

Een gasverpakking voor verse vis

**Eindrapportage en resultaten
onderzoek voor de periode
1 april 2001 - 1 oktober 2001**

Rapportnr. B582 / mei 2002

Vertrouwelijk



Een gasverpakking voor verse vis

Eindrapportage en resultaten van de onderzoeksactiviteiten in de periode 1 april 2001 - 1 oktober 2001

Rapportnr. B582 / mei 2002

Vertrouwelijk

Contact: R. Jaeger

ATO B.V.
Agrotechnological Research Institute
Bornsesteeg 59
P.O. Box 17
6700 AA Wageningen
The Netherlands
Tel: +31.0317.475029
Fax: +31.317.475347

Inhoudsopgave

1. Een gasverpakking voor verse vis	2
2. Doelstelling	2
3. Inhoudelijke resultaten	2
3.1. Concrete technische resultaten van het project	2
3.2. Vergelijking van de resultaten ten opzichte van de oorspronkelijke doelstelling	3
4. Verschillen tussen de uitgevoerde onderzoeks-activiteiten en het oorspronkelijke onderzoeksworkplan.....	3
4.1. Inhoudelijke verschillen	3
5. Evaluatie van de samenwerking	3
5.1. Procedurele verloop van de samenwerking	3
5.2. Inhoudelijke samenwerking	4
6. De technische problemen tijdens het project en hun oplossingen.....	5
6.1. Inventarisatie	5
6.2. Productietechnologische aspecten van de verpakking- ontwikkeling	5
6.3. Kwaliteitsverloop van verse vis in MA transport- verpakkingen	7
6.4. Thermische en mechanische eigenschappen van de verpakking op palletniveau	10
6.5. Functionaliteit en acceptatie van de MA-vis verpakking in de distributieketen	13
7. Resultaten van de onderzoeksactiviteiten in de periode 1 april 2001 – 1 oktober 2001	14
7.1. Kwaliteitsverloop van verse zalmvoten in MA-transportverpakkingen	14
7.1.1. Materialen en Methoden	14
7.1.2. Resultaten	15
7.1.3. Conclusies	16
7.1.4. Aanbevelingen	16
7.1.5. Referenties	16
7.2. Thermische eigenschappen van MA-visverpakkingen op palletniveau: effect van pallethoezen en bevroren gel pads	17
7.2.1. Pallethoezen	17
7.2.2. Gel pads	19
7.2.3. Conclusies	20
8. Stand van zaken met betrekking tot octrooiaanvragen	21

1. Een gasverpakking voor verse vis

Projectleiders:	Dhr. R. Notten (Kappa GSF) Dr. C.R. Jaeger (ATO)
Industriële partners:	Kappa Packaging Hoek Loos Zeehaven IJmuiden Dayseaday Zeevisgroothandel Noordzee Breskens De Visscher Seafood
Startdatum:	1 april 1999
Deelnemende kennisinstellingen:	Instituut voor Agrotechnologisch Onderzoek (ATO) Rijksinstituut voor Visserijonderzoek (RIVO)
Verslag periode:	1 april 1999 – 1 oktober 2001

2. Doelstelling

De doelstelling van dit project is de ontwikkeling van een recyclebare kartonnen gasverpakking voor transport van vis. Diverse deelaspecten zoals verpakkingsontwerp, recycling, bewaarcondities, distributie-omstandigheden, begassing van de verpakking, productietechnologie, milieubelasting, etc. zullen worden onderzocht. Vervolgens wordt de integratie van al deze aspecten in een functioneel verpakkingsconcept gedetailleerd onderzocht en wordt het concept verder uitontwikkeld.

3. Inhoudelijke resultaten

3.1. Concrete technische resultaten van het project

Binnen het project is een recycleerbare en geurvrije gasverpakking voor verse vis ontwikkeld. De verpakking bestaat uit een kartonnen 'tray' met daarin een vacuüm – gevormde multi-laag barrière folie. De barrière folie waarborgt dat beschermende atmosfeer en eventuele geuren de verpakking niet kunnen ontsnappen. De kartonnen tray met folie wordt aan de bovenkant met dezelfde folie als 'topseal' afgesloten. Mogelijkheden voor de technische realisatie van het verpakkingsconcept (vouwen tray, vacuümvormen folie en sealen op een oneven en flexibele sealrand) zijn onderzocht en op pilot schaal geïmplementeerd. Kartonnen tray en folie kunnen eenvoudig worden gescheiden en separaat worden gerecycleerd of afgevoerd. In tegenstelling tot huidig gebruikte transportverpakkingen voor vis gebruikt de nieuwe verpakking geen scherfijs. Dit verpakkingsconcept biedt toekomstige gebruikers duidelijke logistieke voordelen, omdat de geur- en smeltwater problematiek ontvalt en de verpakking (in tegenstelling tot de huidig gebruikte EPS verpakkingen) eenvoudig te recyclen / af te voeren is.

De prestatie van de nieuwe verpakking is op labschaal en in keten trials getest. Deze testen richten zich op

- het kwaliteitsverloop van het product in de verpakking voor verschillende types product (hele vis, gefileerde vis, vette vis, magere vis)
- de temperatuurhuishouding van de verpakkingen op pallet niveau (de temperatuur van het product is cruciaal voor de houdbaarheid)
- vragen rond de implementatie van een nieuw verpakkingsconcept in de keten.

De productproeven toonden aan dat een modified atmosphere verpakking zonder scherfijs ten opzichte van de bestaande standaardverpakking (EPS doos met scherfijs) geen nadelige effect op de houdbaarheid van hele vis heeft, en de houdbaarheid van visfilets duidelijk kan verlengen. De experimenten met betrekking tot de temperatuurhuishouding definieerden de randvoorwaarden voor het veilig gebruik van de verpakking in de keten. Verder is onderzocht in hoeverre pallethoezen en bevroren gel pads het effect van temperatuurmisbruik kunnen beperken. De ketentrials hebben inzicht gegeven in

de acceptatie van de verpakking in de keten en de condities waaronder de verpakking zal worden toegepast.

3.2. Vergelijking van de resultaten ten opzichte van de oorspronkelijke doelstelling

Binnen het project zijn de partners geslaagd de oorspronkelijke centrale doelstelling te halen: de ontwikkeling van een recyclebare kartonnen transportverpakking voor verse vis, die de geurproblematiek van de bestaande verpakkingconcepten voorkomt, geen scherfjes gebruikt, en een beschermende atmosfeer toepast om bederfprocessen van verse vis te remmen.

4. Verschillen tussen de uitgevoerde onderzoeksactiviteiten en het oorspronkelijke onderzoekswerkplan

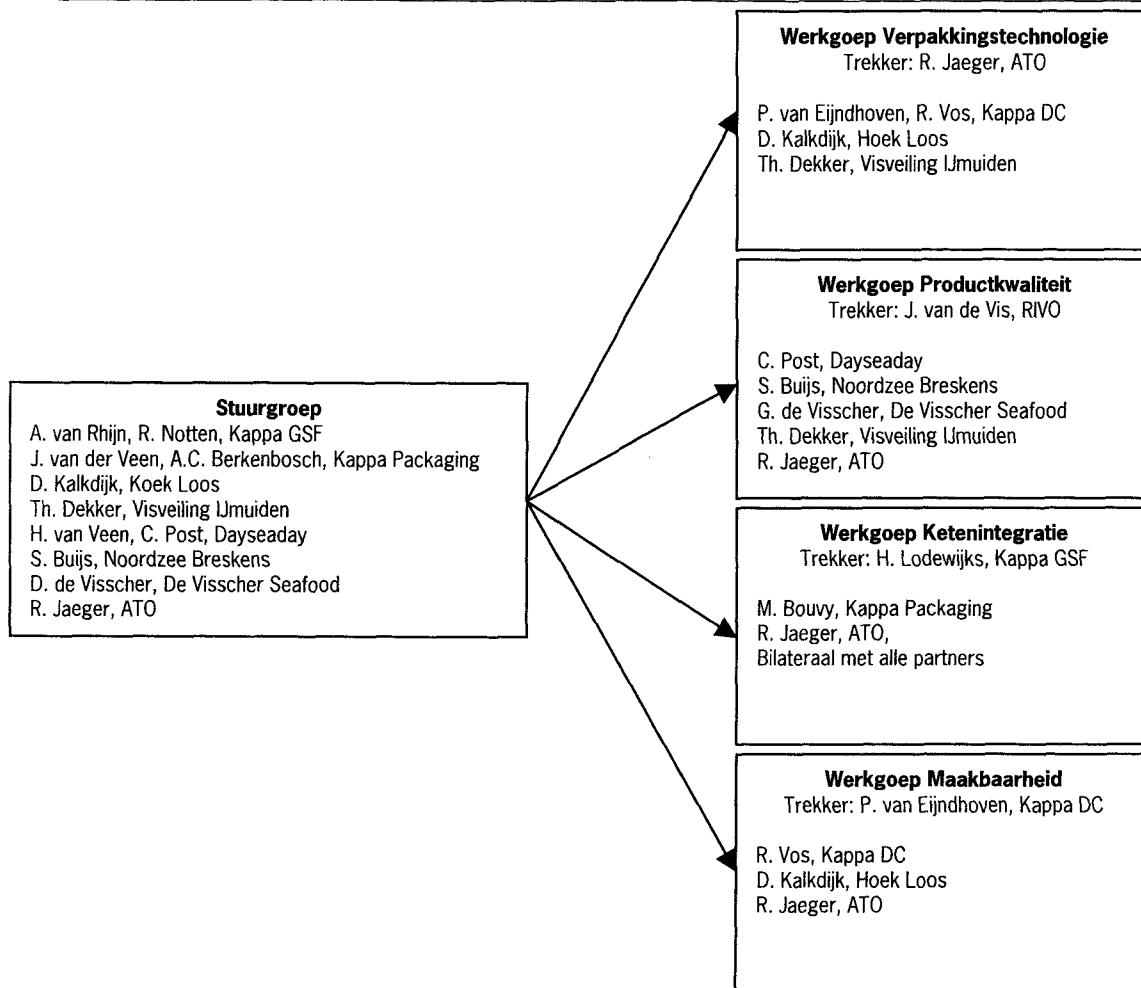
4.1. Inhoudelijke verschillen

Het onderzoekstraject dat tot de ontwikkeling van dit verpakkingconcept heeft geleid, week af van het onderzoekswerkplan in het oorspronkelijke voorstel. De aanpassingen van het onderzoeksprogramma betreffen vooral het gebruik van droog ijs om een beschermende atmosfeer in de verpakking op te bouwen en om de verpakking te koelen. Eerste testen met droog ijs toonden aan, dat het in principe mogelijk is, een CO₂ atmosfeer in de verpakking door middel van droog ijs op te bouwen, en droog ijs als een koude-buffer te gebruiken. Echter is deze oplossing minder robuust en betrouwbaar dan andere mogelijke verpakkingconcepten die ook aan de eisen vanuit de keten voldoen. Deze eisen zijn aan het begin van het project door een keteninventarisatie bepaald. In de beginfase van het project is daarom door de stuurgroep de beslissing genomen een 'bag in box' concept (een gasdichte multi-laag film in en kartonnen tray) te ontwikkelen. De inspanning die oorspronkelijk voor de ontwikkeling en het integreren van een CO₂ afgiftesysteem was begroot, is nu voor het onderzoek naar de technische realisatie van het bag in box concept en de prestatie van dit concept (b.v. thermisch gedrag) gebruikt.

5. Evaluatie van de samenwerking

5.1. Procedurele verloop van de samenwerking

Binnen het project hebben 6 bedrijven en 2 kennisinstellingen aan het onderzoek naar een innovatieve verpakking voor verse vis samengewerkt. Om de samenwerking te structureren zijn een stuurgroep en meerdere werkgroepen gevormd (zie afbeelding 1). De stuurgroep heeft als primaire taak de voortgang van het project te bewaken en heeft formele beslissingbevoegdheid op go / no go momenten. De uitvoering van het project wordt gecoördineerd door vier werkgroepen, bestaande uit de projectleiders en medewerkers van de deelnemende partijen. De aandachtspunten van de vier werkgroepen zijn verpakkingstechnologie, productkwaliteit, ketenintegratie en maakbaarheid. De stuurgroep kwam gemiddeld twee keer per jaar bij elkaar. Binnen een werkgroep verliep een intensieve communicatie via e-mail en telefoon. Bijeenkomsten van de werkgroepen zijn regelmatig georganiseerd; als er behoefte naar een directe uitwisseling van ideeën was, werden aanvullende bijeenkomsten gehouden.



Figuur 1: Organisatieschema van de samenwerking binnen het project.

5.2. Inhoudelijke samenwerking

Verpakkingsonderzoek is per definitie multi – disciplinair: voor het ontwikkelen van een succesvolle nieuwe verpakking is de inbreng van materiaalwetenschappers, product experts, marketing deskundigen, productie technologen en natuurlijk de uiteindelijke gebruikers van de verpakking van uiterst belang. Na afloop van het project is Kappa Packaging bezig met de marktintroductie van de ontwikkelde verpakking: dit toont al aan, dat het project door de uitstekende inhoudelijke samenwerking van de betrokkene partijen (kwalitatief als ook kwantitatief) geslaagd is. Hier volgen enige voorbeelden die de samenwerking binnen het project concreet zullen maken:

- ATO en Kappa hebben met alle partners aan het begin van het project in interviews en brainstorm sessies een duidelijke visie op een innovatieve verpakking voor verse vis ontwikkeld.
- RIVO en de betrokkene partners uit de vis – sector hebben aan de partners op het gebied van de verpakkingstechnologie (Kappa, ATO, Hoek Loos) belangrijke informatie over het kwaliteitsverloop van het product vis gegeven. Wat kan door gasverpakken worden bereikt, welke voordelen kan de branche uit innovatieve verpakkingsconcepten halen?
- RIVO, Noordzee Breskens, Visveiling IJmuiden en Dayseaday Urk hebben in praktijkproeven samengewerkt om het effect van MA op de kwaliteitverloop van het product te onderzoeken. Vooral Noordzee Breskens was een belangrijke partner in het uitvoeren van verpakkingstrials op hun gasverpakkingslijn.
- ATO, Kappa, Dayseaday Urk en Noordzee Breskens hebben aan de thermische eigenschappen van visverpakkingen op palletniveau gewerkt. Experimenten en simulaties zijn bij ATO uitgevoerd, Noordzee Breskens en Dayseaday Urk hebben hun ervaringen op het gebied van temperatuurbereik in de visketen bijgedragen, Kappa en Dayseaday Urk hebben de experimentele trials materieel ondersteund.
- Kappa en Hoek Loos hebben gezamenlijk ideeën ontwikkeld over het toepassen van de gasverpakkingstechnologie voor een kartonnen gasverpakking.

- Kappa heeft in de optimalisatiefase van de verpakking inbreng van alle betrokken partners over de eisen en prestatie van het verpakingsconcept ontvangen.

6. De technische problemen tijdens het project en hun oplossingen

6.1. Inventarisatie

Inventarisatie van de behoefte van de bedrijven

Aan het beginpunt van het project stond een inventarisatie van de wensen aan een innovatieve visverpakking. Volgende punten zijn door de deelnemende bedrijven als belangrijk genoemd:

- Logistiek gemak
 - Oplossing geurproblematiek
 - Vermijden scherfij: geen vervoer van ijs (huidige situatie: circa 30% van het vervoerd gewicht / volume is ijs), geen smeltwater
- Milieu-vriendelijke / recycleerbare oplossing: vervanging voor EPS dozen is gewenst
- Verbeterde productkwaliteit of langere houdbaarheid

Inventarisatie en evaluatie van mogelijke verpakkingsopties

Vervolgens zijn mogelijke vormen van een verpakingsconcept geïnventariseerd:

1. Bag in box
2. Bag around box
3. Plastic base en foil lid
4. Board base and vacuum shaped base and sealing foil lid
5. Gas tight base by means of smart folding and sealing foil
6. Gas tight base by means of edge sealing and sealing foil
7. Gas tight base with gas release system

Wanneer de voorwaarden waaraan de *kartonnen transportverpakking* moet voldoen meegenomen worden, zijn alleen de laatste vier concepten reële opties. Deze oplossingen zijn door Kappa en ATO verkennend onderzocht. Hiervoor zijn experimenten als ook modelberekeningen uitgevoerd (zie voortgangsrapportage 04.99 – 11.99, hoofdstuk 3.4). Dit onderzoek heeft tot de volgende conclusies geleid:

- Een gasdicht puur kartonnen concept (concept 5 en 6) is *niet haalbaar*: absolute drukverschillen die b.v. door CO₂ opname in het product, transporttrillingen of schommelingen van de luchtdruk ontstaan (luchttransport!), leiden tot convectie die tot een ontsnappen van de beschermende atmosfeer leidt.
- Een 'actief concept' (gasdichte doos & CO₂ release system, concept 7) is in principe haalbaar. Dit concept is echter niet flexibel inzetbaar en moeilijk beheersbaar.
- Concept 4 (Board base and vacuum shaped base and sealing foil lid) heeft de voorkeur: de gasdichte flexibele binnenzak waarborgt de beschermende atmosfeer en geurdichtheid, een stevige kartonnen doos waarborgt logistiek gemak en recycleerbaarheid.

Concept 4 wordt naar goedkeuring door de stuurgroep verder ontwikkeld.

6.2. Productietechnologische aspecten van de verpakkingsontwikkeling

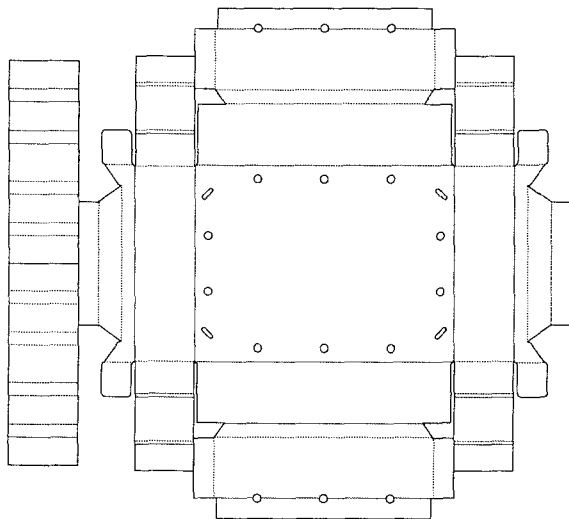
Voor de productie van het verpakingsconcept en het hergebruik van het gebruikte karton moesten de volgende vragen worden beantwoord:

- Onderzoek naar de kartonnen base: kan een kartonnen base worden ontworpen en geproduceerd (stans- en vouwtechniek), zodat
 - de rand van de doos voor het dicht-sealen met een folie even genoeg is,
 - de doos mechanisch stabiel genoeg is voor de belastingen in de visketen
- Onderzoek naar de recycleerbaarheid van met visslijm besmet karton
- Onderzoek naar het vacuümvormen van een film in de kartonnen base
- Onderzoek naar het sealen van de doos

- Kan de doos betrouwbaar worden geseald, ook als de sealrand niet optimaal even is en een beperkte flexibiliteit heeft?
- Onderzoek naar het begassen van de doos

Kartonnen base

In het stanstechnisch onderzoek is een optimale keuze gedaan voor het stansproces (rillijn hoogte en channel breedte), waarbij met de looprichting van het karton rekening gehouden is. Een plano voor de bodem van de kartonnen doos is in figuur 2 weergegeven.



Figuur 2: Plano van de bodem van de kartonnen doos.

Om de plano's te vouwen tot een bruikbare doos, is een ontwerp van een opzet-machine gemaakt, aanbesteed en geassembleerd.

Het ontwerp van de opzetmachine heeft een aantal noviteiten ten opzichte van de reeds bekende systemen:

- Een nieuwe positionering om de heroverstekingen in de doos met een grotere nauwkeurigheid te vouwen.
- Het aanbrengen van de versterking in de lange zijde van de doos.
- Het vouwen van de bovenkant van de doos aan de korte zijde van de verpakking.
- De vereiste nauwkeurigheid.

Recycleerbaarheid van besmet karton

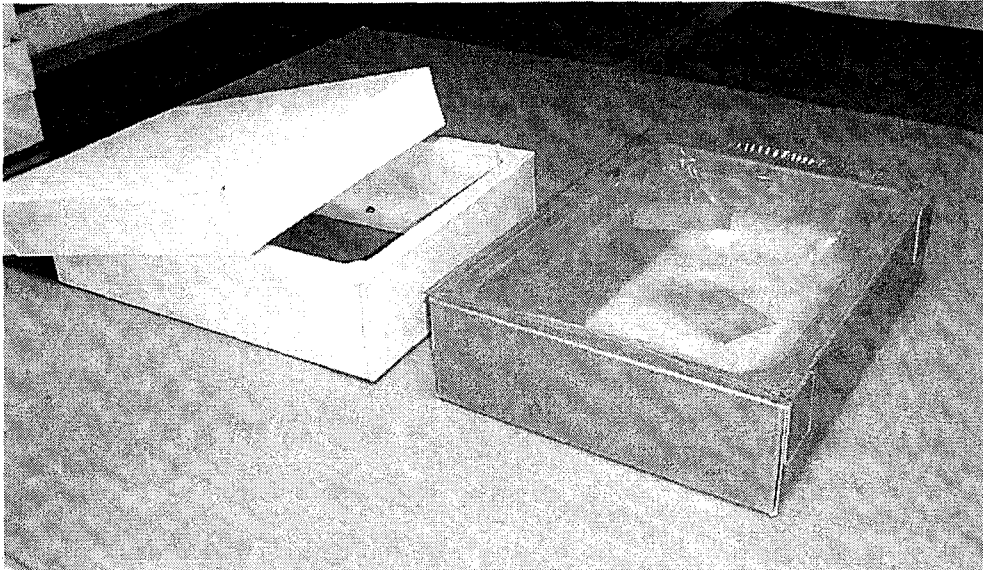
Voor het onderzoeken van het effect van met visslijm besmet karton op het recycleerproces is een 'worst case' scenario aangenomen: met afval van haring besmet karton. Door TNO zijn verschillende aspecten (biologisch, chemisch, geurafwijkingen) onderzocht. Resultaat van het onderzoek was dat met visslijm besmet karton geen problemen voor het recycleerproces veroorzaakt.

Het vacuümvormen van de bodemfolie

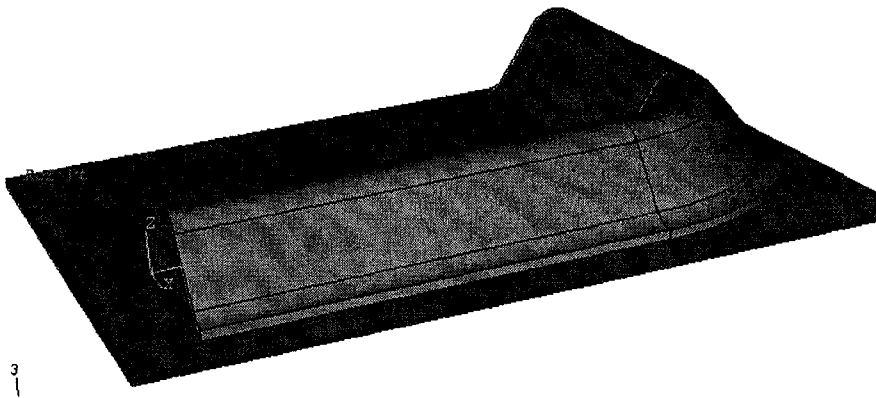
Voor het vacuümvormen van de bodemfolie is een opstelling gebouwd en geoptimaliseerd. De functionaliteit van de opstelling is in de praktijkproeven met de MA-vis verpakking bewezen. Prototypes van de verpakking met vacuümgevormde bodemfolie zijn in figuur 3 weergegeven.

Onderzoek naar het sealen van de doos

Voor het sealen van een top-seal film op een oneven en beperkt flexibele oppervlak (zoals de rand van de kartonnen tray) was het nodig een nieuwe sealtechniek te ontwikkelen. Deze techniek gebruikt een flexibele sealraam (zie figuur 4). De lage druk en hoge flexibiliteit van het aandrukmedium zijn uiterst belangrijk voor het vormen van een betrouwbare seal. Tijdens het project zijn verschillende proefopstellingen voor het dichtsealen van de doos ontwikkeld, verbeterd en opgeschaald, zo dat op dit moment de gewenste techniek beschikbaar is. De betrouwbaarheid van het seal is in meerdere verpakkingstrials getest en bewezen.



Figuur 3: Prototypes van de MA-vis verpakking met bodemfolie en topseal (verpakking rechts).



Figuur 4: Een 3-d schets van de rubberen ondersteuning van de flexibele sealraam.

Begassen van de doos

Vacuïmvormen van de bodemfolie, begassen van de doos en sealen van de doos moeten worden geïntegreerd in een gasverpakkingsslijn. Op dit moment zijn onderhandelingen met machineleveranciers gaande om de binnen het project opgedane kennis in een verpakkingmachine te integreren.

6.3. Kwaliteitsverloop van verse vis in MA transportverpakkingen

Het verpakken onder beschermende atmosfeer wordt op dit moment voor vis vooral in consumentenverpakkingen toegepast, waar het product in het algemeen individueel wordt verpakt. Bulkverpakkingen van vis onder beschermende atmosfeer (en zonder scherfijns) zijn een innovatie. Verder was weinig bekend over het effect van MA op de houdbaarheid van verse hele vis. Om de haalbaarheid van MA-bulkverpakkingen aan te tonen moesten meerdere vragen worden beantwoord:

- Droogt het product in een verpakking zonder scherfijns uit?
- Wat is het effect van MA op de houdbaarheid van hele vis?
- Wat is het effect van MA in een bulkverpakking van visfilets?
- Hoe presteert een beschermende atmosfeer als meerdere lagen verse vis op elkaar plakken? Bereikt de beschermende atmosfeer ook het centrum van de 'bulk'? Leidt het op elkaar plakken van vis tot sneller bederf door bacteriëngroei? Wat is de visuele indruk van het product na het openen van de verpakking?
- Wat is het effect van sub-optimale temperaturen op de houdbaarheid van de vis en de robuustheid van het verpakkingconcept?

- Heeft de volumeverhouding headspace / product effect op het kwaliteitsverloop? (M.a.w.: kan een verpakking helemaal worden gevuld zonder het effect van de beschermende atmosfeer de verliezen?)

Deze vragen zijn in meerdere verpakkingstrials getest. Als producten zijn

- Hele schol (mager, heel)
- Scholfilets en kabeljauwfilets (mager, verwerkt)
- Zalmnoten (vet, verwerkt)

gekozen.

Hele vis is volgens de KIM methode (Kwaliteitsindex methode) beoordeeld, visfilets werden door een getraind panel beoordeeld.

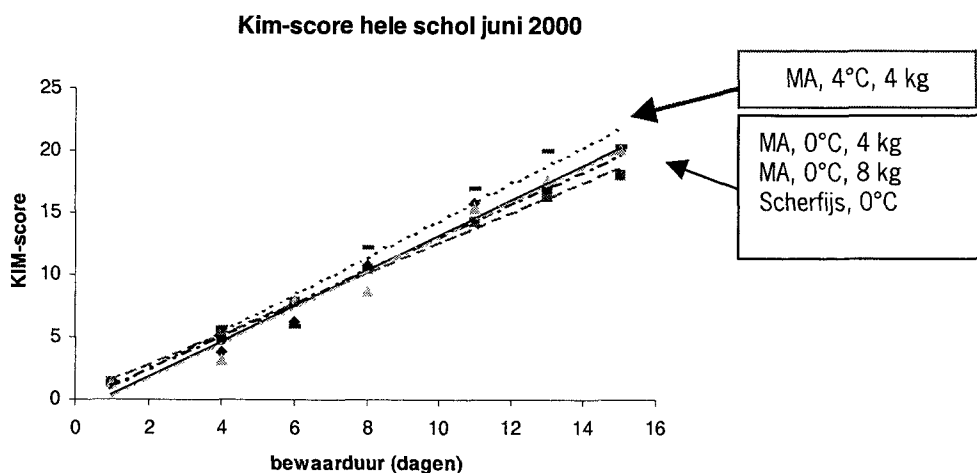
KIM is gebaseerd op significante veranderingen van een aantal sensorische kenmerken (attributen). Deze kenmerken worden vervolgens ingedeeld in een scoresysteem dat loopt van nul tot, in de meeste gevallen, drie indexpunten (Bremner, 1985). De te beoordelen elementen van de schol zijn: uiterlijk en slijm van de huid, de vorm en helderheid van de ogen, de geur, kleur en slijm van de kieuwen en de stripsnede. Nadat de vis op de attributen is beoordeeld, wordt per beoordeelde vis het totaal aantal indexpunten (som van het aantal indexpunten van de attributen per vis) vastgesteld.

Er bestaat een lineair verband tussen het totaal aantal indexpunten en de opslagtijd van de vis in ijs. Tevens krijgt men een indruk van de spreiding van het totaal aantal indexpunten tussen de vissen onderling die gedurende een zelfde periode zijn bewaard. KIM geeft geen waardeoordeel en daarom geen acceptatiegrens. De acceptatiegrens kan worden bepaald door na de beoordeling m.b.v. KIM de vis te fileren en vervolgens het rauwe en gekookte vlees voor te leggen aan het panel. Het is bekend dat de schol direct na de vangst 12 tot 14 dagen houdbaar is bij opslag in scherfijs. Met behulp van deze acceptatiegrens kan met KIM wel een voorspelling worden gedaan over de resterende houdbaarheid in ijs.

KIM is geschikt om verschillen in het kwaliteitsprofiel van rauwe vis te bepalen (Luten en Van de Vis, 1999).

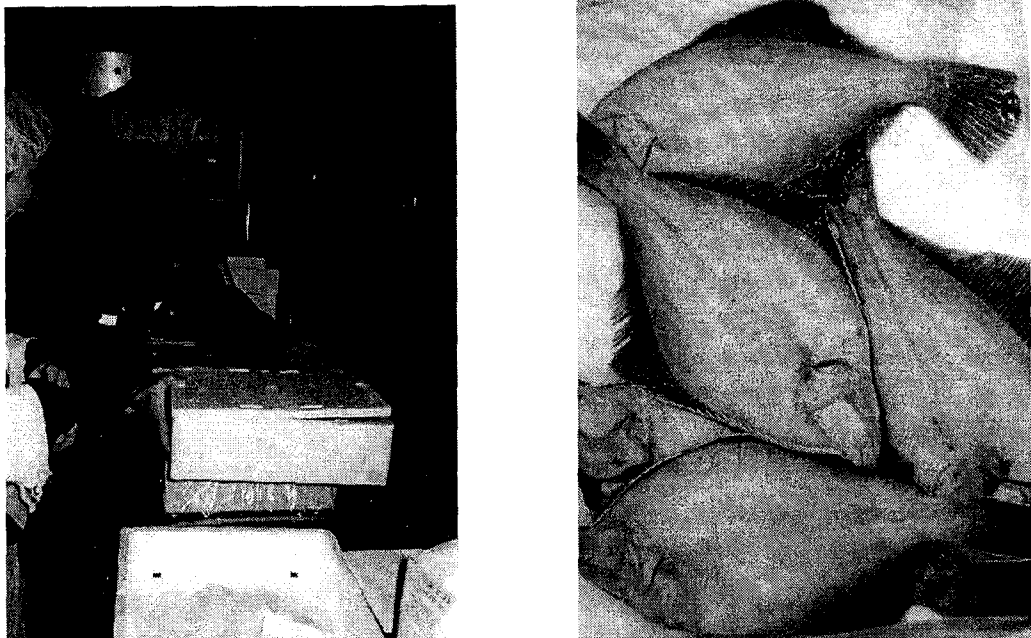
Resultaten van de verpakkingstrials voor hele schol

Het verpakken van hele schol onder beschermende atmosfeer heeft vergeleken met het verpakken van hele schol op scherfijs geen nadelige effect op de houdbaarheid (zie figuur 5,6).



Figuur 5: KIM scores van hele schol verpakt onder 60% CO₂ en 1-2 % O₂.

Het kwaliteitsverloop van hele schol verpakt onder 60% CO₂ en 1-2 % O₂ (volle doos (8kg) als ook doos met 4kg) verschilt niet significant met hele schol bewaard op scherfijs. Kortdurend temperatuurmisbruik (24h bij 4°C) heeft geen aantoonbare invloed op het kwaliteitsverloop. Langdurend temperatuurmisbruik (hele opslagperiode bij 4°C) heeft wel invloed op het kwaliteitverloop: de houdbaarheid van de hele schol wordt om 2-3 dagen verkort. MA-verpakken heeft nauwelijks een invloed op de visuele indruk van scholfilets.



Figuur 6: Eerste verpakkingstrials bij Noordzee Breskens.

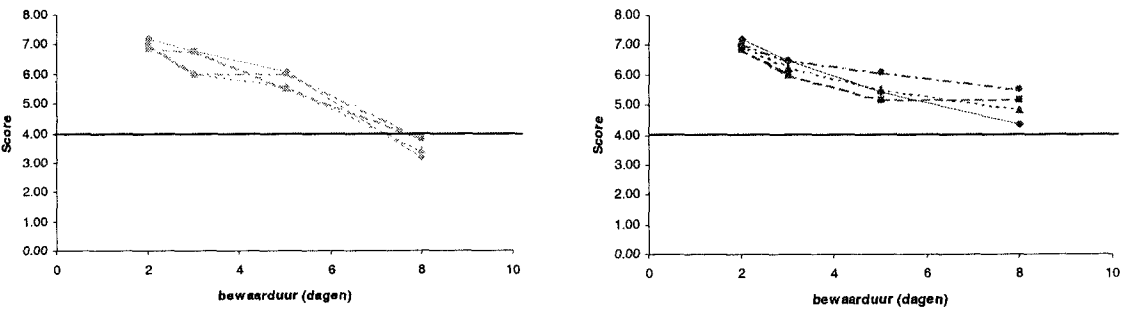
Het verloop van de gascondities in de beginfase van de opslag is door ATO gemeten. In deze metingen wordt wel zichtbaar dat een grotere hoeveelheid product in de verpakking tot een sterkere afname van de CO₂ concentratie door absorptie leidt. De lagere CO₂ concentraties leiden echter niet tot een snellere kwaliteitsachteruitgang van het product.

Verpakkingstrials met magere visfilet

MA heeft wel een duidelijke effect op de houdbaarheid van gefileerde vis. De houdbaarheid wordt ten opzichte van bewaring op scherfijs met 1-2 dagen verlengd (zie tabel 1 en figuur 7).

Conditie's	Verpakking	Houdbaarheid
Ca. 4kg in een doos		
1 dag 4°C, rest 0°C	MA	8 – 9 dagen
1 dag 4°C, rest 0°C	Lucht	6 – 7 dagen
0°C	Op scherfijs	7 dagen
Ca. 8kg in een doos (vol)		
1 dag 4°C, rest 0°C	MA	8 dagen

Tabel 1: Houdbaarheid van scholfilets



Figuur 7: Sensorische beoordeling van scholfilets (links: scholfilet op scherfijs, rechts: scholfilet (4kg per verpakking) onder MA). Rode lijn: acceptatiegrens.

Voor verwerkte vis wordt de toegevoegde waarde van een 'beschermende atmosfeer' duidelijk: tijdens het fileren komen aan de oppervlak van de filets bacteriën terecht; de groei van deze bacteriën wordt

geremd door een verhoogde CO₂ concentratie. De verpakkingseenheden van filet bevatten veel vocht. Het is daarom raadzaam om absorbers in de verpakkingseenheden te plaatsen.

6.4. Thermische en mechanische eigenschappen van de verpakking op palletniveau

Om de productkwaliteit van verse vis te waarborgen is naast het toepassen van een beschermende atmosfeer ook de strikte controle van de bewaartemperatuur (met andere woorden: een gesloten koelketen) nodig. Verpakkingen worden niet 'individueel' vervoerd, maar in palletstapelings getransporteerd. Belangrijk voor de praktijk is dus in eerste instantie het thermische gedrag van een hele palletstapeling van dozen.

Om inzicht in het thermische gedrag van palletstapelings te verkrijgen, werd de volgende aanpak gebruikt:

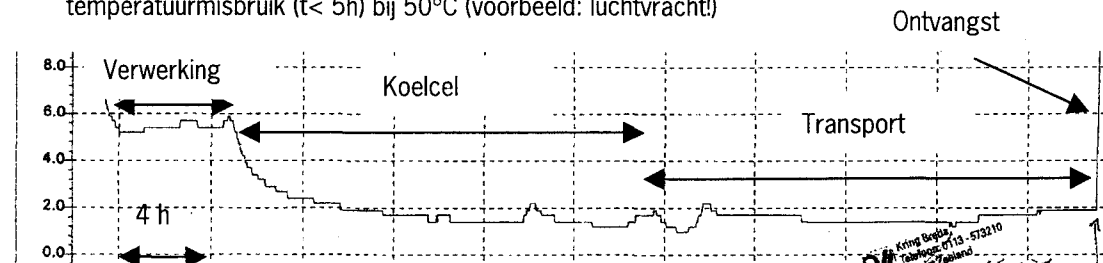
1. Een inventarisatie van de temperatuur in de keten;
2. Het meten van de verloop van de temperatuur in een palletstapeling tijdens een temperatuursprong experiment;
3. Het simuleren van het thermische gedrag door middel van een 'Lattice Boltzmann' model voor bepaalde temperatuurmisbruik scenario's.

Experimenten en simulaties nemen ook verschillende maatregelen mee die kunnen worden toegepast om het opwarmen van een pallet te beperken (b.v. beschermende pallethoezen, bevroren gel pads, etc.)

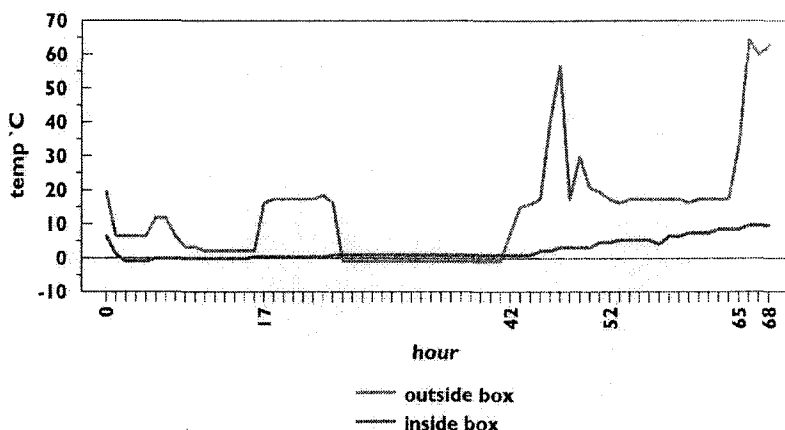
Inventarisatie van temperatuurmisbruik in de keten

In samenwerking met de bedrijven zijn metingen van het temperatuurverloop in de keten geanalyseerd (zie figuur 8). Volgende typische scenario's werden bedacht:

- Goed beheerste keten: basistemperatuur: 0°C < T < 4°C, kortdurend temperatuurmisbruik (t < 2h) bij 8°C
- 'Standaard'-keten: basistemperatuur: 2°C < T < 6°C, kortdurend temperatuurmisbruik (t < 4h) bij 10°C
- Temperatuurmisbruikketen: basistemperatuur: T < 6°C, of kortdurend extreem temperatuurmisbruik (t < 5h) bij 50°C (voorbeeld: luchtvracht!)



Figuur 8: Temperatuurverloop in de keten



Figuur 9: Temperatuurverloop in de keten tijdens transport van verse zalm van Noorwegen naar Singapore (luchtvracht).

Omdat de nieuwe verpakking geen scherfijls bevat, stelt de verpakking hogere eisen aan de koelketen dan de bestaande oplossing (EPS doos met scherfijls), en is niet voor iedere keten geschikt. In eerste instantie richten we ons op goed beheerste en 'standaard' ketens. De verpakking is niet geschikt voor ketens, waar een duidelijke temperatuurmisbruik te verwachten is (zie figuur 9).

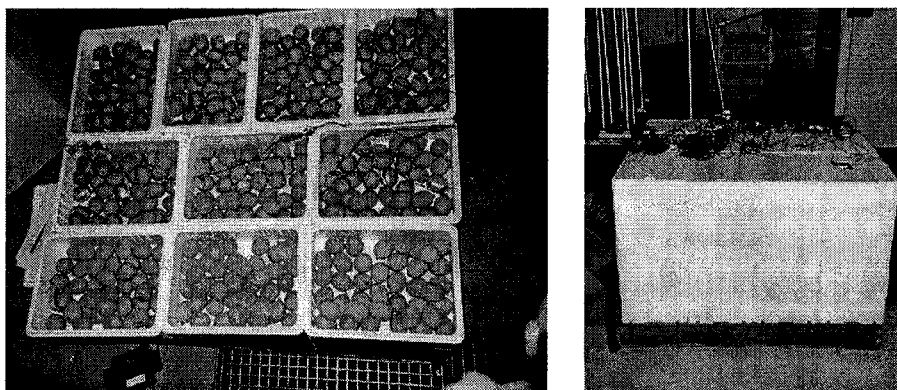
Experimentele metingen thermisch gedrag palletstapelings

Om het opwarmgedrag van hele pallets te karakteriseren (warmte geleidingscoëfficiënt, warmte overdrachtscoëfficiënt, en soortelijke warmte), zijn verschillende varianten van temperatuursprong experimenten uitgevoerd

1. Standaard EPS dozen met deksel
2. Prototypes Kappa MA-vis dozen met / zonder deksel
3. Prototypes MA-vis dozen zonder deksel, pallet beschermt door pallethoes (aluminium met kunststof – schuim)
4. Prototypes MA-vis dozen zonder deksel, pallet beschermt door pallethoes (drielaags golfkarton)
5. Prototypes MA-vis dozen zonder deksel, met bevroren gel pads

De verpakkingen zijn doorgans met een 'simulatieproduct' gevuld (kunstcitroenen gevuld met water), dat de thermische eigenschappen van verse vis simuleert.

Vijf lagen van de verpakkingen zijn gestapeld op en 1.20m × 1.00m houten pallet (zie figuur 10). Op enkele typerende locaties in de pallet zijn temperatuursensoren bevestigd.



Figuur 10: Experimentele opzet van de temperatuursprong experimenten.

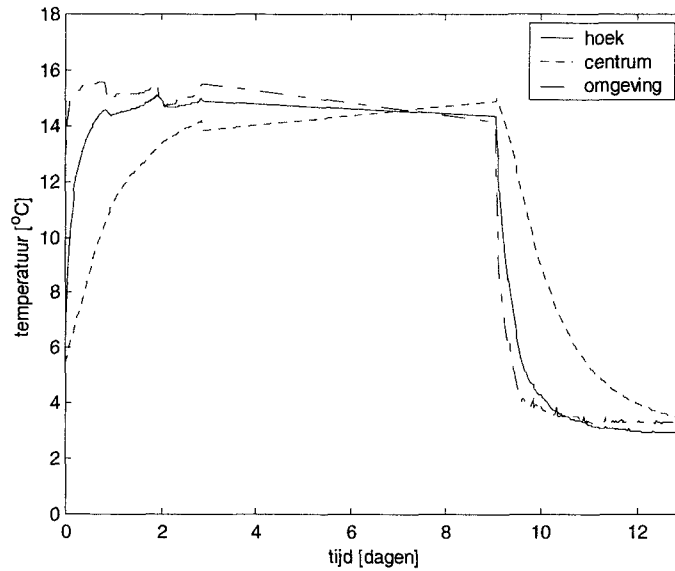
In figuur 11 zijn de gemiddelde hoek- (het gemiddelde van de 8 hoekdozen) en centrumtemperatuur (het gemiddelde van de 5 sensoren in de centrale doos) tijdens een temperatuur sprong 5°C → 14°C → 5°C weergegeven. In figuur 12 is een vergelijkbaar experiment gedaan voor een pallet EPS dozen. De experimenten geven duidelijk aan, dat de kartonnen dozen minder bescherming tegen temperatuurschommelingen van de omgeving bieden als de standaard EPS verpakking. Het centrum van een pallet EPS dozen heeft 5 dagen nodig, om bij een temperatuursprong van 2°C naar 12 °C om 5 °C op te warmen (zie figuur 12), in de kartonnen bag in box verpakking neemt de temperatuur bij een vergelijkbaar temperatuursprong binnen een dag met 5°C toe.

Gel pads en beschermende pallethoes zijn een mogelijkheid om de prestatie van MA-vis verpakkingen onder temperatuurmisbruikcondities te verbeteren. Verkennende experimenten met gel pads op doos niveau toonden aan, dat gel pads de temperatuur in MA-vis dozen voor een beperkte tijd stabiel kunnen houden. Uitgebreide experimenten op pallet niveau met pallethoes en gel pads zijn in de laatste fase van het project uitgevoerd; deze resultaten zijn separaat in dit verslag gerapporteerd.

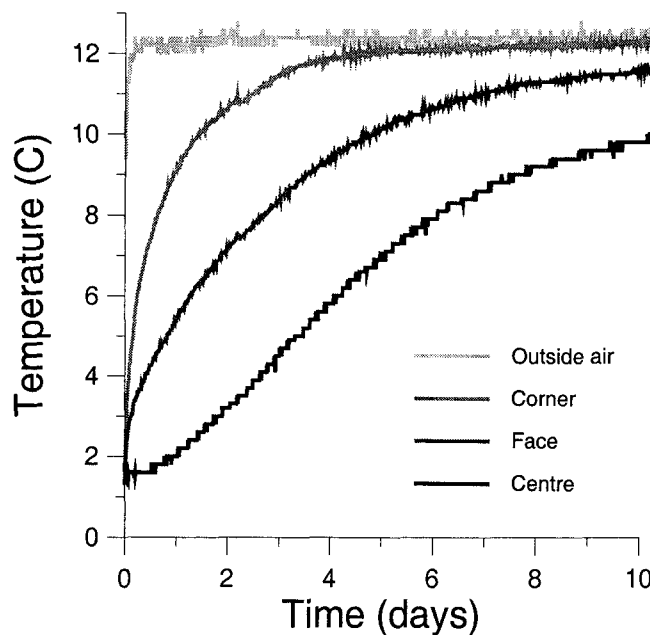
Modelgebaseerde analyse van de temperatuursprong experimenten op palletniveau

Het model gaat uit van de hypothese dat de opwarming van de pallet grofweg met een warmte - geleidingsmodel beschreven kan worden. Verdere veronderstellingen zijn dat de pallet met product zich redelijk als een homogeen materiaal gedraagt, i.e. het heeft een uniform verdeelde warmte - geleidingscoëfficiënt en soortelijke warmte. Een dergelijk model wordt wiskundig beschreven met de volgende formule:

$$\rho c_p \partial_t T(x) = \lambda \nabla^2 T(x) \quad (1)$$



Figuur 11: Temperatuurverloop tijdens een temperatuursprong in een pallet met prototypes zonder deksel.



Figuur 12: Ter vergelijking: temperatuurverloop tijdens een T-sprong experiment in een pallet EPS dozen.

met de randvoorwaarde aan de buitenkant van de pallet ($x=x_{\text{wall}}$):

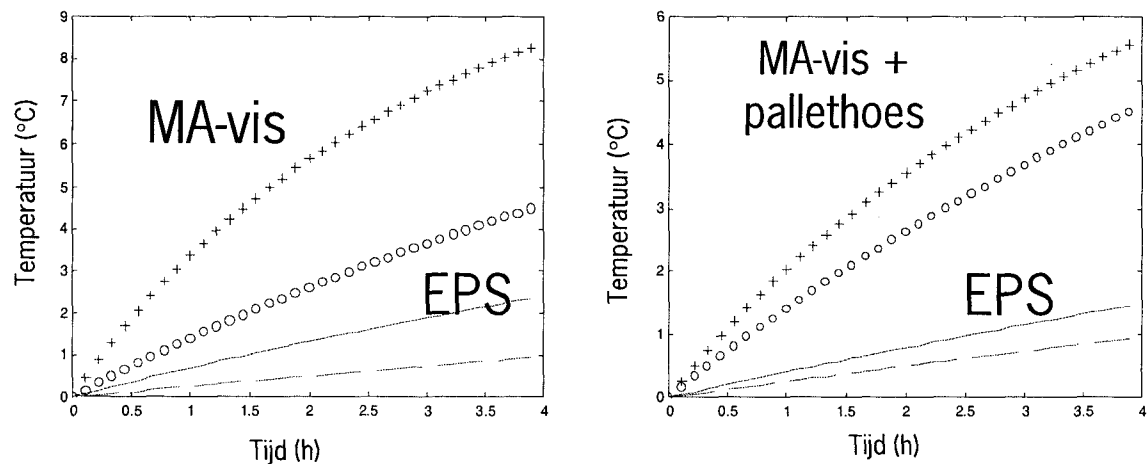
$$-\lambda \partial_n T(x_{\text{wall}}) = h [T(x_{\text{wall}}) - T_0] \quad (2)$$

Hier is T de temperatuur, ρ is de effectieve soortelijke massa (gewicht belading / volume pallet), c_p is de soortelijke warmte (gelijk genomen aan die van water), λ de effectieve warmte - geleidingscoëfficiënt, T_0 de buitentemperatuur, en h de warmte overdrachtscoëfficiënt van de luchtlaag rondom de pallet. De warmte geleidingscoëfficiënt van de luchtlaag is afhankelijk van de snelheid (v) van de omstromende lucht:

$$h = 6 + 4 v \quad (3)$$

De voor dit model nodige parameters voor een specifiek type pallet werden bepaald vanuit de temperatuursprong-experimenten. Door middel van model en parameters kunnen vervolgens verschillende scenario's worden berekend en geëvalueerd:

- Hoe is het opwarmgedrag van verschillende kritische punten in een palletstapeling voor bepaalde temperatuurmisbruik scenario's?
- Wat is het effect van een verminderde warmte overdrachtscoëfficiënt (m.a.w.: een beschermende pallethoes) op het opwarmgedrag?
- Welke percentage van verse vis komt voor een bepaald temperatuurmisbruikscenario boven een kritische temperatuur te liggen (als kritische temperatuur wordt 4°C gekozen)?



Figuur 13: Verloop van temperatuur in hoekpunt (polystyreendoos = 'o', en kartonnen '+' en gemiddelde temperatuur (getrokken lijn = polystyreendoos, gestippelde lijn = kartonnen doos), tijdens opwarming van 0°C naar 15°C (links: pallet zonder pallethoes, rechts: pallet van MA-vis dozen met pallethoes). Let op de verschillende schaal van de Y-assen in de twee grafieken.

Het model toont aan dat de kartonnen doos duidelijk slechter presteert dan de polystyreen doos. De prestatie valt te verbeteren door het aan brengen van een kartonnen pallethoes, wat ook enige thermische isolatie heeft. In de verpakkingindustrie zijn hoezen van ca. 16mm goed verkrijgbaar, met een warmte overdrachtscoëfficiënt van $h=3\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Het aanbrengen van de pallethoes (met additionele warmte-isolatie onder en boven de pallet, bijv. een polystyreen plaat) geeft een nieuwe effectieve warmte overdrachtscoëfficiënt van $h_{\text{eff}} = 1.5\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, wat te gebruiken is in het gemodificeerd model. De prestatie van beide pallets zijn weergegeven in figuur 13. Een pallet van MA-vis dozen met pallet hoës benadert de prestatie van de polystyreendoos al behoorlijk. Het percentage vis boven het kritieke punt tijdens een logistiek scenario met basistemperatuur 0°C en temperatuurmisbruik bij 15°C gedurende 2 of 4 uur, is weergegeven in tabel 2.

% Te warme vis	2 uur 15°C	4 uur 15°C
Kartonnen doos	2%	22%
Kartonnen doos met pallethoes	0%	8%
Polystyreen doos	0%	0.5%

Tabel 2: Percentage vis in een pallet tijdens opwarming van 0°C naar 15°C.

6.5. Functionaliteit en acceptatie van de MA-vis verpakking in de distributieketen

Om na te gaan hoe de MA-vis verpakking in de keten presteert zijn ketentrials met kabeljauwfilets uitgevoerd. Sensorische kwaliteit van het product, gassamenstelling in de verpakking, en acceptatie van de nieuwe verpakking in de keten zijn in deze trials onderzocht. De trials waarin Noordzee Breskens, RIVO en een retailer (Konmar) hebben deelgenomen, hebben de volgende resultaten opgeleverd:

- Een geurvrije en ijsvrije verpakking beidt ten opzichte van bestaande oplossingen duidelijke logistieke voordelen: gemengd vervoer is mogelijk.

- De pallets kunnen efficiënter worden gebruikt, de beladingsgraad is verbeterd.
- De verpakking is eenvoudig af te voeren.
- De verpakking leidt tot een betere kwaliteit en veiligheid van het product.

Verder wijzen de resultaten erop dat de kwaliteit van het uitgangsmateriaal erg belangrijk is. In het geval van een matig tot slecht uitgangsmateriaal wordt er geen houdbaarheidsverlenging verkregen als gevolg van gasverpakken. Vergelijkbare resultaten zijn in het verleden door RIVO met verpakkingsproeven met scholfilets gehaald: Testen in 1984 met gasverpakte scholfilets van matige ingangskwaliteit leverden geen toegevoegde waarde van gasverpakken op.

De acceptatie van de MA-verpakking bij de verschillende schakels in de distributie keten was positief. De voordelen van de MA-verpakking zijn door de mogelijke afnemers herkend. Één van de voordelen is de hoger beladingsgraad (120% toename) van de MA-dozen t.o.v. de EPS-dozen. Daardoor neemt het bewaar- en transportrendement toe.

7. Resultaten van de onderzoeksactiviteiten in de periode 1 april 2001 – 1 oktober 2001

7.1. Kwaliteitsverloop van verse zalmmoten in MA-transportverpakkingen

7.1.1. Materialen en Methoden

Materialen

De volgende materialen werden gebruikt:

- Rauwe zalm (*Salmo salar*) werd tot moten versneden en verpakt in plastic folie in scherfijs door het bedrijf Noordzee B.V. te Breskens één dag voor de start van het experiment
- Per verpakkingseenheid ca. 3 kg (doos normaal gevuld) tot 8 kg (doos vol) zalmmoten
- Kartonnen dozen (type Quama geleverd door Kappa Development Center) afmetingen van de verpakking: 40 x 30 x 15 cm, omgeven door een gasdichte folie PE/PA (Walkiflex, NI.)
- De verpakking werd vacuüm getrokken en begast met een dieptrekker (Reepak, Emmes, NI.(custom made)) bij Zeevisgroothandel Noordzee B.V.
- Gasanalysator (Servomex, 1450 Food Package Analyser) voor MA verpakkingseenheden.

Methoden

Varianten

Het gasverpakken van de zalmmoten in de kartonnen doos, omgeven door een folie werd uitgevoerd bij Zeevisgroothandel Noordzee B.V. De verpakkingseenheid werd begast met een mengsel van koolzuurgas, stikstof en zuurstof tot een druk van 680 mBar nadat deze was gevacumeerd tot 20 mBar. De varianten, met uitzondering van de controle (scherfijs), werden 24 uur bij 4 °C bewaard en de rest van de opslagperiode bij 0 °C. De opslag bij 4 °C werd uitgevoerd om na te gaan wat de invloed kan zijn van temperatuurmisbruik op het kwaliteitsverloop van de zalmmoten, vergeleken met de controle.

Vier varianten werden verpakt: A zalmmoten gasverpakt (ca. 3 kg per verpakkingseenheid), B zalmmoten gasverpakt (ca. 8 kg per verpakkingseenheid), C zalmmoten onder lucht (ca. 4 kg per verpakkingseenheid), D de controle: zalmmoten omgeven met plastic folie in scherfijs.

De gassamenstelling voor MA was ingesteld op een gasmengsel van 60% koolzuur en 40% stikstof. Deze gassamenstelling is gebaseerd op de aanbevelingen van Regenstein and Regenstein en Torry Research Station (Fey and Regenstein, 1982).

Na het verpakken werden de zalmmoten in een kartonnen doos van ca. 1 x 1 x 1 m geplaatst waarin een grote plastic zak aanwezig was. De dozen werden omgeven door scherfijs om te voorkomen dat de temperatuur tijdens het transport van Breskens naar IJmuiden te hoog zou oplopen.

Sensorische beoordeling

Na aankomst op het RIVO werden de zalmmoten ter beoordeling voorgelegd aan een getraind panel, bestaande uit 4-7 personen van het RIVO. Met behulp van een negenpuntswaarderingsschema, dat gebaseerd is op het Torry schema (Shewan *et al.*, 1953), beoordeelden de panelleden de rauwe moten op geur en de gekookte op geur, smaak en textuur. Mogelijke bijzonderheden die werden geconstateerd tijdens de beoordeling werden ook vastgelegd.

Gassamenstelling

De gassamenstelling in de verpakking met zalmmoten werd, gedurende het aantal dagen dat de test duurde, gemeten met een CO₂-O₂ gasanalysator. Op iedere testdag werd van ieder van de drie varianten de gassamenstelling van één verpakkingseenheid gemeten. De gassamenstelling in de verpakking met de moten werd gemeten op de dag van aankomst van de monsters op het RIVO en de volgende dag.

Statistiek

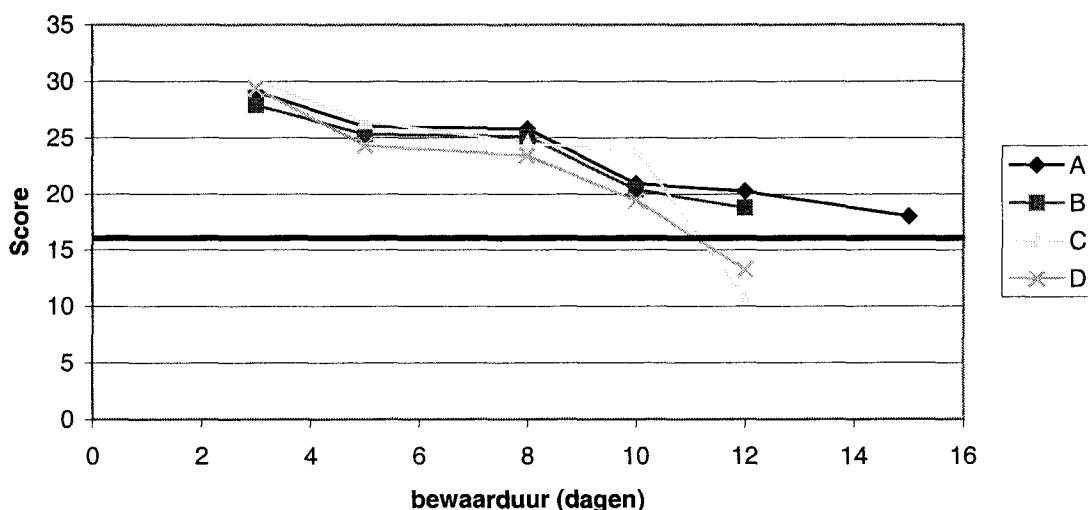
De resultaten van de sensorische analyse werd verwerkt met behulp van variantieanalyse (ANOVA), waardoor een uitspraak gedaan kon worden over de significantie ($p < 0,05$) van verschillen tussen de varianten. Single Factor Anova werd gebruikt voor het verwerken van de gegevens van de sensorische beoordeling

7.1.2. Resultaten

Sensorische kwaliteit

In figuur 1 is het verloop van de sensorische kwaliteit van de vier varianten weergegeven. De scores voor de geur van de rauwe, en de geur, smaak en textuur van het gekookte moten zijn bij elkaar opgeteld. Voor ieder afzonderlijk attribuut ligt de afkeuringsgrens bij 4. Omdat de scores zijn opgeteld, ligt de grens nu bij 16.

Het bleek dat er een significant verschil was tussen de gasverpakte zalmmoten (varianten A en B) aan de ene kant en de moten verpakt in lucht en scherfijs (respectievelijk varianten C en D). De houdbaarheid van varianten C en D bedroeg 11 dagen. De houdbaarheid van A en B bleek beduidend langer te zijn dan 14 dagen. Dit verschil werd geconstateerd ondanks een temperatuurmisbruik (24 uur opslag bij 4 °C) van de MA verpakte moten. Bij de moten verpakt in scherfijs (de controle) werd de temperatuur van smeltend ijs gedurende het gehele opslagexperiment gehandhaafd. Er kon geen verschil worden waargenomen tussen volle (8 kg) en normaal gevulde MA verpakkingen (3 kg).

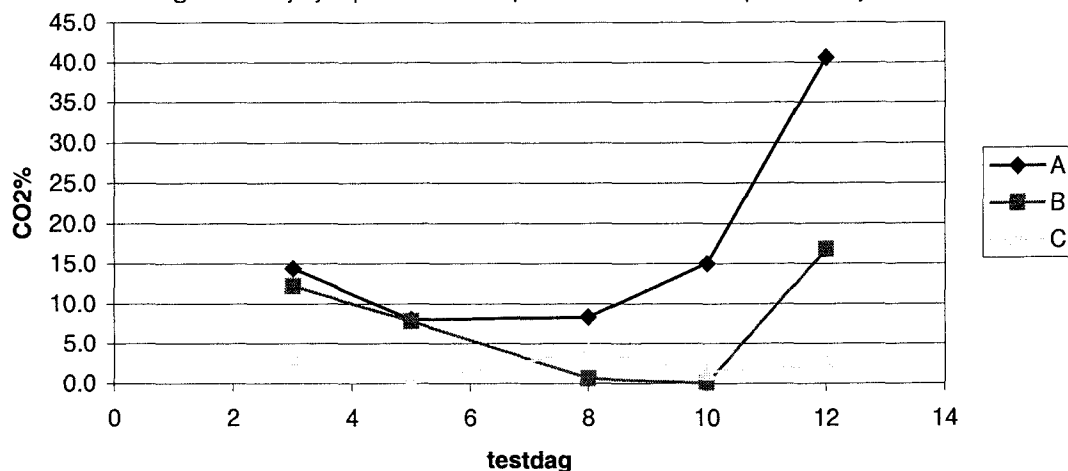


Figuur 14: Sensorische beoordeling zalmmoten

A= MA 3 kg per doos C= met lucht gevuld en 3 kg per doos
 B= MA 8 kg per doos D= controle (zalm in plastic folie in ijs)

Gassamenstelling

De gassamenstelling verschilde sterk van de ingestelde waarden (60% CO₂ en 40% N₂). De reden is dat er tijdens de uitvoering waarschijnlijk sprake was van problemen met de dieptrekker bij Noordzee B.V.



Figuur 15: Verloop gehalte koolzuurgas voor de drie verpakingsvarianten

A= MA 3 kg per doos

B= MA 8 kg per doos

C= met lucht gevuld en 3 kg per doos

7.1.3. Conclusies

Sensorische beoordeling

De houdbaarheid van zalmnoten kan significant worden verlengd, mits het uitgangsmateriaal zo vers mogelijk is. Opmerkelijk is dat deze resultaten zijn verkregen met een suboptimale gassamenstelling.

Gassamenstelling

De verpakkingseenheid is voldoende gasdicht.

7.1.4. Aanbevelingen

Bovenstaande experimenten zijn onder laboratoriumomstandigheden uitgevoerd. De experimenten laten zien dat het gasverpakken van rauwe zalmnoten in bulk mogelijk is.

Voor de praktijk is het van belang om uitgebreide ketenexperimenten op te zetten om na te gaan hoe de verpakkingseenheden zich onder die omstandigheden houden en wat de mogelijke effecten zijn op de kwaliteit van het product.

7.1.5. Referenties

Fey, M.S. and Regenstein, J.M. (1982) Extending the shelf-life of fresh rade hake and salmon using CO₂-O₂ modified atmospheres and potassium sorbate ice at 1 °C. *J. Food. Sci.*, **47**, 1048-1054.

Regenstein, J.M. and Regenstein, C.E.: Introduction to fish technology. Van Nostrand Reinhold, New York, USA, 1991, pp. 79-84.

Shewan, J.M. Macintosh, G., Tucker, C.G. and Ehrenberg, A.S.C. (1953). *J. Sci. Food. Agric.*, **4**, 283-297.

7.2. Thermische eigenschappen van MA-visverpakkingen op palletniveau: effect van pallethoezen en bevroren gel pads

Uit eerdere rapportage, zie onder meer sectie 6.4 in dit rapport, is gebleken dat de ontwikkelde verpakking achterblijft in isolatiecapaciteit ten opzichte van de EPS doos. Dit leidt tot problemen bij temperatuurmisbruik in de keten. Er is gekeken naar twee mogelijke oplossingen van dit probleem, te weten het gebruik van pallethoezen en het gebruik van gel pads.

Met behulp van simulaties van een palletstapel MA-vis dozen wordt inzicht gekregen in het opwarmgedrag van de palletstapel met gebruik van hoezen en gel pads. De bevindingen hiervan zijn gestaafd met een drietal experimenten. Uiteraard wordt hierbij gefocust op het gedrag in de kritieke punten in de stapel, dis zijn de hoekpunten van de stapel, welke het snelst zullen opwarmen bij temperatuurmisbruik.

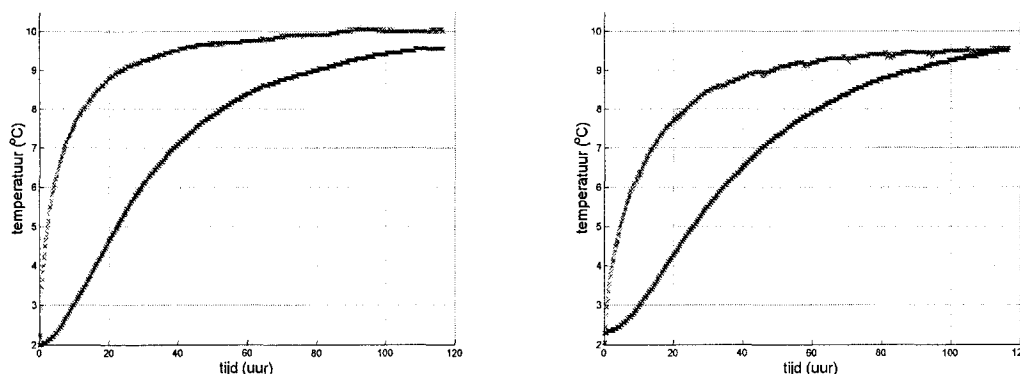
7.2.1. Pallethoezen

Pallethoezen met een hoge isolatiewaarde kunnen gebruikt worden om opwarming van het product bij temperatuurmisbruik te vertragen. Er zijn diverse mogelijkheden voor het materiaal van de hoezen. Afhankelijk van de toepassingsomgeving van de hoezen kan de nadruk liggen op (combinaties) van verschillende eigenschappen, zoals bijvoorbeeld de warmtegeleiding of reflectie. Voor de toepassing op het transport van vis is het van belang dat de hoezen een slechte warmtegeleiding hebben.

De pallethoes isoleert voor warmte uit de omringende lucht, van muren en van naburige stapels. Hierdoor is het mogelijk temperatuurmisbruik van een bepaalde tijdsduur te overbruggen zonder dat de vis boven de kritieke temperatuur van 4°C komt, waardoor bijvoorbeeld (kortdurende) gemengde opslag of transport denkbaar is. Ook vormt de hoes een barrière voor vuil. Nadelen van het gebruik van de hoezen zijn onder meer extra kosten en afval. Bij een herbruikbare hoes zijn deze eenmalig, maar dit vereist wel een betere kwaliteit van het gebruikte materiaal.

Experimentele resultaten

Figuur 17 geeft een overzicht van het opwarmgedrag van een hoekpunt en het centrum van een 5-laagse stapeling van 50 MA-vis dozen gevuld met 2,5 kg kunstcitroenen bij het gebruik van twee verschillende hoesmaterialen. De stapel was initieel op 2°C en werd in een ruimte van 10°C geplaatst. Het eerste geteste materiaal was een 2,5 mm dikke schuimlaag gecoat met aluminium, zie figuur 16. Het tweede materiaal was 3-laags golfkarton. De zij- en bovenkanten van de stapel werden voorzien van een hoes.



Figuur 17: opwarmgedrag van een 5-laagse stapel van 50 MA-vis dozen, initieel op 2°C, geplaatst in een ruimte van 10°C met een pallethoes van golfkarton (linker figuur) en van schuimfolie (rechter figuur).

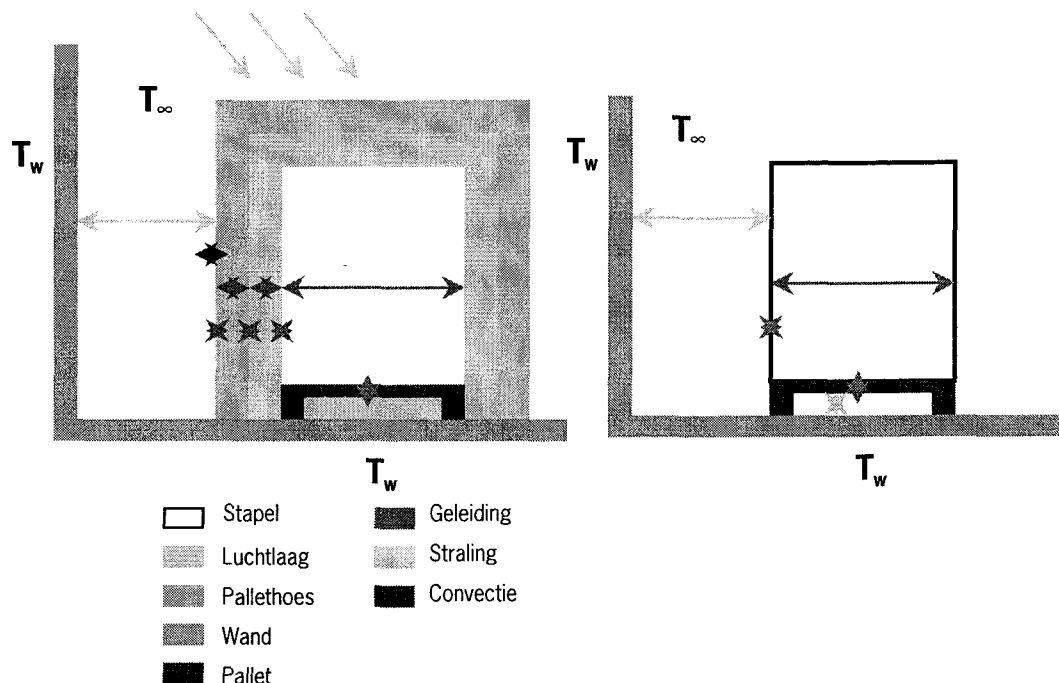
In vergelijking met een experiment zonder pallethoezen, zie figuur 21 in voortgangsrapportage 10.99-04.00, warmt het kritieke punt in de stapel langzamer op bij het gebruik van de hoezen. Hoewel de prestatie nog aanzienlijk achterblijft bij het gebruik van EPS dozen zoals geïllustreerd in figuur 12 in dit rapport. Tabel 3 geeft de halfwaardetijden voor een hoekpunt en het centrum van de stapel bij gebruik van de beide hoesmaterialen.

Halfwaardetijd	Hoekpunt	Centrum
Schuimfolie	6.7	31
Golfkarton	6.4	28

Tabel 3: Halfwaardetijden in uren van een hoekpunt en het centrum van een 5-laagse palletstapel met verschillend hoestmateriaal.

Numerieke analyse

De linkerfiguur in figuur 18 geeft een schematische weergave van een palletstapel, geplaatst op een pallet met palleshoes in een opslagruimte. Door drie processen kan de stapel opwarmen onder temperatuurmisbruik: convectie, geleiding en straling. Op basis van een analyse van deze processen in het specifieke geval van een stapel MA-vis dozen in een gesloten opslagruimte, zijn de belangrijkste processen zoals weergegeven in de rechterfiguur in figuur 18.



Figuur 18: Schematische weergave van een palletstapel met een palleshoes in een opslagruimte.

Modelmatig is de temperatuur T in de stapel te beschrijven door:

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \nabla^2 T$$

met de volgende randvoorwaarde aan de buitenkant van de stapel:

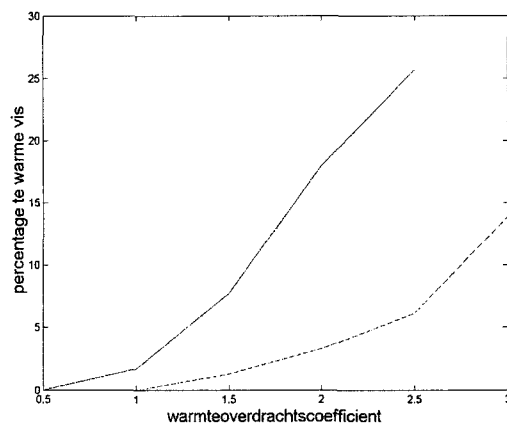
$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial n} = h_{eff} (T - T_0) + \varepsilon (T_w^4 - T^4)$$

Hier is ρ de soortelijke massa van de stapel, c_p de soortelijke warmte (gelijk genomen aan die van water), λ de warmte geleidingscoëfficiënt in de stapel, T_0 de temperatuur buiten de stapel, T_w de temperatuur van de wand, h_{eff} de effectieve warmte overdracht over de combinatie van de verpakking, de palleshoes, de buitenlucht en het luchtlaagje tussen de stapel en de hoestmateriaal en ε de stralingscoëfficiënt van het hoestmateriaal.

In het geval van ondoorzichtig hoestmateriaal is het stralingseffect door eventuele wanden en naburige stapels verwaarloosbaar en valt de reflectie term in de randvoorwaarde weg. Hiermee komen we voor de opwarming van de stapel op het model zoals eerder geformuleerd in dit rapport. De effectieve warmte overdrachtscoëfficiënt beschrijft nu het effect van de verpakking, de palleshoes, eventuele convectie en van het luchtlaagje tussen de hoestmateriaal en de stapel. Analyse van de vergelijkingen voor de situatie van een stapel MA-vis dozen met een hoestmateriaal laat zien dat de warmte overdrachtscoëfficiënt van de hoestmateriaal te bepalen is met behulp van de volgende formulering:

$R = 1/h_{\text{verpakking}} + 1/h_{\text{luchtlagje}} + 1/h_{\text{hoesmateriaal}} + 1/h_{\text{convectief}}$, waarbij R de gewenste warmte-weerstand is over de combinatie van verpakking, hoës, buitenlucht en luchtlagje tussen de verpakking en de hoës.

Figuur 19 laat het percentage te warme vis, boven de 4°C, zien bij een temperatuurmisbruik van 2 of 4 uur 15°C als functie van de effectieve warmte overdrachtscoëfficiënt. Hierbij is uitgegaan van een 10-laagse stapel MA-vis dozen gevuld met 2,5 kg product, welke initieel op 0°C is. De situatie zonder pallethoës komt overeen met een effectieve warmte overdrachtscoëfficiënt gelijk aan 3 W/(m²K).



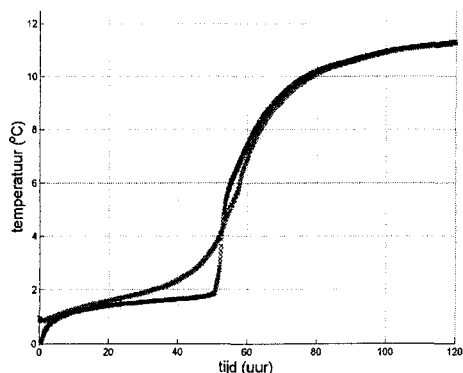
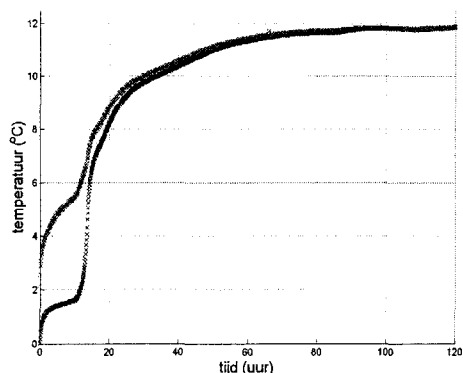
Figuur 19: Percentage te warme vis, boven de 4°C, bij temperatuurmisbruik van 2 uur (- -) of 4 uur (—) bij 15°C, als functie van de effectieve warmte overdrachtscoëfficiënt.

7.2.2. Gel pads

Gel pads zijn zakjes gevuld met polyacrylaat poeder. Ze kunnen gebruikt worden als koelmedium in plaats van ijs door ze water te laten absorberen waardoor het poeder in gel veranderd en ze hierna in te vriezen. In bevroren toestand kunnen ze worden verpakt met de vis. Het belangrijkste voordeel van de gel pads ten opzichte van ijs is de afwezigheid van smeltwater waardoor de typische vislucht afwezig blijft. Dit maakt bijvoorbeeld gemengde opslag en transport van vis met andere producten mogelijk. Een nadeel is dat ze duurder in gebruik zijn dan scherfijs en dat ze afval geven.

Experimentele resultaten

Figuur 20 laat het temperatuurverloop in een hoekpunt en het centrum van een stapel van 50 MA-vis dozen gevuld met 2,5 kg kunstcitroenen en 0,5 kg gel pads zien. De stapel was initieel op 1°C, hieraan zijn de bevroren gel pads toegevoegd, waarna het geheel in een ruimte van 12°C is geplaatst. Er is duidelijk te zien dat de aanwezigheid van de gel pads de temperatuur van het product laag houdt. In tegenstelling tot bij ijs, wat als water wegloopt als het gesmolten is, vindt opwarming van de gel pad (en zijn omgeving) pas plaats als de gehele gel pad ontdooid is, doordat de gel pads hun positie behouden in de lading. Daarnaast moet na ontdooiing niet alleen de vis opwarmen, maar ook de gel pads, wat een grotere op te warmen massa geeft in vergelijking met de situatie met ijs.



Figuur 20: Temperatuurverloop van het product (-) en van een gel pad (-) in een hoekpunt (linkerfiguur) en in het midden (rechterfiguur) van een palletstapeling MA-vis dozen gevuld met 2,5 kg kunstcitroenen en 0,5 kg gel pads.

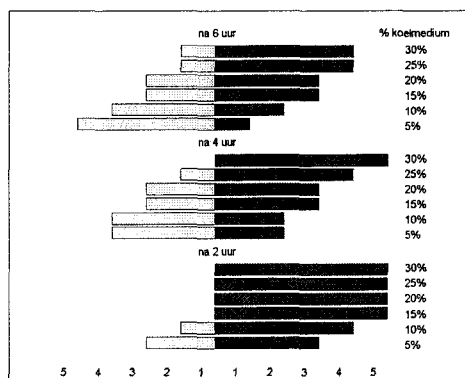
Tabel 4 geeft de halfwaardetijden voor de hoekpunten en het centrum van de stapel voor MA-vis dozen met gel pads in vergelijking met die van EPS dozen zonder ijs. Er is geen experimentele data beschikbaar betreffende een stapel EPS dozen met ijs. Wel zijn er op doosniveau experimenten gedaan om het gebruik van de gel pads te vergelijken met het gebruik van ijs, zoals gerapporteerd in voortgangsrapportage 10.99-04.00. Hieruit volgde onder meer dat de lage isolatiewaarde van de MA-vis doos gecompenseerd kan worden door het gebruik van een zelfde hoeveelheid gel pads als ijs in een EPS doos.

Halfwaardetijd	Hoekpunt	Centrum
MA-vis dozen met gel pads	13	54
EPS dozen	12	120

Tabel 4: Halfwaardetijden in uren van een hoekpunt en het centrum van een 5-laagse palletstapelings.

Numerieke analyse

In een eerder stadium is een numeriek model ontwikkeld waarmee het opwarmgedrag van een stapeling met en zonder ijs berekend kan worden. Dit is uitgebreid voor het gebruik van gel pads. De gel pads worden in bevroren toestand toegevoegd aan de dozen. Bij een gelijke hoeveelheid gel pads als ijs zal het van de initiële temperatuur van de gel pads afhangen of het gebruik hiervan minder opwarming geeft dan het gebruik van ijs in dezelfde verpakking. Dit bepaalt dan ook het aantal uur dat een stapel MA-vis dozen met gel pads aan temperatuurmisbruik kan worden blootgesteld. Figuur 21 laat zien bij welke initiële temperatuur de gel pads beter functioneren dan een zelfde percentage ijs. Wanneer de balk in figuur 21 lichtgekleurd is, presteert de betreffende hoeveelheid gel pads beter dan dezelfde hoeveelheid ijs. Indien de balk donker is, is het omgekeerd. Iedere balk is opgedeeld in 5 initiële gel pad temperaturen, variërend van -21°C , -15°C , -10°C , -5°C naar 0°C . Zo geldt bijvoorbeeld dat voor een lading met 15% koelmedium welke 4 uur temperatuurmisbruik ondergaat, de gel pads zorgen voor een betere isolatie indien de gel pads -21°C of -15°C waren. Bij hogere initiële temperaturen presteert het ijs beter in de MA-vis doos.



Figuur 21: Het percentage gel pads vergeleken met hetzelfde percentage ijs bij verschillende uren van een temperatuurmisbruik van 15°C , de lading was initieel op 0°C .

7.2.3. Conclusies

Pallethoesen

Zoals in Figuur 19 te zien is, is met een pallethoes het effect van temperatuurmisbruik op een stapel MA-vis dozen aanzienlijk te verkleinen ten opzichte van de situatie zonder hoes. De beschikbaarheid en de kosten van een hoemateriaal met de gewenste warmteweerstand en de zwaarte van de eerder genoemde voordelen van het gebruik van een hoes zullen bepalen of het gebruik haalbaar is.

Gel pads

De gel pads zijn een geschikt medium om opwarming van de vis te vertragen in het geval van temperatuurmisbruik. De combinatie van het effect van de initiële temperatuur en de omstandigheden waarin de gel pads bij de vis verpakt zullen worden, zal duidelijk maken dat het temperatuurmisbruik, evenals bij het gebruik van ijs, van korte duur dient te zijn.

8. Stand van zaken met betrekking tot octrooiaanvragen

Binnen het project is een octrooiaanvraag ingediend voor het totale verpakking concept. Aangezien het onderwerp Modified Atmosphere verpakkingen reeds bekend is, moet het octrooi betrekking hebben op de nieuwigheidsaspecten van het verpakking concept. Het betreft hierbij specifiek de volgende aspecten:

- Het ontwerp van de kartonnen bodem;
- Het concept van een flexibele sealraam, waarbij de beweging mogelijk is loodrecht op het te sealen oppervlak. Hierdoor wordt het sealen op een oneffen oppervlak mogelijk.