

Ontwikkeling van kartonnen Modified Atmosphere verpakkingen:

Een onderzoek- en ontwikkelings-
project voor KNP BT in samenwerking
met het Instituut voor Agrotechno-
logisch Onderzoek ATO-DLO

Dr. R.G. Evelo

VERTROUWELIJK

ato-dlo



**Ontwikkeling van kartonnen Modified
Atmosphere verpakkingen:**

**Een onderzoek- en ontwikkelings-
project voor KNP BT in samenwerking
met het Instituut voor Agrotechno-
logisch Onderzoek ATO-DLO**

Dr. R.G. Evelo

VERTROUWELIJK

Inhoudsopgave:

Management Summary	2
Inleiding	3
Doelstelling	6
Beschrijving van het project	7
Ontwikkeling van een verpakking	7
Produktoverzicht	13
Participatie van KNP BT	16
Sturing en begeleiding van het project	18
Fasering	19
Literatuur	26

Bijlage: Projectkosten

Management Summary

De toegevoegde waarde van een verpakking wordt vergroot als dankzij het gebruik van de verpakking de kwaliteit en daarmee de waarde van het verpakte produkt toeneemt. Een voorbeeld hiervan is de Modified Atmosphere verpakking voor bederfelijke produkten. In deze verpakking ontstaat, door een wisselwerking van produkt, verpakking en distributieketen, een micro-klimaat waardoor de kwaliteitsachteruitgang in de verpakking wordt geremd en de kwaliteit bij de eindgebruiker toeneemt ten opzichte van het niet Modified Atmosphere verpakte produkt.

In Europa heeft de Modified Atmosphere verpakking als consumentenverpakking de laatste jaren een sterke groei doorgemaakt. Als transportverpakking heeft deze nieuwe technologie nog geen toepassing gevonden, terwijl het marktaandeel van de transportverpakking veel groter is dan die van de consumenten verpakkingen. De ontwikkeling en toepassing van een goede Modified Atmosphere transportverpakking is blijkbaar niet eenvoudig.

In dit project worden tien verschillende Modified Atmosphere transportverpakkingen van massief en/of golfkarton ontwikkeld voor kwetsbare produkten. De geselecteerde produkten zijn in eerste instantie: appel, banaan, broccoli, chrysant, chrysantenstek, paprika, roos, tomaat, leliebol en ui, waarmee de diverse mogelijkheden van Modified Atmosphere verpakkingen voor bederfelijke land- en tuinbouwprodukten worden aangegeven. Eventueel worden sommige produkten vervangen door andere in de loop van dit project (ook niet-plantaardige produkten?).

Om de gewenste kwaliteitsverbetering te behalen wordt het ontwerp van de verpakking afgestemd op de eisen van het bederfelijke produkt en de distributieketen. Centrale thema's bij de ontwikkeling van de verschillende Modified Atmosphere verpakkingen zijn: gasdichtheid van het karton en de verpakking, waterdampdoorlaatbaarheid, condensvorming, koelen en verpakken, palletiseren en mechanische belasting in een vochtige omgeving.

Dankzij een gestructureerde aanpak van de verschillende aspecten en de onderlinge interacties die een rol spelen bij de functionaliteit van de verpakking wordt het doel "de ontwikkeling van Modified Atmosphere transportverpakkingen" snel en efficiënt bereikt. De eerste Modified Atmosphere transportverpakking is al binnen één jaar gereed voor commerciële toepassing. De eerste vijf verpakkingen zijn binnen 1,5 jaar na aanvang van het project gereed.

Het resultaat van dit project is een tiental Modified Atmosphere transportverpakkingen die het produkt beter beschermen waardoor de kwaliteit bij de consument/gebruiker toeneemt ten opzichte van het niet Modified Atmosphere verpakte produkt. Deze kwaliteitsverbetering verbetert de concurrentiepositie van de Nederlands land- en tuinbouw en van de verpakkingen producerende industrie.

Inleiding

Door de toegenomen produktie in de land- en tuinbouw, in het binnen- en buitenland, staat deze sector onder druk. Eén strategie in een dergelijke situatie is het toelagen op het topsegment van de markt door een produkt met een hoge eindkwaliteit te leveren. Dankzij de hoge produktkwaliteit is het tevens mogelijk om ver weg gelegen markten te belevaren waar de concurrentie minder hevig is (b.v. Japan en VS) en/of het produkt kwaliteitsgaranties mee te geven (b.v. via certificering).

Kenmerkend voor het agrarisch produkt is het bederfelijke karakter, d.w.z. dat de kwaliteit onder alle omstandigheden altijd in de tijd achteruit gaat. Een zo langzaam mogelijke achteruitgang van de kwaliteit betekent een hoge eindkwaliteit. Hiervoor moeten alle beschikbare middelen worden ingezet. Dit varieert van selecteren van sterke rassen, het toepassen van gesloten koelketens (integrale kwaliteitszorg (IKZ) benadering) tot het gebruik van een optimale verpakking.

Een verpakking heeft in het algemeen als doel de inhoud te beschermen en daarmee de verkoopbaarheid van het produkt te verbeteren. Grote innovaties van verpakkingen zijn alleen dan mogelijk als de functionaliteit van de verpakking wordt afgestemd op de eisen van het verpakte produkt in de afzetketen. Deze integrale benadering van verpakking, produkt en afzetketen leidt tot complexe ontwikkelprocessen voor fundamenteel nieuwe verpakkingen. In dit project wordt een integrale aanpak bij de ontwikkeling van Modified Atmosphere (MA) transportverpakkingen gevolgd.

De algemene functionaliteit van een verpakking wordt in elk handboek opgesomd [1-4]. Deze bestaat uit o.a.:

- creëren van handelseenheden
- snelle doorgang door de logistieke keten
- marketing en presentatie
- bescherming van het produkt (mechanisch en klimatologisch)

Nieuwe technologieën kunnen voor het laatste item "de bescherming van het produkt door de verpakking" worden ingezet. Deze richten zich specifiek op het bederfelijke karakter van agrarische produkten. Bij een goede bescherming kan de houdbaarheid worden verlengd en kunnen kwaliteitsgaranties worden afgegeven. Beide aspecten zijn voor de concurrentiepositie van eminent belang.

In het algemeen is de verlenging van de houdbaarheid gebaseerd op één of meerdere van de onderstaande mechanismen:

Optimalisatie van de temperatuur.

De temperatuur bepaalt in sterke mate de kwaliteitsachteruitgang van het bederfelijke produkt [5].

Optimalisatie van de O₂-concentratie

Een verlaging van de O₂-concentratie vertraagt de veroudering van de verse producten en daarmee de kwaliteitsachteruitgang in het algemeen [4].

Optimalisatie van de CO₂-concentratie

Een verhoging van de CO₂-concentratie kan de achteruitgang van specifieke kwaliteitskenmerken sterk vertragen (b.v. geelverkleuring van broccoli en het stevigheidsverlies van Elstar appels worden sterk geremd). Extreem hoge CO₂-concentraties kunnen ook schimmel- en bacteriegroei remmen [6].

Optimalisatie van H₂O en de relatieve vochtigheid (r.v.)

Een te lage r.v. zal voor een sterke indroging van het produkt zorgen. Dit is indien het gewicht de economische waarde van het produkt bepaalt een direct financieel verlies. Daarnaast zullen door indroging specifieke negatieve kwaliteitskenmerken zich ontwikkelen zoals b.v. rimpelig worden van paprika.

Een te hoge r.v. zal bij kleine temperatuurschommelingen tot condensvorming op het produkt leiden. Dit heeft indirect schimmelvorming tot gevolg en leidt daarmee tot een kwalitatief slecht produkt (b.v. aardbeien en bloemen).

Verlagen van de C₂H₄-concentratie

Ethyleen wordt door de meeste producten geproduceerd. Het is een gasvormig plantehormoon dat de veroudering versnelt als het in hoge concentraties in het produkt voorkomt. Deze hoge concentraties kunnen ontstaan door vorming in het produkt zelf of door hoge concentraties in de omgevingslucht (b.v. door de produktie van naburige producten). De gevoeligheidsdrempel voor ethyleen is per produkt verschillend.

Voor elk produkt is er een optimale strategie, afhankelijk van de produkteigenschappen en de distributieketen om de houdbaarheid te verlengen bestaande uit één of meerdere van bovengenoemde aspecten. Door het gedrag en de gewenste specificaties van verschillende producten te classificeren ontstaan verschillende produktgroepen met elk hun specifieke verpakking. Voor elke produktgroep kan er een generalistische verpakking worden ontwikkeld.

MA-verpakken

Modified Atmosphere (MA) verpakken is hier gedefinieerd als een verpakkingsvorm waarbij de houdbaarheid van het produkt wordt verlengd door het modifieren van één of meerdere van de onderstaande aspecten:

- de zuurstofconcentratie
- de kooldioxideconcentratie
- de relatieve luchtvochtigheid.

Dit kan passief. Het produkt wordt via de verpakking, met normale luchtsamenstelling, van het buitenklimaat afgesloten. De biologische activiteit van het produkt (de ademhaling en de transpiratie) zorgt voor het ontstaan van de

gunstige klimaatcondities in de verpakking. Bij het actief aanbrengen van MA-klimaat condities kan gebruik worden gemaakt van gasverpakkingsmachines, scrubbers e.d.

In Europa, met name in Engeland en Frankrijk, is er de laatste jaren een sterke toename in het gebruik van MA-verpakkingen te zien [7]. MA-verpakkingen worden op het ogenblik alleen toegepast als consumentenverpakkingen met circa ¼-2 kg produkt. Het zijn veelal gesloten plastic zakken die voor de gasbarrière zorgen. Een transportverpakking is een verpakking van 5-20 kg met als eindbestemming de detaillist. Het merendeel van het produkt gaat in dergelijke verpakkingen de keten door. Gegeneerd naar effectiviteit verdient deze maatvoering dan ook veruit de voorkeur boven de consumentenverpakking (te klein) en de CA-transportcontainer (te groot).

MA-verpakkingsystemen worden nog niet als transportverpakkingen toegepast. Mogelijke oorzaken voor de afwezigheid van MA-transportverpakkingen kunnen zijn:

- geen economische noodzaak (de concurrentie was in het verleden minder hevig)
- MA-verpakkingen is een nieuwe technologie (onbekendheid)
- foutief gebruik van een MA-verpakking kan tot een onverkoopbaar produkt leiden
- het moeilijk inpassen van een MA-verpakking in een logistieke keten
- technologische verpakkingsproblemen (b.v. gasdicht maken van een transport verpakking)

De ontwikkeling van een MA-verpakking is een complex probleem, want eerder genoemde mechanismen waarmee de houdbaarheidsverlenging kan worden verkregen, hebben een sterke interactie. Hierdoor is het optimum niet eenvoudig te vinden. Niet goed functionerende MA-verpakkingen kunnen de kwaliteitswinst verloren laten gaan, of erger, de produktkwaliteit kan versneld achteruitgaan. Gezien dit risico is het noodzakelijk dat bij de introductie van een nieuwe MA-verpakking wordt gestreefd naar een robuuste verpakking die ook goed functioneert onder niet optimale bewaarcondities. (Deze willen in de praktijk nog wel eens voorkomen.)

In dit onderzoek wordt voor een tiental produkten uit 5 produktgroepen een MA-transportverpakking ontwikkeld. Het project begint bij het selecteren en produceren van gecoat massief en/of golfkarton met de gewenste gas- en waterdampdoorlaatbaarheden. Vervolgens wordt de verpakkingsconstructie ontwikkeld op basis van gasdichtheid, water(damp) afvoer en mechanische eigenschappen. Voor een dergelijke verpakking worden de houdbaarheidsvoordelen gekwantificeerd. Uiteindelijk wordt de verpakking geoptimaliseerd, zodanig dat deze goed in het logistieke afzetkanaal past. Deze verschillende onderzoeksaspecten worden verder in de projectbeschrijving toegelicht.

Doelstelling

Het doel van dit project is de ontwikkeling van tien MA-transportverpakkingssystemen die geschikt zijn voor diverse agrarische c.q. kwetsbare produkten. Voor elke produktgroep wordt een specifieke verpakking ontwikkeld.

Dit resulteert in een versterking van de verpakkingenproducerende- en papierindustrie en daarmee in een verbetering van de concurrentiepositie van de agrarische sector door een verbetering van de eindkwaliteit van bederfelijke land- en tuinbouwprodukten.

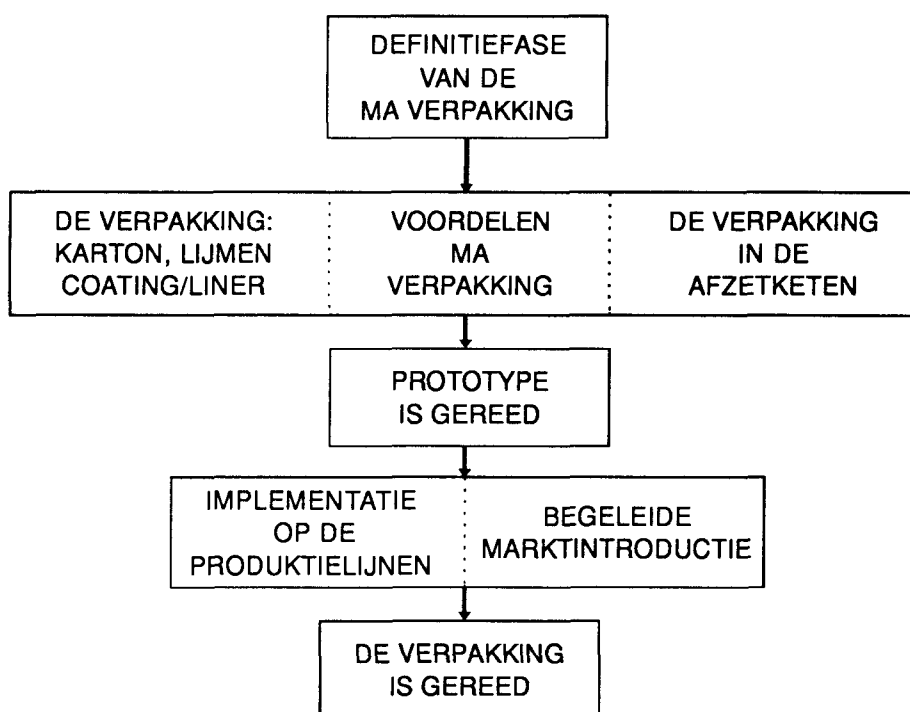
De eerste verpakking is binnen een jaar gereed. Binnen 1,5 jaar zullen ten minste vijf van de tien MA-verpakkingen gereed zijn voor commerciële introductie. Via concrete mijlpalen (zie fasering) wordt er naar gestreefd de ontwikkeling van de verschillende verpakkingen zo snel mogelijk gereed te krijgen.

Projectbeschrijving

In dit project worden MA-transportverpakkingen ontwikkeld voor appel, banaan, broccoli, chrysant, chrysantenstek, leliebol, paprika, roos, tomaat en ui (tenzij in de loop van dit project door KNP BT sommige produkten worden vervangen door andere kwetsbare produkten). Hoewel er met een grote variatie aan agrarische produkten in dit project wordt gewerkt, vertoont de onderzoeksaanpak voor de verschillende produkten grote overeenkomsten. In *ontwikkeling van een verpakking* wordt de algemene onderzoekslijn voor de ontwikkeling van een MA-transportverpakking besproken. In *het produktenoverzicht* worden de keuze van de verschillende agrarische produkten gemotiveerd en specifieke verpakking/produkt/keten aspecten bediscussieerd. In *participatie van de partner* wordt de bijdrage van KNP BT toegelicht.

Een MA-verpakking kan zowel van massiefkarton als van golfkarton worden gemaakt. Dit projectvoorstel gaat er vanuit dat beide materialen in de MA-verpakking, afhankelijk van het geselecteerde produkt, kunnen worden toegepast. In dit projectvoorstel wordt met karton massief- dan wel golfkarton bedoeld.

Ontwikkeling van een verpakking



Figuur 1: Structuur van de activiteiten in het project

De ontwikkeling van de verpakking kent de volgende elementen:

- definitiefase

- karton, coating/liner en verpakkingen
- MA en houdbaarheidsverlenging
- de verpakking in de keten
- implementatie op de produktielijnen.

De definitiefase

Bij de ontwikkeling van een robuuste MA-transportverpakking moet duidelijk zijn hoe de specifieke voordelen van het produkt bij gebruik van de nieuwe MA-verpakking worden bereikt. In deze definitiefase wordt de basis gelegd voor een antwoord op de vraag: "hoe gaat de MA-verpakking er uit zien?". Er wordt vastgelegd wat de functionele en maatgevende eisen zijn. De robuustheid en de flexibiliteit van de verpakking spelen hierbij een belangrijke rol. Keuzemogelijkheden (b.v. t.a.v. coating/liner) zullen waar mogelijk door reeds bestaande computermodellen worden onderbouwd.

In de definitiefase is een sterke wederzijdse kennisoverdracht tussen ATO-DLO en KNP BT noodzakelijk. ATO-DLO zal hier vooral produktkennis, additionele MA-functionaliteit van de verpakking en ketenkennis inbrengen. KNP BT zal het scala van technische mogelijkheden van coating/liners, economische perspectieven en hun ervaringen met de mogelijkheden en onmogelijkheden in de keten inbrengen. Na de definitiefase kan het experimentele werk beginnen.

Karton coating/liner en verpakkingen

Deze cluster omvat activiteiten met karton en verpakkingen zonder agrarisch produkt. Van zowel de verpakking als het karton worden een aantal fysische parameters gemeten.

Karton

Van elk type geproduceerd karton wordt de zuurstof (O₂) en de kooldioxide (CO₂) doorlaatbaarheid gemeten (= diffusiecoëfficiënten). Hoewel voor een aantal barrièrematerialen de temperatuursafhankelijkheid bekend is worden de diffusiecoëfficiënten bij twee, voor de agrarische sector karakteristieke temperaturen gemeten (8 en 18°C). Is de temperatuursafhankelijkheid bevestigd, dan worden de vervolgmetingen slechts bij één temperatuur uitgevoerd. De barrière eigenschappen voor O₂ en CO₂ worden ook bij 2 luchtvochtigheden gemeten. Afhankelijk van het type barrière materiaal wordt er geen tot een sterke afhankelijkheid van de relatieve luchtvochtigheid verwacht. Onderzocht zal moeten worden of het karton deze afhankelijkheid verder beïnvloedt.

Naast de gasdoorlaatbaarheid zal ook de waterdampdoorlaatbaarheid en de wateradsorptiecapaciteit worden bepaald. Deze twee eigenschappen gezamenlijk bepalen in hoge mate de kans op condens in een gesloten verpakking.

De hierboven genoemde eigenschappen zullen voor meerdere stukken karton uit één en uit verschillende productieprocessen worden bepaald. Uit deze vergelijkende metingen volgt de bandbreedte van de technische marges in het productieproces. Deze informatie kan gebruikt worden om het productieproces te optimaliseren.

Verpakkingen

Het onderzochte karton is het halffabrikaat voor het eindprodukt, de verpakking. Het gedrag van de verpakking wordt bepaald door de eigenschappen van het karton en de effectieve vormgeving van de verpakking.

Voor de verpakking worden de volgende eigenschappen bepaald afhankelijk van het mechanisme achter de MA-houdbaarheidsverlenging:

- gasdichtheid van de doosconstructie
- gasdichtheid van de doos-deksel combinatie
- mogelijkheden van beperkte wateropname
- actieve ventilatie
- mechanische belasting in een vochtige omgeving
- productieproces.

Gasdichtheid van de doosconstructie

In dit onderdeel wordt gecontroleerd of de gasdichtheid van de doos overeenstemt met de barrière-eigenschappen van het karton. Bij de productie van een doos wordt de vorm uit een vlakke plaat gestansd en worden de zijkanten omgezet. Dit kan breuken en of scheuren in de coating/liner veroorzaken die de gasdichtheid van de doos beïnvloeden. De constructie van de hoekpunten krijgt vanwege dezelfde reden hier veel aandacht.

Gasdichtheid van de doos-deksel combinatie

Als de doos en het deksel beide voldoende gasdicht zijn, wordt de sluiting van het deksel op de doos nader onderzocht. Het sluiten van het deksel moet eenvoudig en betrouwbaar kunnen gebeuren. Verschillende lijm- en sluitprocédés zullen worden getest op hun geschiktheid.

Mogelijkheden van beperkte wateropname

Metingen bij ATO-DLO hebben laten zien dat de aanwezigheid van een beperkte wateradsorptie capaciteit in een MA-verpakking rot- en schimmelaantastingen kan voorkomen. Deze beperkte wateradsorptie-capaciteit kan b.v. worden verkregen door het aanbrengen van een dunne laag papier aan de binnenzijde van de coating/liner. De exacte uitvoering hiervan zal hier nader worden uitgewerkt.

Actieve ventilatie

In tegenstelling tot de drie hierboven genoemde onderwerpen is dit onderdeel toegespitst op een open verpakking. In een open verpakking wordt waterdamp via luchtcirculatie aan- en afgevoerd. Met gevoelige detectiesystemen kan dit proces in de beschikbare mini-windtunnel worden onderzocht. Door het circulatiepatroon te koppelen aan het ontwerp van de verpakking kan deze met behulp van modelberekeningen worden geoptimaliseerd door de condensduur op kritieke lokaties te verkorten.

Mechanische belasting in een vochtige omgeving

Met de beschikbare faciliteiten binnen KNP BT wordt de maximale belasting (compressie) van de verpakking bepaald. ATO-DLO zal middels i) de resultaten van dit project, ii) kennisacquisitie bij experts in KNP BT en elders beschikbare kennis, een kennissysteem ontwerpen waarmee het mechanische gedrag van verpakkingen op hoofdlijnen wordt omschreven. Een dergelijk systeem, dat gedurende de doorlooptijd aan detaillering en betrouwbaarheid wint, zal de ontwerper bij het ontwerpproces behulpzaam zijn.

Productieproces

Het is vanzelfsprekend dat de uiteindelijke MA-verpakking commercieel op de markt moet kunnen komen. Het is daarom in dit stadium al van belang dat randvoorwaarden die dit heeft voor het productieproces door KNP BT worden aangegeven. (b.v. is een bepaalde verpakingsconstructie ook in een hoge oplage te produceren, en wat is de herbruikbaarheid van het verpakingsmateriaal).

De gasdoorlaatbaarheidseigenschappen en de waterdamp-adsorptiecapaciteit van het karton en de verpakkingen en waar relevant de ventilatiepatronen in verpakkingen worden door ATO-DLO gemeten. Het karton en de verpakkingen met diverse liners/coatings worden door KNP BT geproduceerd. Van de verschillende verpakkingen wordt door KNP BT de compressiewaarde onder standaard condities gemeten. De resterende metingen zoals gasdiffusie, waterdampdoorlaatbaarheid e.d. worden door ATO-DLO uitgevoerd.

MA en houdbaarheidsverlenging

Het doel van deze activiteiten is een kwantificering van het houdbaarheidsvoordeel van een losse MA-verpakking bij een constante temperatuur. Afhankelijk van de beschikbare kennis gebeurt dit eerst onder gesimuleerde MA-omstandigheden in een zogenaamd Controlled Atmosphere systeem. In dit systeem wordt de gassamenstelling, de relatieve luchtvochtigheid en de temperatuur door de gebruiker opgelegd. Dergelijke experimenten geven de maximaal mogelijke houdbaarheidsverlenging. Tijdens deze metingen worden

diverse produktparameters bepaald zoals de respiratiesnelheid als functie van de O₂- en de CO₂-concentratie en kwaliteitsverloop van specifieke kwaliteitskenmerken.

Vervolgens worden de produkten in MA-transportverpakkingen verpakt en wordt voor die specifieke produkt/verpakkingscombinatie de houdbaarheidsverlenging gekwantificeerd. Dankzij de monitoring van diverse fysische grootheden in de verpakking zoals de temperatuur, de gassamenstelling, de relatieve luchtvochtigheid en het luchtsnelheidspatroon kan worden achterhaald in hoeverre de geteste verpakking optimaal is. De evaluatie van het gedrag van deze fysische grootheden in de verpakking in combinatie met het behaalde MA voordeel van de houdbaarheid en de kennis over de maximaal te verwachten houdbaarheidsverlengingen, resulteren in een advies voor verder optimalisatie van de verpakking (aanpassing van de coating/liner, vormgeving, dekselverbinding e.d.) Deze adviezen zullen vervolgens weer gezamenlijk met KNP BT worden bediscussieerd om uiteindelijk de MA-verpakking verder te optimaliseren.

Dit onderdeel wordt in zijn geheel door ATO-DLO uitgevoerd. De verschillende verpakkingsvarianten worden door KNP BT geproduceerd.

De verpakking in de keten

De agribusiness keten is een aaneenschakeling van activiteiten waarbij het produkt van de producent uiteindelijk bij de eindgebruiker terecht komt. Een goede implementatie van de verpakking in de keten bepaalt uiteindelijk de robuustheid van de verpakking. In dit onderdeel wordt het gedrag van de verpakking in verschillende ketenomstandigheden bestudeerd.

De globale lijn in de afzetketen van veel produkten vertoont grote overeenstemming. Er zijn echter ook duidelijk specifieke verschillen die voor de verpakking van betekenis kunnen zijn. Het doel van dit onderdeel is het implementeren van de verpakking in de afzetketen. In dit gedeelte "De verpakking in de keten" worden een aantal verschillende aspecten onderzocht:

- effectief koelen en de MA-verpakking
- temperatuursprongen MA en kwaliteit
- De MA-verpakking in een pallet
- MA-klimaat en kwaliteit
- mechanische eigenschappen.

Effectief koelen en de MA-verpakking

Zoals in de inleiding is aangegeven is temperatuurbeheersing een van de belangrijkste methoden om de houdbaarheid van een bederfelijk produkt te maximaliseren.

Een gesloten verpakking heeft een veel hogere isolatiewaarde dan een

open verpakking. Het produkt in een gesloten verpakking koelt daarom langzamer af dan het produkt in een open verpakking onder verder gelijke omstandigheden. Dit is in het nadeel van een MA-verpakking. Het werkt ook omgekeerd: het produkt in een gesloten verpakking warmt langzamer op dan het produkt in een open verpakking als beide verpakkingen in dezelfde warme omgeving worden geplaatst. Dit is een voordeel van de gesloten verpakking. In dit onderdeel wordt onderzocht wat de gevolgen zijn van het toepassen van een gesloten verpakking in verschillende schakels van de distributieketen.

Temperatuursprongen, MA en kwaliteit

In de afzetketen komen regelmatig temperatuursprongen voor. Deze hebben invloed op de verpakking en de kwaliteit van het produkt via:

- Condens. Koud produkt in een warme ruimte leidt tot condensvorming. Vrij water op het produkt kan leiden tot een versnelde ontwikkeling van microbiel bederf en schimmelaantastingen.
- De respiratie en de gasdiffusie door de barrièrematerialen zijn temperatuurafhankelijk. Dat wil zeggen dat de O₂- en de CO₂-concentratie in de verpakking zullen wijzigen als de temperatuur verandert.
- De temperatuursverandering zorgt ook voor additionele stress in het produkt, hetgeen b.v. via stimulering van de ethyleenproductie tot een verkorting van de houdbaarheid kan leiden.

Zowel de condensduur als de gassamenstelling beïnvloeden de kwaliteit en houdbaarheid van het bederfelijke produkt. In dit onderdeel wordt onderzocht wat het effect van temperatuurschommelingen op de kwaliteit van de verschillende produkten is.

De MA-verpakking in een pallet

De palletstapeling verandert de effectiviteit waarmee een verpakking kan worden gekoeld. Dit wordt in "Effectief koelen en de MA-verpakking" onderzocht. Daarnaast bestaat er de mogelijkheid dat de pallet de effectieve gasuitwisseling van een verpakking beïnvloedt. Dit aspect krijgt hier de aandacht door de gassamenstelling van verpakkingen met produkt in een palletstapeling te volgen.

Mechanische eigenschappen.

Bij de constructie van een verpakking worden mechanische eigenschappen (compressie) gemeten. In dit onderdeel worden de praktijkervaringen van KNP BT en ATO-DLO gebruikt om een expertsysteem op het te ontwikkelen dat de ontwerpen kan ondersteunen. Met name extrapolatie naar niet standaard condities en verhoogde luchtvochtigheden vormt hier een belangrijk onderdeel. Testen van mechanische eigenschappen in speciale stapelpatronen bij afwijkende condities kunnen bij ATO-DLO worden uitgevoerd.

Implementatie op de produktielijnen.

Het einddoel van dit project is de commerciële productie van 10 MA-transport verpakkingen. Het technisch realiseren van deze productie worden uiteraard uitgevoerd door KNP BT op basis van de resultaten van dit onderzoek. Dit onderdeel omvat een kennisuitwisseling tussen ATO-DLO en KNP BT. Het project levert specificaties voor het karton en de verpakking. Andersom geeft KNP BT aan wat de technische en commerciële grenzen zijn bij het produceren van het karton en de verpakking. Deze wisselwerking gedurende het gehele project garandeert uiteindelijk een technisch en commercieel realiseerbare verpakking. Dit onderdeel zal met name tijdens de integrale werkbesprekingen aan de orde komen en sturend zijn voor de onderzoeks- en produktiewerkzaamheden.

Produktoverzicht

In dit project wordt voor de onderstaande 10 produkten een MA-transportverpakking ontwikkeld:

- Appel
- Banaan
- Broccoli
- Chrysant
- Chrysantenstek
- Leliebol
- Paprika
- Roos
- Tomaat
- Ui
- Andere produkten

In de loop van dit project is het zeker mogelijk sommige van deze produkten te wijzigen vanwege economische motieven en/of omdat het MA-voordeel niet voldoende relevant is voor de specifieke afzetketen. Voorbeelden van ander produkten zijn champignon, spruit en tulpebollen. Hieronder volgt een korte opsomming van enkele relevante gegevens van de verschillende geselecteerde produkten:

Appel

Appel is het grootste hardfruit gewas in Nederland (productie in 1992 was 395 mln kg). Sommige appels worden bijna jaarrond bewaard in Controlled Atmosphere cellen (d.w.z een actieve regeling voor de O₂ en de CO₂-concentratie). Dit bevestigt dat voor appel een houdbaarheidsvoordeel via MA-verpakkingen kan worden verkregen. Anders dan in de CA cellen wordt in de MA-verpakking de CO₂-concentratie sterk verhoogd waardoor de stevigheid van een appel langer blijft behouden. Deze verhoogde CO₂-concentratie kan in elk geval 6 weken door Elstar appel worden verdragen.

Voor appels zijn twee bijzondere toepassingen van de MA-verpakking het extra vermelden waard:

- Aan het begin van het seizoen voordat CA bewaarde appels beschikbaar zijn (de in de gewone bewaring geplaatste appels zijn dan al zeer zacht).
- Aan het eind van het seizoen de exportverlenging naar met name landen waar een minimale stevigheid wordt gevraagd (b.v. Groot Brittannië).

Banaan

Voorbeeld van een belangrijke tropische vrucht (import in Nederland was 201 mln kg in 1992). Het transport naar Europa gebeurt in sommige gevallen per CA container. Dit bewijst dat een MA-verpakking goede potentie heeft. Na de bananenrijperij in Europa kan de banaan in de MA-transportverpakking de Europese keten in.

Broccoli

De productie van broccoli was 4,2 mln kg in 1992. De geelverkleuring kan door een MA-verpakking sterk worden geremd. Hierdoor kan een MA-verpakking een houdbaarheidsverlenging van enkele dagen geven. Het voorbeeld is de consumenten MA-verpakking waar de broccoli in een folie wordt gewikkeld. Als gevolg van het sterke en eenvoudig waarneembare MA-effect is er in de wetenschappelijke literatuur veel over dit produkt gepubliceerd.

Chrysant

Een belangrijke snijbloem (omzet 2 576 mln gulden) waarbij zich regelmatig problemen met *Botrytis Cinerea* voor doen.

Chrysantenstek

Chrysantenstek, met een geschatte omzet van 60 mln gulden, heeft baat bij een MA-klimaat van een lage O₂-, een lage CO₂-concentratie en hoge luchtvochtigheid. De houdbaarheid kan dan met enkele weken worden verlengd [8]. Er is echter nog geen verpakking beschikbaar die deze condities creëert. Het produkt is verder uitgekozen om de mogelijkheden voor andere siergewassen en plantenstekken in het algemeen aan te geven.

Leliebol

Lelie is een voorbeeld van een belangrijk bolgewas met een geschatte productie van 550 mln stuks. Verhoging van de O₂ en verlaging van de CO₂-concentratie onderdrukt ongewenste spruitvorming. De MA-verpakking garandeert een hogere bloei kwaliteit. Recent ATO-DLO onderzoek heeft dit voor leliebollen in experimentele verpakkingen aangetoond.

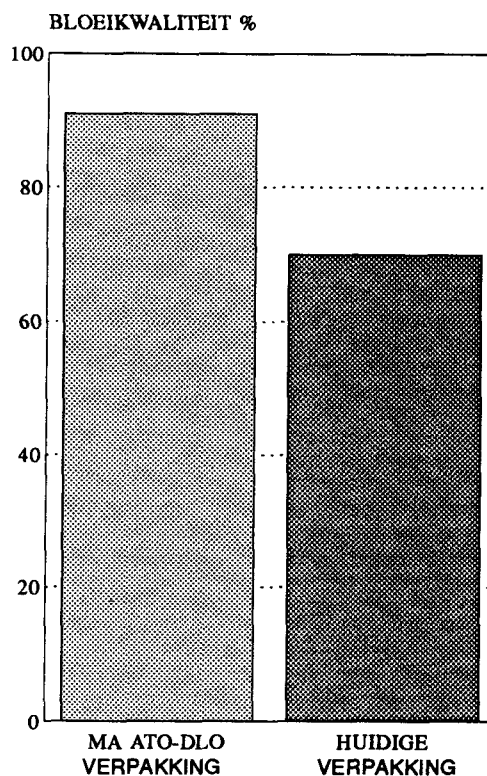
Paprika

Voor Nederland een belangrijk produkt (199 mln kg in 1992). In het verleden heeft ATO-DLO aangetoond dat CA zeetransport voor rode paprika naar

de VS mogelijk is. Eén van de oorzaken waarom dit commercieel geen grote navolging heeft gehad is omdat een container een te grote handelseenheid is. Een MA-transportverpakking heeft wel de gewenste handelseenheid en kan analoog aan de CA-container de houdbaarheid verlengen.

Roos

De belangrijkste snijbloem met een exportwaarde van 712 mln gulden (in 1992). Rozen zijn gevoelig voor *Botrytis Cinerea*, dit geeft eerst witte en later bruine vlekken op de bloembladeren. Via de te ontwikkelen verpakking wordt de kans op het ontstaan van *Botrytis Cinerea* kleiner.



Figuur 2: voordeel van een MA leliebol verpakking.

Tomaat

Het belangrijkste Nederlands tuinbouwgewas met een omzet van 651 mln kg (in 1992). Een haalbaarheidsstudie door ATO-DLO heeft aangetoond dat een MA-verpakking voor tomaten zeer gunstige effecten op het stevigheidsloop heeft. Indien schimmelvorming op de kroontjes kan worden voorkomen, door b.v. koeling, lijkt de houdbaarheid met enkele weken te kunnen worden verlengd. Bij het toepassen van een MA-verpakking kunnen tomaten later worden geoogst. Het is de verwachting dat dit de smaak ten goede zal komen.

Ui

Met een omzet van 520 mln. kg een zeer omvangrijk produkt. Belangrijk is dat de ui bij voldoende lage luchtvochtigheid wordt bewaard. Verlaging van de O₂ en verhoging van de CO₂ kunnen spruitvorming onderdrukken. Het chemisch behandelen van uien kan dan mogelijk achterwege blijven. Dit is nu al gewenst.

De hierboven genoemde 10 agrarische produkten zijn zeer uiteenlopend. Toch kan een classificatie worden gemaakt waar 1 type verpakking kan voldoen voor

meerdere produkten. De volgende indeling kan voorlopig worden aangehouden:

- Appel, banaan, broccoli en leliebollen.
Sterke verhoging van de CO₂-concentratie. Broccoli heeft een hoge respiratie waardoor aneorobie in de verpakking kan ontstaan. De O₂ permeabiliteit van de verpakking moet hierom voldoende hoog zijn.
- Chrysantenstek.
Voorbeeldprodukt voor stekken in het algemeen. Gunstige CA-effecten bij lage O₂ en lage CO₂-concentraties.
- Roos en Chrysant.
Een open verpakking. De MA-elementen van de verpakking verkorten de condensduur waardoor de kans op de schimmel *Botrytis Cinerea* wordt verkleind.
- Tomaat en Paprika.
Een gesloten verpakking waardoor de vochtafgifte van het produkt sterk wordt geremd zonder dat er condensvorming optreedt. Dit zorgt voor de belangrijkste kwaliteitswinst. Verlaging van de O₂- en verhoging van de CO₂-concentratie zijn verder gewenst.
- Ui.
Hier is een gesloten verpakking met een zeer goede waterdampdoorlaatbaarheid nodig. Behalve voor uien is een degelijk verpakking ook voor o.a. tulpebollen te gebruiken.

Participatie van KNP BT

In dit project is er sprake van een intensieve wisselwerking tussen de deelnemende partijen KNP BT en ATO-DLO (zie ook de verschillende vormen van overleg in "Begeleiding van het onderzoek"). Eventueel kunnen, na toestemming van KNP BT, ook verpakkingsgebruikers op sommige onderdelen van het project worden ingeschakeld. Door het uitwisselen van kennis en ervaring (wetenschappelijk en praktisch) kunnen missers worden voorkomen.

De participatie van KNP BT bestaat uit:

- projectfinanciering
- productie van massief en golfkarton met verschillende coatings en liners
- constructie van testverpakkingen
- productie van verschillende MA-verpakkingen voor de diverse experimenten
- (meten van mechanische belastingen van verpakkingen)
- ervaringsfeiten van mechanische belasting van verpakkingen bij hoge luchtvochtigheid
- marktintroductie van de verpakkingen.

Ten slotte is de eventuele ontwikkeling van speciale verpakkingsproducerende lijnen voor MA-verpakkingen en verpakkingsmachines waar bederfelijke produkten in MA verpakkingen worden verpakt (analoog aan gasverpakkingsma-

chines) een activiteit uit te voeren of verder te initiëren door KNP BT.

De marktintroductie van dit kennisintensieve produkt vraagt een goede begeleiding. KNP BT zal hier de leidende rol vervullen en ATO-DLO zal via kennisinbreng en voorlichting via b.v. vakbladen een rol kunnen spelen.

Sturing en begeleiding van het onderzoek

Het onderzoek zal worden uitgevoerd onder leiding en toezicht van een door ATO-DLO aan te wijzen projectleider in samenwerking met een counterpart van KNP BT.

ATO-DLO zal regelmatig, zowel mondeling als schriftelijk, doch tenminste eenmaal per 3 maanden, aan KNP BT rapporteren omtrent de stand van zaken en de voortgang van het onderzoek. Voorts zal ATO-DLO aan KNP BT op diens verzoek naar beste vermogen inlichtingen verschaffen over specifieke vraagpunten, sturing en ontwikkeling terzake het onderzoek en via werkbijeenkomsten.

Werkgroepbesprekingen vinden plaats o.l.v de projectleider van ATO-DLO, in aanwezigheid van de projectgroep (ATO-DLO), vertegenwoordigers van KNP BT corporate en de werkmaatschappijen.

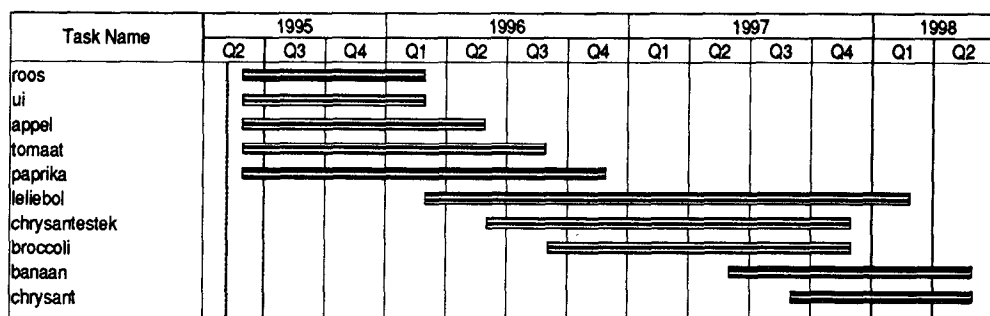
Eenmaal per kwartaal vindt een stuurgroepbespreking plaats, waarbij aanwezig o.a. projectleiders, directie ATO-DLO en directie KNP BT.

Fasering:

Voor de oplevering van eind- en tussenresultaten zijn de volgende punten in ogenschouw genomen:

- productie van karton, MA-verpakking in beperkte onderzoekoplage door KNP BT heeft een geschatte doorlooptijd van 1 week
- voor het gebruik van produkten wordt zoveel mogelijk aangesloten op het Nederlandse seizoen.

Een globale fasering van het gehele project is in de onderstaande figuur



Figuur 3: Schematisch overzicht van de fasering per verpakking

Voor ieder van de onderzochte produkten zijn tenminste de volgende mijlpalen aanwezig:

- Selectie en specificatie van karton met coating
- Selectie en eerste productie van de MA-verpakking
- Kwantificatie van MA-voordelen onder MA-condities
- Kwantificatie van MA-voordelen in MA-verpakkingen
- Effecten van de pallet op de verpakking
- Beschrijving van het thermodynamische gedrag van de verpakking (koelen e.d.)
- Ketensimulatie
- MA-verpakking beschikbaar

Mocht gedurende de looptijd van dit project één van de geselecteerde tien produkten niet meer economisch wenselijk zijn, of een te klein MA-voordeel blijken te hebben, dan kan een ander MA-gevoelig produkt hiervoor in de plaats worden ingepast (b.v. tulpebollen, champignon, spruit enz).

Een gestructureerd overzicht van de activiteiten en mijlpalen is gegeven in de tabel op pagina 21. Vervolgens zijn alle activiteiten en mijlpalen in een chronologische lijst opgesomd.

Overzicht van de mijlpalen in het project.

	roos	ui	appel	tomaat	paprika	leliebol	chrysante stek	broccoli	banaan	chrysant
Selectie, productie en specificatie van coating/liner op karton	1 sept 95	1 sept 95	1 sept 95	1 sept 95	1 sept 95	1 juni 96	1 sept 96	1 dec 96	1 sept 97	1 dec 97
Selectie, productie en specificatie verpakking	1 sept 96	1 sept 95	1 sept 95	1 dec 96	1 dec 96	1 sept 96	1 dec 96	1 mrt 97	1 dec 97	1 dec 97
Kwantificatie MA voordelen onder CA condities	nvt	1 dec 96	1 mrt 96	bekend	1 sept 95	1 sept 97	bekend	1 juni 97	1 dec 97	nvt
Kwantificatie MA voordelen in verpakkingen	1 dec 96	1 dec 96	1 mrt 96	1 juni 96	1 juni 96	1 sept 97	1 sept 97	1 sept 97	1 dec 97	1 mrt 98
Gedrag verpakking in de pallet	nvt	1 dec 96	1 mrt 96	1 juni 96	1 sept 96	1 sept 97	1 sept 97	1 sept 97	1 mrt 98	nvt
Thermodynamica/koeling	1 dec 96	1 mrt 96	1 mrt 96	1 sept 96	1 sept 96	1 mrt 98	1 dec 97	1 sept 97	1 mrt 98	1 mrt 98
Ketensimulatie	1 mrt 96	1 mrt 96	1 juni 96	1 sept 96	1 dec 96	1 mrt 98	1 dec 97	1 dec 97	1 juni 98	1 juni 98
Verpakking beschikbaar	1 mrt 96	1 mrt 96	1 juni 96	1 sept 96	1 dec 96	1 mrt 98	1 dec 97	1 dec 97	1 juni 98	1 juni 98

Als de mijlpalen als chronologisch worden uitgeschreven ontstaat de onderstaande lijst met

Start Project (SP) = 1 juni 1995.

- | | |
|--------------------------------|---|
| SP + 3 maanden
(sept 1995) | <ul style="list-style-type: none">- Overzicht van mogelijke MA coatings op karton- Overzicht van gemeten O₂- en CO₂-barrière-eigenschappen voor een range van gecoat massief en golfkarton bij 2 temperaturen (8 en 18°C) en 2 luchtvochtigheden (45 en 95 %).- Identificatie van MA-verpakking voor appel, ui, tomaat, paprika en roos.- Produktie van de eerste serie MA-verpakkingen voor appel ui en roos.- Anti <i>Botrytis</i> verpakkingen gescreend met modelverpakking en kunstbloemen.- Kwantificatie voordelen MA-condities voor paprika. |
| SP + 6 maanden
(dec 1995) | <ul style="list-style-type: none">- Specificatie van gas- en waterdampdoorlaatbaarheden coatings voor karton voor appel, ui, tomaat, paprika, roos- Produktie van de eerste serie MA-verpakkingen voor tomaat en paprika.- Specificatie van de gasbarrière-eigenschappen van verschillende MA-verpakkingconstructies van appel, ui, tomaat en paprika- Kwantificatie van voordeel van anti <i>Botrytis</i> verpakking op kwaliteit- Beschrijving thermodynamisch gedrag van de rozen MA verpakking- Kwantificatie voordelen MA-condities voor ui- Kwantificatie voordelen MA-verpakking voor ui- Gedrag MA ui verpakking in een pallet |
| SP + 9 maanden
(maart 1996) | <ul style="list-style-type: none">- Kwantificatie van fysiologische mogelijkheden om met MA-condities steviger appels in december op de markt te brengen.- Gedrag MA appelverpakking in een pallet- Kwantificatie voordelen MA-verpakking voor appels |

-
- Beschrijving thermodynamisch gedrag van de MA-verpakking voor appel
 - Ketensimulatie met MA-verpakking voor roos afgerond
 - Anti *Botrytis* verpakking voor roos gereed.
 - Beschrijving thermodynamisch gedrag MA ui-verpakking
 - Ketensimulatie ui
 - MA-verpakking voor ui commercieel gereed
- SP + 1 jaar
(juni 1996)
- Selectie en specificatie van de coatings op karton voor lelie
- MA appel ketensimulatie afgerond
- MA-verpakking voor appel commercieel gereed
 - Kwantificatie voordelen MA-verpakking voor tomaat
 - Gedrag van een tomaten verpakking in een pallet
 - Kwantificatie voordelen MA-verpakking voor paprika
- SP + 1,25 jaar
(sept 1996)
- Selectie en specificatie van de coatings op karton voor chrysantenstek
 - Selectie en productie verpakking lelie
 - Beschrijving van het thermodynamische gedrag van de MA verpakking voor tomaat
 - Ketensimulatie tomaat afgerond
 - Gedrag van een paprika verpakking in een pallet
Beschrijving van het thermodynamische gedrag van de MA-verpakking voor paprika
- SP + 1,5 jaar
(dec 1996)
- Selectie en specificatie van de coatings op karton voor broccoli
 - Selectie en productie MA verpakking chrysantenstek
 - Beperkt kennissysteem voor mechanische eigenschappen van een verpakking.
 - MA-verpakking voor tomaat gereed
 - Ketensimulatie paprika afgerond
 - MA-verpakking voor paprika commercieel gereed
 - Kwantificatie MA-voordelen voor chrysantenstek
 - Gedrag MA-verpakking broccoli in een pallet.
-

-
- | | |
|------------------------------|--|
| SP + 1,75 jaar
(mrt 1997) | <ul style="list-style-type: none"> - Kwantificatie van voordelen MA-verpakking voor appels die niet in de CA bewaring zijn geweest. - Selectie en productie verpakking broccoli |
| SP + 2 jaar
(juni 1997) | <ul style="list-style-type: none"> - Kwantificatie voordelen MA-condities voor leliebol - Kwantificatie voordelen MA-condities voor broccoli |
| SP +2,25 jaar
(sept 1997) | <ul style="list-style-type: none"> - Selectie en specificatie van coating op het karton voor banaan - Commerciële MA paprika verpakking gereed. - Kwantificatie voordelen MA chrysantenstek verpakking. - Gedrag van de MA chrysantenstek verpakking in een pallet. - Kwantificatie voordelen MA leliebol verpakking. - Gedrag MA leliebol verpakking in een pallet. - Kwantificatie voordelen broccoli verpakking. - Gedrag MA broccoli verpakking in een pallet. - Beschrijving thermodynamisch gedrag van de broccoli MA verpakking. |
| SP + 2,5 jaar
(dec 1997) | <ul style="list-style-type: none"> - Selectie en specificatie van coating op karton van de MA-verpakking voor chrysant - Selectie en productie van de MA-verpakking voor chrysant - Selectie en productie MA-verpakking voor banaan - Kwantificatie voordelen MA-condities voor banaan - Kwantificatie voordelen MA-verpakking voor banaan |
| SP + 2,75 jaar
(mrt 1998) | <ul style="list-style-type: none"> - Beschrijving thermodynamisch gedrag van de MA chrysantenstek verpakking - Ketensimulatie chrysantenstek afgerond - Chrysantenstek verpakking gereed - Beschrijving thermodynamisch gedrag van de leliebol verpakking - Ketensimulatie leliebol afgerond - Leliebol verpakking beschikbaar |
-

SP +3 jaar
(juni 1998)

- Ketensimulatie broccoli afgerond
- Broccoli verpakking beschikbaar
- Kwantificatie voordelen chrysant in de verpakking
- Beschrijving thermodynamisch gedrag van de chrysanten verpakking
- Gedrag MA banaan verpakking in een pallet
- Beschrijving thermodynamisch gedrag van de bananen verpakking
- Ketensimulatie chrysant
- MA-verpakking voor chrysant gereed
- Ketensimulatie banaan afgerond
- MA-verpakking voor banaan gereed

Literatuur

- [1] Griffin R.C. Jr., (1985), Principles of Packaging development. AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut.
- [2] Paine F.A., (1987), Modern Processing, Packaging and distribution systems for foods. Blackie, Glasgow and Londen, UK.
- [3] Bradly A.L., (1989), Controlled / Modified Atmosphere / Vacuum Packaging of Foods. Foods & Nutrition Press Inc. Trumbull, Connecticut, USA.
- [4] Kader A.A., Zagory D., and Kerbel E.L., (1989), Modified Atmosphere Packaging of fruits and vegetables. Crit. Rev. in Food Sc. and Nutr., Vol 28 No 1 p. 1-113.
- [5] van Hiele T, G.J. Koster, J van Male, E.L. Nules and Váhl L. (1986) Eigenschappen van te bewaren produkten. Hoofdstuk 9 in Handboek voor de koudetechniek P.C. Noordervliet B.V. Zeist Nederland.
- [6] Colelli G. and Kader A.A. (1993) CO₂-enriched atmospheres reduces post-harvest decay under normal and maintain good quality in highly perishable fruits. Proceedings from COST 94. Eds Echer Zerbini P., Woolfe M.L., Bertolini P. Haffner K. Hribar J. Höhn, and Somogyi Z. The post-harvest treatment of fruit and vegetables, Controlled Atmosphere Storage of Fruits and Vegetables Milan, Italy.
- [7] Day B.P.F. and Gorris L.G.M. (1993), Modified Atmosphere Packaging of Fresh Produce on the West-European Market, ZFL No 1/2 p 32-37.
- [8] Van Kooten and Peppelenbos H. (1993) Prediction the potential to form roots on chrysanthemum cuttings during storage in controlled atmospheres. Proceedings from the sixth International Controlled Atmosphere Preseach Conference 1993 p. 610-619.

