

Agrotechnological Research Institute (ATO-DLO)
P.O. Box 17, 6700 AA Wageningen, The Netherlands

Instituut voor
Agrotechnologisch
Onderzoek
ATO-DLO
Bornsesteeg 59
Postbus 17
6700 AA Wageningen



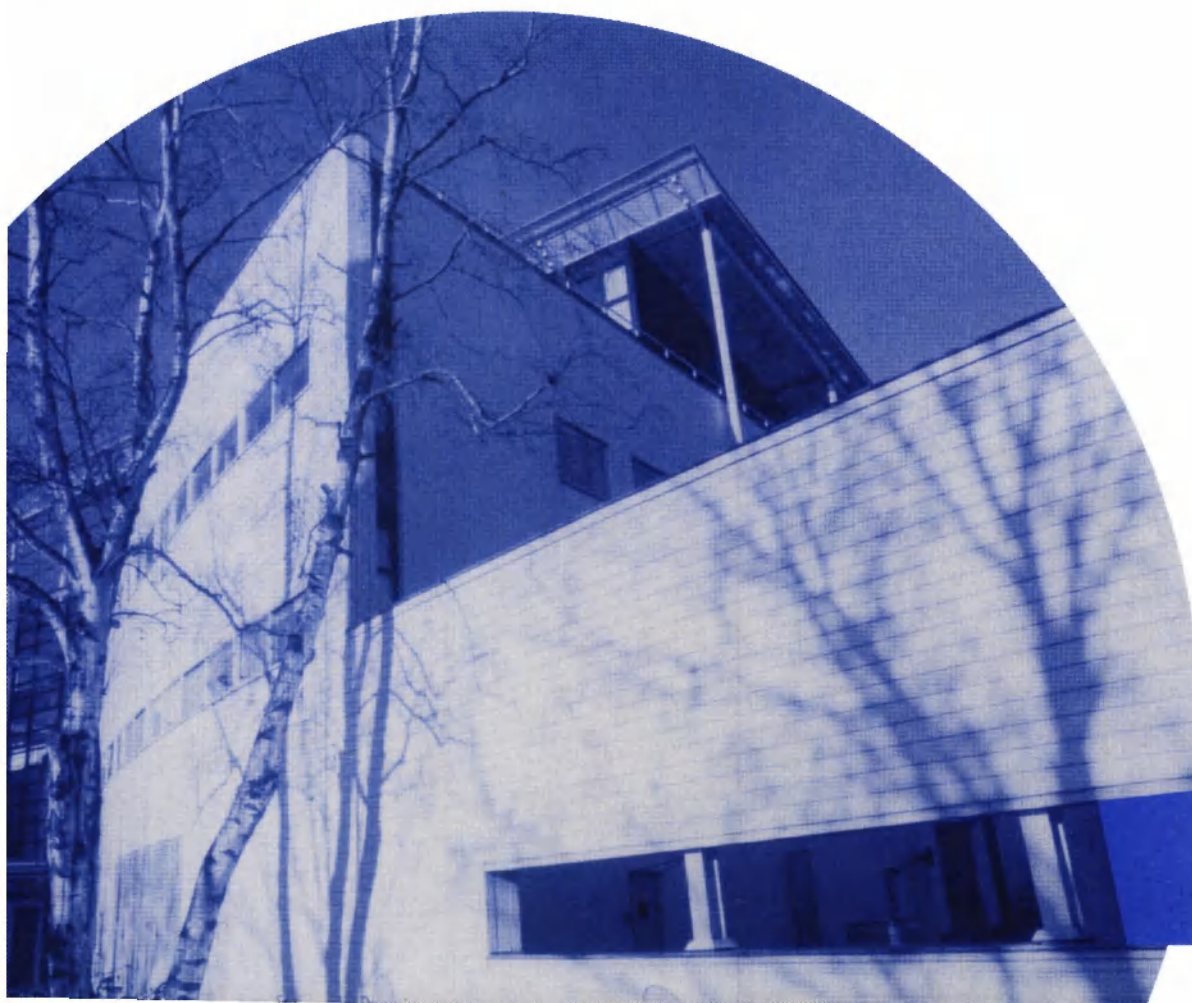
Gasverpakken verse vis

Voortgangsrapportage
1 april 1999 – 1 oktober 1999

C.R. Jaeger
R.W.M. Bakker
C.L.M. van Weert

VERTROUWELIJK

Rapport B427 / Oktober 1999



2240622

ato-dlo

Inhoudsopgave

1. Een gasverpakking voor verse vis	2
2. Doelstelling.....	2
3. Voortgang project.....	2
3.1. Aanpak van het project	2
3.2. Inventarisatie keten.....	6
3.2.1. Eisen aan de verpakking vanuit de deelnemende bedrijven, keuze vissoort	6
3.2.2. Ketenvoordelen van de verpakking en bepalen keten voor pilot-proeven	7
3.3. Inventarisatie van de mogelijke verpakkingsconcepten.....	11
3.4. Technologische haalbaarheid van puur kartonnen verpakkingsconcepten.....	13
3.4.1. Afgiftesysteem voor CO ₂	13
3.4.2. Lekkage van kartonnen dozen.....	17
3.4.3. Theoretisch model voor de gashuishouding in een gasverpakking voor verse vis.....	19
3.4.4. Belangrijkste conclusies van het onderzoek naar puur kartonnen gasverpakkingsconcepten.....	23
3.5. Literatuuronderzoek naar de bewaarcondities voor de beoogde vissoorten.....	24

1. Een gasverpakking voor verse vis

Projectleiders:	Dhr. R. Notten (Kappa GSF) Dr. F. Herder Wynne (Kappa Packaging) 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 1999

2. Doelstelling

De doelstelling van dit project is de ontwikkeling van een recyclebare kartonnen gasverpakking op transportniveau voor vis. Diverse deelaspecten zoals verpakkingsontwerp, recycling, bewaarcondities, distributie-omstandigheden, CO₂ afgiftesystemen, 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. Voortgang project

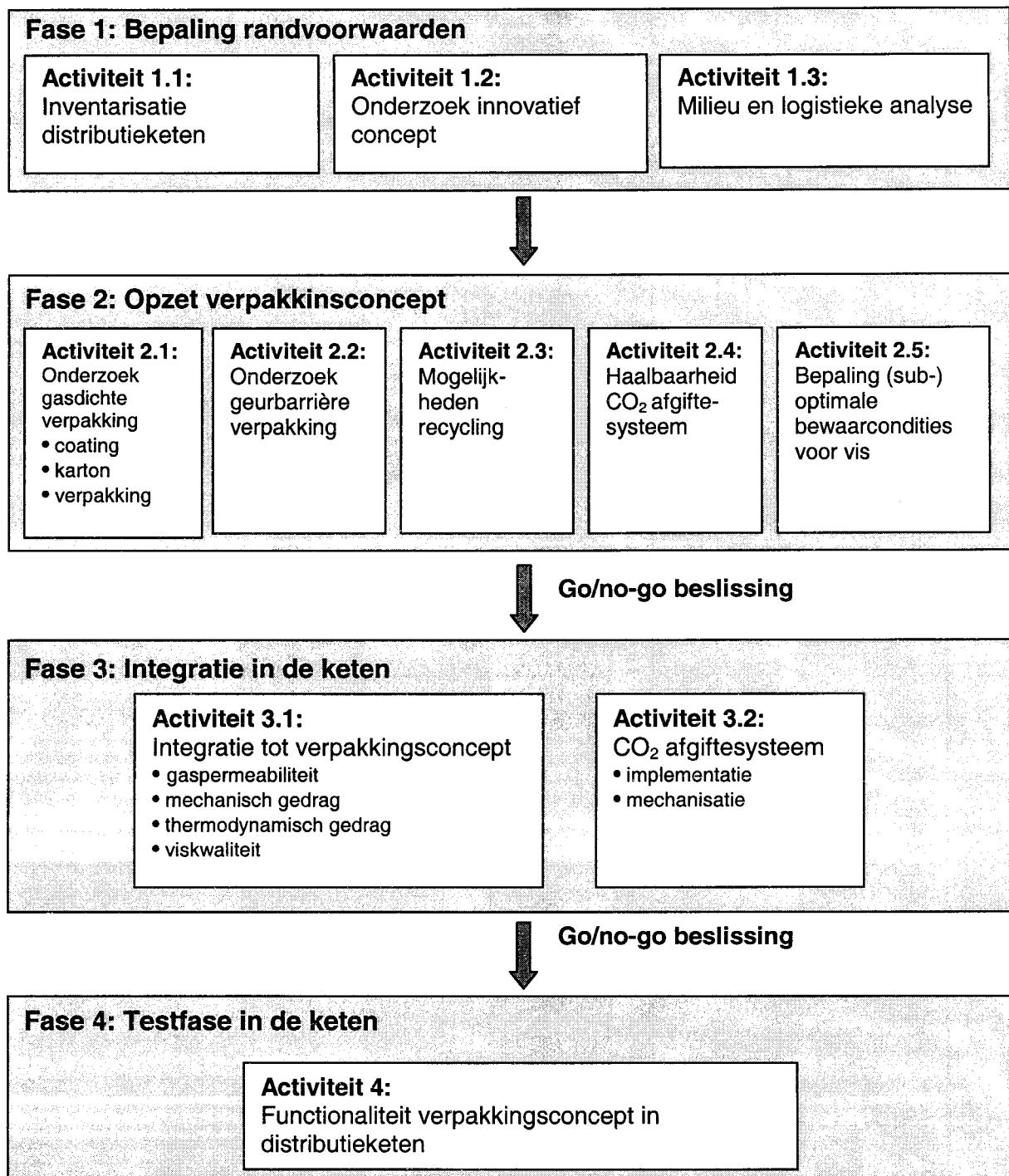
3.1. Aanpak van het project

Het project richt zich op de ontwikkeling van een kartonnen gasverpakking voor verse vis op transportniveau die vergeleken met bestaande verpakkingsconcepten een aantal voordelen biedt:

- Een gewijzigde gasatmosfeer wordt toegepast om de bacteriële bederfmechanismen van verse vis te remmen en om de houdbaarheid van het product te verlengen;
- Er wordt geen gebruik gemaakt van scherfijs, de (geur)problematiek veroorzaakt door vervuild smeltwater vervalst; de gewichtsverhouding verpakking / product wordt verbeterd;
- Geuroverdracht van het product naar de omgeving wordt verminderd door een lage gasdoorlaatbaarheid van de verpakking;
- De verpakking zal recyclebaar zijn en eenvoudig af te voeren zijn.

Kortom, het nieuwe verpakkingsconcept zal tot een verbeterde kwaliteit van het verpakte product, een verhoogd gebruikersgemak in de keten en tot logistieke en milieuvoordelen leiden.

In dit project kunnen vier fasen onderscheiden worden (zie schema 1). In deze verslagperiode valt fase 1 (*Bepaling randvoorwaarden*) en een deel van fase 2 (*Opzet verpakkingconcept*).



Schema 1: Projectfasering

Het onderzoek in de eerste zes maanden is gericht op het bepalen van de randvoorwaarden vanuit de keten zodat het technologische onderzoek en de verpakkingontwikkeling efficiënt op eisen vanuit de keten gericht kunnen worden. Aan het begin van het project kan nog worden gekozen tussen verschillende

verpakkingsconcepten die aan de eisen vanuit de keten voldoen. Deze verpakkingsconcepten zullen beoordeeld worden op hun kansen op succes in de keten: Voor welke concepten is de basisfunctionaliteit van de verpakking (b.v. houden van een optimaal gasmengsel binnen de verpakking) goed te realiseren, bij welke concepten verwachten wij problemen?

De volgende vraagstellingen zullen worden behandeld:

1) Inventarisatie distributieketen:

- a) Wat zijn de eisen die door de aan het project deelnemende partners aan het nieuwe verpakkingsconcept gesteld worden?
- b) Voor welke vissoorten zal de verpakking worden ontwikkeld?
- c) Voor welke keten zal de nieuwe verpakking worden ontwikkeld, welke partners zijn geschikt / geïnteresseerd om aan pilot-proeven deel te nemen?

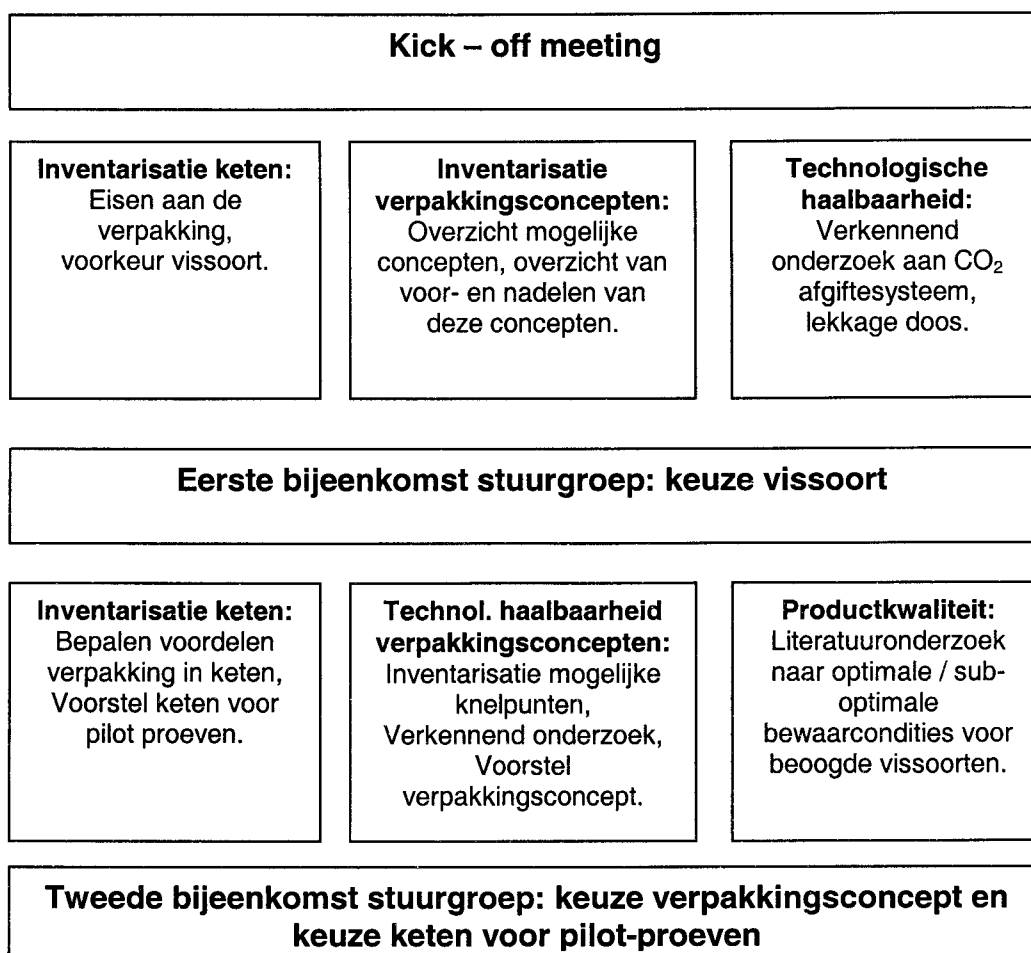
2) Bepalen bewaarcondities vis

- a) Wat zijn de randvoorwaarden die aan de verpakking worden gesteld wat betreft de productkwaliteit: wat zijn de gewenste bewaarcondities (gasmengsel, vochthuishouding) voor de gekozen vissoorten?

3) Onderzoek innovatief concept, onderzoek gasdichte verpakking, haalbaarheid afgiftesysteem:

- a) Inventarisatie van mogelijke gasverpakkingsconcepten voor verse vis:
 - Wat zijn voordelen / nadelen van de mogelijke concepten?
 - Wat is de technologische haalbaarheid van de concepten?
 - Wat zijn de marktkansen / kosten voor de concepten?
 - Hoe scoren de concepten ten opzichte van de lijst van eisen aan de verpakking zoals opgesteld tijdens de inventarisatie van de distributieketen?

De volgende aanpak is gekozen om deze vragen te beantwoorden (zie schema 2).



Schema 2: Projectaanpak in de eerste 6 maanden.

De volgende 'milestones' zijn tijdens de eerste zes maanden bereikt:

- 1) Keuze vissoort voor het ontwikkelen van het verpakkingsconcept;
- 2) Voorstel voor de keuze van een verpakkingsconcept;
- 3) Voorstel voor de keuze van een logistieke keten voor het introduceren van de verpakking.

Tijdens de tweede stuurgroepvergadering worden een verpakkingsconcept en een keten voor het verdere onderzoek voorgesteld. Deze stuurgroepvergadering vindt plaats direct na afloop van de eerste zes maanden.

Voor uitgebreid onderzoek naar milieu-impact, LCA analyse, mogelijkheden tot recycling, geurbarrière en geuropname van het verpakkingsmateriaal, en het experimenteel onderzoek naar (sub-) optimale bewaarcondities zijn de beslissingen van de tweede stuurgroep (keuze verpakkingsconcept en keten) noodzakelijk. Deze onderzoeksactiviteiten beginnen dus na afloop van de eerste zes maanden van het project.

3.2. Inventarisatie keten

3.2.1. Eisen aan de verpakking vanuit de deelnemende bedrijven, keuze vissoort

In juni 1999 zijn interviews gevoerd met de aan het project 'Gasverpakken verse vis' participerende bedrijven die in de vissector actief zijn (Visafslag IJmuiden, Noordzee Breskens, Dayseaday en De Visscher Seafood). Deze interviews zijn deel van de inventarisatie van de distributieketen in fase 1 van het project. Doel van de interviews is:

1. De inventarisatie van de omstandigheden in de huidige visketen,
2. Het overleg voeren over ideeën voor het ontwikkelen van het nieuwe verpakkingsconcept,
3. Het voorbereiden van de keuze van de vissoorten waarvoor de verpakking binnen het project zal worden ontwikkeld.

De interviews met de partners zijn aan de hand van een enquête gevoerd, die vooraf aan de bedrijven was gestuurd.

Belangrijkste conclusies

Na de interviews kunnen we de verwachtingen van de bedrijven met betrekking tot het nieuwe verpakkingsconcept als volgt samenvatten. Belangrijke items zijn:

1. Logistieke voordelen door een **hoge geurbarrière** voor gemengde opslag / vervoer,
2. Een **langere houdbaarheid** door Modified Atmosphere condities,
3. Een **makkelijker handling** van de verpakking / geen problemen met smeltwater, geen vervoer van ijs,
4. Betere mogelijkheden (vergeleken met polystyreen dozen) voor het **recyclen / afvoeren** van de verpakkingen.

Deze lijst komt overeen met de eisen aan de verpakking die in het projectvoorstel zijn genoemd.

Door de meeste partners wordt om een verpakking voor **kleinere hoeveelheden** vis gevraagd (2 kg - 5 kg - 10 kg dozen). Dit komt overeen met de trend naar een grote productdiversiteit (die door de groothandelaren en de retailers wordt aangeboden), en komt overeen met de steeds kleinere hoeveelheden (porties) vis, die door de klant worden gekocht. De **maatvoering** van de doos moet geschikt zijn voor euro-pallets (b.v. 30 cm × 40 cm, 40 cm × 60 cm). Voor sommige bedrijven is de **zichtbaarheid van het product** een belangrijk item.

Verder is te verwachten dat **kant en klaar** maaltijden in de toekomst een duidelijk hoger marktaandeel zullen hebben.

Als mogelijk probleem dat bij het vervangen van ijs door MA en droogijs kan optreden wordt vaak het **uitdrogen van de vis** genoemd.

De volgende tabel vat de voorkeur voor vissoorten van de bedrijven samen.

Visafslag IJmuiden	Schol en tong (heel), 5 - 15 kg verpakkingen
Noordzee Breskens	Zalm (filets, moten) 20 - 25 kg (huidig), tong (heel) 5 kg, schol (filet) 2 kg verpakkingen
Dayseaday, Urk	Schol (filet), 3 kg (20%) - 5 kg (60%) - 10 kg (20%) verpakkingen
De Visscher Seafood, Uden	Zalm (heel), schol (filet / heel), 2 kg - 5 kg - 10 kg verpakkingen

Tabel 1: Voorkeur van vissoorten voor het 'gasverpakken verse vis' project.

Tijdens de eerste stuurgroepbijeenkomst op juli 21 zijn de volgende drie soorten vis voor het project gekozen:

1. Schol, heel;
2. Schol, filet;
3. Zalm, moten of filets.

3.2.2. Ketenvoordelen van de verpakking en bepalen keten voor pilot-proeven

Markt- en ketenonderzoek

Het markt- en ketenonderzoek heeft zich in deze fase met name geconcentreerd op de volgende elementen:

- 1) Inschatten van de omvang van de West-Europese markt voor vis en het in kaart brengen van trends in aanbod en vraag;
- 2) Inventariseren van de problemen met bestaande verpakkingconcepten;
- 3) Het formuleren van (potentiële) ketenvoordelen van een gasverpakking;
- 4) In kaart brengen van ketenstructuren;
- 5) Onderzoeken van mogelijke ketens voor praktijktesten.

Ketenvoordelen van de verpakking

De gangbare verpakkingmethodiek voor verse vis maakt gebruik van scherfijs. Hoewel (veel) ijs een positief effect heeft op de versheidsbeleving bij afnemers en consumenten, is het tegelijkertijd de bron van een scala aan problemen met verregaande consequenties voor ketenstructuren, logistieke processen en daaraan gerelateerde kosten en milieu-effecten. Het gebruik van ijs vraagt om een watervaste verpakking die voldoende isoleert. Desondanks smelt gedurende de distributie een groot deel van het ijs, waarbij smeltwater uit de verpakking weglekt. Dit is noodzakelijk, omdat anders de kwaliteit van de vis wordt aangetast. Het weglekkende smeltwater vraagt weer om specifieke maatregelen in de distributie en vormt een grote barrière voor verdere logistieke optimalisatie. De vervuilde, moeilijk te recyclen gebruikte verpakkingen vormen zowel een fysiek (inzameling) als milieu- en kostenprobleem (afval). De meest gebruikte oplossing, een doos van EPS (polystyreen), komt naar verwachting in de toekomst mede hierdoor steeds verder onder druk te staan. De logistieke ketenvoordelen van een ijsvrije verpakking zijn echter vele malen interessanter en daarom van doorslaggevende betekenis.

1. Initiële kosten

De kosten van het ijs worden door verschillende partijen niet als relevant ervaren. Het ijs wordt aangevoerd of - bij de grotere visverwerkers - ter plekke gemaakt met behulp van een installatie die, zoals bij Dayseaday, direct is aangesloten op het inpakstation. De additionele inpakkosten zijn daarmee nagenoeg verwaarloosbaar. Het ijs versnelt het koelproces.

2. Volume en gewicht

Het volumebeslag is groot, de verhouding ijs:vis varieert van 1:2 tot 1:4. Het ijs neemt daarmee 20% tot 35% van het effectieve volume en gewicht in beslag met navenante invloed op de logistieke kosten. Een ijsvrije verpakking betekent een forse reductie in volume en gewicht en genereert daardoor een aanzienlijk besparingspotentieel in opslag, handling en vooral transport.

3. Smeltwater

Smeltwater is één van de grootste problemen verbonden met het gebruik van ijs. Het smeltwater, dat rijk is aan viseiwitten, vormt een uitstekend medium voor de verspreiding en de groei van bacteriën, wat leidt tot een versterkte contaminatie binnen de verpakking.

Externe contaminatie als gevolg van het weglekken van vervuild smeltwater vraagt om specifieke maatregelen die ertoe leiden dat de distributie van vis fysiek gescheiden moet worden van andere producten. Dit varieert van aparte (delen van) distributiecentra tot gescheiden transport (Dayseaday → Lühmann → Metro). In sommige landen (Duitsland bijvoorbeeld) is het weglekken van smeltwater op de openbare weg inmiddels al verboden. Dit betekent dat met specifieke vrachtwagens moet worden gereden die voorzien zijn van een dubbele bodem waarin het water kan worden opgevangen. Dit gaat niet alleen ten koste van het effectieve laadvolume, ook de additionele handlings- en reinigingskosten zijn hoog. Winkelketens die verse vis verkopen maken veelal gebruik van speciale koelkarren (Maxigels van Intermarché) of palletboxen (Noordzee Breskens → Konmar) voor uitlevering aan de filialen.

4. Geur

Vergelijkbaar, maar van een iets andere orde is de geuroverdracht van de visverpakkingen. Een verpakking die zowel geur- als lekdicht is zou de markt in staat stellen de distributie van vis te combineren en integreren in de distributie van andere (verse) producten, met een veel efficiënter gebruik van distributiecentra, lastdragers, transportmiddelen alsmede arbeid. Deze effecten zijn niet of nauwelijks betrouwbaar te kwantificeren. Maar met zekerheid kan gesteld worden dat een dergelijke verpakkingsoplossing de distributieketen aanzienlijk zal vereenvoudigen, wat ongetwijfeld een positieve impuls zal zijn voor de verdere ontwikkeling van de afzet van verse vis via het grootwinkelbedrijf.

5. Milieu, afval en recycling

De afvalproblematiek van visverpakkingen is een serieus probleem, dat in feite in drie onderdelen uiteen valt:

a) Inzameling

Geur en contaminatie vereisen dat visverpakkingen separaat van andere verpakkingsmaterialen worden ingezameld. Dat vraagt om speciale voorzieningen, waarbij de huidige EPS bakken ook nog eens een groot volume in beslag nemen.

b) Recycling

De mogelijkheden om visverpakkingen niet alleen in theorie, maar ook daadwerkelijk te recyclen zijn gering. Voor kunststof is verbranden de enige optie; gecoat karton kan goed worden gerecycled maar bij veel bedrijven is men toch bang dat geurresten in het gerecyclede papier en karton herkenbaar blijven.

c) Afvalkosten

De problemen rond inzameling en recycling zorgen voor steeds hogere afvalkosten. Aanscherpende wet- en regelgeving zal deze kosten verder doen toenemen. Een volledig verbod op het gebruik van EPS wordt pas op langere termijn verwacht. Een praktische, goed hanteerbare oplossing zal echter door veel marktpartijen met gejuich ontvangen worden.

Conclusie

Uit oogpunt van inzameling, recycling en afvalkosten verdient een combinatie van een kartonnen doos met een kunststof (binnen)zak die na gebruik eenvoudig van elkaar te scheiden zijn, de voorkeur boven een zwaar gecoate kartonnen doos.

Keuze ketens

De verse-visketen is traditioneel sterk aanbod gedreven en nauwelijks verticaal geïntegreerd. Ongeacht de verdere inrichting is iedere keten grofweg in vier hoofdschakels te verdelen:

- 1) aanvoer (aanlanding of aquacultuur);
- 2) verwerking (schoonmaken, fileren, inpakken);
- 3) distributie (opslag, transport, orderverzamelen);
- 4) eindgebruik (winkelbedrijf of professioneel).

In vrijwel elke onderzochte keten wordt iedere schakel vertegenwoordigd door één of meerdere onafhankelijke partijen of bedrijven, soms gecombineerd met tussenhandel. Voor een project dat zich richt op het testen en implementeren van een verpakkingsalternatief is dat een relevant gegeven. Het doel is het ontwikkelen van een zogenaamde ketenoplossing, waarbij inzet van een betere verpakking aan het begin van de keten pas verderop in de keten zijn rendement zal opleveren. Voor een effectief testtraject is het noodzakelijk dat alle partijen in een keten hun volledige medewerking verlenen om het totale proces te kunnen volgen en monitoren.

In een volgend stadium, bij implementatietrajecten en marktintroductie is de beperkte verticale integratie van de visketens een zeer kritische factor. De initiële kosten van een gasverpakking liggen ongetwijfeld hoger dan die van de gangbare alternatieven. Degene die de verpakking specificeert en inzet, is in de meeste gevallen ook degene die de verpakking koopt en betaalt. Die zal hier alleen toe over gaan wanneer de markt ook bereid is voor gasverpakte vis een hogere prijs te betalen omdat men verwacht daarmee verderop in de keten te kunnen profiteren.

Op dit moment worden verpakking en logistieke prestatie niet of nauwelijks in de verrekenprijzen verdisconteerd. De ervaring leert ook, dat dat in sterk aanbod-georiënteerde ketens een zeer moeizaam en langdurig proces is. Een stevige aangezette marketing-operatie zal de brede introductie van het verpakkingsconcept moeten begeleiden. Het is evenwel mogelijk voor de kortere termijn een aantal ketens te identificeren die sneller geneigd zijn tot logistieke optimalisatie. Dit zijn

ketens waar de verwerking en distributie al een zekere mate van integratie kennen, in de vorm van gevestigde samenwerkingsverbanden tussen partijen.

Bij het vaststellen van de keuze van het kanaal spelen een aantal aspecten een belangrijke rol. Uitgangspunt is de snelle introductie en acceptatie door de markt van een nieuw te ontwikkelen verpakkingsconcept, dat in grote hoeveelheden kan worden afgezet.

Relevante vragen daarbij zijn onder meer:

- Via welke kanalen wordt verse vis nu gedistribueerd, welke zijn daarbij de belangrijkste (volume), en wat zijn de belangrijkste trends en verwachtingen voor de nabije toekomst (in zowel Nederland als de rest van Europa);
- Welke bedrijven staan open voor het introduceren van nieuwe concepten, en zijn tevens in staat deze voor te schrijven aan hun toeleveranciers;
- Waar zijn de meeste voordelen te behalen middels de introductie van MA verpakkingen (logistieke kosten).

Bestudering van de huidige wijze van distributie in zowel Nederland als de rest van Europa, levert het volgende beeld op:

- Meer dan 50% van de verkochte visproducten wordt via het grootwinkelbedrijf afgezet (Nederland 54%, Frankrijk 67%, Bron: Productschap vis, Franse visbranche);
- Dit percentage zal de komende jaren nog verder stijgen;
- Het grootwinkelbedrijf heeft het grootste belang om de logistieke kosten te verlagen (gezamenlijk transport / opslag met andere versproducten);
- Het grootwinkelbedrijf heeft het grootste belang een alternatief te vinden voor de afvalproblematiek, als sluitpost van de visketen;
- Het grootwinkelbedrijf heeft (in toenemende mate) de macht, om een verpakking aan voorliggende schakels in de keten dwingend voor te schrijven.

Supermarkten en grootwinkelbedrijven staan over het algemeen open voor iedere suggestie die de omzet kan doen laten toenemen en / of de kosten kan verlagen. Het ligt daarom voor de hand het project te concentreren op ketens waarin de uiteindelijke klant het grootwinkelbedrijf is. Dit geldt zowel voor de definitie van het uiteindelijke doosconcept als het voor uitvoeren van een eerste pilot-proef.

Nagenoeg alle projectpartijen binnen de huidige projectgroep, met distributeurs / verwerkers (Dayseaday, Breskens) die aan het grootwinkelbedrijf (o.a. Metro in zowel Duitsland als Frankrijk) leveren, en een zeehaven (IJmuiden) die voor de grondstofvoorziening kan zorgen, kunnen daarbij een actieve rol spelen.

De keuze voor het supermarktkanaal betekent ook dat nieuwe concepten, indien bewezen goed te functioneren, snel internationaal vermarkt kunnen worden. Dat biedt interessante perspectieven voor:

1. De positie van Nederland als voornaamste exporteur van platvis (90% van de Europese productie en handel) met name naar Italië, Spanje, Duitsland en Frankrijk;
2. De projectpartners die voor het merendeel op deze exportmarkten actief zijn.

Conclusie

Keuze voor supermarktvariant biedt de meeste mogelijkheden.

3.3. Inventarisatie van de mogelijke verpakkingconcepten

Op voorhand bestaan er in principe zeven mogelijke vormen voor een gasverpakking voor verse vis:

1. Bag in box;
2. Bag around box;
3. Plastic base and foil lid;
4. Board base & vacuum shape base and sealing 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.

Toelichting bij deze concepten:

1. Folieverpakking in een omverpakking. Grote concurrentie voor karton vanwege de lage kosten van bestaande verpakkingen maar is moeilijk te automatiseren;
2. Krimpfolie om de verpakking heen. Belangrijkste nadeel: alleen kleine doosjes zijn mogelijk. Bovendien kan de folie om de verpakking gemakkelijk beschadigd raken;
3. Portieverpakking. Voor deze verpakking wordt geen karton gebruikt;
4. Kartonnen doos met film aan binnenzijde. De doos wordt na het vullen / begassen afgeseald. De doos heeft hierbij een draagfunctie;
5. Gasdichte kartonnen doos. Lekkage door de grijsbogen wordt voorkomen door een slimme (vouw)constructie;
6. Gasdichte kartonnen doos. Lekkage door grijsbogen wordt voorkomen door een coating op de grijsbogen en zijkanten;
7. Gasdichte kartonnen doos met droogijs (afgifte CO₂).

Wanneer de voorwaarden waaraan de *kartonnen transportverpakking* binnen dit project moet voldoen meegenomen worden, zijn alleen de laatste vier concepten reële opties (zie Tabel 2, ter vergelijking is de bag around box van Deutsche See meegenomen). De grootte van de verpakking is beperkend bij concept 2 en karton is geen optie bij 1 en 3.

Bag around box (Deutsche See) (2)	Board base & vacuum shape base and sealing lid (4)	Gas-tight base b.m.o. smart folding and sealing foil (5)	Gas-tight base b.m.o. edge sealing and sealing foil (6)	Gas-tight base with gas release system (7)
Voordelen				
<ul style="list-style-type: none"> • Materiaal goed te scheiden • Geen wateropname uit omgeving 	<ul style="list-style-type: none"> • Karton niet in contact met vis en HACCP-proof (geen contact vis – lijm) • Karton goed te recyclen als materialen gemakkelijk te scheiden zijn (alleen binnenzak hoeft weggegooid te worden) • Onderdruk opgevangen met flexibele folie 	<ul style="list-style-type: none"> • Gasdichte coating is ook waterafstotend 	<ul style="list-style-type: none"> • Gasdichte coating is ook waterafstotend 	<ul style="list-style-type: none"> • Gasdichte coating is ook waterafstotend • Begassing met droogijs (kan echter niet voor permanente CO₂ productie zorgen) • Droogijs kan met CO₂ productie onderdruk opheffen
Knelpunten				
<ul style="list-style-type: none"> • Alleen kleine dozen (folie beperkt in grootte) • Folie aan buitenkant kan beschadigen • Vis in contact met karton: geuropname karton • Gevaar voor scheuren folie bij onderdruk • Doos is niet stevig: problemen bij stapelen 	<ul style="list-style-type: none"> • Meerdere materialen nodig (karton, folie) • Sealbaarheid en begassing moeilijk? 	<ul style="list-style-type: none"> • Karton minder goed te recyclen a.g.v. coating en opname visgeur • HACCP? (contact vis – lijm mogelijk) • Onderdruk kan extra lekkage veroorzaken • Technisch moeilijk te realiseren met een plak- en vouwmaschine • Sealbaarheid en begassing moeilijk? 	<ul style="list-style-type: none"> • Karton minder goed te recyclen a.g.v. coating en opname visgeur • HACCP? (contact vis – lijm mogelijk) • Onderdruk kan extra lekkage veroorzaken • Sealbaarheid en begassing moeilijk? 	<ul style="list-style-type: none"> • Karton minder goed te recyclen a.g.v. coating en opname visgeur • HACCP? (contact vis – lijm mogelijk) • Instelling gewenste gascondities met droogijs moeilijk

Tabel 2: Voor- en nadelen van verschillende concepten.

De technologie waarop concept 4 is gebaseerd wordt bijvoorbeeld toegepast in consumenten gasverpakkingen (vacuüm dieptrekken, begassen en dichtsealen). Concept 5 tot en met 7 zijn technologisch zeer uitdagend omdat hiervoor bijzonder gasdichte kartonnen verpakkingen, eventueel gecombineerd met CO₂ afgiftesystemen, dienen te worden ontwikkeld. Het verkennende onderzoek naar deze drie concepten wordt in de volgende hoofdstukken behandeld.

3.4. Technologische haalbaarheid van puur kartonnen verpakingsconcepten

Kappa Packaging en ATO hebben tijdens het clusterproject 'Intelligente verpakkingen' veel kennis opgedaan over de lekkage en gashuishouding van kartonnen 'modified atmosphere' (MA) dozen voor groenten en fruit. In het clusterproject is worden onderzocht hoe de permeabiliteit van een verpakking afhangt van de permeabiliteit van de coating, papier, constructie, rillijnen, verlijming, etc. Er zijn echter duidelijke verschillen tussen een kartonnen doos voor groenten en fruit, en een kartonnen gasverpakking voor verse vis:

- Een visdoos zal een maximale doorlaatbaarheid van slechts circa 1 tot 2 ml / bar · min mogen hebben, terwijl bij groenten en fruit uitgegaan wordt van permeabiliteiten van boven de 10 ml / bar · min (zie paragraaf 3.4.3);
- Een MA doos voor groenten en fruit hoeft niet te worden begast om de optimale gassamenstelling binnen de verpakking te bereiken: de natuurlijke ademhaling van het product bouwt deze gassamenstelling op. Voor een gasverpakking voor verse vis moet het gasmengsel echter voor het sluiten van de doos door een gasverpakker, flow-packer, of een afgiftesysteem worden aangebracht;
- Als in een MA doos voor groenten en fruit de optimale gasatmosfeer een keer gewijzigd raakt, zal de ademhaling van het product ervoor zorgen, dat deze gassamenstelling weer opgebouwd wordt. Omdat verse vis geen ademhaling vertoont, leidt een tijdelijke versterkte lekkage tot het definitief verdwijnen van de beschermende atmosfeer.

In dit hoofdstuk onderzoeken wij de haalbaarheid van drie verpakingsconcepten die zijn gebaseerd op een puur (gecoate) kartonnen doos: de gasdichte doos door slimme plak- en vouwtechniek (concept 5), de gasdichte doos door 'sealing & coating' van snijlijnen (concept 6), en de gasverpakking met een actief afgiftesysteem voor CO₂ (concept 7). In paragraaf 3.4.1 onderzoeken wij de haalbaarheid van een afgiftesysteem voor CO₂. In paragraaf 3.4.2 worden de mechanismen onderzocht die tot de lekkage van gas uit een doos leiden, en in paragraaf 3.4.3 wordt een theoretisch model beschreven voor het simuleren en optimaliseren van de gashuishouding in een gasverpakking. De experimenten voor dit verkennend onderzoek zijn uitgevoerd met MA dozen voor groenten en fruit.

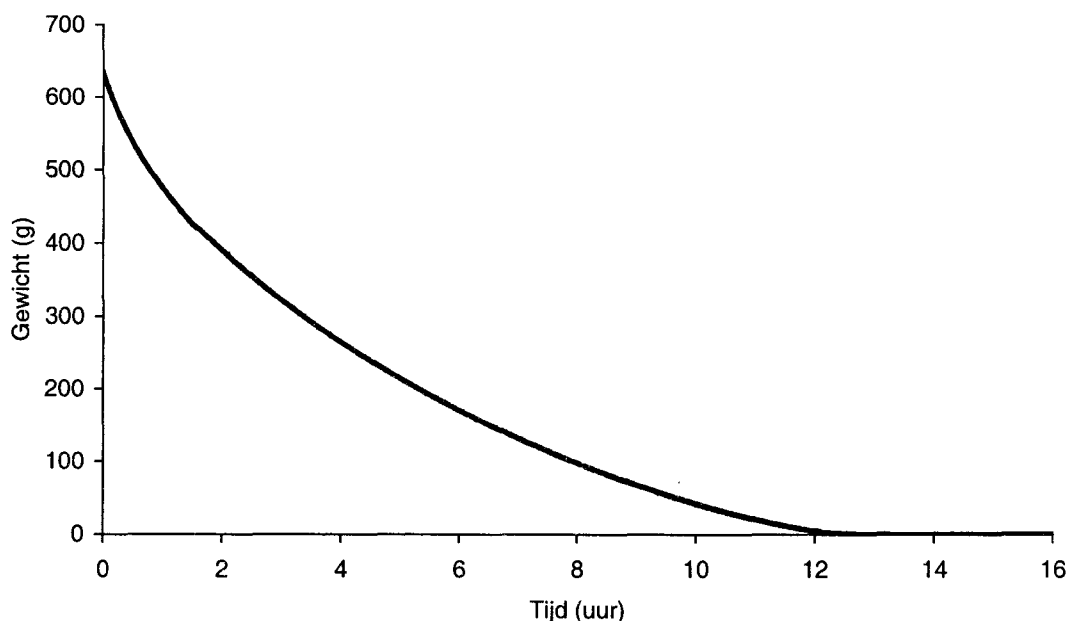
3.4.1. Afgiftesysteem voor CO₂

Door de sublimatie van droogijs komen grote volumes CO₂ gas vrij: 44 g droogijs correspondeert met 22.4 l CO₂ gas. Droogijs is dus in principe zeer geschikt om een doos te begassen. Het probleem is echter dat de drijvende kracht voor de sublimatie het grote temperatuurverschil tussen droogijs en de headspace van de verpakking (circa 80°C) is, waardoor de sublimatiesnelheid in het algemeen te hoog is. We willen de sublimatiesnelheid van droogijs bepalen en onderzoeken in hoeverre de sublimatiesnelheid door isolatiematerialen kan worden verlaagd. Verder willen wij onderzoeken in hoeverre de sublimatie van droogijs de gassamenstelling en de temperatuurhuishouding binnen een doos kan beïnvloeden.

De sublimatiesnelheid van droogijs wordt gravimetrisch bepaald: droogijs wordt met en zonder isolatiemateriaal op een geautomatiseerde weegschaal geplaatst; de sublimatiesnelheid is het massaverlies in de tijd.

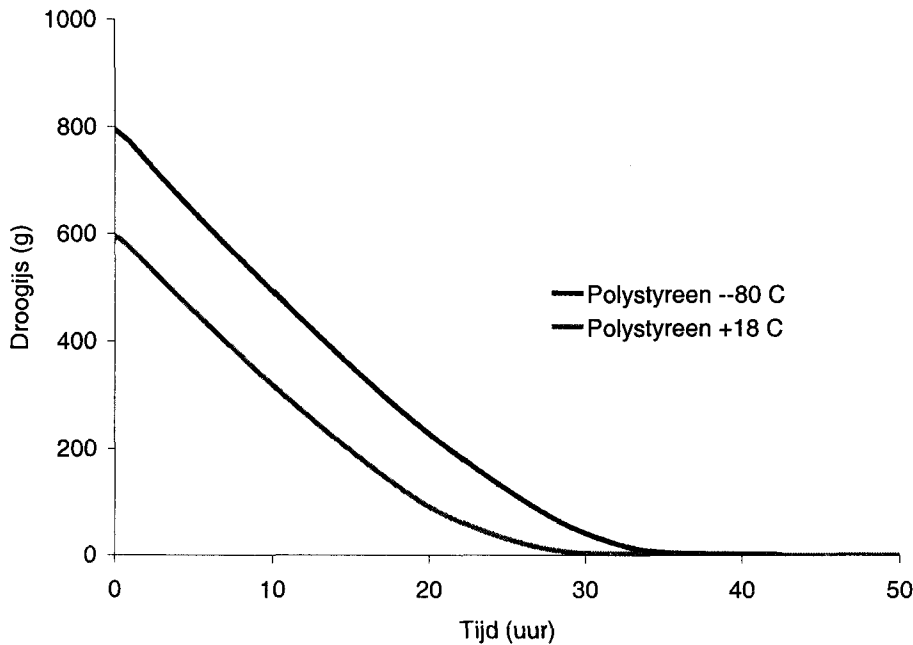
Continue afgifte van CO₂

In Figuur 1 is het massaverlies van een plak droogijs (13x13x2 cm³) bij 18°C afgebeeld. Uit deze figuur blijkt dat de sublimatie van droogijs niet lineair verloopt. Deze niet-lineariteit wordt veroorzaakt door de verandering van de oppervlakte/volume verhouding van het droogijs tijdens het sublimeren. Indien we echter veronderstellen dat het verloop lineair is vinden we een sublimatiesnelheid van 60 gram per uur voor niet-geïsoleerd droogijs.



Figuur 1: Sublimatie van een plak droogijs (13x13x2 cm³) bij 18°C.

In een tweede experiment zijn 800 g en 600 g droogijs verpakt in een gekoelde / niet gekoelde polystyreendoos. We hebben in een geval voor een gekoelde polystyreendoos (-80°C) gekozen, om de bijdrage van het afkoelen van het isolatiemateriaal op de sublimatiesnelheid te bepalen. Het isolatiemateriaal verlaagt de sublimatiesnelheid met een factor twee (sublimatiesnelheid: ca. 30 gram per uur). Het voorcoelen van het isolatiemateriaal heeft geen significant effect op de sublimatiesnelheid (zie Figuur 2).

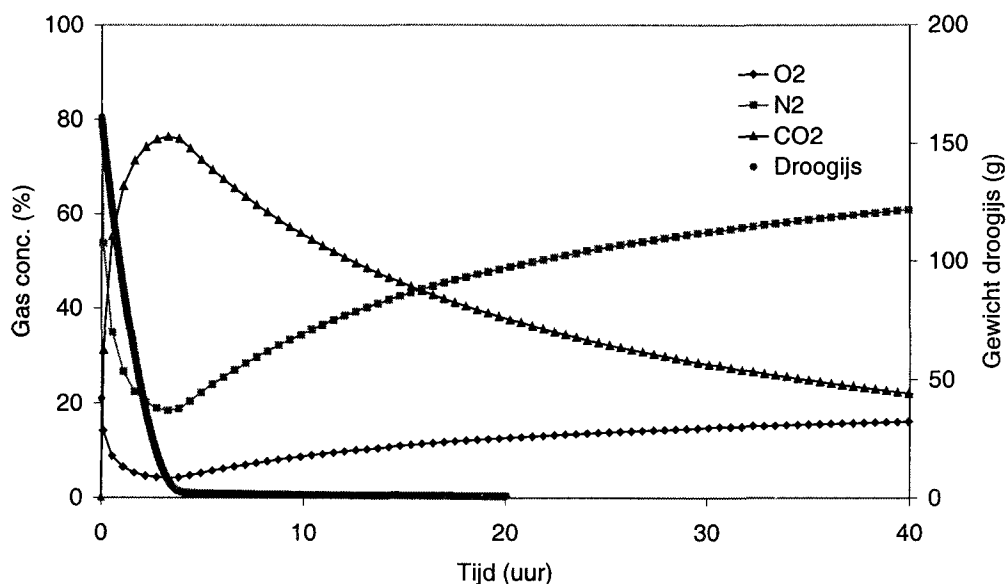


Figuur 2: Sublimatie van droogijs in een polystyreen doos bij 18°C.

Voor een continue afgifte van CO₂ door middel van droogijs is circa 1.4 kg / dag niet thermisch geïsoleerd droogijs nodig; isolatie met polystyreen verlaagt het verbruik van droogijs tot 0.7 kg / dag. Een verpakkingsconcept met een continue afgifte van CO₂ door middel van droogijs is dus vanwege het gewicht van het benodigde droogijs (minstens 7 kg voor b.v. 10 dagen) niet haalbaar.

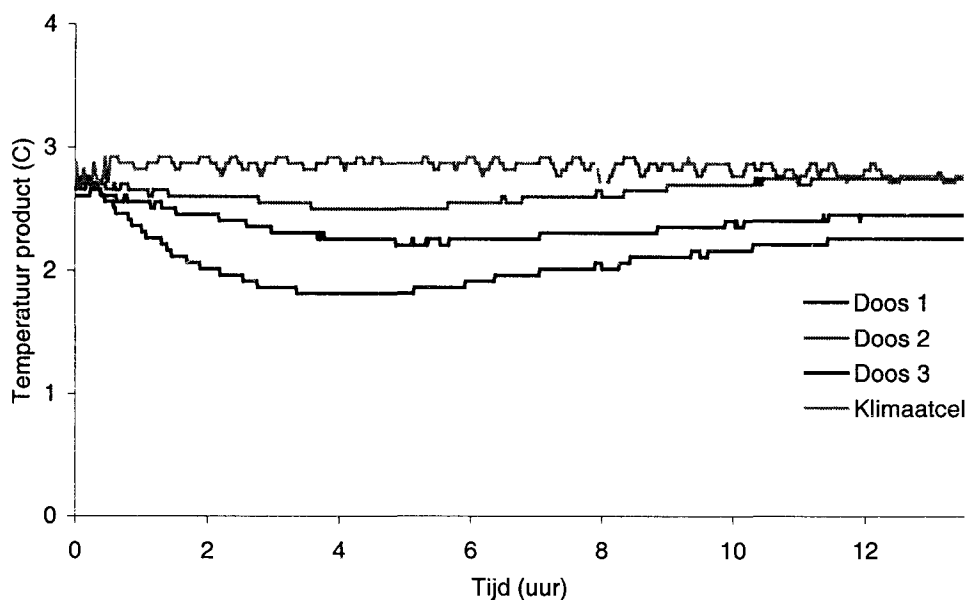
Enmalige begassing met behulp van droogijs

De mogelijkheid bestaat echter ook om met behulp van droogijs de doos door middel van een kortstondige afgifte van CO₂ te begassen. Voor dit concept zijn de volgende experimenten uitgevoerd: Drie dozen (MA groenten en fruit dozen, verwachte lekkage: 10 ml / bar · min) zijn met plastic kunstcitroenen gevuld. Deze citroenen zijn gevuld met water en simuleren het thermische gedrag van vis. In elke verpakking is aan één citroen een temperatuur sensor bevestigd; de initiële atmosfeer in de verpakkingen bestaat uit lucht. In elke verpakking wordt een plak droogijs van 100 gram geplaatst, waarna de concentraties zuurstof, stikstof en kooldioxide en de temperatuur continu gemeten worden. De resultaten van deze metingen zijn weergegeven in Figuur 3 en Figuur 4.



Figuur 3: Gasconcentraties in een doos bij sublimatie van 160 g droogijs bij 3°C.

In Figuur 3 is te zien dat de concentratie CO₂ eerst toeneemt onder invloed van de sublimatie van CO₂ en na 4 uur weer afneemt als gevolg van de lekkage van de doos. Deze lekkage bedraagt 10 ml / bar · min. Door de sublimatie van droogijs kunnen CO₂ concentraties worden bereikt die worden toegepast in gasverpakkingen van vis. Het sublimeren van 100 g droogijs leidt niet tot het bevriezen van het product (onder de voorwaarde dat er geen direct contact tussen product en droogijs is): in 4 uur daalt de temperatuur van de citroenen met slechts 1°C tot 2°C, waarna de temperatuur weer langzaam toeneemt (Figuur 4).



Figuur 4: Temperatuur van het product bij sublimatie van 100 g droogijs bij 3°C.

3.4.2. Lekkage van kartonnen dozen

Om de basisfunctionaliteit van een gasverpakking te waarborgen - het omgeven van het product met een beschermende atmosfeer - worden hoge eisen aan de gasdichtheid van een doos gesteld. Er zijn twee mechanismen voor gasuitwisseling tussen doos en omgeving: diffusie en convectie. In het volgende willen wij onderzoeken in hoeverre beide mechanismen aan de lekkage van een gasverpakking bijdragen en de minimale lekkage van een kartonnen doos beperken.

Diffusie door verpakkingsmateriaal en constructielek

De drijvende kracht voor diffusie is een partieel drukverschil (een verschil in chemische potentiaal): binnen de verpakking bevindt zich b.v. een gasmengsel met 90% CO₂ en buiten de verpakking een atmosfeer met 0.03% CO₂. Diffusie vindt plaats door het verpakkingsmateriaal én als gevolg van constructielekkage (pinholes, snijlijnen, deksel-doos verbinding, etc.). De diffusie door het verpakkingsmateriaal is selectief (CO₂ diffundeert sneller door polymeer-coatings dan O₂); de diffusie als gevolg van constructielekkage is niet-selectief. De exponentiële veranderingen van de gasconcentraties in Figuur 3 na het sublimeren van het droogijs zijn veroorzaakt door diffusie door verpakkingsmateriaal en constructielek.

Gastransport door diffusie is het belangrijkste lekmechanisme bij 'dichte' verpakkingen (b.v. bag-in-box verpakking, consumenten - gasverpakkingen) die idealiter geen constructielek hebben. De bijdrage van diffusie aan de lekkage van de verpakking kan worden beïnvloed door de materiaalkeuze en het minimaliseren van de constructielekkage. In de volgende tabel zijn doorlaatbaarheden van vijf proefstukken HDPE / LDPE gecoate karton (ontvangen van Kappa GSF) weergegeven, die bij diffusiemetingen (met het ATO diffusie meetsysteem) zijn bepaald. Wanneer bij een doos (met de afmetingen 40 × 60 × 20 cm³ en een oppervlak van 0.88 m²) voor de constructie HDPE / LDPE gecoate karton wordt gebruikt, diffundeert 1.1 ml / bar · min CO₂ door het verpakkingsmateriaal. Wanneer voor dezelfde doos met 25 µm PET gecoate karton wordt gebruikt, dan diffundeert slechts 0.07 ml / bar · min CO₂ door het verpakkingsmateriaal.

Monster	P(CO ₂) in ml / min m ² bar	P(O ₂) in ml / min m ² bar	P(CO ₂) / P(O ₂)	Meetcondities
LDPE / HDPE 1	2.6 ± 0.04	0.9 ± 0.01	2.8	23°C, 0% RV
LDPE / HDPE 2	3.2 ± 0.05	1.2 ± 0.02	2.6	23°C, 65% RV
LDPE / HDPE 3	2.6 ± 0.06	0.9 ± 0.02	2.9	23°C, 0% RV
LDPE / HDPE 4	1.3 ± 0.02	0.3 ± 0.01	4.4	23°C, 0% RV
LDPE / HDPE 5	1.3 ± 0.01	0.3 ± 0.01	4.4	23°C, 65% RV
HDPE (25 µm)	2.8	0.7	4.3	23°C, 0% RV
LDPE (25 µm)	5.5	1.3	4.3	23°C, 0% RV
PET (25 µm)	0.07	0.014	5	23°C, 0% RV

Tabel 3: Permeabiliteiten voor een HDPE / LDPE gecoate karton. De verhoogde doorlaatbaarheid en verlaagde selectiviteit van proefstuk 1-3 is veroorzaakt door pinholes in de coating. De waarden voor LDPE, HDPE en PET zijn literatuurwaarden.

Convectie als gevolg van constructielekkage

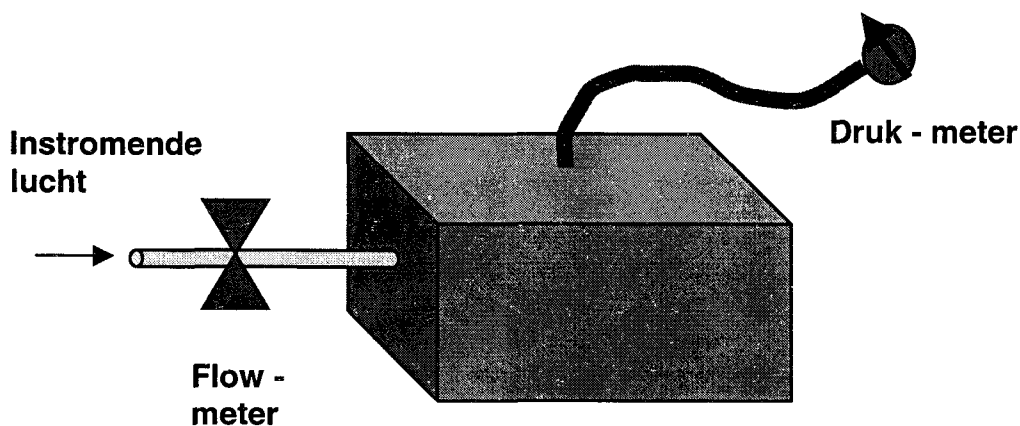
De tweede bijdrage aan de gasuitwisseling tussen doos en omgeving is convectie of 'luchtstroming' als gevolg van constructielekkage. Drijvende kracht van de convectie is een absoluut drukverschil (b.v. 1.05 atm binnen de doos, en 1.0 atm buiten de doos). Een drukverschil kan worden veroorzaakt door:

- Sublimatie van droogijs binnen de doos;
- Absorptie van CO₂ door het product;
- Selectieve diffusie door verpakkingsmateriaal;
- Mogelijke 'pomp-effecten' door mechanische trillingen;
- Temperatuursprongen.

Wat drukverschillen betreft kunnen de volgende voorbeelden uit de praktijk genoemd worden:

- CO₂ dat door sublimatie binnen een doos vrijkomt (zie Figuur 3) leidt tot een lichte overdruk en wordt gedeeltelijk door convectie van de doos afgevoerd;
- In consumentenverpakkingen waar CO₂ als beschermende atmosfeer toegepast wordt, ontstaat door het oplossen van CO₂ in het product vaak onderdruk waardoor de verpakking soms kan instorten.

Voor het vasthouden van een beschermende atmosfeer in een kartonnen doos is vooral het ontstaan van onderdruk problematisch: een kartonnen doos zal niet instorten, maar door de constructielekkage wordt buitenlucht aangezogen, en de gassenstelling binnen de doos wijzigt. Om de convectie als gevolg van constructielekkage van kartonnen dozen verder te onderzoeken, is binnen ATO een meetopstelling opgebouwd. Doel van de metingen is het verband tussen de absolute druk binnen de doos en de snelheid van de gasuitwisseling te meten. De verpakking wordt hiertoe met perslucht met een bepaalde stroomsnelheid gespoeld. Het instromen van perslucht leidt tot een opbouw van overdruk totdat een evenwicht wordt bereikt: de hoeveelheid gas die per tijdseenheid de doos binnenstroomt is in dit geval gelijk aan de hoeveelheid gas die de doos per tijdseenheid verlaat als gevolg van de constructielekkage. Door het meten van de stroomsnelheid van het instromende gas en het meten van de evenwichtsoverdruk kan dus een verband tussen convectie lekkage en druk worden gelegd.

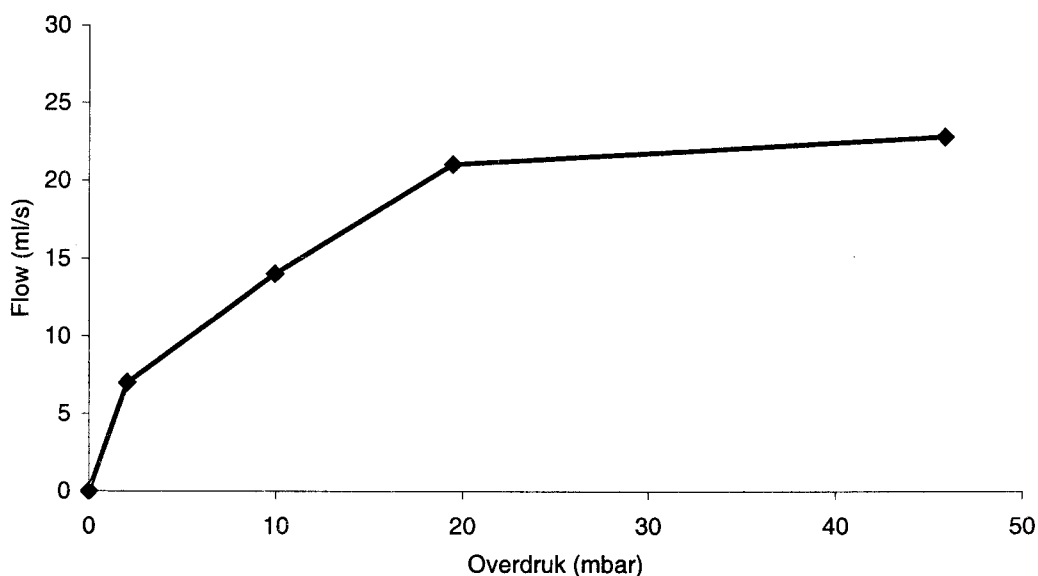


Figuur 5: Schematische weergave van het convectielek meetsysteem

Het verband tussen stroomsnelheid en overdruk wordt gegeven door de wet van Bernoulli voor adiabatistische stromingen (hier aangegeven met de adiabatistische constanten voor lucht):

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = \text{const} \cdot \sqrt{(p_0 + \Delta p)^{0.29} - p_0^{0.29}}$$

$\Delta V/\Delta t$ is de stroomsnelheid, p_0 de atmosferische druk en Δp de overdruk die binnen de doos opbouwt. De constante hangt af van de oppervlak van de lek, de adiabatische constante χ en de dichtheid ρ van lucht. Resultaten voor een met plakband afgedichte MA doos voor groenten en fruit zijn weergegeven in Figuur 6.



Figuur 6: Convectielekkage als functie van de druk gemeten aan een MA-doos voor groenten en fruit.

Het kwalitatieve verloop van de gemeten convectielekkage komt goed overeen met het verband tussen overdruk en stroomsnelheid die is gegeven door de wet van Bernoulli. Een voor de haalbaarheid van puur kartonnen gasverpakkingen uiterst belangrijk resultaat is dat convectie door de constructielekkage al bij uiterst lage over- en onderdrukken een efficiënte transportmechanisme voor gassen is: een overdruk van 3 mbar leidt bij de onderzochte doos al tot een lekkage van 3 ml / s = 180 ml / min. De constructielekkage van een doos kan zeker worden geoptimaliseerd, maar convectielekkage blijft voor het ontwerpen van puur kartonnen gasverpakking voor zuurstofgevoelige producten (b.v. vette vis, zuurstof leidt tot vetoxidatie) een beperkende factor.

3.4.3. Theoretisch model voor de gashuishouding in een gasverpakking voor verse vis

In de voorgaande paragrafen is aan de hand van modelsystemen (b.v. een afgedichte MA groenten en fruit doos gevuld met 'kunstcitroenen' voor experimenten voor de gas- en temperatuurhuishouding in een gasverpakking voor vis) kennis opgedaan over globale functionaliteit van een gasverpakking. Deze aanpak is noodzakelijk omdat in de beginfase van het project nog geen prototype van het beoogde verpakkingsconcept beschikbaar is: het onderzoek aan het begin van het project zal tot de keuze van een concept leiden, zodat daaropvolgend een prototype kan worden ontworpen en onderzocht.

Om de kennis die tot nu toe opgedaan is verder toe te spitsen op een gasverpakking voor vis is binnen ATO een model ontwikkeld voor het simuleren van de gas- en

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

temperatuurhuishouding van een kartonnen gasverpakking. De invloed van verschillende factoren zoals diffusie van gas door de verpakking, convectielekkage, absorptie van CO₂ door het product en afgifte van CO₂ door droogijs kunnen worden gesimuleerd en gevarieerd. Door middel van dit model kan de prestatie van geoptimaliseerde verpakkingsconcepten gesimuleerd worden, en de technologische haalbaarheid van deze concepten beoordeeld worden.

Functionaliteit van het model

Het model beschrijft het verloop van de concentraties kooldioxide, zuurstof en stikstof in de verpakking en opgelost in de vis. Ook beschrijft het model het verloop van het gewicht van het droogijs en de temperatuur van de vis in de tijd. De volgende aannamen zijn gedaan:

- De diffusiesnelheid van gassen door karton is evenredig met het concentratieverschil (wet van Fick);
- Droogijs sublimeert met een constante snelheid, pas als het droogijs op is wordt de snelheid nul;
- Een overdruk in de verpakking wordt meteen gereduceerd door een incidentele lek (convectielekkage);
- De vissen worden beschouwd als cilinders van 30 cm met een radius van 2 cm;
- De maximale oplosbaarheid van kooldioxide in vis is gelijk aan 30 procent van de maximale oplosbaarheid van kooldioxide in een volume water gelijk aan het volume van de vis;
- De diffusiesnelheid van kooldioxide in vis is gelijk aan de diffusiesnelheid van kooldioxide in water en volgt de wet van Henry;
- De energie die vrijkomt bij het sublimeren van droogijs wordt gebruikt om de temperatuur van de vis te verlagen. De temperatuur van de vis is homogeen en temperatuurveranderingen van de lucht in de verpakking, het karton en de omgeving zijn niet meegenomen;
- De aanwezigheid van water (of relatieve vochtigheid) is niet opgenomen in het model;
- Drip en kwaliteitsveranderingen van vis zijn nog niet opgenomen in het model.

De deelmodellen leiden tot een stelsel differentiaalvergelijkingen welke opgelost worden met een vierde orde Runge-Kutta methode.

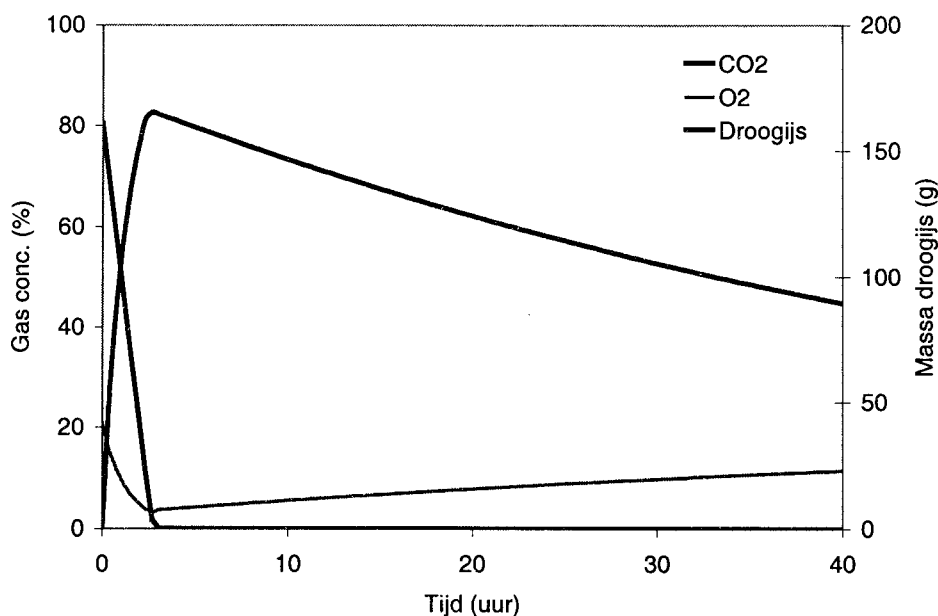
De parameters van het model zijn vastgesteld aan de hand van voorgaande experimenten (Tabel 4).

Parameter	Simulatie 1: Vereiste lek doos	Simulatie 2: Begassen doos d.m.v. droogijs	Simulatie 3: Opname CO ₂ in vis	Simulatie 4: Compensatie opname CO ₂
Massa droogijs [g]	0	160.8	0	400
Sublimatiesnelheid droogijs [g/h]	0	60	0	30
Volume verpakking [dm ³]	41.4	41.4	41.4	41.4
Lek [ml/min.bar]	1.2	9.4	1.2	1.2
Initiële gasconc. [% CO ₂ / N ₂ / O ₂]	100 / 0 / 0	0 / 78 / 21	100 / 0 / 0	0 / 78 / 21
Temperatuur omgeving [°C]	2	2	2	2
Temperatuur product [°C]	2	2	2	2
Kunstcitroenen [kg]	7.5	7.5	0	0
Massa vis [kg]	0	0	15	15
Aantal eenheden product [-]	0	0	40	40
Lengte eenheid product [m]	0	0	0.30	0.30
Radius eenheid product [m]	0	0	0.02	0.02

Tabel 4: Parameters in het model bij verschillende simulaties.

Op basis van de variabelen in Tabel 4 is met behulp van het model in simulatie 1 bepaald dat de lekkage van de doos maximaal 1.2 ml/ bar· min mag bedragen wanneer er van uitgegaan wordt dat de concentratie CO₂ niet eerder dan na 7 dagen van 100% tot 70% mag zijn gedaald.

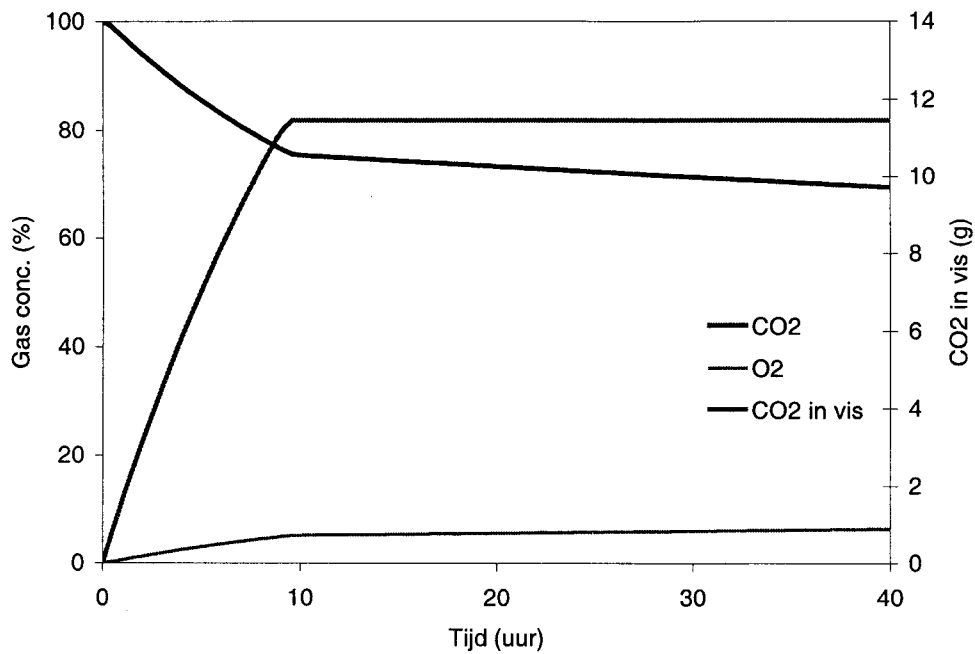
In Figuur 7 is het verloop van de concentraties CO₂ en O₂ gesimuleerd (simulatie 2), waarbij 160 g droogijs gebruikt wordt om een gewijzigde atmosfeer aan te brengen onder verdrijving van de op tijdstip 0 aanwezige lucht. Concentraties CO₂ hoger dan 80% kunnen slechts gedurende korte tijd gehandhaafd worden als gevolg van het nog vrij hoge lekkageniveau van de doos (9.4 ml/ bar· min).



Figuur 7: Begassen doos door middel van droogijs (simulatie 2).

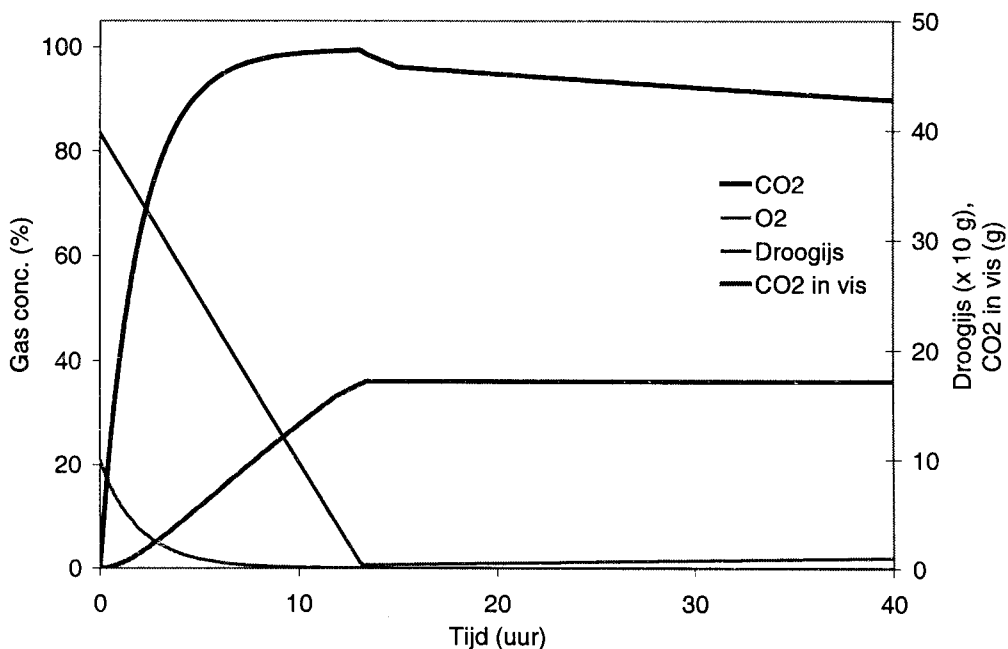
In simulatie 3 is de opname van CO₂ in 15 kg vis gesimuleerd (Figuur 8). Hierbij is uitgegaan van een initiële atmosfeer van 100% CO₂. Deze concentratie kan in de eerste 10 uur met ruim 20% dalen als gevolg van opname van CO₂ in de vis. Deze opname in de vis kan de gashuishouding dus behoorlijk verstoren en een aanzienlijke onderdruk (evenredig met de afname van het interne volume in de verpakking, zo'n 20% in dit geval) veroorzaken. Als gevolg van deze onderdruk kan lucht van buiten de verpakking aangezogen worden.

In Figuur 9 is het resultaat van een combinatie van beide voorgaande simulaties te zien (simulatie 4). Hierbij wordt het gasafgevend vermogen van het droogijs gebruikt om de afname van de concentratie CO₂ als gevolg van opname in de vis te compenseren en tegelijk de doos te begassen met CO₂ door afgifte van CO₂ in het begin van de bewaarperiode.



Figuur 8: Opname van CO₂ in vis (simulatie 3).

Deze simulatie maakt duidelijk dat onder de ingestelde omstandigheden minstens 400g droogijs nodig is om de periode waarin opname van CO₂ door de vis plaatsvindt (tot de vis verzadigd is) te overbruggen. Omdat deze verzadigingssnelheid veel lager is dan de sublimatiesnelheid, is veel meer droogijs nodig dan eigenlijk voor verzadiging van de vis noodzakelijk zou zijn. De benodigde hoeveelheid droogijs is een grove schatting, omdat bij het bepalen van de opnamesnelheid van CO₂ in de vis een aantal variabelen zijn geschat. Wanneer de vis b.v. net als schol dunner is, dan is de opnamesnelheid hoger en daarmee de benodigde hoeveelheid droogijs lager.



Figuur 9: Compensatie van opname CO₂ (simulatie 4).

3.4.4. Belangrijkste conclusies van het onderzoek naar puur kartonnen gasverpakkingsconcepten

Uit het voorgaande onderzoek kunnen volgende conclusies over het ontwerp van een gasverpakking voor verse vis worden getrokken:

1. Uitgaande van een transportduur van 7 dagen en een daling van de CO₂ concentratie van 100% CO₂ naar 70% CO₂ binnen 7 dagen is de vereiste lekkage van de doos 1.2 ml/ bar · min;
2. De permeatie door het verpakkingsmateriaal is voor een 40 × 60 × 20 cm³ HDPE / LDPE gecoate doos al 1.1 ml/ bar · min. Deze lekkage bevat nog geen bijdrage van de diffusie door constructielekkage of convectorie als gevolg van constructielekkage. Een coating met betere barrière-eigenschappen (b.v. PET) is dus noodzakelijk;
3. De permanente afgifte van CO₂ door droogijs gedurende de transportduur is niet haalbaar; het gewicht van de benodigde hoeveelheid CO₂ ijs is te hoog;
4. De mogelijkheid bestaat echter om de doos door afgifte van CO₂ binnen een beperkte periode te begassen;
5. De convectorie als gevolg van constructielekkage van de doos is een beperkende factor voor de gasdichtheid van de doos. Vooral de absorptie van CO₂ door het product leidt in de eerste uren na het verpakken door de ontstaande onderdruk tot een verhoogde lekkage: buitenlucht wordt binnen de doos gezogen. Dit beperkt de toepasbaarheid van een puur kartonnen doos voor zuurstofgevoelige producten (b.v. vette vis);
6. Het aanzuigen van buitenlucht veroorzaakt door de absorptie van CO₂ door het product kan worden voorkomen door het sublimeren van droogijs totdat het product met CO₂ verzadigd is;
7. Verhoogde lekkage veroorzaakt door convectorie blijft een mogelijk probleem voor zuurstofgevoelig product bij variërende buitenluchtdruk (b.v. tijdens luchttransport) of onder invloed van mechanische trillingen (pompeffect).

We kunnen concluderen dat door middel van combinaties van een geoptimaliseerde slimme doosconstructie en het begassen van de doos met droogijs eventueel de mogelijkheid bestaat een puur kartonnen verpakkingsconcept voor een minder zuurstofgevoelig product te ontwikkelen. Vanuit een verpakkingstechnologisch oogpunt is echter de voorkeur te geven aan een stabielere en breder inzetbare oplossing, waarbij het product is omgeven van een flexibele polymeerfilm: de kartonnen doos met een vacuümgevormde polymeerfilm.

3.5. Literatuuronderzoek naar de bewaarcondities voor de beoogde vissoorten

In het kader van deze eerste fase van dit project is literatuuronderzoek uitgevoerd specifiek gericht op de effecten van CO₂ en O₂ op de bewaring en kwaliteit van verschillende soorten vis om mee te nemen in de keuze van het verpakkingsconcept.

Kooldioxide

Kooldioxide heeft een sterke anti-microbiële werking doordat het de stofwisseling van bacteriën beïnvloedt en wordt om deze reden veelvuldig in hoge concentraties toegepast in gasverpakkingen voor vis. Het lost echter goed op in het vet en water van het visweefsel waardoor bij hoge concentraties 'pack collapse' (instorten van de verpakking) en verkleuring en verzuring van de verpakte vis op kunnen treden. Verder verlaagt kooldioxide de pH van het visweefsel, wat vooral bij magere vis en schaaldieren kan leiden tot ongewenst vochtverlies ('drip').

Zuurstof

Lage concentraties zuurstof remmen anaërobe *Clostridium* bacteriën en zijn om deze reden gewenst wanneer bij gasverpakte vis temperaturen lager dan 3°C niet gegarandeerd kunnen worden. Zuurstof kan bovendien bij sommige magere vissoorten belangrijk zijn voor de kleur en de geur. Groot nadeel van zuurstof is de oxidatieve werking op onverzadigde vetzuren in het vet van de vis, wat tot ranzigheid van de vis leidt. Dit probleem speelt vooral bij vette vissoorten. Om deze reden wordt bij vette vis de aanwezigheid van zuurstof afgeraden, zie Tabel 5.

Soort	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	N ₂ (%)
Vette vis	40 - 60	-	60 - 40
Magere vis	40	30	30
Schaaldieren	45	5	50

Tabel 5: Algemeen geadviseerde gascondities voor visserijproducten.

In Figuur 10 zijn bovengenoemde voor- en nadelen grafisch uitgezet om een en ander inzichtelijker te maken. De ovalen geven de in het algemeen aanbevolen gascondities weer voor een maximale houdbaarheid van vette vis (links) en magere vis (rechts).

De houdbaarheid van verse vis kan op verschillende manieren (microbieel, chemisch en sensorisch) beoordeeld worden:

Microbieel:

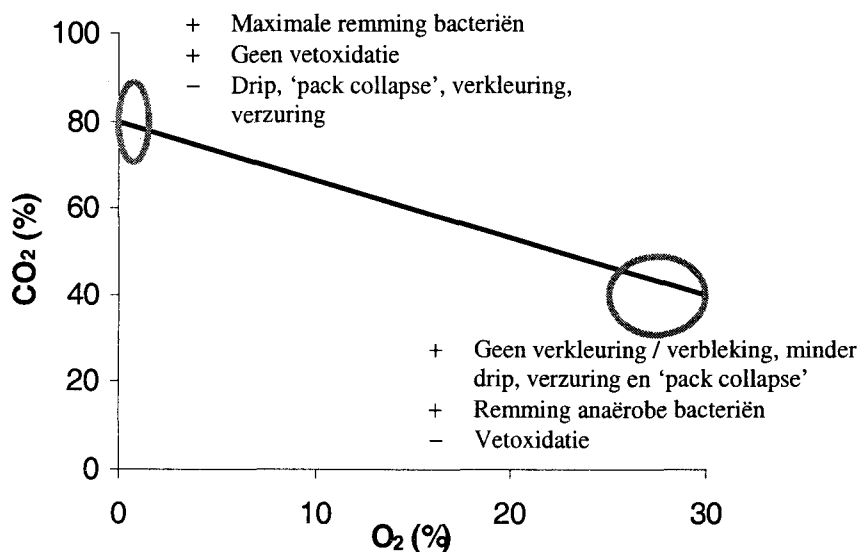
- TVC (Total Viable Count): aantal aanwezige bacteriën;
- Concentratie TMA (Trimethylamine): typische visgeur;
- Concentratie TVB (Total Volatile Bases): bacteriële afbraakproducten;

Chemisch:

- Oxidatie van vetten;
- pH-verandering door bacteriële afbraakproducten;

Sensorisch:

- Geur / aroma;
- Kleur / uiterlijk;
- Textuur (stevig / zacht).



Figuur 10: Voor- en nadelen van verschillende concentraties CO₂ en O₂.

De houdbaarheid zoals deze gevonden wordt in de wetenschappelijke literatuur varieert afhankelijk van de gebruikte beoordelingsmethode. Dit verklaart een groot deel van de variatie in de houdbaarheid zoals in de literatuur gerapporteerd wordt (zie Tabel 6 en Tabel 7). Bovendien zijn deze tests door verschillende onderzoekers, met verschillende partijen vis in verschillende jaren onder variërende laboratoriumomstandigheden uitgevoerd. Omdat deze experimenten specifiek op maximale houdbaarheidsverlenging gericht zijn, zijn de toegepaste concentraties CO₂ hoger dan de algemeen aangeraden concentraties van Tabel 5.

Zalm	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	Shelf Life (d)	Verlenging shelf life (d)	Bewaar T (°C)	Reden einde Shelf life
Steaks/filets	100	-	20	10	2	Sensorisch ¹
"	100	-	20	9	3	Microbieel ²
"	100	-	18	8	2	Microbieel ³
"	90	2	21	9	0	Microbieel, oxidatie ⁴
"	75	-	20	10	4	Microbieel ⁵
"	60	-	13	1	0	Sensorisch ¹
"	60	-	15+	0	1.8	Sensorisch ¹

Tabel 6: Houdbaarheid van zalm volgens verschillende literatuurbronnen.

