4 rekwikkel	12	7	6
PA190	8	5	4
Polyfresh broccoli	8	5	4
Mod AB 4090	8	4	4
Cryovac LDX5406	8	4	6
Coex Opp-perf.	20	>6	5

- 1) “>” wil zeggen dat gedurende het experiment, bij deze conditie, dit kwaliteitsaspect de waarde 2 niet heeft bereikt. Op de aangegeven tijdstippen zijn er geen verpakkingen meer die onderzocht kunnen worden of een ander kwaliteitsaspect overheerst dusdanig dat verder beoordelen niet relevant meer is.

Alle “flowpack” folies vertonen dezelfde mate van zwart worden van het snijvlak van broccoli. Uitzondering zijn HL4-rekwikkelfolie en Opp-perf.-folie; deze folies vertonen relatief minder snijvlakverkleuring. Waarschijnlijk heeft de veel hogere waterdamptransmissie van deze folies, in vergelijking met de andere foliesoorten, een remmend effect op snijvlakverkleuring. Ook onverpakte broccoli blijft langer blank. Het is dus het vocht in de MA flowpackverpakkingen dat snijvlakverkleuring versterkt.

Conclusie snijvlakverkleuring

- *In deze gevoelige partij broccoli wordt snijvlakverkleuring versterkt door de MA flowpack verpakkingen.*
- *Snijvlakverkleuring wordt door hoge vochtigheid en/of condens bepaald, maar niet door gascondities.*

4.2.3. Bederf

In dit experiment wordt alleen bij enkele folies en bij 18°C rot, schimmel en zuur geconstateerd. Broccoli in Mod AB4090 verpakt vertoont na 10 dagen teveel rot bij 18°C en is dan ook geel, maar is niet zuur. In PA190 en Polyfresh wordt én zuur én rot vastgesteld na 9 dagen opslag bij 18°C terwijl de kleur dan nog groen is. Rot is bij deze twee folies waarschijnlijk een secundair effect als gevolg van een te laag zuurstofgehalte in deze verpakkingen. De onverpakte broccoli is bij alle temperaturen na 2 dagen zeer slap en te zeer ingedroogd om überhaupt nog te kunnen rotten. De broccoli in de Cryovac folie is na 7 dagen erg zuur, maar vertoont nog geen rot. In de andere folies is de broccoli eerder geel dan dat rot optreedt. Dus voordat rot optreedt wordt gestopt met beoordelen.

Opgemerkt dient te worden dat de beginkwaliteit van de onderzochte partij broccoli minder goed was dan gewenst is voor dit type onderzoek. De oorzaak van de slechte beginkwaliteit valt te wijten aan de slechte teeltperiode waarin de onderzochte broccoli was gegroeid. Een betere partij was op dat moment niet beschikbaar.

Conclusie bederf

- Bij 12° en 4°C zijn PA190 en Polyfresh de beste folies. Echter beide functioneren niet voor langdurige opslag (> 4dagen) bij 18°C.

4.2.4. Houdbaarheid

De in dit rapport gehanteerde methode is dat de houdbaarheid ten einde is wanneer één van de kwaliteitskenmerken onvoldoende is. Omdat de onderzochte partij broccoli bij aanvang van het experiment reeds verkleurde snijvlakken heeft kan de houdbaarheid niet worden vastgesteld. Op basis van eerder ATO-onderzoek is bekend dat dit euvel zich zo nu en dan manifesteert. Het is niet voorspelbaar wanneer en in welke partijen snijvlakverkleuring optreedt. Het opstellen van een houdbaarheidstabel om een rangorde van de geteste folies te bepalen is voor deze partij niet zinvol. Een dergelijke tabel is te weinig representatief voor het effect dat kan worden bereikt met MA-flowpack verpakkingen. Uit eerder en uitgebreider onderzoek met broccoli bleek steeds dat geelverkleuring en rot de houdbaarheidsbepalende factoren waren. Tabel 3, waarin de geelverkleuring wordt weergegeven, is daarom de beste maatstaf voor het bepalen van folie-effecten in relatie tot de houdbaarheid.

Conclusie houdbaarheid

- De houdbaarheid wordt in dit experiment uitsluitend bepaald door de snijvlakverkleuring. Deze is voor alle flowpack folies vrijwel gelijk en maakt onderscheid tussen onderzochte folies niet mogelijk.

4.2.5. Gasconcentraties

In de verschillende verpakkingen werden O₂ en CO₂-concentraties gemeten. Tabel 5 geeft een overzicht van de resultaten.

Tabel 5: Effect van folietype op de gasconcentratie (%-vol.) in broccoliverpakkingen Bij drie opslagtemperaturen						
Folietype	4°C		12°C		18°C*	
	O ₂	CO ₂	O ₂	CO ₂	O ₂	CO ₂
Onverpakt	21	0.035	21	0.035	21	0.035
Auto HL4 rekwikkel	14.9	3.1	9.4	5.5	14.7	4.8
PA190	15.6	6.6	8.8	14.7	6.5	16.3
Polyfresh broccoli	14.0	9.3	10.2	14.3	6.2	17.8
Mod AB 4090	17.4	4.3	11.0	12.0	9.6	13.2
Cryovac LDX5406	19.9	1.3	4.4	8.3	8.5	8.9
Coex Opp-perf.	20.8	0.035	20.8	0.035	20.8	0.035

*Bij 18°C zijn de resultaten van de oorspronkelijke metingen verloren gegaan. Daarom werden andere verpakkingen, die eerst drie weken bij 4°C waren opgeslagen, drie dagen bij 18°C geplaatst en vervolgens gemeten. Op deze wijze was het wel mogelijk om onderlinge verschillen aan te tonen. Echter het niveau van de gasconcentraties is mogelijk beïnvloed door het afwijkende voortraject.

Tussen folietypes is er een groot verschil in variantie in de meetresultaten. Voor de overzichtelijkheid zijn deze in de bovenstaande tabel weggelaten. Verreweg de grootste variantie wordt aangetroffen in de rekwikkelfolie verpakking (HL4). Dit kan worden verklaard door het voorkomen van veel lekke verpakkingen als gevolg van het ontbreken van een seal-afsluiting. Deze seal-afsluiting is bij de andere verpakkingen wel aanwezig. De variantie van de gasmetingen bij de "flowpack" verpakkingen is vergelijkbaar. De gasmetingen aan de Cryovac LDX5406 verpakkingen vertonen meer variantie maar minder

dan die van de rekfolie. Een verklaring hiervoor is dat het sealen van de Cryovac (pe-) folie minder goed is uitgevoerd dan voor de andere (OPP) folies.

Opvallend is dat Polyfresh bij 4°C minder permeabel lijkt dan de PA190. In het screeningsexperiment echter bij 12°C is dit net andersom. Bij 12°C (en bij 18°C) is in dit experiment geen duidelijk verschil (zie de CO₂-concentraties) te zien tussen deze beide folies. De folies zijn dus niet gelijk aan elkaar en reageren wisselend.

Uit de kwaliteitsmetingen blijkt dat bij 18°C in PA190 en Polyfresh het anaerobie-punt wordt overschreden. Het is niet waarschijnlijk (op basis van resultaten van eerder ATO-onderzoek) dat de 6% O₂ en 17% CO₂ dat kan veroorzaken. Echter deze meetwaarden zijn bepaald in verpakkingen die vooraf bij lage temperatuur waren opgeslagen. Verpakkingen die eerst koel worden bewaard en daarna worden opgewarmd hebben mogelijk andere gasconcentraties dan continu warm bewaarde verpakkingen. De metingen vermeld in tabel 5 zijn dus qua gasniveaus anders dan wat er werkelijk gemeten zou worden bij continue opslag bij 18°C.

Bij de hoogste CO₂-concentraties treedt de meeste remming op van de geelverkleuring. Dit is de reden waarom PA190 en Polyfresh folie beter scoren dan de andere folies. Dit geldt zowel bij 4° als bij 12°C. Bij langdurige opslag bij 18°C scoren deze folies niet goed.

Wordt er alleen gekeken naar korte opslag bij 18°C, dan zijn beide bovengenoemde (PA190 en Polyfresh) toch beter dan andere folies omdat broccoli in deze folies na enkele dagen reeds geel is.

Conclusie gasconcentraties

- *De remming van de geelverkleuring van broccoli is efficiënter naarmate een folie minder gasdoorlatend is.*
- *Het toepassen van rekwikkelfolie leidt veelal tot niet lekdichte verpakkingen waardoor de verpakte broccoli een veel kortere houdbaarheid heeft dan in intacte MA-verpakkingen.*
- *In Polyfresh of PA190 verpakkingen kan na 4 dagen anaerobie optreden als het verpakte product permanent opgeslagen wordt bij 18°C.*

5. Resultaten van het witlof-onderzoek

5.1. Screeningstest

In geen enkele verpakking wordt na 8 dagen opslag pitgroei, roodverkleuring of rot vastgesteld. Wel zijn er verschillen zichtbaar in het kwaliteitskenmerk bruinrand. Vanwege de overzichtelijkheid wordt in dit hoofdstuk alleen dit ene kwaliteitskenmerk besproken. De meetresultaten worden in tabel 6 weergegeven. De bruinrandaantasting wordt weergegeven als een percentage kappen dat op dat moment als klasse 1 wordt geklassificeerd. Hogere klassen komen op dat moment niet voor.

Tabel 6: Kwaliteit van witlof in diverse verpakkingsfolies
Opslag: 8 dagen bij 12°C

Folietype	Bruinrand (%) (klasse 1)	Groenverkleuring na 24 uur licht bij 18°C (0-5=groen)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)
Onverpakt	70	5	21	0.035
Auto HL4 rekwikkel	30	4	15.7	2.1
PA90	18	2	4.3	11.9
Polyfresh witlof	18	3	8.3	8.9
Mod AB 4090	23	3	16.7	4
Mod H130	40	3	16.2	3.7
Mod A130	15	2	10.1	8.8
Mod B90	40	3	9.8	6.5
Cryovac LDX5406	40	2	4.3	2.3
ATMP 35wit.	40	2	10.5	8.3
Coex Opp-macroparf.	53	4	20.2	0.6

Uit tabel 6 volgt dat PA90, Polyfresh witlof, Mod A130 en Mod AB 4090 de beste folies zijn. Deze folies beschermen het witlof het beste tegen bruinrandaantasting. Wordt het verpakte witlof blootgesteld aan licht dan wordt de groenverkleuring effectief geremd. Er is ook een categorie folies die wel een effectieve bescherming tegen groenverkleuring biedt maar qua bescherming tegen bruinrand achterblijft bij de bovengenoemde folies.

Het wordt duidelijk dat een CO₂-concentratie hoger dan 8% gunstig is voor de houdbaarheid van het product. De categorie met lage CO₂-concentraties (onverpakt, geperforeerd, rekwikkelfolie) scoren beduidend slechter.

Op basis van dit resultaat met inachtneming dat er zoveel mogelijk verschillende leveranciers van verpakkingsfolies aan de vervolgtest meedoen, zijn de volgende folies niet geselecteerd voor vervolgonderzoek: Mod B90, mod H130, coex Opp-perf.

Conclusies screeningstest

- *In dit experiment is de houdbaarheid van onverpakte witlof het kortst.*
- *Het toepassen van MA-folies, met name flowpacktypes, is gunstig voor het kwaliteitsbehoud van witlof.*
- *Er zijn grote verschillen tussen folies. De beste zijn PA90, Polyfresh witlof, Mod A130 en Mod AB 4090.*
- *Groenverkleuring van witlof in licht kan met de juiste folies goed worden geremd.*
- *Verpakkingen voorzien van macro-perforaties (Coex Opp-perf.) zijn minder geschikt voor het verpakken van witlof dan MA-flowpack en foodtainer verpakkingen.*

5.2. Houdbaarheidsexperiment

5.2.1. Groenverkleuring

In tabel 7 wordt de snelheid van groenverkleuring weergegeven. De metingen werden uitgevoerd met witlof die na de oogst nog 2 dagen in het donker was bewaard alvorens deze verpakkingen aan licht werden blootgesteld.

Tabel 7: Groenverkleuring (0=blank- 5=groen) van in folie verpakte witlof. Opslag: in licht(1000 lux/m²) en bij 18°C				
Folietype	6 uur	9 uur	13 uur	18 uur
Onverpakt	2.3	3	3.5	5
Auto HL4	2.3	3	3.5	5
PA90	0	0.5	1	2.3
Polyfresh witlof	0	0.8	1.8	3.3
ATMP 35-witlof.	1	1	1.5	4
Mod A130	0.5	1.5	2.5	4
Cryovac LDX5406	0	0	0	0.5

Er zijn duidelijke verschillen tussen de diverse folietypes. De Cryovac folie, die niet helemaal helder maar meer melkwit is, is de beste folie gevolgd door PA90. Opvallend is dat rekwikkelfolie geen bescherming biedt tegen groenverkleuring.

Conclusie groenverkleuring

- Met name Cryovac en PA90 verpakkingen remmen in aanzienlijke mate de groenverkleuring van aan licht blootgestelde witlof.
- Als onverpakte witlof en witlof verpakt op foodtainers en met pvc omwikkeld aan licht worden blootgesteld dan is het product bij 18°C al na ca. 6 uur onverkoopbaar.

5.2.2. Bruinrand

In tabel 8 wordt een overzicht gegeven van de resultaten met betrekking tot bruinrand-aantastingen. Dit kwaliteitskenmerk wordt weergegeven in het aantal dagen voordat de grenswaarde voor acceptabiliteit (klasse 2) wordt overschreden.

Tabel 8: Tijdsduur in dagen voor bruinrand bij kleinverpakte witlof klasse 2 bereikt Klasse 2 is de verkoopbaarheidsgrens in de supermarkt.			
	4°C	12°C	18°C
Onverpakt	30	9	5
Auto HL4	26	14	9
PA90	36	27	15
Polyfresh witlof	34	17	12
ATMP 35-witlof.	31	18	13
Mod A130	34	17	14
Cryovac LDX5406	31	13	13

Bij een niet optimale temperatuur (12° en 18°C) hebben vooral flowpack verpakkingen een sterk remmend effect op de bruinrandaantasting. Bij 4°C is het remmende effect van deze folies ten opzichte van onverpakt en rekwikkelfolie iets minder duidelijk. De foodtainer

verpakking laat bij 4°C iets meer rand zien dan het onverpakte product. Echter bij 12 en 18°C vertoont witlof in foodtainer verpakkingen minder bruinrandaantasting in vergelijking met onverpakte witlof maar wel meer dan in de flowpack verpakkingen het geval is.

PA90 is over het geheel genomen de beste verpakkingstof gevestigd door Polyfresh en ATMP 35-witlof.

Conclusie bruinrand

- *Bruinrand wordt bij witlof door MA flowpackfolies, vergeleken met onverpakte en in rekfolie verpakte witlof, bij alle onderzochte temperaturen zeer sterk geremd; PA90 is daarbij de beste folie.*
- *De rekfolie verpakking heeft bij 12° en 18°C ook een gunstig effect op remming van de bruinrandaantasting, maar niet bij 4°C.*

5.2.3. Roodverkleuring

In tabel 9 wordt een overzicht gegeven van het effect op de roodverkleuring van de onderzochte folies. Het effect wordt weergegeven in het aantal dagen voordat de grenswaarde voor acceptabiliteit (klasse 2) wordt overschreden.

Tabel 8: Tijdsduur in dagen voor roodverkleuring bij kleinverpakte witlof klasse 2 bereikt. Klasse 2 is de verkoopbaarheidsgrens in de supermarkt.			
	4°C	12°C	18°C
Onverpakt	16	7	5
Auto HL4	14	14	>15
PA90	>36 ¹	>27	>15
Polyfresh witlof	>36	>17	>15
ATMP 35-witlof.	33	>17	>15
Mod A130	35	>17	>15
Cryovac LDX5406	18	>13	>15

2) “>” wil zeggen dat gedurende het experiment, bij deze conditie, dit kwaliteitsaspect de waarde 2 niet heeft bereikt. Op de aangegeven tijdstippen zijn er geen verpakkingen meer die onderzocht kunnen worden of een ander kwaliteitsaspect overheerst dusdanig dat verder beoordelen niet relevant meer is.

De roodverkleuring van witlof wordt zeer sterk geremd door meerdere verpakkingstofjes. Er zijn duidelijke verschillen tussen de zgn. microgeperforeerde flowpack verpakkingen en de andere types (Cryovac, Auto HL4 en onverpakt). Cryovac verpakkingen bleken achteraf veelal lek te zijn.

Vanwege het goede resultaat bij 12°C is PA90 de beste folie voor het verpakken van witlof. Een goede tweede keus is Polyfresh folie. Bij 18°C kan er geen verschil in werking tussen de diverse folies worden aangetoond. Alleen bij onverpakte witlof is na 5 dagen bij 18°C roodverkleuring geconstateerd. Na 15 dagen zijn de beoordelingen bij 18°C stopgezet.

Conclusies roodverkleuring

- *Roodverkleuring wordt door meerdere folies goed geremd. PA90 scoort van deze folies het best.*
- *De rekwickelfolie verpakkingen bevatten bij 4°C nog meer roodverkleuring dan onverpakte witlof.*
- *Bij 18°C vertoont verpakte witlof na 15 dagen nog steeds geen roodverkleuring.*

5.2.4. Pitgroei

In tabel 9 wordt het resultaat weergegeven van de pitgroei in witlof, verpakt in verschillende folies.

Tabel 9: Tijdsduur in dagen voor pitgroei bij kleinverpakte witlof klasse 2 bereikt. Klasse 2 is de verkoopbaarheidsgrens in de supermarkt.			
	4°C	12°C	18°C
Onverpakt	>30	9	6
Auto HL4	33	13	11
PA90	>36 ¹	27	15
Polyfresh witlof	33	13	10
ATMP 35-witlof.	>33	13	9
Mod A130	>36	13	10
Cryovac LDX5406	>31	13	10

1) “>” wil zeggen dat gedurende het experiment, bij deze conditie, dit kwaliteitsaspect de waarde 2 niet heeft bereikt. Op de aangegeven tijdstippen zijn er geen verpakkingen meer welke onderzocht konden worden of een ander kwaliteitsaspect overheerst dusdanig dat verder beoordelen niet relevant meer is.

Bij dit kwaliteitsaspect is er een sterk effect van alle verpakkingsfolies waarneembaar ten opzichte van het onverpakte product. Met uitzondering van de PA90 folie is er weinig verschil tussen de verschillende folies onderling vast te stellen. PA90 scoort op dit kwaliteitsaspect duidelijk beter dan de andere folies.

Conclusie pitgroei

- *PA90 folie remt de pitgroei van witlof effectiever dan de andere folies.*
- *Alle folieverpakkingen remmen bij 12° en 18°C de pitgroei van witlof ten opzichte van het onverpakte product. Bij 4°C is dit niet aantoonbaar.*

5.2.5. Geurafwijking, rotaantasting en snijvlakverkleuring

Tijdens het experiment kon geen verschil tussen de verpakkingstypes worden aangetoond met betrekking tot geurafwijking, rotaantasting en snijvlakverkleuring. De geteste partij bevatte bij aanvang van het experiment reeds een snijvlakverkleuring die werd beoordeeld met klasse 4 hetgeen een ernstige verkleuring betekent. De reden voor deze aantasting is een combinatie van factoren zoals ras, teelttechniek, oogstomstandigheden etc. Deze aspecten vallen buiten de reikwijdte van dit experiment. Bij de bepaling van de houdbaarheid is het kwaliteitskenmerk snijvlakverkleuring genegeerd.

5.2.6. Houdbaarheid

Door alle kwaliteitskenmerken te combineren wordt de houdbaarheid van de witlof bepaald. In dit experiment wegen alle kenmerken even zwaar en zijn groen- en snijvlakverkleuring buiten beschouwing gelaten (zie 5.2.5). In tabel 11 worden de resultaten weergegeven.

Tabel 11: Houdbaarheid (dagen) van kleinverpakte witlof bij drie opslagtemperaturen.			
	4°C	12°C	18°C
Onverpakt	16	7	5
Auto HL4	14	13	9
PA90	>36 ¹	27	15
Polyfresh witlof	33	13	10
ATMP 35-witlof.	31	13	9
Mod A130	34	13	10
Cryovac LDX5406	18	13	10

¹">36": Na 36 dagen waren er geen verpakkingen meer om te beoordelen.

Het verpakken van witlof is bij alle temperaturen gunstig voor de houdbaarheid vergeleken met onverpakte witlof. De enige uitzondering is het effect van de rekfolie op de houdbaarheid bij 4°C. De houdbaarheid is in die situatie korter dan de houdbaarheid van het onverpakte product. PA90 is voor witlof de beste verpakkingsfolie. Dit geldt bij alle drie de temperaturen.

Conclusie houdbaarheid

- Witlof kan het beste in PA90 folie worden verpakt
- Er is m.u.v. PA90-folie weinig verschil tussen de geteste folies
- Onverpakte witlof is minder lang houdbaar dan verpakte witlof, vooral bij hogere temperatuur.

5.2.7. Gasconcentraties

In tabel 12 worden de resultaten van de gasconcentratiemetingen in de onderzochte witlofverpakkingen weergegeven.

Tabel 12: Gasconcentraties (%-vol.) in witlofverpakkingen bij drie opslagtemperaturen.						
	4°C		12°C		18°C	
	O ₂	CO ₂	O ₂	CO ₂	O ₂	CO ₂
Onverpakt	21	0.035	21	0.035	21	0.035
Auto HL4	18.1	1.1	17.5	2.1	12.1	3.2
PA90	13.2	8.3	8.8	12.5	6.4	13.3
Polyfresh witlof	18.2	4.5	13.1	10.7	8.9	14.3
ATMP 35-witlof.	18.9	3.3	14.4	8.3	12.8	9.8
Mod A130	18.1	4.2	14.0	8.5	11.1	10.2
Cryovac LDX5406	8.8	3.2	15.1	3.3	6.3	5.4

Door de resultaten van tabel 11 en 12 met elkaar te combineren blijkt dat vooral CO₂ bepalend is voor de kwaliteitseffecten. Hoe hoger het CO₂-gehalte is des te beter is de

kwaliteit. Uit de spreiding van de metingen (data hier weggelaten) blijkt dat de Cryovac folie vaak lek was. De lage score van deze folie wordt hierdoor waarschijnlijk beïnvloed.

Conclusie gasconcentraties

- De folies met de hoogste CO₂-gehalten hebben het meest gunstige effect op de kwaliteit van witlof. Dit zijn met name PA90 gevolgd door Polyfresh.

6. Resultaten van het radijs-onderzoek

6.1. Screeningstest

In tabel 13 worden de resultaten van de screeningstest met geboste radijs vermeld.

Tabel 13: Kwaliteit van geboste radijs in diverse verpakkingsfolies. Na 5 dagen opslag bij 12°C						
Verpakkingsfolie	Kleur		Wortel Groei (0-5)	Rot Blad (0-5)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)
	Blad (0-5) Groen-geel	Knol (0-3) Rood-paars				
Onverpakt	4	0	0.3	0.3	21	0.035
Perfo90-0.3-1	3	0	0	2	21	0.035
Perfo90-0.3	4	0	0	2	20.1	1.2
OPP-perf.	4	0	2	2	20.2	1.4
Pvc Auto HL4	2	0.5	0	0.5	15.9	2.7
PA90	0.8	2	0	0.3	14.6	7.1
Polyfresh	0.5	2	0	0	15.2	7.0
Mod A130	0.5	2	0	0.3	15.0	6.5
Mod B90	0.5	2	0	0	15.2	6.5
Mod H130	2	0	0	0.3	20	2.1
ATMP 35 witlof	1	1	0	0.3	18.0	4.0

Alle flowpack MA-verpakkingen hebben, ten opzichte van de “niet” MA-verpakkingen, een zeer gunstig effect op de remming van de geelverkleuring en de rotaantasting van het blad. Deze verpakkingen hebben echter een negatief effect op de kleur van de knol. De knollen verkleuren paars in plaats van rood te blijven. De waarschijnlijke verklaring hiervoor is dat de kleurstof van radijs (anthocyaan) gevoelig is voor een te lage zuurgraad (pH). Bij hogere CO₂-concentraties zakt de pH waardoor de kleur meer paars wordt. Deze redenering is in overeenstemming met de geconstateerde kleurverandering. In hoeverre deze paarsverkleuring als een negatief kwaliteitskenmerk moet worden aangemerkt is vooralsnog onduidelijk.

Op basis van dit resultaat en overwegende dat bij voorkeur verschillende leveranciers aan het vervolgonderzoek meedoen werd voor de houdbaarheidstest gekozen voor de volgende folies: PVC-rekwikkelfolie, ATMP 35 witlof, MOD A130, Polyfresh radijs, OPP-perf en PA90.

Conclusies screeningstest

- MA verpakkingen (type flowpack) zijn, in vergelijking met niet MA verpakkingen, gunstig voor het kwaliteitsbehoud van geboste radijs.
- Er is weinig verschil tussen de diverse “flowpack” folies.
- Paarsverkleuring van de knol is erger naarmate de CO₂-concentratie in de verpakking hoger is.

6.2. Houdbaarheidsexperiment

6.2.1. Geelverkleuring van het blad

In tabel 14 worden de resultaten vermeld van de geelverkleuringen van het blad van alle verpakkingen bij de drie temperaturen waarbij het product is onderzocht.

Tabel 14: Tijdsduur in dagen voor geelverkleuring (blad) van radijs klasse 2 bereikt Klasse 2 is de verkoopbaarheidsgrens in de supermarkt.			
	4°C	12°C	18°C
Onverpakt	>13	3	2
Auto HL4	15	6	3
PA90	>23	>10	7
Polyfresh radijs	>23	>8	7
ATMP 35-witlof.	18	7	4
Mod A130	23	>8	7

>wil zeggen dat het niet relevant meer was om het product nog langer te beoordelen of dat het product niet meer beschikbaar was.

Bij de beoordelingen bleek dat de OPP-perf. folie abusievelijk niet van macro-perforaties was voorzien. De verpakking wordt dan te zeer gasdicht om nog relevante informatie te verschaffen. Bij de bespreking van de resultaten wordt deze folie dan ook verder buiten beschouwing gelaten.

Het verloop van het kwaliteitsaspect geelverkleuring hangt sterk af van de toegepaste verpakkingsfolie. PA90, Polyfresh radijs en Mod A130 remmen de geelverkleuring van het blad van geboste radijs bij de drie opslagtemperaturen goed. ATMP- en rekfolie scoren minder goed. Onverpakte radijs laat de meeste geelverkleuring zien en heeft bovendien last van ernstige indroging bij alle drie de onderzochte temperaturen. De visuele kwaliteit is daardoor nog veel slechter dan in bovenstaande tabel tot uiting komt.

Conclusies geelverkleuring blad

- *Bladgeelverkleuring van in folie verpakte geboste radijs wordt effectief geremd door optimale MA-condities. De beste folies daarvoor zijn PA90, Polyfresh en Mod A130.*
- *Rekfolie en ATMP 35 zijn voor geboste radijs minder goede folies maar onverpakt is nog slechter met betrekking tot dit kwaliteitsaspect.*

6.2.2. Rotaantasting van het blad

In tabel 15 worden de rotaantastingen weergegeven van het blad van de kleinverpakte en geboste radijs.

Tabel 15: Tijdsduur in dagen voor rotaantasting (blad) van radijs klasse 2 bereikt Klasse 2 is de verkoopbaarheidsgrens in de supermarkt.			
	4°C	12°C	18°C
Onverpakt	>13	6	>2
Auto HL4	15	6	5
PA90	22	8	6
Polyfresh radijs	18	8	6
ATMP 35-witlof.	16	8	6
Mod A130	18	7	6

>wil zeggen dat het niet relevant meer was om het product nog langer te beoordelen of dat het product niet meer beschikbaar was.

Bij lagere temperatuur scoort PA90 beter dan de andere onderzochte folies. Bij de andere opslagtemperaturen is dit effect niet opgetreden en scoren alle flowpacktypes ongeveer gelijk ten aanzien van dit kwaliteitskenmerk. Rotaantasting wordt alleen goed onderdrukt bij 4°C. De verschillen bij hogere temperatuur tussen de diverse verpakkingsfolies zijn relatief klein.

Conclusie rotaantasting

- *PA90 is de beste verpakkingsfolie voor het verpakken van geboste radijs*
- *Andere folies (ATMP, Polyfresh en Mod A130) remmen bij 12° en 18°C in dezelfde mate als PA90 rotaantastingen van het blad van geboste radijs.*
- *Onverpakte radijs droogt zo snel in dat rot niet kan optreden.*

6.2.3. Wortelgroei

In tabel 16 wordt de wortelgroei weergegeven is van de in verschillende folies verpakte en geboste radijs.

Tabel 16: Tijdsduur in dagen voor wortelgroei van radijs klasse 2 bereikt			
Klasse 2 is de verkoopbaarheidsgrens in de supermarkt.			
	4°C	12°C	18°C
Onverpakt	>13	>6	>2
Auto HL4	21	6	5
PA90	22	7	7
Polyfresh radijs	22	6	5
ATMP 35-witlof	15	6	6
Mod A130	21	7	7

>wil zeggen dat het niet relevant meer was om het product nog langer te beoordelen of dat het product niet meer beschikbaar was.

Ook bij dit kwaliteitsaspect wordt de beste score behaald door PA90. Mod A130 is vrijwel identiek, terwijl Polyfresh iets minder goed presteert. De verschillen tussen de diverse geteste folies zijn niet zo groot. De slechte score van Mod A130 bij 4°C is opvallend en moeilijk te verklaren. De wortelgroei in rekfolieverpakking is te vergelijken met die in flowpack verpakkingen. De onverpakte radijs was te zeer ingedroogd om wortelgroei te kunnen vertonen. Het optreden van wortelgroei wordt bij 4°C goed geremd; echter er is nauwelijks verschil tussen de radijsverpakkingen die bij 12°C en 18°C waren opgeslagen.

Conclusie wortelgroei

- *De beste folies om wortelgroei van geboste radijs te remmen zijn PA90 en Mod A130*
- *Er is nauwelijks verschil in wortelgroei bij 12° en 18°C; er is wel een groot effect bij 4°C.*

6.2.4. Houdbaarheid

De houdbaarheid van de verpakte radijs wordt in dit experiment gedefiniëerd als de tijdsperiode waarbij het product voor de kwaliteitsaspecten geel blad, rot, wortelgroei en indroging nog niet klasse 2 op een schaal van 0-5 heeft bereikt.

In tabel 17 wordt het resultaat van deze exercitie vermeld.

Tabel 17: Houdbaarheid (dagen) van geboste radijs in diverse kleinverpakkingen			
	4°C	12°C	18°C
Onverpakt	10	3	2
Auto HL4	15	6	3
PA90	22	7	6
Polyfresh radijs	18	6	5
ATMP 35-witlof	15	6	4
Mod A130	18	7	6

De beste folie voor het verpakken van radijs, gezien over alle relevante en visuele kwaliteitsaspecten blijkt PA90 te zijn. Mod A130 en Polyfresh scoren iets minder goed.

Conclusie houdbaarheid

- *Radijs kan het beste worden verpakt in PA90 folie.*

6.2.5. Paarsverkleuring knol

Niet geheel duidelijk is of dit aspect als een kwaliteitskenmerk aangemerkt dient te worden. Er zijn wel verschillen tussen de diverse verpakkingsfolies. Om deze reden worden daarom in tabel 18 de resultaten vermeld. De paarsverkleuring kent geen verloop in de tijd voor wat betreft de intensiteit van de paarsverkleuring. Daarom wordt de kleurbeoordeling weergegeven na ca. 4 dagen bewaring bij de drie opslagtemperaturen.

Tabel 18: Mate van paarsverkleuring van radijs na 4 dagen bewaring (schaal 0-5)			
	4°C	12°C	18°C
Onverpakt	0	0	0
Auto HL4	1	0	1
PA90	2	2	2
Polyfresh radijs	2	2	2
ATMP 35-witlof.	0.5	1	2
Mod A130	1	2	2

De mate van verkleuring is bij alle drie de opslagtemperaturen vrijwel identiek in dezelfde verpakkingsfolie. In de folies die het beste de houdbaarheid van radijs verlengen nl. PA90, Polyfresh en Mod A130 vertoont de knol de meeste paarsverkleuring.

Conclusie paarsverkleuring

- *Naarmate de folie het product beter beschermt tegen kwaliteitsachteruitgang is de intensiteit van de verkleuring van de knol ernstiger.*

6.2.6. Gasconcentraties

In tabel 19 worden de meetgevens van de gasmetingen in de diverse radijsverpakkingen vermeld.

	4°C		12°C		18°C	
	O ₂	CO ₂	O ₂	CO ₂	O ₂	CO ₂
Onverpakt	21.0	0.035	21.0	0.035	21.0	0.035
Auto HL4	20.5	1.0	16.5	2.7	16.4	3.0
PA90	15.6	6.1	12.1	8.9	7.7	11.8
Polyfresh radijs	17.4	5.2	11.6	11.1	9.9	11.3
ATMP 35-witlof	20.2	1.6	17.7	4.8	16.4	5.5
Mod A130	18.5	3.7	15.2	6.8	12.4	8.1

Op basis van de hier vermelde gasconcentraties blijkt dat de doorlaatbaarheden van de hierboven genoemde folies fors verschillen. De meest gasdichte folies zullen de laagste resp. de hoogste O₂ en CO₂-concentratie in de verpakking tengevolge hebben. Dit zijn dus Polyfresh radijs en PA90. De andere folies zijn relatief veel minder dicht voor de zgn. ademhalingsgassen. De opgetreden verschillen in kwaliteits-effecten zijn goed te correleren aan de gemeten gasconcentraties in de onderzochte verpakkingen.

Conclusie gasmetingen

- De gasconcentraties in de onderzochte verpakkingen zijn zeer verschillend.

6.3. Gaspermeabiliteit

In tabel 20 worden de resultaten vermeld van de diffusiemetingen waarbij de folies zijn gegroepeerd naar de toepassing zoals opgegeven door de leveranciers.

Folie	Productexp.	PO ₂	PCO ₂	Ratio	Dikte
PA190	Broccoli	20100	17200	0.86	34
Polyfresh broccoli	Broccoli	13500	10500	0.77	33
Mod AB4090	Broccoli/witlof	28000	24800	0.89	30
ATMP 35 broccoli	Broccoli	27000	23000	0.85	34
PVC rekfolie Auto HL-4	Alle	15400	103000	6.66	10
Cryovac LDX5406	Witlof	6000	23640	4.00	36
Mod H130	Witlof/radijs	44000	33400	0.77	30
Polyfresh witlof	Witlof	11000	8400	0.77	31
ATMP 35 witlof	Witlof	13400	12900	0.96	34
PA90	Witlof/radijs	5700	6700	1.18	34
Mod A130	Radijs	8700	9800	1.10	30
Mod B90	Radijs	17700	15800	0.90	30
Polyfresh radijs	Radijs	6600	5400	0.80	31
Perfo 90 (0.3-1)	Radijs	60970	53720	0.88	30

De ratio tussen CO₂ en O₂ permeatie van alle microgeperforeerde folies varieert binnen een vrij klein gebied nl. van 0.8 tot ca. 1.2 met een gemiddelde van 0.9. De LDX5406 (Cryovac)

en de Auto-HL4 (Borden) folie bevatten geen microperforaties en hebben een geheel andere $\text{CO}_2:\text{O}_2$ verhouding namelijk 4.0 respectievelijk 6.7. Hieruit blijkt dat er een principiële verschil is tussen de fysische eigenschappen van microgeperforeerde folies en niet microgeperforeerde folies.

Uit de zeer grote verschillen tussen folies die bedoeld zijn voor hetzelfde product valt af te leiden dat leveranciers niet allemaal dezelfde opvattingen delen over de relatie gaspermeatie versus ademhalingsactiviteit en kwaliteitsontwikkeling van het verpakte product. Het aan elkaar koppelen van juist deze drie aspecten is de kunst van het MA-verpakken. Vrij consequent en steeds significant beter scorend met hun folieselectie zijn Van de Windt en Sidlaw Packaging. Hieruit mag geconcludeerd worden dat deze twee leveranciers het kwaliteitsverloop van het verpakte product koppelen aan de eigenschappen van hun folies. Overigens zijn beide folietypes niet geheel identiek aan elkaar bij dezelfde toepassing. De folieselectie van Van de Windt is gebaseerd op kennis van een Britse consultant die voor elke product-verpakkingcombinatie een pasklaar advies geeft met betrekking tot het in de folie aan te brengen aantal microperforaties. Van de Windt zelf heeft geen expertise op dit gebied. Sidlaw Packaging daarentegen heeft haar expertise verkregen door enerzijds onderzoek uit te besteden aan Engelse en Franse onderzoekinstellingen (HRI resp. INRA) en anderzijds door eigen onderzoek te verrichten. Van de overige leveranciers (Borden, Flex-pack en Dekker Packaging) is niet bekend op welke wijze zij tot hun folieselectie zijn gekomen. Aangezien de folies van laatstgenoemde leveranciers meestal over het algemeen minder goed scoren dan de folies van Van de Windt en Sidlaw Packaging is de conclusie gerechtvaardigd dat hun foliekeuze voor de drie door ATO-DLO onderzochte producten nog niet optimaal is. Voor Borden (rekfolie) geldt dat zij slechts kunnen kiezen uit 1 of 2 rekfolies. Optimaliseren van de eigenschappen van het verpakkingsmateriaal is voor dit bedrijf alleen via wezenlijke veranderingen van de polymeer mogelijk. Dit is normaliter een intensief ontwikkelings-traject.

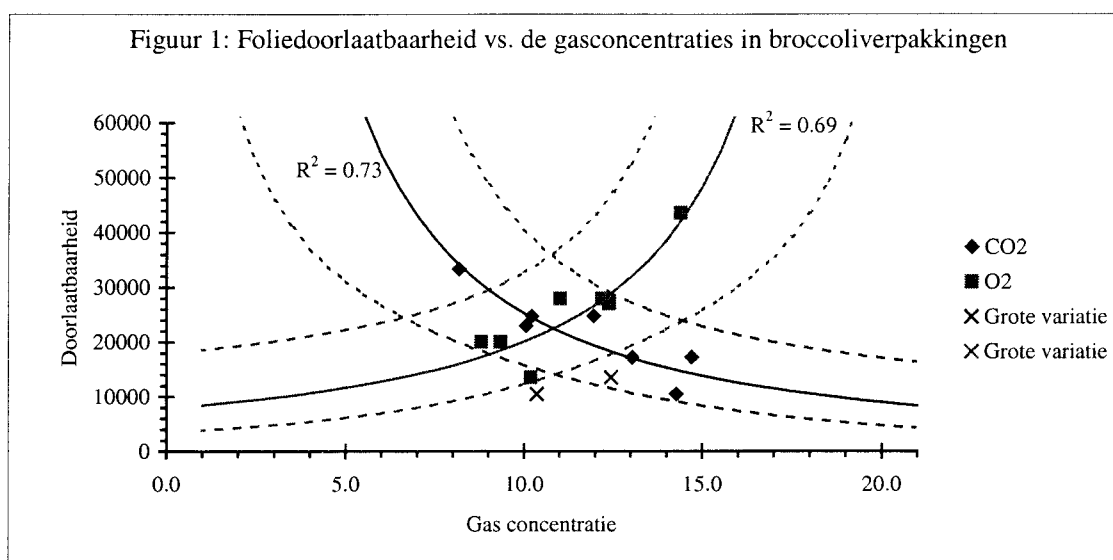
Conclusie gaspermeabiliteit

- *Er zijn grote verschillen in gaspermeatie-eigenschappen tussen de folies die door de leveranciers als optimaal voor een bepaald product zijn geselecteerd en voor deze test werden aangeboden.*
- *De MA-werking van de meeste folies is gebaseerd op het aanbrengen van microperforaties. Uitzonderingen zijn LDX 5406 en Auto-HL4 folie.*

6.4. Vergelijking gasconcentratie en -permeabiliteitsmetingen

6.4.1. Broccoli

In alle productproeven zijn gasconcentratieingen verricht. Door de gemeten gasconcentratie (ongeacht het gebruikte type folie) uit te zetten tegen de gemeten doorlaatbaarheid wordt inzicht verkregen in hoeverre voorspeld kan worden wat er in een verpakking gebeurt qua gasconcentraties als de fysische eigenschappen van deze folie bekend zijn. In figuur 1 worden de resultaten van de broccolimetingen bij 12°C weergegeven.



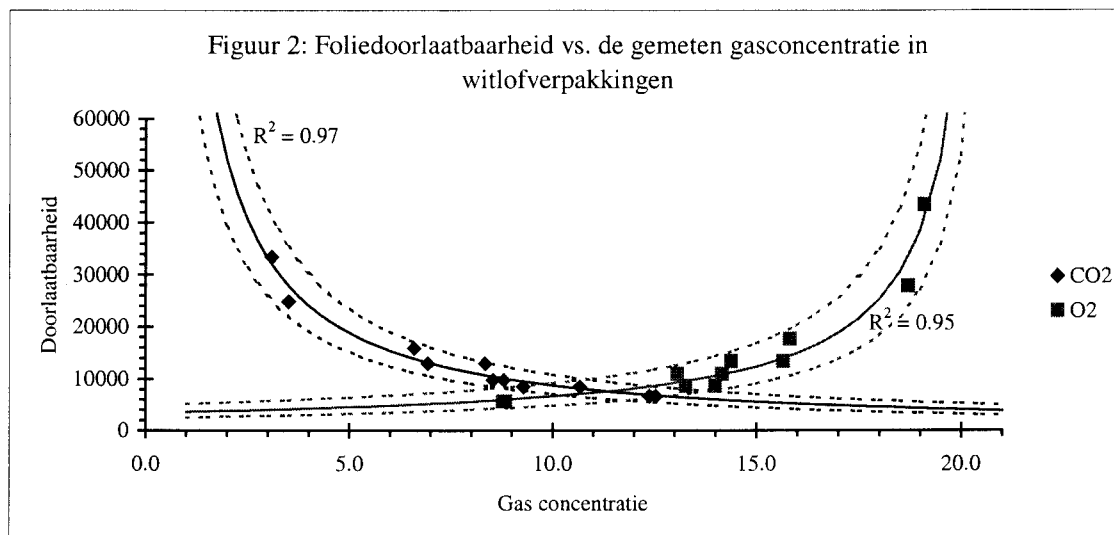
De getrokken lijn is het best passende verband tussen de bepaalde permeabiliteitscoëfficiënten en de gasmetingen in de verpakkingen. De punten tonen de gemeten waarden. Als er rekening wordt gehouden met zowel de spreiding van de gasdiffusiemetingen als met die van de gasmetingen ontstaat een betrouwbaarheidsinterval (2σ) dat wordt aangegeven met de gestippelde lijnen. Meetwaarden die buiten dit gebied vallen voldoen niet aan de verklaarde variantie. Met deze verpakkingen moet dan iets bijzonders aan de hand zijn: bijvoorbeeld lek geraakte verpakkingen, slechte seals of bijvoorbeeld het optreden van rot, waardoor de CO₂-concentratie harder stijgt dan de O₂-concentratie afneemt. De stippellijn geeft de maximale fout (2σ) in het berekende verband weer, berekend op grond van de variantie tussen de gasmetingen en de diffusiemetingen. Het gestippelde gebied omvat dus twee variaties nl.: de spreiding van de gasmetingen en de spreiding van de diffusiemetingen. De variantie in de gasmetingen is veel groter dan de variantie in de gasdiffusiemetingen. De verklaarde variantie van de getrokken lijn (R^2) is relatief laag nl.: voor O₂ 0.69 en voor CO₂ 0.73. De betrouwbaarheid van het berekende model laat nog te wensen over. Een verklaring hiervoor is dat de meetpunten verdeeld zijn over een relatief klein gebied. Er zijn geen folies getest met hoge en met lage doorlaatbaarheden. Daarnaast wordt de betrouwbaarheid van het berekende model negatief beïnvloed door de biologische variatie en de ongelijke massa broccoli per verpakking.

Conclusie vergelijking van resultaten

- Bij broccoli is er een matige correlatie tussen gasmetingen en gasdiffusiemetingen echter de betrouwbaarheid van het gevonden model is vrij gering.

6.4.2. Witlof

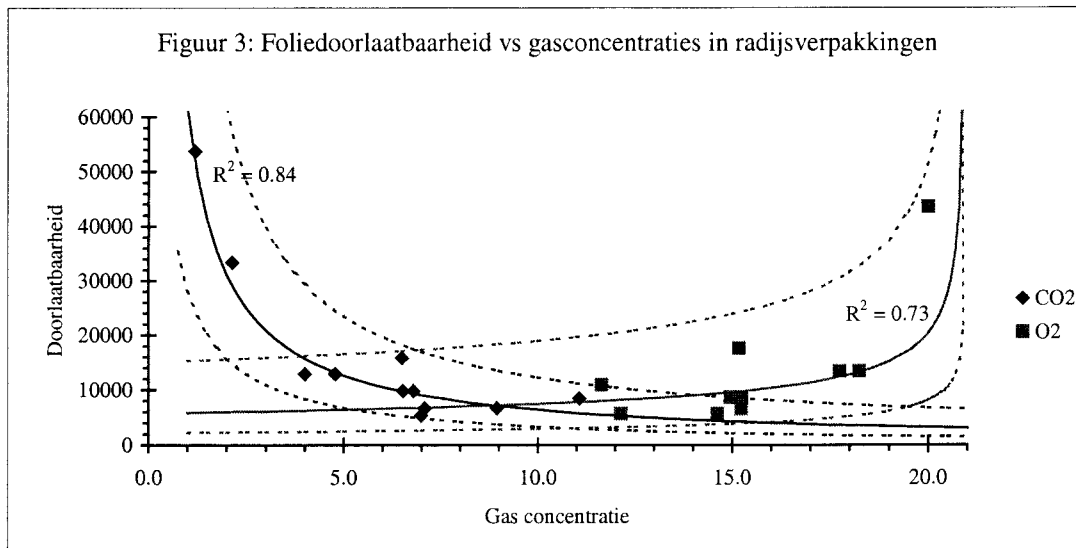
In figuur 2 worden de resultaten weergegeven van de metingen welke betrekking hebben op witlof folie en witlofverpakkingen.



Bij deze metingen is er een sterk verband (dubbel logaritmisch) tussen de gemeten waarden van beide meetseries gevonden. Voor O₂ bedraagt de R² 0.95 en voor de CO₂ zelfs 0.97. Voor biologisch materiaal is dit zeer hoog te noemen. De grootste variatie wordt wederom veroorzaakt door de verpakkingen. De gasdiffusiemetingen zijn meer eenduidig. Data hieromtrent zijn omwille van leesbaarheid weggelaten. De conclusie van deze hoge correlatie is dat op grond van alleen de folie-eigenschappen betrouwbaar valt te voorspellen wat er in een witlofverpakking qua gasconcentraties zal plaatsvinden. Dit kan het experimentele werk tot een minimum beperken, voorselectie voor proefnemingen op grond van gemeten permeabiliteitscoëfficiënten is hierdoor dus mogelijk. De verklaring dat dit model veel beter fit dan dat van broccoli is dat de massa product aan verpakt product in iedere verpakking nagenoeg gelijk was.

6.4.3. Radijs

In figuur 3 worden de resultaten weergegeven van de metingen welke betrekking hebben op de radijsfolie en op de radijsverpakkingen.



Bij radijs is ook sprake van een vrij grote foutenmarge. De verklaarde variantie (R^2) voor het berekende model, welke het verband tussen diffusiemetingen en de gemeten gasconcentraties in verpakkingen weergeeft, bedraagt voor O₂ 0.73 en voor CO₂ 0.84. Net als voor broccoli geldt dat geboste radijs nogal gewichtsvariaties vertoont. De betrouwbaarheid van het berekende model wordt hierdoor negatief beïnvloed.

Conclusies vergelijking gasdiffusiemeting en gasmeting in verpakkingen

- Voor het verpakken van witlof kan op basis van het aangetoonde verband tussen beide meetgrootheden nauwkeurig worden voorspeld welke gasconcentraties zullen ontstaan in een verpakking als de diffusie-eigenschappen van de betreffende folie bekend zijn.
- Dit geldt ook voor broccoli en radijs, echter het opgestelde model is minder betrouwbaar dan dat van witlof hetgeen waarschijnlijk wordt veroorzaakt door gewichtsvariaties tussen de onderzochte verpakkingen.

6.5. Materiaaleigenschappen

Door de verpakkingen naast elkaar te leggen is te zien dat de Polyfresh folie en Everclear folies (o.a. de Mod types) is helderder zijn dan de P-plus folies. ATO kwaliteitsinspecteurs slagen er niet in om het verpakkingstype te herkennen als de verpakkingen afzonderlijk worden aangeboden. Het verschil onder gebruiksomstandigheden is dus niet erg groot.

In tabel 21 worden de resultaten van de contacthoekmeting vermeld.

Tabel 21: Contacthoek (°) van een waterdruppel die op de folies is aangebracht.

Nr.	Folietype	Contacthoek	Nr.	Folietype	Contacthoek
1	Coex. Opp Perfo 90	28	8	Polyfresh radijs	40
2	ATMP 35 brocc.	76	9	Polyfresh witlof	37
3	ATMP witlof	84	10	Polyfresh broccoli	25
4	ATMP radijs	62	11	P-plus PA90	14
5	Mod H130	25	12	P-plus PA190	12
6	Mod B90	27	13	Cryovac LDX5406	101
7	Mod A130	23	14	PVC HL4	82

De interpretatie van contacthoekmeting naar een waardeoordeel over de anti-condenseigenschappen is niet goed mogelijk. Het blijkt dat druppels soms na een aantal seconden plotsteling gaan uitvloeien. Op welk moment de contacthoek moet worden afgelezen om een goede indruk te hebben van de anti-condens werking is niet bekend. De resultaten van tabel 21 geven dus de momentane oppervlaktespanning van de folies aan maar niet de prestatie ten opzichte van anti-condens werking. Wij veronderstellen dat naarmate de contacthoek kleiner is het water makkelijker uitvloeit en minder doorzicht belemmerend werkt bij verpakt product. Aangezien deze redenatie niet is onderzocht zijn vergaande conclusies met betrekking tot deze metingen niet gerechtvaardigd.

De resultaten laten zien dat er per leverancier een onderscheid is te zien. P-plus heeft een lagere kleinere contacthoek dan Polyfresh. De Mod types zitten daar tussen. De ATMP folies hebben een veel grotere contacthoek. Een uitzonderlijke hoge waarde is gemeten bij Cryovac LDX5406 folie. HL4 PVC folie is vergelijkbaar met ATMP folies

Conclusies materiaaleigenschappen

- *P-plus folie (PA-types) zijn minder helder dan Polyfresh en Mod folies. Dit is alleen te zien als ze naast elkaar worden uitgesteld.*
- *Er is geen duidelijk verband tussen de contacthoekmeting van op folies aangebrachte waterdruppels en de anti-condens performance van verpakkingen.*

7. Samenvattende conclusies

7.1. Broccoli

- Dit onderzoek toont aan dat er grote verschillen zijn tussen de geteste folies voor wat betreft het effect van de folie op de verschillende kwaliteitskenmerken van broccoli.
- Bij 12°C en 4°C kan broccoli uit het oogpunt van kwaliteitsbehoud, het beste worden verpakt in PA190 of Polyfresh folie. Echter bij 18°C wordt het product na enkele dagen anaeroob (= zuur) in deze folies. In andere folies is het product dan reeds onvoldoende van kwaliteit om nog te kunnen verkopen.
- De beste folie (PA190) verlengt de periode dat broccoli nog een voldoende haalt op het kenmerk geelverkleuring met ongeveer een factor 3 tot 4. Bij 12° van 4 dagen naar 16 dagen en bij 4°C van 13 dagen naar ca. 40 dagen.
- De huidige in de praktijk veel aangetroffen macro-geperforeerde folie voor broccoli blijkt zeer ongunstig te zijn voor het kwaliteitsbehoud van de verpakte broccoli bij de drie opslagtemperaturen.

De rangschikking van de onderzochte folies voor het verpakken van broccoli van goed naar minder goed is als volgt: 1) PA190 2) Polyfresh broccoli 3) Cryovac LDX5406 4) Mod AB4090 5) Auto HL4 6) onverpakt 7) coex. Opp-perf.

7.2. Witlof

- Voor witlof geoptimaliseerde MA-verpakkingen hebben een sterk positief effect op de volgende kwaliteitskenmerken: bruinrand, roodverkleuring, pitgroei, rot en indien aan licht blootgesteld ook op de groenverkleuring van het verpakte witlof.
- De beste folie om de optimale MA-conditie voor witlof te bereiken is de PA90 folie.
- Andere geteste folies scoren op enkele kwaliteitsaspecten minder dan de PA90 folie. Onderling verschillen de folies niet veel van elkaar.
- De periode waarbij groenverkleuring van aan licht blootgestelde verpakte witlof nog acceptabel is wordt in dit onderzoek door de beste folies verlengd van ongeveer 4 uur tot ca. 16 uur.

De rangschikking van de onderzochte folies voor het verpakken van witlof van goed naar minder goed is als volgt: 1) PA90 2) Mod A130 3) ATMP 35 witlof en Polyfresh 4) Cryovac LDX 5406 5) Auto HL4 6) onverpakt

7.3. Radijs

- Voor geboste radijs geoptimaliseerde MA-verpakkingen hebben een positief effect op de volgende kwaliteitskenmerken: rotaantasting (blad), geelverkleuring (blad) en wortelgroei (knol).
- Geboste radijs kan het best worden verpakt in PA90 folie. De verschillen tussen de geteste folies zijn gering.
- In de beste MA-folies verkleurt de radijsknol van rood naar paars. De intensiteit van paarsverkleuring neemt toe naarmate de folie gasdichter is. Niet bekend is of dit visuele aspect (consumentperceptie) ongunstig genoemd moet worden.

De rangschikking van de onderzochte folies voor het verpakken van geboste radijs van goed naar minder goed is als volgt: 1) PA90 2) Mod A130 3) Polyfresh radijs 4) ATMP 35 witlof 5) Auto HL4 6) onverpakt

7.4. Gasdiffusiemetingen

- De grootte van de permeabiliteitscoëfficiënten van microgeperforeerde folies worden vrijwel uitsluitend bepaald door het aantal microperforaties die in deze folies per m² voorkomen.
- Het gasdiffusiegedrag door polymeren is anders dan dat door microperforaties.

7.5. Vergelijking gasdiffusie en gasconcentraties

- Het gevonden model dat gasconcentraties in witlofverpakkingen kan voorspellen op basis van gasdiffusie-eigenschappen van folies is zeer betrouwbaar. Voor broccoli en radijs is het gevonden model minder betrouwbaar.

7.6. Materiaaleigenschappen

- P-plus folie zijn iets minder helder dan Polyfresh en Everclear folies
- De contacthoek van een op folie aangebrachte waterdruppel is geen directe maat voor anti-condens eigenschappen van een folie.

8. Literatuur

1. Optimalisatie van een kleinverpakking voor tomaten. AKK- project nr. 577 Polderdijk J.J. e.a. ATO-DLO rapport januari 1996.
2. Optimalisatie van een kleinverpakking voor witlofkroppen. AKK-project nr. 577 Polderdijk J.J. e.a.. ATO-DLO rapport B216, augustus 1996.
3. Oriënterend onderzoek naar de houdbaarheid van verse kruiden. AKK-project 95.001 Polderdijk J.J. e.a. ATO-DLO rapport B255, maart 1997.
4. Onderzoek ten behoeve van een optimale MA-kleinverpakking voor radijs met blad. AKK-project GF-95.001. Polderdijk J.J. e.a. ATO-DLO rapport B256, maart 1997.
5. Kwaliteitsverloop en houdbaarheid van MA-verpakte broccoli. AKK-project GF95.001. Polderdijk J.J. e.a. ATO-DLO rapport B257, maart 1997.
6. Effect of reduced levels of O₂ and elevated levels of CO₂ on the quality of bunched radishes. Polderdijk J.J. and G.J.P.M. van den Boogaard. Gartenbauwissenschaft, 63 5/98 (December).