



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

**Masteroppgave 2020 30 stp**

Fakultetet for kjemi, bioteknologi og matvitenskap (KBM)

## **Potensialet for redusert plastforbruk til emballering av kyllingfilet ved bruk av monomaterialer (APET og HDPE) for å øke resirkuleringsgraden**

The potential for reducing plastic use in packaging chicken fillet by using monomaterials (APET and HDPE) to increase the recycling rate

Ellen Medhus

Matvitenskap



## Forord

Denne masteroppgaven på 30 studiepoeng ble gjennomført for Instituttet for kjemi, bioteknologi og matvitenskap (KBM) våren 2020. Oppgaven ble skrevet i samarbeid med Nofima innenfor innovasjonsprosjektet ReducePack og det strategiske programmet FoodMicro-Pack. Det praktiske forsøket ble utført i Nofima sin pakkehall og mikrobiologiske laboratorium. Jeg vil rette en takk til Norsk Kylling AS for levering av kyllingfilet til forsøket, og Nofima for at jeg fikk benytte meg av alle fasilitetene på huset under forsøksperioden.

Mange har hjulpet meg med den praktiske gjennomføringen av oppgaven. Jeg vil takke Tove Maugesten, Anette Wold Åsli og Hilde Haver (Nofima) for all opplæring og veiledning dere har gitt meg i forbindelse med de mikrobiologiske analysene. Jeg vil også takke Magnhild Seim Grøvlen (Nofima) for all opplæring av maskiner og instrumenter, og spesielt tiden du har brukt for å svare på alle spørsmål jeg har hatt gjennom forsøksperioden.

En spesiell takk vil jeg rette til min hovedveileder Marit Kvalvåg Pettersen (Nofima/NMBU) for den gode støtten og veiledning gjennom hele perioden. Din fleksibilitet for at oppgaven ble rettet mot mitt interessefelt og for all kunnskap du har delt, settes meget stor pris på.

Avslutningsvis vil jeg takke mine medstudenter på Ås for en fin studietid.

Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet  
Fakultet for Kjemi, Bioteknologi og Matvitenskap

Ås, Mai 2020

Ellen Medhus

## Sammendrag

I dag er det vanlig å pakke kyllingfilet i det komplekse materialet amorft polyetylen tereftalat/polyetylen (APET/PE) som ikke er resirkulerbart. Det er behov for å se på muligheten for å bytte til monomaterialer som er resirkulerbare og har redusert plastmengde for å øke resirkuleringsgraden. De resirkulerbare alternativene er preformede, stive skåler bestående av APET, PE med høy tetthet (HDPE) i standard tykkelse og HDPE med 4,26 gram redusert plastmengde. APET og HDPE er monomaterialene som blir benyttet i dette forsøket fordi deres barriereegenskaper er forskjellige og det er ønskelig å se hvordan dette påvirker et ferskt produkt som kyllingfilet.

I lagringsforsøket ble seks ulike emballaseløsninger lagret ved 4 °C i 24 dager hvor det ble tatt prøver ved dag 8, 14, 17, 20 og 24. Emballaseløsningen APET/PE med gass/produkt (g/p) forhold på 1, pakket med gassammensetningen 60 % CO<sub>2</sub>/40 % N<sub>2</sub> (60/40) er dagens løsning og fungerte som en referanse i forsøket. De fem andre emballaseløsningene var resirkulerbare monomaterialer av APET eller HDPE. APET emballaseløsningene hadde g/p 1 og var pakket med 60/40. De fire HDPE emballaseløsningene bestod av; HDPE standard (std.)- / light (l.) med g/p 1 pakket med 60/40, HDPE light g/p 1,5 pakket med 60/40 og HDPE light g/p 1 pakket med 100 % CO<sub>2</sub> og emitter.

Analysene som ble utført var måling av gassammensetning (oksygen- og karbondioksid konsentrasjonen i headspace), utseendevurdering, luktvurdering, væsketap, mikrobiologiske analyser og livsløpsanalyse.

APET g/p 1 60/40 var ikke signifikant forskjellig fra referansen APET/PE g/p 1 60/40 for måling av gassammensetning av oksygen- og karbondioksid i headspace, utseendevurderingen, luktvurderingen og væsketapet. I tillegg hadde APET- og APET/PE g/p 1 60/40 ikke signifikant forskjellige resultater for de mikrobiologiske analysene ved slutten av lagringsperioden (dag 20 og 24). Resultatene tilsier at APET g/p 1 60/40 kunne blitt et resirkulerbart alternativ, for å redusere bruken av det komplekse materiale APET/PE. Emballaseløsningen APET med overbane Biaxer 40 var også den emballaseløsningen som utfra livsløpsanalysen hadde lavest klima fotavtrykk sammenlignet med de andre.

De tre HDPE emballaseløsningene (std. g/p 1 60/40, l. g/p 1 60/40, l. g/p 1,5 60/40) var ikke signifikant forskjellig fra hverandre for utseendevurderingen, luktvurderingen, væsketapet og de mikrobiologiske analysene. Dette resultatet indikerer at g/p 1,5 til tross for økt CO<sub>2</sub> konsentrasjon ikke hadde signifikant hemmende effekt på bakterieveksten. Det var heller ingen signifikante forskjeller mellom de to HDPE emballaseløsningene (std. g/p 1 60/40, l. g/p 1 60/40) pakket med 60/40 med ulik materialtykkelse for utseendevurderingen, luktvurderingen, væsketapet og de mikrobiologiske analysene, som indikerer at det er potensiale for å redusere plasmengden fra HDPE standard til HDPE light. HDPE emballaseløsningene (std. g/p 1 60/40, l. g/p 1 60/40, l. g/p 1,5 60/40) pakket med 60/40 kunne blitt resirkulerbare alternativ til APET/PE g/p 1 60/40, da det ikke er store signifikante forskjeller.

HDPE light g/p 1 pakket med 100 % CO<sub>2</sub> og emitter hadde et signifikant forskjellig utseende og væsketap sammenlignet med referansen APET/PE g/p 1 60/40. Grunnen til dette var at emitteren i pakningen ikke var optimal fordi kapasiteten var for liten. Emitteren sin manglende kapasitet var uheldig, fordi HDPE light g/p 1 pakket med 100 % CO<sub>2</sub> og emitter var ikke signifikant forskjellig fra referansen APET/PE g/p 1 60/40 ved de mikrobiologiske resultatene og luktvurderingen.

## Abstract

Today, it is common to pack chicken fillet in the complex material amorphous polyethylene terephthalate/polyethylene (APET/PE) which is not recyclable. There is a need to look at the possibility of switching to mono materials that are recyclable and have reduced plastic use to increase the recycling rate. The recyclable options are preformed, rigid bowls consisting of APET, high density PE (HDPE) in standard thickness and HDPE with 4.26 grams of reduced plastic. APET and HDPE are the mono materials used in this experiment because their barrier properties are different, and it is desirable to see how this affects a fresh product such as chicken fillet.

In the storage experiment, six different packaging solutions were stored at 4°C for 24 days where samples were taken at days 8, 14, 17, 20 and 24. The APET/PE packaging solution with gas/product (g/p) ratio of 1 packed with 60 % CO<sub>2</sub>/40 % N<sub>2</sub> (60/40) is the current solution and served as a reference in the experiment. The other five packaging solutions were recyclable mono materials of APET or HDPE. The APET packaging solutions had g/p 1 and were packed with 60/40. The four HDPE packaging solutions consisted of; HDPE standard (std.)/ light (l.) with g/p 1 packed with 60/40, HDPE light g/p 1.5 packed with 60/40 and HDPE light g/p 1 packed with 100 % CO<sub>2</sub> and emitter.

The analyses conducted were the measure of gas composition (oxygen and carbon dioxide concentration in headspace), appearance assessment, odor assessment, drip loss, microbiological analyses and life cycle assessment (LCA).

APET g/p 1 60/40 was not significantly different from the reference APET/PE g/p 1 60/40 for measuring gas composition of oxygen and carbon dioxide in headspace, appearance assessment, odor assessment and drip loss. In addition, APET and APET/PE g/p 1 60/40 did not have significantly different results for the microbiological analyses at the end of the storage period (days 20 and 24). The results suggest that APET g/p 1 60/40 could become a recyclable option, to reduce the use of the complex material APET/PE. The APET packaging solution with topcoat of Biaxer 40 was also the packaging solution that had the lowest climate footprint compared to the others.

The three HDPE packaging solutions (std. g/p 1 60/40, l. g/p 1 60/40, l. g/p 1.5 60/40) were not significantly different from each other for the appearance assessment, odor assessment, drip loss and microbiological analyses. This result indicates that g/p 1.5 despite increased CO<sub>2</sub> concentration did not have a significant inhibitory effect on bacterial growth. There were also no significant differences between the two HDPE packaging solutions (std. g/p 1 60/40, l. g/p 1 60/40) packaged with 60/40 with different material thickness for the appearance assessment, odor assessment, drip loss and microbiological assays, indicating that there is the potential to reduce the amount of plastic from HDPE standard to HDPE light. The HDPE packaging solutions (std. g/p 1 60/40, l. g/p 1 60/40, l. g/p 1.5 60/40) packed with 60/40 could have been recyclable alternative to APET/PE g/p 1 60/40, as there are no major significant differences.

HDPE light g/p 1 packed with 100 % CO<sub>2</sub> and emitter had a significantly different appearance and drip loss compared to the reference APET/PE g/p 1 60/40. The reason for this was that the emitter in the experiment was not optimal because the capacity was too small. The emitter's lack of capacity was unfortunate, because HDPE light g/p 1 packed with 100% CO<sub>2</sub> and emitter was not significantly different from the reference APET/PE g/p 1 60/40 in the microbiological results and odor assessment.

# Innholdsfortegnelse

<b>Forord</b> .....	<b>i</b>
<b>Sammendrag</b> .....	<b>ii</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>iv</b>
<b>1 Introduksjon</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Teori</b> .....	<b>3</b>
2.1 <i>Emballasjens funksjon</i> .....	3
2.2 <i>Plastemballasje og polymerisasjon</i> .....	3
2.2.1 Polyetylen.....	4
2.2.2 Polyetylentereftalat .....	5
2.3 <i>Barriereegenskaper</i> .....	6
2.4 <i>Pakkemetoder: MAP og aktiv emballering</i> .....	6
2.5 <i>Kyllingfilet og produktkvalitet</i> .....	8
2.5.1 Utvalgte mikrobiologiske analyser .....	9
2.6 <i>Bærekraftperspektivet knyttet til plastemballasje og sirkulær plastemballasje</i> .....	11
<b>3 Materialer og metode</b> .....	<b>13</b>
3.1 <i>Forsøksdesign</i> .....	13
3.1.1 Materialer.....	13
3.1.2 Pakkem metode .....	15
3.1.3 Forberedelser og forforsøk .....	18
3.2 <i>Praktisk gjennomføring</i> .....	19
3.3 <i>Analyser</i> .....	21
3.3.1 <i>Oksyngjennomgang og gassammensetning</i> .....	21
3.3.2 <i>Utseendevurdering</i> .....	22
3.3.3 <i>Luktvurdering</i> .....	23
3.3.4 <i>Væsketap</i> .....	24
3.3.5 <i>Mikrobiologiske analyser</i> .....	24
3.4 <i>Statistisk analyse</i> .....	29



<b>4</b>	<b>Resultat og diskusjon.....</b>	<b>30</b>
4.1	<i>Gassammensetning.....</i>	30
4.2	<i>Utseendevurdering.....</i>	33
4.3	<i>Luktvurdering.....</i>	35
4.4	<i>Væsketap.....</i>	36
4.5	<i>Mikrobiologiske analyser.....</i>	39
4.6	<i>Livsløpsanalyse.....</i>	47
4.7	<i>Effekt av pakkemetode (gassammensetning, g/p forhold og lagringstid) for HDPE light.....</i>	49
4.8	<i>Oppsummering av sentrale funn og videre arbeid .....</i>	51
4.8.1	<i>Konklusjon.....</i>	52
4.8.2	<i>Videre arbeid.....</i>	54
	<b>Litteratur.....</b>	<b>55</b>
	<b>Vedlegg.....</b>	<b>a</b>

# 1 Introduksjon

Emballasjeindustrien står stadig ovenfor nye utfordringer, og fra et miljømessig syn blir bruken av emballasje ofte kritisert for å sløse med verdifulle råvarer og for å forurense miljøet. Rett emballasje bidrar ofte til mindre matsvinn, fordi det beskytter produktet mot fysisk skade og annen ødeleggelse. Et moderne samfunn ville ikke fungert uten emballasje. Det er viktig å huske på at den miljømessige belastningen av å ikke bruke emballasje er høyere enn ved bruk av emballasje. I stedet for å kjempe mot bruken av emballasje, burde det heller kjempes for å finne de mest optimale emballaseløsningene (Emblem & Emblem, 2012).

Emballasje, spesielt plastemballasje har i de senere år fått mye negativ oppmerksomhet knyttet til miljøaspektet. Et stort problem knyttet til håndtering av avfall er at avfallet ikke havner i søpla, men i naturen. Plast har lang nedbrytingstid, og vil ikke forsvinne like fort som matavfall eller papp dersom det skulle havne i naturen. I henhold til Ellen MacArthur Foundation (2016) er mengden plast som havner i naturen stor, det er snakk om hele 8 millioner tonn som årlig havner i havene rundt i verden. Dette tilsvarer dumping av en søppelbil med plast hvert eneste minutt. Dersom det ikke skjer en endring vil det med den hastigheten som er nå være mer plast enn fisk (i vekt) i havet innen 2050.

Plast er en essensiell del av det moderne liv, fordi plast har mange ønskede egenskaper sammenlignet med andre materialer som blir brukt til emballasje. Plast har lav egenvekt, er formbar og brukervennlig. Egenskapene gjør at man kan skreddersy plastemballasje utfra hvilket næringsmiddel man skal emballere, men for at plastemballasjen skal være mer fremtidsrettet må den helst være resirkulerbar, og derav produsert av monomaterialer (Emblem & Emblem, 2012).

Denne masteroppgaven er skrevet innenfor innovasjonsprosjektet ReducePack og det strategiske programmet FoodMicro-Pack. Det strategiske programmet FoodMicro-Pack skal bidra med ny kunnskap, hvor det blant annet er fokus på optimale emballaseløsninger og reduksjon av matsvinn (Finne Kure, 2017). ReducePack er et treårig innovasjonsprosjekt som er finansiert av Norges forskningsråd hvor hensikten er å redusere plastforbruket og de miljømessige utfordringene knyttet til plast. For å oppnå dette er det to strategier fra dette prosjektet som i denne oppgaven skal testes, nemlig å benytte mindre plast ved å redusere materialbruk (Reduce by Reduction) og øke bruken av materialer som kan materialgjenvinnes (Reduce by Recycle) (Pettersen, 2019).

Hensikten med denne oppgaven er å undersøke potensialet for redusert plastforbruk til emballering av ferske produkter. Studiet blir utført ved å se på muligheten for å bytte fra dagens løsning for pakking av kyllingfilet som er stive skåler bestående av det komplekse og ikke-resirkulerbare materialet APET/PE til monomaterialer som er resirkulerbare og har redusert plastmengde. De resirkulerbare alternativene er preformede, stive skåler bestående av APET, HDPE i standard tykkelse og HDPE med 4,26 g redusert plastmengde. APET og HDPE er monomaterialene som blir benyttet i dette forsøket fordi deres barriereegenskaper er forskjellige og det er ønskelig å se hvordan dette påvirker et ferskt produkt som kyllingfilet.

## **2 Teori**

### **2.1 Emballasjens funksjon**

Emballasje som benyttes til mat er helt essensielt, og det den bidrar med er helt avgjørende for produktet sitt livsløp. Emballasjen blir blant annet benyttet for å pakke inn, håndtere, beskytte, identifisere og selge produktet (Emblem & Emblem, 2012, p. 24).

Det skilles ofte på primær-, sekundær-, og tertiær- emballasje. Den primære emballasjen er den som er i direkte kontakt med produktet. Den primære emballasjen beskytter innholdet hvorav emballasjen fungerer som en beskyttende barriere mot det som befinner seg på utsiden. Eksempel på primær emballasje er plastbeholdere med mat inni og glassflasker med leskedrikk inni. Sekundær emballasje inneholder et varierende antall av primær emballasje, et eksempel på dette er en pappeske som består av ti glassflasker med leskedrikk hvor pappesken da fungerer som den sekundære emballasjen. Tertiær emballasje dannes av flere sekundære emballasjer. Denne emballasjen kan for eksempel være pakket inn i en strekkbar plastfilm som gjør den mer beskyttet under distribusjon (Emblem & Emblem, 2012, p. 6).

Det er viktig at emballasjen er tilpasset produktets behov for at den skal ha en god funksjon (Emblem & Emblem, 2012, p. 25). Det er for eksempel unødvendig å benytte for stor emballasje til et lite produkt, eller for mange lag med emballasje der det ikke er behov. Tilpassing og optimalisering av emballasjen er viktig for å gi produktet den mest optimale emballasjen.

### **2.2 Plastemballasje og polymerisasjon**

Plast er en essensiell del av det moderne liv, og med god grunn. Plast har mange ønskede egenskaper sammenlignet med andre materialer som blir brukt til emballasje. På et generelt grunnlag er plast meget formbar, har lav egenvekt og er brukervennlig. Dette gjør at man kan skreddersy plastemballasje utfra hvilket næringsmiddel man skal emballere. Det meste av emballasjen som benyttes til næringsmidler er laget av stoffene polyetylen (PE), polypropylen (PP) og polyetylentereftalat (PET) (Emblem & Emblem, 2012, p. 289).

Polymerisasjon er en kjemiske reaksjon som er sentral i kjemisk industri. Reaksjonen går ut på at et polymer molekyl dannes ved at mange repeterende enheter (monomere) festes sammen. Egenskapene til polymerne påvirkes av molekylets struktur, molekylvekt, graden av krystallinitet og kjemisk sammensetning. Plast er et syntetisk materiale som består av en eller flere polymerer,

samt ulike tilsetningsstoffer. Det meste av plasten utvinnes fra petroleum, som er en samlebetegnelse på råolje og naturgass. Råoljen i seg selv er ikke så praktisk å anvende, og må derfor foredles før anvendelse (Emblem & Emblem, 2012, p. 262).

Dersom polymeren er satt sammen av mange monomere som stammer fra den samme enheten, kalles det homopolymer, mens dersom to eller flere monomere er ulike i et polymer kalles det kopolymer. Det finnes ulike reaksjonsveier for dannelse av polymerer, et eksempel er addisjonspolymerisasjon og kondensjonspolymerisasjon (Emblem & Emblem, 2012, p. 262).

Addisjonspolymerisasjon er en addisjonsreaksjon (enheter legges sammen) som benyttes for polymerisasjon av etylen til polyetylen (PE). Formelen  $n(CH_2=CH_2) \rightarrow (-CH_2-CH_2-)_n$ , som i dette tilfelle betyr at «n» etylen grupper ( $CH_2=CH_2$ ) som er koblet sammen med dobbeltbinding brytes opp og kobles sammen til  $(-CH_2-CH_2-)_n$ , (polyetylen). For plasttypen polyetylen kan det være mellom 500 og 500 000 etylengrupper (Helseth, 2018b).

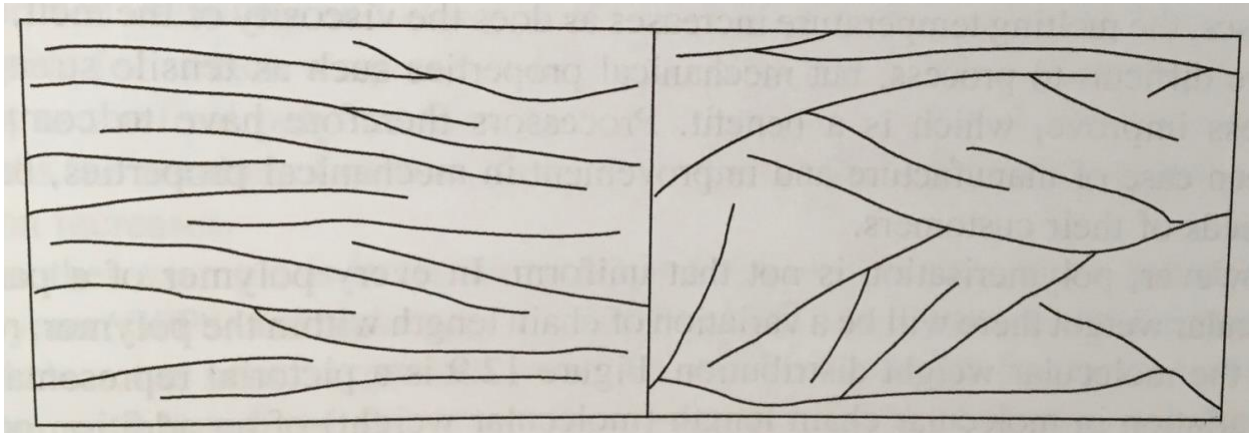
Kondensjonspolymerisasjon er en annen type polymerisasjon hvor molekyler blir spaltet av (Helseth, 2018a).

### **2.2.1 Polyetylen**

I familien polyolefiner finnes polyetylen (PE) og polypropylen (PP). Felles for de to er at de er hydrokarboner, bestående av kun hydrogen og karbon. PE har kjemisk formel  $(-CH_2-CH_2-)_n$  og fremstilles ved polymerisasjon av etylen (Emblem & Emblem, 2012, p. 263). PE klassifiseres ofte ut fra sin tetthet, hhv. polyetylen med høy- (HDPE) og lav tetthet (LDPE). Tettheten avgjøres av hvor forgrenet karbonkjeden er. Ved høy grad av forgrening kan man ikke pakke kjedene like tett og tettheten vil derfor være lavere (figur 1, t.h.) enn hos en kjede med lavere grad av forgreninger som kan pakkes tettere sammen (figur 1, t.v.).

Polyetylen med høy- og lav tetthet er to underkategorier som er viktig i emballasjesammenheng. Polyetylen med lav tetthet (LDPE) er et mykt plastmateriale med god strekkbarhet som gjør at den passer godt som plastfilm. LDPE har en ok fuktighetsbarriere, lav oksygenbarriere og myknes ved ca. 100 °C (smelteområdet er på 110-115 °C) (som gjør den økonomisk å produsere) (Emblem & Emblem, 2012, p. 293).

Polyetylen med høy tetthet (HDPE) er mer krystallinsk (mer ordnet struktur) enn LDPE som gjør at den er ugjennomsiktig, stivere og har bedre bruddstyrke enn LDPE. HDPE har en god fuktighetsbarriere og ok oksygenbarriere. HDPE myknes ved ca. 135 °C (smelteområde 130-140 °C) som gjør at den kan benyttes til boil-in-bag produkter. HDPE blir mest brukt til husholdningsprodukter slik som flasker til vaskemidler osv. (Emblem & Emblem, 2012, p. 295).



Figur 1: Polyetylen med høy tetthet (til venstre), og polyetylen med lav tetthet (til høyre) (Emblem & Emblem, 2012, p. 277)

### 2.2.2 Polyetylentereftalat

Polyetylentereftalat (PET) er navnet på termoplastisk polyester som benyttes til emballasje. PET finnes i amorf (mangler struktur på molekylnivå) og krystallinsk (ordnet struktur på molekylnivå) form, hhv. APET og CPET. Fuktighetsbarrieren til PET er omtrent det samme som LDPE, mens gassbarrieren til PET er høyere enn andre plastemballasjematerialer brukt til næringsmidler. PET passer derfor godt til drikker med kullsyre fordi den holder gassen inne i flasken. 90 % av all PET blir brukt til leskedrikk, som brusflasker og saft (Emblem & Emblem, 2012, p. 299).

PET fremstilles ved kondensjonspolymerisasjon av etylenglykol og tereftalsyre eller dimetyltareftalat ved 250-300 °C ved bruk av katalysator. En katalysator er et stoff som øker hastigheten på en kjemisk reaksjon uten å selv forbrukes, eller endre på den kjemiske likevekten ved å redusere reaksjonens aktiveringsenergi (Pedersen, 2019).

## 2.3 Barriereegenskaper

Ved modifisert atmosfære pakking (MAP) er det ønskelig at gassen man fyller i pakningen blir der, og at smakes- og aromakomponenter holder seg i pakningen. Barriereegenskapene til plastmaterialer indikerer deres resistens mot å absorbere eller diffundere substanser som gass, smaks- og aroma komponenter. Ulikt fra metall og glass så er plastmaterialer permeable, og ordet permeabilitet blir assosiert med en kvantitativ evaluering av barriereegenskapene til plastmaterialet. Plast med gode barriereegenskaper har lav permeabilitet (G. Robertson, 2013, p. 98).

Oksyngjennomgangen påvirkes av flere faktorer som material-tekniske forhold (materialtykkelse og polymertype), målebetingelse (temperatur og fuktighet) og pakke-tekniske forhold (pakkemetode, materialtykkelse, hjørner, og sveisekvalitet). En generell huskeregel er at temperaturen har større innvirkning jo tynnere materialet er.

Oksygenbarrieren til utvalgte plastmaterialer (høyest-lavest):  
PVDC (polyvenylklorid) > EVOH (etylenvenylalkohol) > PA (polyamid) > PET > PVC (polyvenylklorid) > PP (polypropen), PC (polykarbonat), HDPE > LDPE > PS (polystyren) (Eie, 2007)

## 2.4 Pakkemeter: MAP og aktiv emballering

Pakking med modifisert atmosfære (MAP) er mye brukt til emballering av næringsmidler og har til hensikt å forsinke ødeleggelse av produktet og derav gi bedre holdbarheten til produktet ved å begrense den mikrobiologiske aktiviteten og de kjemiske prosessene som forårsaker ødeleggelse av produktet.

Luften består av omtrent 78 % N<sub>2</sub>, 21 % O<sub>2</sub> og 0,03 % CO<sub>2</sub> + diverse edelgasser 0,97 %. Ved MAP blir luften erstattet av en sammensetning av gasser som skal forhindre ødeleggelse av produktet. Gassene som oftest blir brukt i MAP er nitrogen (N<sub>2</sub>), karbondioksid (CO<sub>2</sub>) og noen ganger oksygen (O<sub>2</sub>) (Gordon L. Robertson, 2013, p. 432).

Nitrogen er en inert gass uten lukt og smak. N<sub>2</sub> har lav løselighet i vann og fungerer som fyllgass for å unngå undertrykk og innsunket emballasje forårsaket av CO<sub>2</sub> som løses opp i overflaten på maten.

Karbondioksid (CO<sub>2</sub>) er veksthemmende på aerobe bakterier, Gram-negative bakterier, mugg og noen gjær. Funksjonen til CO<sub>2</sub> er best dersom konsentrasjonen er høy og temperaturen lav. CO<sub>2</sub> har høyere løselighet i matvare som har høyt vanninnhold eller fettinnhold, slik som rødt kjøtt, fjærfe og sjømat. I disse matvarene kan løseligheten av CO<sub>2</sub> føre til kollaps av pakningen på grunn av reduksjon av «headspace» volumet. Høyt nivå av CO<sub>2</sub> kan også føre til økt væsketap, og absorberende pads blir ofte brukt for å kompensere for dette (G. Robertson, 2013, p. 432).

Oksygen (O<sub>2</sub>) er en luktløs, fargeløs og reaktiv gass som har lav løselighet i vann. Oksygen i MAP har mange negative virkninger da oksygen gir gode forhold for vekst av aerobe mikroorganismer og sopp som krever oksygen for å vokse. Oksygen brukes dog ved pakking av noen matvarer for å bevare og stabilisere farge i f.eks. rødt kjøtt, eller ved pakking av frukt og grønnsaker for respirasjon (G. Robertson, 2013, p. 434).

For å utføre MAP må man ha pakkemaskiner som klarer å fjerne luften, og erstatte den med ønsket gassammensetning. Det finnes ulike teknikker for dette, og de tre vanligste maskinene er «form-fill-seal» maskiner, kammer maskiner og «snorkel» maskiner. I «form-fill-seal» maskinene blir den ønskede gassblandingen ført inn en kontinuerlig motstandsstrøm som gjør at luften tvinges ut og erstattes med gassblandingen før overbanen limes på (G. Robertson, 2013, p. 437).

MAP er som regel passiv emballering, men ved tilføring av absorber eller emitter som aktivt påvirker den indre gassatmosfæren kan dette klassifiseres som aktiv emballering (G. Robertson, 2013, p. 401). Aktiv emballering er ifølge Gordon L. Robertson (2013) definert som emballasje der substituerte bestanddeler bevisst er inkludert i emballasjematerialet eller i pakningen. Aktiv emballering kan bidra med flere parametere som å fjerne uønskede komponenter, tilføre ønskede komponenter, inhibere mikrobiologisk vekst, og endring gass permeabiliteten til filmen ved temperaturendring. Aktiv pakking handler generelt om å forlenge holdbarheten, eller opprettholde de sensoriske egenskapene ved å opprettholde kvaliteten til maten. Det finnes mange ulike konsepter for aktiv emballering slik som; absorbere, antimikrobiell pakking og CO<sub>2</sub> emittere (Vermeiren et al., 1999).

CO<sub>2</sub> som absorberes inn i overflaten av produktet har en ønsket hemmende effekt på bakterier. Absorpsjonen påvirker partialtrykket til CO<sub>2</sub> i pakningen som avhenger av forholdet mellom gass og produkt. Forholdet mellom gass og produkt kalles «g/p forhold». Det optimale g/p forholdet er at det er mer gass enn produkt i pakningen, men dette resulterer i mindre kostnadseffektiv transport



av produktet, og CO<sub>2</sub> emitter kan derav benyttes for å gjøre transporten mer kostnadseffektiv (Hansen et al., 2009). CO<sub>2</sub> absorpsjonen gjør også at gass sammensetningen i pakningen endres under lagring. Produkter som trekker til seg CO<sub>2</sub> kan føre til undertrykk i pakninger fordi mengde CO<sub>2</sub> gass blir mindre (Bjerkeng et al., 1995). En CO<sub>2</sub> emitter kan benyttes for å forhindre deformering og kollaps av pakninger.

En CO<sub>2</sub> emitter plasseres under produktet. Emitteren vil ved væskekontakt absorbere væske og avgi CO<sub>2</sub> gass. Gassproduksjonen bidrar til påfyll av CO<sub>2</sub> i pakningen for å forhindre kollaps, og endring av gass sammensetning i pakningen. En av hovedgrunnene til at man benytter seg av CO<sub>2</sub> emitter er for å gjøre transporten av produktet mer kostnadseffektivt, fordi man kan øke fyllingsgraden av produkt og kan ha lavere g/p forhold ved å bruke emitter (Hansen et al., 2009).

## **2.5 Kyllingfilet og produktkvalitet**

Kyllingfilet er svært populært på verdensbasis, og konsumeringen har de siste årene økt i flere land. Kommersiell kyllingfilet i Norge pakkes i dag med 70-50 % CO<sub>2</sub> og 50-30 % N<sub>2</sub>, og vil ved 4 °C ha en holdbarhet på ca. 19 dager (Holck et al., 2014).

Ved å ha kunnskap til de kjemiske og fysiske parameterne til de ulike mikroorganismene er det mulig å forstå hvilke mikroorganismer som kan forekomme i produktet utfra lagringsbetingelser som f.eks. temperatur og gassatmosfære (G. Robertson, 2013, p. 293).

Mikroorganismer som forårsaker ødeleggelse av maten er påvirket av to hovedfaktorer, selve produktet og omgivelsene til produktet (hhv. iboende faktorer og ytre faktorer). De to ytre faktorene som er mest relevant ved MAP er temperatur og gassatmosfære i pakningen.

På grunn av høyt næringsinnhold, høyt vanninnhold og relativ høy pH (5,7-6,7) har kyllingfilet en begrenset holdbarhet (G. Robertson, 2013, p. 465). Produksjon av kyllingfilet krever også mange steg, hvor det er flere trinn i produksjonsprosessen som er mulige farer for mikrobiologisk kontaminasjon (Holck et al., 2014).

Arter av *Pseudomonas*, *Achromobacter* og *Enterobacteriaceae* er ofte de begrensede faktorene når det kommer til holdbarhet på kyllingfilet. Heldigvis blir arter av *Pseudomonas* og *Achromobacter* effektivt hemmet av en CO<sub>2</sub> konsentrasjon på ca. 20 % (G. Robertson, 2013, p. 466).

Pakking med CO<sub>2</sub> er effektivt når mikrofloraen er dominert av Gram-negativ, aerobe, psykrotrofe bakterier. Bruken av CO<sub>2</sub> er derfor vanlig ved pakking av ferskt kjøtt, fjærkre og sjømat (G. Robertson, 2013, p. 452). Uansett om MAP pakkingen er effektiv, vil anaerobe forhold gi en dominerende mikroflora av anaerobe- eller fakultative anaerobe bakterier slik som *Lactobacillus* arter/melkesyrebakterier, *Brochothrix thermosphacta* og *Enterobacteriaceae*.

### **2.5.1 Utvalgte mikrobiologiske analyser**

Ved å utføre mikrobiologiske analyser for deler av kyllingfiletens mikrobiologiske flora får man en indikasjon på utviklingen gjennom lagringstiden, som kan påvirkes av faktorer som produksjonshygiene og lagringsbetingelser.

Totaltall benyttes ofte som indikator på kvaliteten og fordervelsesgraden til et produkt under en lagringsperiode. Totaltall kan både analyseres ved aerobe- og anaerobe forhold. Vekstsubstratet som brukes ved standard mikrobiologiske analyse for totaltall er Plate Count Agar (PCA). Mediet er et generelt rikt medium hvor de fleste bakterier vokser. PCA vil derfor være et godt vekstmedium for både de mesofile- og psykrotrofe bakteriene avhengig av inkubasjonstemperatur (Østlie et al., 2018). Mesofile bakterier har et temperaturoptimum i området 20 °C til 40 °C (Tronsmo, 2016) og trives i varmblodige dyr, som kylling. Psykrotrofe bakterier er bakterier som vokser godt ved lavere temperatur, og har stort sett vekstoptimumstemperatur rundt 20 °C, men kan vokse i et temperaturområde ned mot 0 °C (Tronsmo, 2016). Det vil si at de kan formere seg selv i kjølerom ved 0-4 °C, som er den anbefalte lagringstemperaturen for de fleste næringsmidler som er avhengig av kjølelagring.

Forekomsten av melkesyrebakterier kan detekteres på agarskåler med «de Man, Rogosa and Sharpe» (MRS) agar. Melkesyrebakterier (MSB) er Gram-positive, ikke sporedannende bakterier. Melkesyrebakterier kan forårsake bederving av mat, som oftest i kjølelagrede kjøtt- og fiskeprodukter som er vakuumpakket eller pakket med modifisert atmosfære (Nordisk metodikkomité for næringsmidler, 2007) fordi melkesyrebakterier kan bli stimulert av CO<sub>2</sub> (G L Robertson, 2011, p. 371). Endringer som forårsakes av MSB oppleves ofte som osteaktig og syrlig smak- og lukt på grunn av dannelse av melkesyre. MSB kan også gi bulene emballasje på grunn av gassdannelse, samt fargeendring til grønnskjær (Nordisk metodikkomité for næringsmidler, 2007).

*Brochothrix* spp. er en Gram-positiv, og fakultativ anaerob stavbakterie. *Brochothrix* spp. kan detekteres agarskåler med streptomycinsulfat thalliumacetat agar (STAA). *Brochothrix thermosphacta* forekommer vanligvis i kjølevarer som er vakuumpakket eller MAP, og kan forårsake fordervelse med markant uren-, sur smak og lukt (Nordisk metodikkomité for næringsmidler, 2010a).

Andelen av koliforme bakterier i næringsmidler bør være lav. Koliforme bakterier inkluderer en rekke tarmbakterier som har til felles at de kan spalte laktose til glukose og galaktose, som deretter kan fermenteres til gass og syre (Walstra et al., 2005).

Kolonier som vokser frem på Violet Red Bile Glukose agar (VRBGA) kan indikere *Escherichia coli*, men også andre slekter av *Enterobacteriaceae*. *Enterobacteriaceae* er en stor familie av Gram-negativ bakterier som er fakultativ anaerobe. *Enterobacteriaceae* familien inkluderer også bakterien *E. coli*. Deteksjon av *E. coli* er viktig for matkvaliteten, men bør ikke betraktes som et mål på fekal forurensing da andre typer koliforme bakterier enn *E. coli* kan komme fra jord eller vann (Østlie et al., 2018).

## **2.6 Bærekraftperspektivet knyttet til plastemballasje og sirkulær plastemballasje**

Forurensingsloven og avfallsforskriften regulerer hvordan avfallshåndtering skal utføres i Norge, men i tillegg må Norge følge EUs avfallspolitikk pga. EØS-avtalen. Norge følger EUs sitt rammedirektiv for avfall (2008/EF) og annet regelverk som er mer spesifikk på ulike avfallstyper, emballasjedirektivitet (94/62/EF) (Deloitte, 2019, p. 10).

Plastemballasje har et stort potensial når man ser på muligheten til å gjenvinne, men det forekommer også visse utfordringer med plastemballasjen slik den er i dag. Det positive med plastemballasje er at tørr og ren plast kan gjenvinnes opp til ti ganger, avhengig av plastfraksjonen. Miljøgevinsten ved å gjenvinne plasten i istedenfor å bruke ny jomfruelig plast er stor, to kilo olje spares dersom man gjenvinner en kilo med plast. Plastemballasje blir ofte designet slik at den skal møte de fleste utfordringer knyttet til emballasje av mat, noe som gjør at plastmaterialets kompleksitet øker og skaper utfordringer for materialgjenvinning (Deloitte, 2019, p. 9). Materialgjenvinning betyr at emballasjen utnyttes som råvarer til ny emballasje eller andre produkter (Deloitte, 2019, p. 3).

Plastemballasje som er sammensatt av ulike plasttyper slik som laminater gjør at den ofte ender opp til forbrenning, fordi utfordringen blir for stor for sorteringsanleggene (Deloitte, 2019). Energiutnytting (ofte kalt forbrenning) betyr at emballasjen forbrennes og energien brukes til oppvarming eller produksjon av elektrisitet. Det er også slik at rene plasttyper (monomaterialer) tapes til energiutnytting, fordi det er manglende etterspørsel i markedet. Det er en lang vei å gå med tanke på gjenbruk av plast. I verden er det estimert at 95 % av plastmaterialer ikke resirkuleres etter bruk, og med det faller hele 95 % av plasten ut av den sirkulære plastøkonomien (Ellen MacArthur Foundation/World economic forum, 2016).

Det er flere utfordringer knyttet til sirkulær plastverdikjede i Norge, blant annet hvordan vi håndterer avfallet. Hver kommune i Norge er ansvarlig for innbyggernes husholdningsavfall, som vil si at det finnes like mange systemer for håndtering av husholdningsavfall som kommuner i Norge. I de fleste norske kommuner skal man skille plastavfall fra annet avfall, og legge det i egne sekker/poser. Plastavfallet i Norge blir hovedsakelig ettersortert i Tyskland og videresendt til gjenvinning i andre land i Europa. Noen kommuner i Norge benytter seg også av sentrale ettersorteringsanlegg hvor ulike plastfraksjoner sorteres ut fra restavfallet (organisk avfall blir der kastet i egen pose og inngår ikke i restavfallet) (Emballasjeforeningen, 2019, p. 20).

Det er viktig for den sirkulære plastverdikjeden at plastavfallet som er resirkulert brukes igjen slik at man reduserer klimagassutslippene fra produksjon av jomfruelig plast. Før ble avfall mer eller mindre sett på som en belastning, en uønsket kostnad eller et problem, men det er viktig å huske at avfall også er en ressurs. Målet til sirkulærøkonomien er å utnytte alle ressurser optimalt slik at de bevares lengst mulig i kretsløpet (Klima- og Miljødepartement, 2017).

En metode som benyttes for å kartlegge den totale miljø- og ressursprofilen ved et produktsystem, eller man kan sammenligne to eller flere produkter sin miljøprofil og ressursmessige forhold til en definert funksjonell enhet er på engelsk kalt «Life Cycle Assessment» (LCA). På norsk blir det kalt livsløpsanalyse. Den funksjonelle enheten vil vise hva produktet yter i forhold til bestemte krav som produktet har (Møller & Hanssen, 1993, p. 9). Livsløpsanalyse er internasjonalt standardisert basert på ISO-standardene 14040-43 for gjennomføring av miljøvurderingene (Raadal et al., 2007, p. 6). LCA involverer en systematisk gjennomgang av alle prosessene fra utvinning råstoff til det ender som avfall. Ofte omtales hele prosessen til produktet; «fra vogge til grav» (NIBIO, n.d.).

## **3 Materialer og metode**

### **3.1 Forsøksdesign**

Seks ulike emballaseløsninger med ulike betingelser ble pakket med kyllingfilet fra Norsk Kylling i pakkehallen på Nofima innen 24 timer etter slakting. Kyllingfiletene som ble benyttet i forsøket ble levert 18. februar 2020 av Norsk Kylling AS. Norsk Kylling AS holder til på Støren i Midtre Gausdal kommune. Bedriften ble i 2012 heleid av REMA (Norsk Kylling, n.d.).

Emballaseløsningen APET/PE g/p 1, 60 % CO<sub>2</sub>/40 % N<sub>2</sub> (60/40) er dagens løsning, og fungerte som referanse. De fem andre emballaseløsningene er resirkulerbare monomaterialer av enten APET eller HDPE. HDPE skålene varierte ved de ulike parameterne materialtykkelse, g/p forhold og gass sammensetning (detaljer i tabell 1). APET og HDPE var monomaterialene som ble benyttet i dette forsøket fordi deres barriereegenskaper er forskjellige, og det var ønskelig å se hvordan dette påvirket et ferskt produkt som kyllingfilet. I tillegg ble økt CO<sub>2</sub> konsentrasjon benyttet for å se om det kunne bidra til redusert bakterievekst. Økt CO<sub>2</sub> konsentrasjon ble gjort ved å pakke HDPE light med 100 % CO<sub>2</sub> og emitter, og ved å øke g/p forholdet fra 1 til 1,5.

Lagringsforsøket gikk over 24 dager, og det ble tatt ut prøver ved dag 0, 8, 14, 17, 20 og 24. I teksten blir disse dagene referert til som «uttaksdager». Det ble utført ulike analyser (utseendevurdering, gassammensetning, luktvurdering, væsketap og mikrobiologiske analyser) på de seks emballaseløsningene.

#### **3.1.1 Materialer**

Skålene i forsøket var levert av tre ulike leverandører; HDPE skålene i både standard- og light versjon var levert av PRC Promens i Kristiansand, APET skålen var levert av Færch i Danmark, og APET/PE skålen var spesiallaget til pakkemaskinene på Nofima. Både HDPE- og APET skålen består av resirkulerbare monomaterialer.

Overbanen ble levert av Wipak. Overbanen «Biaxop 70 Peel» ble benyttet til HDPE, «Biaxer 40 PET Peel» til APET og «Biaxer 65» til referansen APET/PE. Overbanen til HDPE og APET hadde «peel»-funksjon som betyr at den var avtrekkbar og lettere å åpne. Tykkelsen på overbanene var hhv. 70 µm, 40 µm og 63 µm. Overbanene Biaxop 70 Peel var satt sammen av PP/EVOH/PE (fra utside til sveisesjiktet), og Biaxer 65 var satt sammen av PET/EVOH/PE og, Biaxer 40 PET Peel var satt sammen av PET/EVOH/PET. Alle tre overbanen hadde et tynt lag med EVOH på grunn av barriereegenskapene til EVOH (G. Robertson, 2013, p. 28).

Tabell 1. Forsøksdesign med detaljer om skålmaterialet, produktnavn (skål og overbane), gassammensetning, skålvolum og g/p forhold for emballaseløsningene som ble benyttet i forsøket.

Skålmaterialet	Produktnavn, skål	Produktnavn, overbane	Gass sammensetning	Skålvolum (ml)	g/p forhold
APET/PE	Multipet 550 (spesiallagd til Nofima)	Biaxer 65 (Wipak)	60% CO <sub>2</sub> / 40% N <sub>2</sub>	1200	1
HDPE	HDPE 526 std (PRC Promens, Kristiansand).	Biaxop 70 PEEL (Wipak)	60% CO <sub>2</sub> / 40% N <sub>2</sub>	1000	1
HDPE	HDPE 526 light (PRC Promens, Kristiansand).	Biaxop 70 PEEL (Wipak)	60% CO <sub>2</sub> / 40% N <sub>2</sub>	1000	1
APET	Clear APET, (Færch, Danmark).	Biaxer 40 PET Peel (Wipak)	60% CO <sub>2</sub> / 40% N <sub>2</sub>	685	1
HDPE	HDPE 526 light, (PRC Promens, Kristiansand).	Biaxop 70 PEEL (Wipak)	60% CO <sub>2</sub> / 40% N <sub>2</sub>	1000	1,5
HDPE	HDPE 526 light, (PRC Promens, Kristiansand).	Biaxop 70 PEEL (Wipak)	100% CO <sub>2</sub> (+ CO <sub>2</sub> emitter)	1000	1

### 3.1.2 Pakkemetode

Pakkingen ble utført ved bruk av skålpakkemaskinen Multivac T200 (Multivac, Wolfertschwenden, Germany) (figur 2). Skålene ble plassert i formen og skuffen skyves manuelt inn. Maskinen fylte gass og påførte overbane. Da skålene var ferdig emballert ga maskinen beskjed og skuffen ble trukket ut.



*Figur 2: Skålpakkemaskinen Multivac T200 (Multivac, Wolfertschwenden, Germany) i pakkehallen på Nofima (foto: internt, Nofima).*



Alle pakningene med unntak av HDPE 1. g/p 1 pakket med 100 % CO<sub>2</sub> og emitter hadde gassammensetningen 60 % CO<sub>2</sub> og 40 % N<sub>2</sub>. Pakkeprosessen ble gjennomført i den rekkefølgen som var mest praktisk. Det ble derfor byttet utstyr på pakkemaskinen færrest mulig ganger, fordi det var lettere å bytte overbane og gassledning enn å bytte utstyr på pakkemaskinen.

Det ble benyttet en kombinert CO<sub>2</sub> emitter og fuktabsorber (McAirlaid's) i emballaseløsningen HDPE 1. g/p 1 pakket med 100 % CO<sub>2</sub> og emitter. Videre i oppgaven står det «emitter», dog var dette en kombinert emitter og fuktabsorber («emitter» ble brukt som en forkortelse for «kombinert emitter og fuktabsorber»). Emmitteren bestod av PET film, cellulose, superabsorberende polymerer (SAP) og natriumhydrogenkarbonat, sitronsyre og smeltelim. Kapasiteten til CO<sub>2</sub> emmitteren var på 120 ml, og det ble derfor bestemt at det skulle benyttes to emmittere i pakningen på grunn av kapasiteten som er illustrert i figur 3.



*Figur 3: To CO<sub>2</sub> emittere plassert i emballaseløsningen HDPE light som skal pakkes med 100 % CO<sub>2</sub> (foto: privat).*

G/p forholdet til de ulike emballasjeløsningene ble brukt for å bestemme produktmengde til hver emballasjeløsning. I forsøket var det to ulike g/p forhold som ble benyttet, 1:1 og 1:2. HDPE light g/p 1,5 pakket med 60/40 var den eneste emballasjeløsning som hadde g/p forhold på 1,5. De andre emballasjeløsningene hadde g/p forhold på 1.

Formelen for g/p forhold ble i forsøket omgjort for å beregne produktmengde; gram kyllingfilet i pakningen. Formelen under viser hvordan produktmengde generelt ble regnet ut. Formelen ble benyttet for å finne rett produktmengde (tabell 2) for de ulike emballasjeløsningene ved bruk av skålenes volum og g/p forhold, som var kjente faktorer.

*Utregning produktmengde:*

$$\text{g/p-forhold} = \text{Gassvolum} / \text{produktmengde}$$

$$\text{g/p-forhold} = (\text{Skålvolum} - \text{produktmengde}) / \text{Produktmengde}$$

$$\text{Produktmengde} = (\text{Skålvolum} / \text{g/p-forhold}) / 2$$

*Tabell 2: Produktmengde (g) for de ulike emballasjeløsningene (bestående av materialtypene APET/PE, HDPE og APET) ble beregnet utfra de kjente parameterne g/p-forhold, skålvolum og gassvolum.*

<i>Skålmaterialet</i>	<i>g/p forhold</i>	<i>Skålvolum (ml)</i>	<i>Gassvolum (ml)</i>	<i>Produktmengde (g)</i>
<i>APET/PE</i>	1	1200	600,00	600,00
<i>HDPE</i>	1	1000	500,00	500,00
<i>HDPE</i>	1,5	1000	666,66	333,33
<i>APET</i>	1	685	342,50	342,50

### 3.1.3 Forberedelser og forforsøk

I forforsøket ble alle forberedelser til hovedforsøket utført. Veileder, andre tilsatte ved Nofima og undertegnede var på Romerike Avfallsforedling IKS (ROAF) den 21. januar 2020 for å se hvordan ulike plastfraksjoner ble behandlet. Anlegget er et av Europas mest moderne anlegg når det kommer til ettersortering av husholdningsavfall (Romerike Avfallsforedling IKS (ROAF), 2020). Det ble gitt en omvisning som ga innblikk i hvordan ulike plastfraksjoner ble identifisert og sortert.

Alle emballasjeløsningene sin oksyngjennomgang (OTR) ble målt for å få informasjon om materialenes barriereegenskaper. Pakking av skåler til OTR ble også brukt som en opplæring på hvordan skålpakkemaskinen, Multivac T200 (Multivac, Wolfertschwenden, Germany) fungerte.

De mikrobiologiske prøvene krevde endel forberedelser. Tillaging av agarskåler til hver prøveuttaksdag ble utført før hovedforsøket startet for de generelle mediene; PCA og MRS. STAA ble laget underveis i forsøket i tre bolker, fordi spesifikke medium (inneholder antibiotika) hadde begrenset holdbarhet ved  $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Nordisk metodikkomité for næringsmidler, 2010a). Violet Red Bile Glukose agar (VRBGA) innstøpes og ble derfor laget på morgenen på hver uttaksdag.

Til livsløpsanalysen ble ti skåler og seks overbaner veid hver for seg, og gjennomsnittet ble regnet ut. Vektene ble videresendt til Østfoldforskning, som utførte livsløpsanalysen.

## 3.2 Praktisk gjennomføring

Kyllingfiletene ankom om morgenen den 18. februar i ti kilos esker. Kyllingfiletene ble sortert på vekt i små plastbokser hvorav slingring på +/- 10 g var godkjent (figur 4). Emballasjeløsningene hadde ulikt skålvolum og derav ulik produktmengde (tabell 2), sorteringen gjorde at man kunne plukke riktig vekt kyllingfilet uten å veie seg frem til rett vekt for hver emballasjeløsning.



*Figur 4: Kyllingfileter sortert på vekt for å gjøre plukking av rett vekt enklere (foto: privat).*

Det ble pakket fire paralleller av hver emballasjeløsning til hver uttaksdag, samt noen ekstra dersom det skulle forekomme lekkasje. Dette tilsvarte 30 pakninger med kyllingfilet for hver emballasjeløsning, tilsammen 180 pakninger. Pakningene ble lagret i et kjølerom på 4 °C med tre temperaturloggere som loggførte temperaturen under hele lagringsforsøket.

På pakkedagen ble alle pakninger veid (g) slik at væsketap kunne beregnes. Det ble utført mikrobiologiske analyser på tre paralleller (tre kyllingfileter) på pakkedagen for å se utgangspunktet til kyllingfiletene for de utvalgte mikrobiologiske analysene.

Alle analysene vil bli beskrevet i detalj senere i metoden, men punktene under viser hvordan en generell uttaksdag ble gjennomført i kronologisk rekkefølge. Det samme oppsettet ble benyttet for dag 8, 14, 17, 20 og 24.

- Veiting og tillaging av VRBGA var det første som ble gjort om morgenen for å få agaren i rett temperatur til de mikrobiologiske prøvene ble utført.
- Gassammensetningen ble målt og utseendevurdering ble utført før de 24 pakningene ble åpnet. Det ble bestemt at måling av gassammensetningen og utseendevurderingen kunne utføres dagen før prøveuttak av tidsbesparende årsaker.
- De mikrobiologiske prøvene ble skjært ut ved bruk av sterilt utstyr og overført til merkede sterilposer (VWR, «Blender bags with lateral filter», 400 ml sterile), og plassert på kjølelager ved 4 °C frem til de mikrobiologiske analysene ble utført.
- Dommerne fikk utdelt et kodeark ved utføring av luktvurderingen. Brett med koder ble gjort klart dagen før, og en lik del på alle kyllingfileter skjæres ut og plasseres ved rett kode. Panelet utfører deretter luktvurderingen av alle kyllingfiletene.
- Væsketapet ble beregnet etter at kyllingfileten ble fjernet fra emballasjeløsningen. Væsken som lå igjen i pakningen ble veid for å beregne væsketapet.
- Før hver uttaksdag ble de mikrobiologiske analysene avlest. Dette måtte gjøres for å bestemme rett fortykning og for å kunne markere skåler til neste uttaksdag. De mikrobiologiske analysene ble fraktet fra pakkehallen og opp på Nofima sin mikrobiologiske lab, hvor analyser for totaltall, melkesyrebakterier, *B. thermosphacta*, *Enterobacteriaceae* og *E. coli* ble gjennomført.

### 3.3 Analyser

Analysene som ble utført var oksyngjennomgang og gassammensetning, utseendevurdering, luktvurdering, væsketap og mikrobiologiske analyser.

#### 3.3.1 Oksyngjennomgang og gassammensetning

Metoden som ble benyttet ved oksyngjennomgang (OTR) var «Ambient Oksygen Ingress Rate Method» (AOIR) som er en alternativ metode til «Ox-Tran» metoden. Metoden er basert på å måle økning i oksygenkonsentrasjonen i hele pakninger over tid. Sammenlignet med Ox-Tran metoden skal AOIR metoden ha endel fordeler; metoden skal ha høyere kapasitet, billigere utstyr, testingen gjøres ved realistiske temperaturer og realistisk relativ fuktighet (RH) (Larsen et al., 2000).

Instrumentet som ble benyttet var CheckMate 9900 O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> analyser (PBI Dansensor, Ringsted, Danmark). Instrumentet måler konsentrasjonen av oksygen og CO<sub>2</sub>, og resultatet kan brukes til å kalkulere oksyngjennomgangen (Larsen et al., 2000). Beregninger av OTR og CO<sub>2</sub>TR ved AOIR-metoden gjøres ved bruk av et eget beregningsark i Excel og oppgis som «ml oksygen/pkn x døgn» og «ml CO<sub>2</sub>/pkn x døgn».

Relativ fuktighet (RH) ble regulert ved å tilføre 5 ml vann i halvparten av pakningene. Tilføring av vann tilsvarte 100 % RH på innsiden, og uten vann tilsvarte 0 % RH på innsiden. Halvparten av skålene hadde 100 % RH, mens resten hadde 0 % RH (fem pakninger av hver).

Gassmålinger ble utført gjennom septa to ganger på 4 °C og to ganger på 23 °C, hvor tidspunktet for målingen noteres. Første måling ble tatt 18-24 timer etter pakking, og neste måling ble tatt ca. fem dager etter. Et intervall på fem dager ble både brukt på 4 °C og 23 °C. OTR for emballaseløsningene benyttet i dette forsøket er vist i tabell 3.

Tabell 3: ORT for emballaseløsningene APET/PE, APET, HDPE standard og HDPE light ved 4 °C og 23 °C med hhv. 100 % RH og 0 % RH.

		APET/PE	APET	HDPE standard	HDPE light
4 °C	100 % RH	0,12 ± 0,01	0,16 ± 0,01	1,96 ± 0,05	2,44 ± 0,21
	0 % RH	0,09 ± 0,08	0,21 ± 0,14	2,42 ± 0,58	2,69 ± 0,25
23 °C	100 % RH	0,76 ± 0,05	0,51 ± 0,13	6,94 ± 0,38	9,10 ± 0,96
	0 % RH	0,63 ± 0,27	0,86 ± 0,35	6,17 ± 0,84	7,43 ± 0,41

Rett etter emballering på pakkedagen ble oksygen- og karbondioksid konsentrasjonen i headspace målt gjennom septa ved bruk av CheckMate 9900 O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> analyser (PBI Dansensor, Ringsted, Danmark). Fem pakninger fra hver emballaseløsning ble målt for oksygen- og karbondioksid konsentrasjonen i headspace. Analysen ble utført gjennom septa, for å forsikre at det var rett gassammensetning og at det ikke var lekkasje i pakningen.

Oksygen- og karbondioksid konsentrasjonen i headspace ble også målt gjennom septa med CheckMate 9900 O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> analyser (PBI Dansensor, Ringsted, Danmark) ved hver uttaksdag for å undersøke hvordan gassammensetningen utviklet seg og om det hadde vært lekkasje.



*Figur 5: Instrumentet CheckMate 9900 O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> analyser (PBI Dansensor, Ringsted, Danmark) (foto: internt, Nofima).*

### **3.3.2 Utseendevurdering**

En utseendevurdering ble utført på hver uttaksdag, eller dagen før uttaksdagen av tidsbesparende og praktiske hensyn. Testen ble utført ved å se- og kjenne på alle pakningene for å undersøke om det var vakuumeffekt eller oppblåste pakninger. Poengskalaen gikk fra 0-6 hvorav 3 betyr «slik som ved pakketidspunkt». Verdier < 3 betyr «undertrykk (mot vakuumeffekt)», mens verdier > 3 betyr «oppblåste pakninger».

### 3.3.3 Luktvurdering

Luktvurdering ble utført på alle kyllingfiletene ved hver uttaksdag. En lik del av kyllingfileten ble skjært ut, samt to referanseprøver av fersk kyllingfilet (som ble fryst på pakkedagen og tint over natten skulle representere fersk kyllingfilet) ble skjært ut. Panelet utførte testen på 26 prøver (24 prøver + 2 referanseprøver av fersk kyllingfilet) hver uttaksdag.

To skåler med fersk kyllingfilet ble plassert ut som referanse, som dommerne benyttet til sammenligning under testen (figur 6, svart skål). Kyllingfiletene som ble brukt som referanse og referanseprøve i testen ble fryst ned ved dag 0 og tint over opp natten til hver uttaksdag. Oppsette med prøvebrettene, blindprøver og skjema for dommerbesvarelser er illustrert i figur 6.

Luktvurderingen ble gjennomført i pakkehallen på Nofima. Den ble utført av fire til seks personer som er ansatte ved Nofima. De ansatte er knyttet til avdelingen for mikrobiologi og emballasje. Panelet hadde relativ god erfaring med bedømmelse av kyllingfilet.

Prøvene ble tilfeldig plassert på et brett med tilfeldige koder som ble laget med «random funksjonen» i Excel. Hver dommer evaluerte prøvene fra 1-5, hvor 5 var «optimal lukt», score 3 var «tydelige endringer og avvikende lukt, men fremdeles akseptabel», score < 3 var «ikke akseptabel lukt» og score 1 var «veldig avvikende lukt»..

Prøvene ble plassert på kjølerom i ca. 15-20 minutter med sterilt blåpapir over seg for å unngå tørking av overflater før dommerne utførte luktvurderingen til avtalt tid.



Figur 6: Oppsettet til luktvurdering med brettene med kyllingbitene, referanseprøven og kodeark (foto: privat).



### 3.3.4 Væsketap

Beregning av væsketap ble gjort på alle pakningene ved hver uttaksdag. Ti tomme pakninger (skål + overbane + evt. emitter) fra hver emballasjeløsning ble veid og gjennomsnittet ble regnet ut. På pakkedagen ble alle pakninger veid med kyllingfilet, og på uttaksdagene ble pakningene veid med væsketapet som lå igjen etter at kyllingfileten var fjernet. Kyllingfileten ble holdt over pakningen til den hadde dryppet fra seg, for å få med alt væsketapet i pakningen før veiing.

*Utregning av væsketap (%):*

Væsketap (g) = Vekt (emballasje + væske) – Vekt (tom emballasje).

Væsketap (%) = (Væsketap (g) / Vekt kyllingfilet (g)) \* 100 %

### 3.3.5 Mikrobiologiske analyser

Det ble utført utvalgte mikrobiologiske analyser på kyllingfileter fra alle pakninger ved hver uttaksdag for å se utviklingen av de utvalgte bakteriene. Ved dag 0 ble det også tatt mikrobiologiske prøver av tre kyllingfileter for å kontrollere utgangspunktet.

Det ble utført fem mikrobiologiske analyser på kyllingfiletene. Testene for totaltall, melkesyrebakterier, *B. thermosphacta* og *Enterobacteriaceae* er standard tester som Nofima utfører ved analyse av kyllingfilet. *E. coli* testen ble også tatt med, fordi industrien ofte ønsker dette resultatet, men på grunn av Covid-19 ble ikke denne analysen utført i sin helhet. Detaljert informasjon om mediene, inkubasjonstemperatur, inkubasjonstid og atmosfære ved inkubasjon som ble benyttet i forsøket er gitt i tabell 4. Mediene (PCA, MRS agar, STAA og VRBGA) ble tillaget etter oppskriften som var gitt på boksen (produsent; Oxoid Ltd.) og *E. coli* testen ble utført på petrifilm og fremgangsmåten ble utført etter bruksanvisning på produsenten av *E. coli* petrifilmen sin nettside (3M Food Safety, 2017).

Tabell 4: Betingelser for de ulike mikrobiologiske analysene (totaltall, melkesyrebakterier, *B. thermosphacta*, *Enterobacteriaceae* og *E. coli*).

Type test	Medium	Inkubasjons- temp.	Inkubasjons- tid	Atmosfære
Totaltall	Plate Count agar (PCA)	30 °C	72 t	Aerobt og anaerobt
Melkesyre- bakterier	de Man Rogosa and Sharpe (MRS) agar	25 °C	Minst 2-5 døgn	Aerobt
<i>Brochothrix</i> <i>thermosphacta</i>	Streptomycin Thallous Acetat agar base (STAA)	25 °C	48 t	Aerobt
<i>Entero- bacteroaceae</i>	Violet Red Bile Glucose agar (VRBGA)	37 °C	24 t	Semi- aerobe forhold
<i>Echerichia coli</i>	3M™ Petrifilm™ E. coli	37 °C	24 t	Aerobt

### Prøvetakning og prøvepreparering

Prøvetakningen ble gjort på et representativt sted på kyllingfileten med overflate på 3 x 3 cm<sup>2</sup>, med 1 cm tykkelse (tilsvarer ca. 10 g). Det ble arbeidet sterilt under prøveuttakningen. Prøvene ble skjært ut med en skalpell og overført til merkede sterilposer (VWR, «Blender bags with lateral filter», 400 ml sterile).

Alle prøvene ble veid av en automatisk fortynningsmaskin «Dilumat 3 mk2» (AES laboratorie) for å beregne rett mengde fortynningsvæske. Den primære fortynningen bestod av en del prøve (10 g) og ni deler fortynningsvæske (90 ml) (Nordisk metodikkomité for næringsmidler, 2010b).

Saltvannpeptonløsning ble benyttet som fortynningsvæske til prøvene. Væsken bestod av natriumklorid, pepton og destillert vann (Nordisk metodikkomité for næringsmidler, 2010b).

Prøven ble homogenisert i stomacheren «Smasher» (AES laboratorie) i 60 sekunder. Denne suspensjonen tilsvarende en 10<sup>-1</sup> fortynning. Ved videre fortynning ble en del av den primære fortynningen (0,5 ml) blandet med ni deler av saltvannpeptonopløsning (4,5 ml), dette ga 10<sup>-2</sup> fortynning (osv. til videre fortynningsrekke).

## Bestemmelse av antall mikroorganismer ved kolonitellemetoden

Det ble utført fem mikrobiologiske analyser for deteksjon av hhv. totaltall, melkesyrebakterier, *B. thermosphacta*, *Enterobacteriaceae* og *E. coli*. Totaltall, melkesyrebakterier og *B. thermosphacta* ble utført ved overflatespredning, mens *Enterobacteriaceae* ble utført ved innstøping og *E. coli* ble utført på petrifilm.

100 mikroliter ( $\mu\text{l}$ ) ble pipettert på agarskålen ved overflatespredning. Pipettering av 100  $\mu\text{l}$  fra  $10^{-1}$  fortynningen tilsvarer dette  $10^{-2}$  på skål. Prøven ble spredt utover med en steril glasstav.

Ved innstøping ble 1000  $\mu\text{l}$  pipettert på en tom agarskål, og deretter slås agaren over. 1000  $\mu\text{l}$  fra  $10^{-1}$  fortynningen tilsvarer  $10^{-2}$  fortynning på skål, og 100  $\mu\text{l}$  fra  $10^{-1}$  fortynningen tilsvarer  $10^{-3}$  fortynning på skål. 100  $\mu\text{l}$  er den laveste mengden (i  $\mu\text{l}$ ) som kan benyttes ved innstøping, for at man skal få et godt resultat. Rett etter tilføring av agar roteres skålene i 8-tall for at prøvematerialet skulle være tilstrekkelig blandet, etter størkning ble et agar-lokk tilført for å få semi-aerobe forhold.

Alle agarskåler ble tørket i avtrekksskap uten lokk før inkubasjon. Skålene ble sortert og plassert i inkubasjonsskap på rett inkuberingstemperatur. Arbeid knyttet til de mikrobiologiske prøvene ble utført sterilt. Tørking av skåler og innstøping ble utført på sterilbenken med avtrekk (Østlie et al., 2018).

## Avlesing og fremstilling av resultat

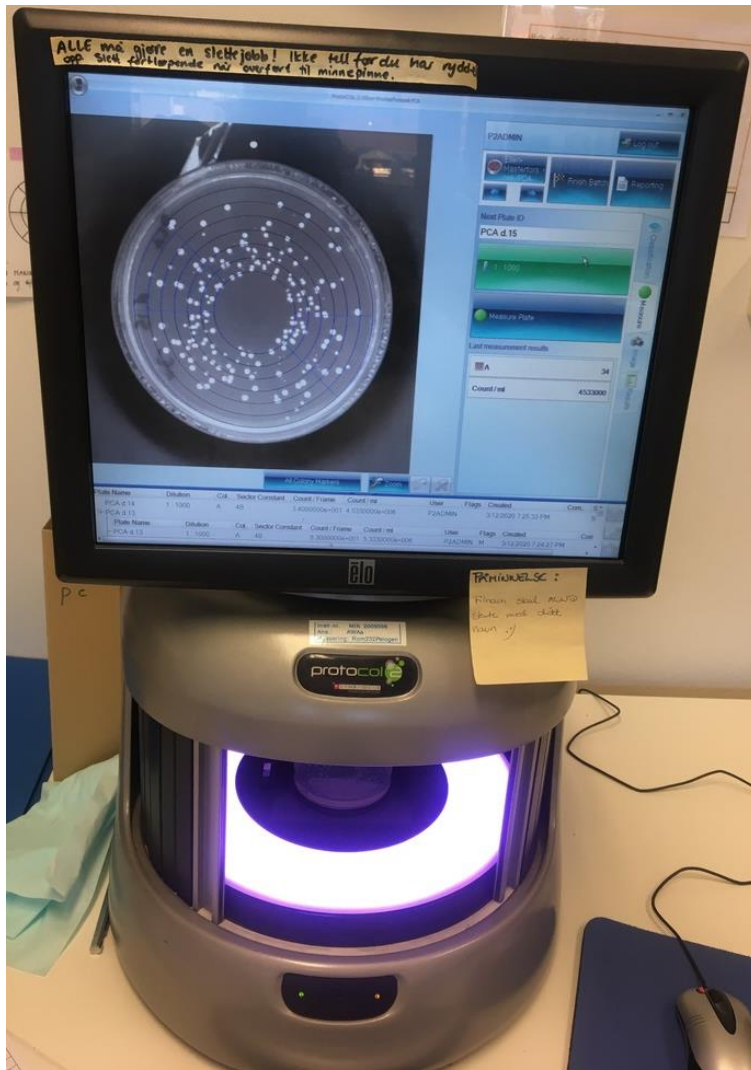
Etter inkubasjon ble skålene manuelt telt ved å merke de koloniene man hadde talt med penn, for å holde oversikt. Tabell 5 oppsummerer utseende, antall og størrelse på koloniene for de ulike testene som ble hentet ut fra «Nordisk Medtodikkomitè For Næringsmidler (NMKL)»-metoder for de ulike testene og fra nettsiden til *E. coli* petrifilmen (3M Food Safety, 2017; Nordisk metodikkomité for næringsmidler, 2005, 2007, 2010a, 2013).

Tabell 5: Utseende til de ulike koloniene for de respektive mikrobiologiske tetene (totaltall, melkesyrebakterier, *B. thermosphacta*, *Enterobacteriaceae* og *E. coli*, samt grenser for antall kolonier som skal telles der det er oppgitt.

Type test	Utseende, antall og størrelse
Totaltall	Alle kolonier telles. Skåler med 25-250 kolonier telles.
Melkesyrebakterier	Hvite eller grå kolonier med en diameter på 1,5 +/- 0,5 mm. Skåler med 15-150 kolonier telles.
<i>B. thermosphacta</i>	Tydelige, sirkulære, svak konveks, blanke og hvitaktige kolonier med en diameter på 1-2 mm. Skåler med på 25-250 kolonier telles.
<i>Enterobacteriaceae</i>	Rosa til lilla/røde kolonier. Skåler med 15-150 kolonier telles.
<i>E. coli</i>	Blå kolonier med tilhørende gassbobler telles.

Resultatet oppgis i «cfu/g» (cfu= koloniformede enheter) som betyr antall kolonier multiplisert med fortynningsfaktoren. Resultater ble gitt logaritmisk i «log cfu/g» som gjøres ved å ta «log10» av «cfu/g» (Østlie et al., 2018)

«WASP – Whitley Automatic Spiral Plater» (Don Whitley Scientific LTD) ble benyttet for å få flere fortyninger på en skål. Instrumentet gjør også at kolonitellemetoden ble standardisert. Koloniteller Protocol2 (Synbiosis) ble benyttet for å lese av skålene, da disse skålene ikke kan telles manuelt (figur 7).



Figur 7: Koloniteller Protocol2 (Symbiosis) benyttet til avlesing (foto: privat).

### 3.4 Statistisk analyse

Alle de statistiske analysene ble utført i Minitab 19 (versjon 19.2.0.0).

Enveis ANOVA ble utført for alle responsene (de mikrobiologiske analysene, luktvurderingen, væsketapet og utseendevurderingen), hvor de seks emballasjeløsningene ble sammenlignet pr uttaksdag for å se om det var signifikante forskjeller. Enveis ANOVA sammenlignet de seks emballasjeløsningene som har ulikheter i skålmateriale, gassammensetning og g/p forhold (se tabell 1). Signifikante forskjeller med p-verdi  $< 0,05$  mellom de ulike variablene rangeres ved bruk av Tukey parvise sammenligningstest i Minitab. Gjennomsnittene som ikke deler bokstav var signifikant forskjellig fra hverandre.

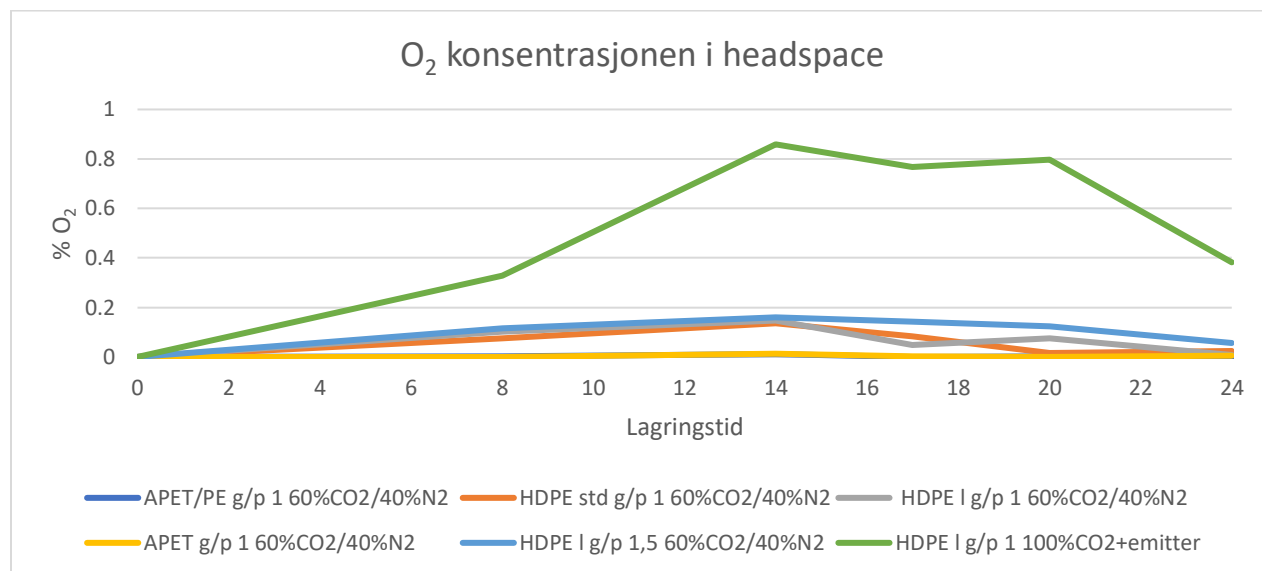
I en annen statistisk analyse (generell lineær modell, GLM ANOVA) utført på emballasjeløsningene som bestod av HDPE light (HDPE l. g/p 1 60 % CO<sub>2</sub> og 40 % N<sub>2</sub>, HDPE l. g/p 1,5 60 % CO<sub>2</sub> og 40 % N<sub>2</sub> og HDPE l. g/p 1 100 CO<sub>2</sub> %+ emitter). Analysen ble utført på HDPE l. med variasjoner i; g/p forhold, emitter og lagringstid. Denne statistiske analysen (GLM) inkluderte hovedeffektene; g/p forhold, emitter og lagringstid. Responsene var de mikrobiologiske analysene (totaltall; aerobt og anaerobt, melkesyrebakterier, *B. thermosphacta*, *Enterobacteriaceae*) og de andre analysene; luktvurdering, væsketap og utseendevurdering. Resultatet fra den statistiske analysen (GLM) ga informasjon om hovedeffektene (g/p forhold, emitter og lagringstid) hadde effekt på noen av responsene. Hypotesene ble testet med et signifikansnivå på 5 %. En p-verdi under 0,05 gjorde at man kunne forkaste null hypotesen med 95 % sikkerhet, og konkludere med 95 % sikkerhet at hovedeffektene hadde signifikant effekt på responsene.

## 4 Resultat og diskusjon

Resultatet fra forsøket er presentert under, og tilhørende rådata finnes i vedlegg 1-4. Temperaturen på kjølelageret hvor kyllingfileten ble lagret ble kontrollert med temperaturloggere, og avlest etter lagringsperioden. Temperaturen på kjølelageret var på 3,99 °C +/- 0,13 °C gjennom hele lagringsperioden (vedlegg 5).

### 4.1 Gassammensetning

Måling av gassammensetning og kontroll av pakkingene for å utelukke lekkasje, ble utført ved å måle oksygen- og karbondioksid konsentrasjonen i headspace til pakningene gjennom lagringsperioden. Figur 8 viser O<sub>2</sub> konsentrasjonen i headspace, og figur 9 viser CO<sub>2</sub> konsentrasjonen i headspace.

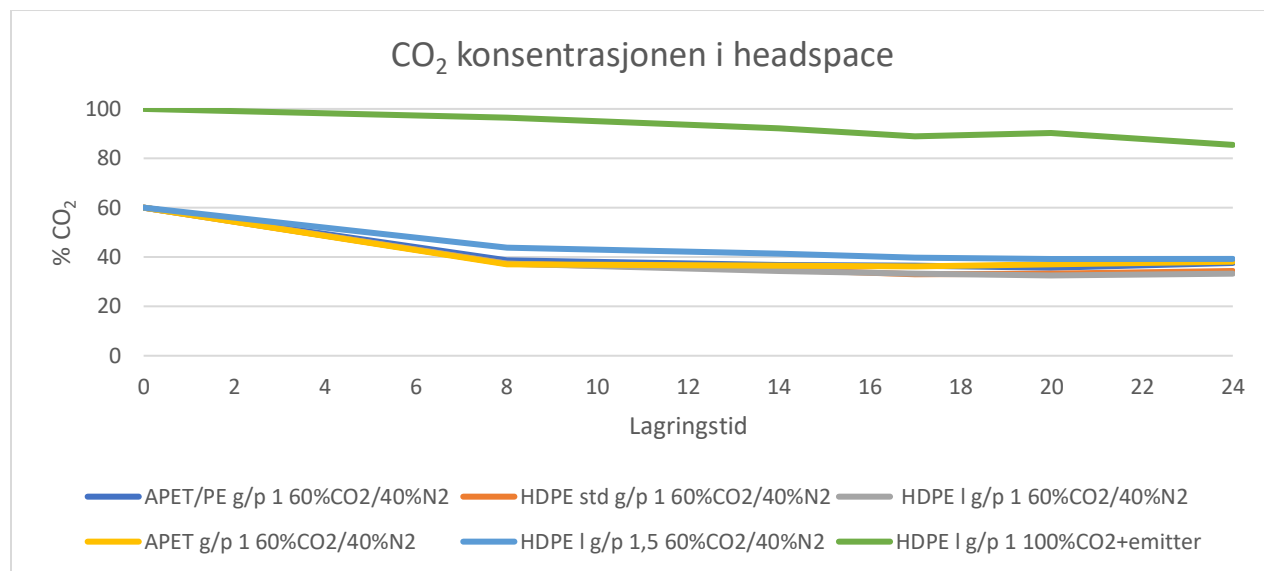


Figur 8: O<sub>2</sub> konsentrasjonen (y-akse) i headspace i pakningene med kyllingfilet for emballasjeløsningene (bestående av materialtypene APET/PE, HDPE (std. og l.) og APET, ulike g/p forhold (1 og 1,5), og gassammensetning 60/40 og 100) gjennom lagringsperioden på 24 dager lagret ved 4 °C (x-akse).

Oksygen konsentrasjonen i headspace var <0,16 % for emballasjeløsningene pakket med 60 % CO<sub>2</sub> og 40 % N<sub>2</sub> (60/40) og <0,90 % for HDPE l. g/p 1 pakket med 100 % CO<sub>2</sub> og emitter. Alle resultatene for oksygenmålingen var under 1 %, det kan da konkluderes med at ingen av pakningene hadde lekkasje.

Referansen APET/PE- og APET med g/p 1 60/40 hadde signifikant lavere (p-verdi <0,05) oksygen konsentrasjon i headspace enn de andre emballasjeløsningene frem til og med dag 14 i lagringsforsøket i følge enveis ANOVA. Dette resultatet indikerer at APET g/p 1 60/40 hadde samme oksygenkonsentrasjon i headspace som referansen APET/PE g/p 1 60/40. Under forberedelsene til forsøket ble OTR målt for de ulike emballasjeløsningene, se tabell 3. APET/PE og APET hadde hhv.  $0,12 \pm 0,01$  og  $0,16 \pm 0,01$  ved 100 % RH lagret ved 4 °C. Dette var en nokså liten forskjell, og indikerte at barriereegenskapene til de to materialene var nokså like.

O<sub>2</sub> konsentrasjonen i headspace som reduseres i løpet av lagringsperioden kan knyttes til metabolismen til noen bakterier som forbruker oksygen (Pettersen & Hansen, 2012). Alle emballasjeløsningene hadde en økning i oksygen konsentrasjon i headspace frem til og med dag 14, og etter det var det reduksjon. Reduksjonen etter dag 14 kan knyttes til at noen bakterier bruker oksygen i sin metabolisme.



Figur 9: CO<sub>2</sub> konsentrasjonen (y-akse) i headspace i pakningene med kyllingfilet for emballasjeløsningene (bestående av materialtypene APET/PE, HDPE (std. og l.) og APET, ulike g/p forhold (1 og 1,5), og gassammensetning 60/40 og 100) gjennom lagringsperioden på 24 dager (x-akse) lagret ved 4 °C.

CO<sub>2</sub> konsentrasjonen i headspace sank til <40 % for emballasjeløsningene pakket med 60 % CO<sub>2</sub> og 40 % N<sub>2</sub> etter få dager. Observasjonen kunne knyttes til at CO<sub>2</sub> løste seg opp i kyllingfiletens overflate frem til metningspunktet (Rotabakk et al., 2007). Flere studier, blant annet Balamatisa, Patsias og Kontominas (2007) og Pettersen og Hansen (2012) har rapportert om samme reduksjon i CO<sub>2</sub> konsentrasjonen i headspace etter kun få dager.

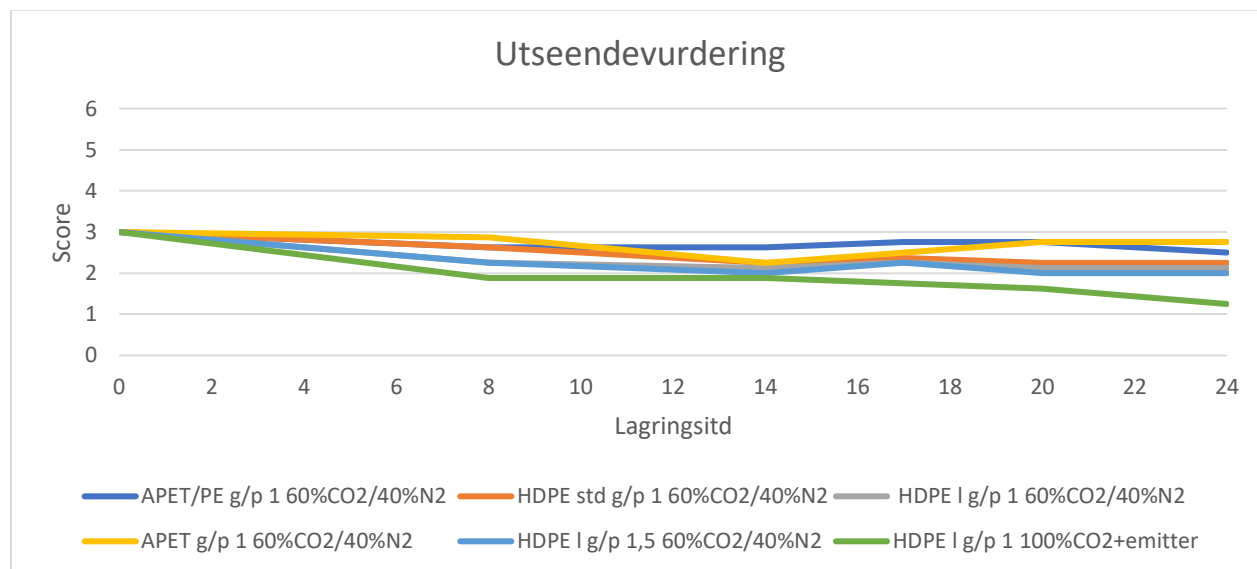


CO<sub>2</sub> konsentrasjon i headspace fortsatte å synke utover lagringsperioden, med unntak for HDPE l. med g/p 1,5 60/40. Pakking med g/p 1,5 gir mer nitrogen og CO<sub>2</sub> i pakningene sammenlignet med pakningene med g/p 1. Nitrogen er en inert gass og vil ikke forbrukes slik som oksygen, eller løse seg opp i produktet slik som CO<sub>2</sub>. Konsentrasjonen av nitrogen på utsiden av pakningen var høyere enn konsentrasjonen på innsiden, og pga. likevekten vil nitrogen forbli i pakningen. Det at CO<sub>2</sub> konsentrasjonen i headspace holder seg mer stabil ved g/p forhold 1,5 kan også sees i andre studier som Rotabakk, Lekanger og Sivertsvik (2007). HDPE l. g/p 1,5 pakket med 60/40 hadde signifikant høyere (p-verdi <0,05) CO<sub>2</sub> konsentrasjon i headspace enn de fire emballaseløsningene med g/p 1 som også var pakket med 60/40 (APET/PE g/p 1 60/40, HDPE std. g/p 1 60/40, HDPE l. g/p 1 60/40, APET g/p 1 60/40) til dag 24 ved enveis ANOVA. Resultatet indikerer at økt g/p forhold (g/p 1,5 sammenlignet med g/p 1) gjør at CO<sub>2</sub> konsentrasjon i headspace holder seg mer stabil.

HDPE light g/p 1 pakket med 100 % CO<sub>2</sub> og emitter hadde ved slutten av lagringsperioden ca. 85 % CO<sub>2</sub> konsentrasjon i headspace, og en nedgang på 15 % CO<sub>2</sub> i headspace på 24 dager. Dette kan tyde på at kapasiteten til emitteren ikke var optimal, da pakningen også hadde redusert volum ved utseendevurderingen (se kap. 4.2). HDPE light skålen hadde ikke like god barriere som APET/PE- og APET skålen (se tabell 3, OTR), og resultatet for HDPE l. pakket med 100 % CO<sub>2</sub> kunne knyttes til at nitrogen hadde kommet inn i pakningen. Holck, Pettersen, Moen og Sørheim (2014) rapporterte en nedgang på kun få prosent (merk: APET/PE skål med emitter og 100 % CO<sub>2</sub>) med omtrent samme lagringstid. En nedgang på 15 % CO<sub>2</sub> i headspace når det i tillegg var benyttet en CO<sub>2</sub> emitter, var nokså mye selvom skålmaterialet var ulikt i denne sammenligningen. Resultatet kan knyttes både til gassbarrieren til HDPE light og manglende kapasitet til CO<sub>2</sub> emitteren. HDPE l. g/p 1 pakket med 100 % CO<sub>2</sub> og emitter var signifikant forskjellig (p-verdi <0,05) fra de andre emballaseløsningene til dag 24, både for CO<sub>2</sub>- og oksygen målingene av gassammensetningen ved enveis ANOVA.

## 4.2 Utseendevurdering

Utseende til hver pakning ble vurdert på en skala fra 0-6. Score 3 var «slik som ved pakketidspunkt», score < 3 var «undertrykk (mot vakuumeffekt)», mens score > 3 var «oppblåste pakninger». Figur 10 viser resultatet fra utseendevurderingen gjennom lagringsperioden (vedlegg 2 viser eksakt score og standardavvik). Utseendevurderingen var i hovedsak utført for å se hvorvidt CO<sub>2</sub> emitteren hadde fungert. Vedlegg 6-8 viser utseende til de andre emballaseløsningene.



Figur 10: Utseendevurdering på en skala fra 0-6 (y-akse) av emballaseløsningene (bestående av materialtypene APET/PE, HDPE (std. og l.) og APET, ulike g/p forhold (1 og 1,5) og gassammensetning 60/40 og 100) gjennom lagringsperioden på 24 dager lagret ved 4 °C (x-akse).

Utseende til HDPE l. g/p 1 pakket med 100 % CO<sub>2</sub> og emitter hadde gjennomsnittlig lavere score enn utseende til de andre emballaseløsningene (figur 10) som betyr at utseende var preget av undertrykk (mot vakuumeffekt). HDPE l. g/p 1 pakket med 100 % CO<sub>2</sub> og emitter hadde signifikant lavere score (p-verdi <0,05) og mer undertrykk enn de andre emballaseløsningene med samme g/p forhold ved dag 24 ved enveis ANOVA.

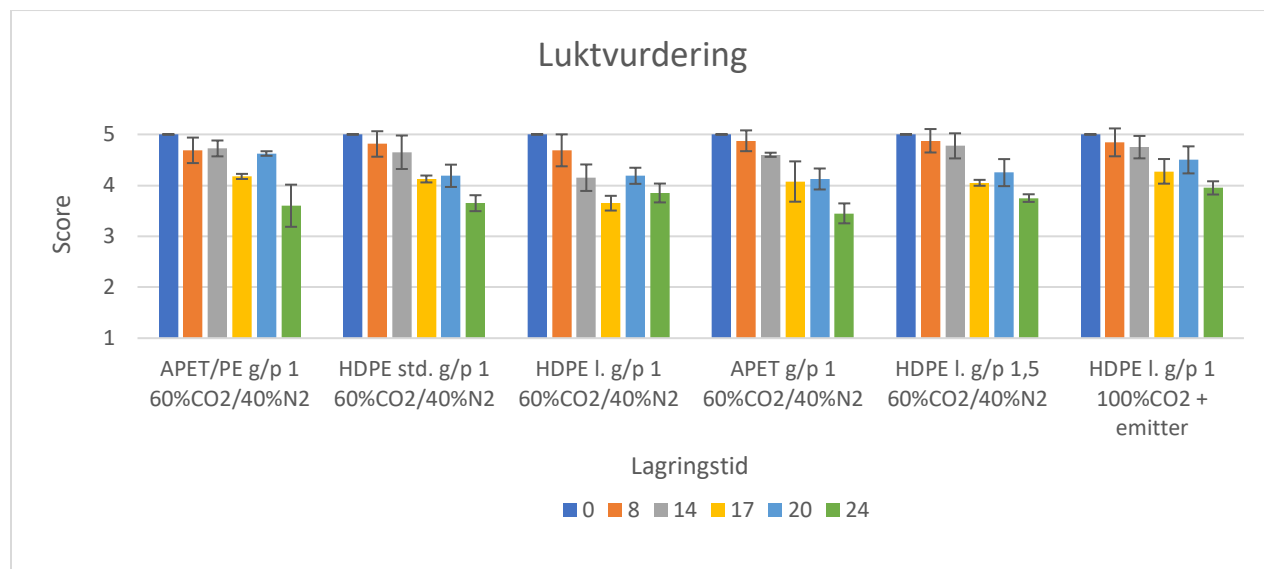


*Figur 11: HDPE light g/p 1 100% CO<sub>2</sub> med CO emitter ved dag 8 (t.v.), ved dag 14 (midten) og ved dag 20 (t.h.).*

Utseende til HDPE l. g/p 1 pakket med 100 % CO<sub>2</sub> og emitter hadde score < 3 og undertrykk (mot vakuumeffekt) gjennom hele lagringsperioden. Undertrykket ble allerede observert ved dag 8, og ble tydeligere gjennom lagringsperioden. Dag 14 (figur 11, midten) og dag 24 (figur 11, t.h.) lå overbanen helt ned til kyllingfileten og skålen var deformert. Utseendevurderingen ble også brukt som en kontroll for å kontrollere om emitteren hadde en funksjon. Ut fra utseende til HDPE light g/p 1 med 100 % CO<sub>2</sub> og emitter, kunne man anta at emitteren ikke hadde fungert optimalt siden emballasjen hadde trukket seg sammen.

### 4.3 Luktvurdering

Lukten til kyllingfiletene ble evaluert av hver dommer på en skala fra 1-5 gjennom lagringsperioden på 24 dager. Score 5 var «optimal lukt», score 3 var «tydelige endringer og avvikende lukt, men fremdeles akseptabel», score < 3 var «ikke akseptabel lukt» og score 1 var «veldig avvikende lukt». Figur 12 viser resultatet og standardavviket fra luktvurderingen for kyllingfiletene fra alle emballasjeløsningene.

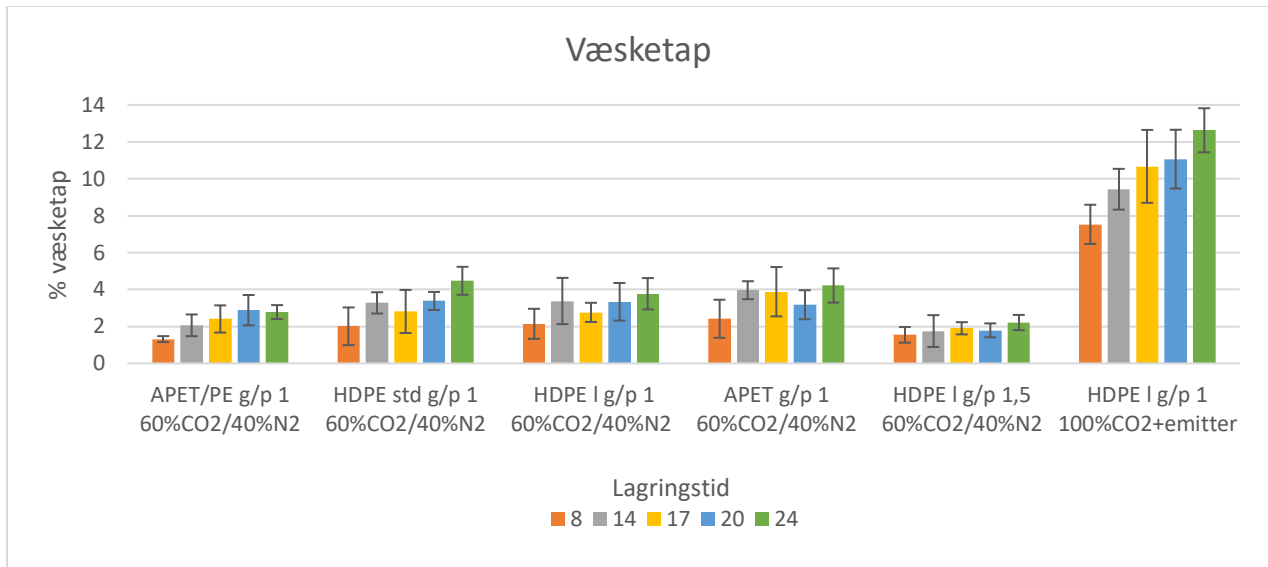


Figur 12: Luktvurdering på en skala fra 1-5 og standardavviket (y-akse) til kyllingfiletene i emballasjeløsningene (bestående av materialtypene APET/PE, HDPE (std. og l.) og APET, ulike g/p forhold (1 og 1,5), og gassammensetning 60/40 og 100) gjennom lagringsperioden (x-akse) på 24 dager lagret ved 4 °C.

Økende mikrobiologisk vekst gjennom lagringsperioden vil endre lukten til kyllingfileten. Luktvurderingen ga forventede resultater fordi scoren sank over tid for kyllingfiletene fra alle emballasjeløsningene. Kyllingfiletene pakket med 60 CO<sub>2</sub> og 40 N<sub>2</sub> fikk lavere score ved siste dag i lagringsperioden sammenlignet med kyllingfileten som var pakket med 100 % CO<sub>2</sub>. Holck, Pettersen, Moen og Sørheim (2014) rapporterte også lignende resultater med kyllingfileten hvor den «avvikende lukten» utviklet seg saktere i pakninger med høyere CO<sub>2</sub> konsentrasjon sammenlignet med pakninger med lavere CO<sub>2</sub> konsentrasjon, slik som også dette resultatet viste. Resultatet fra luktvurderingen viste at ingen av kyllingfiletene var under score 3 («ikke akseptabel lukt»), og resultatet indikerte at lukten fremdeles var akseptabel for alle kyllingfiletene gjennom lagringsperioden.

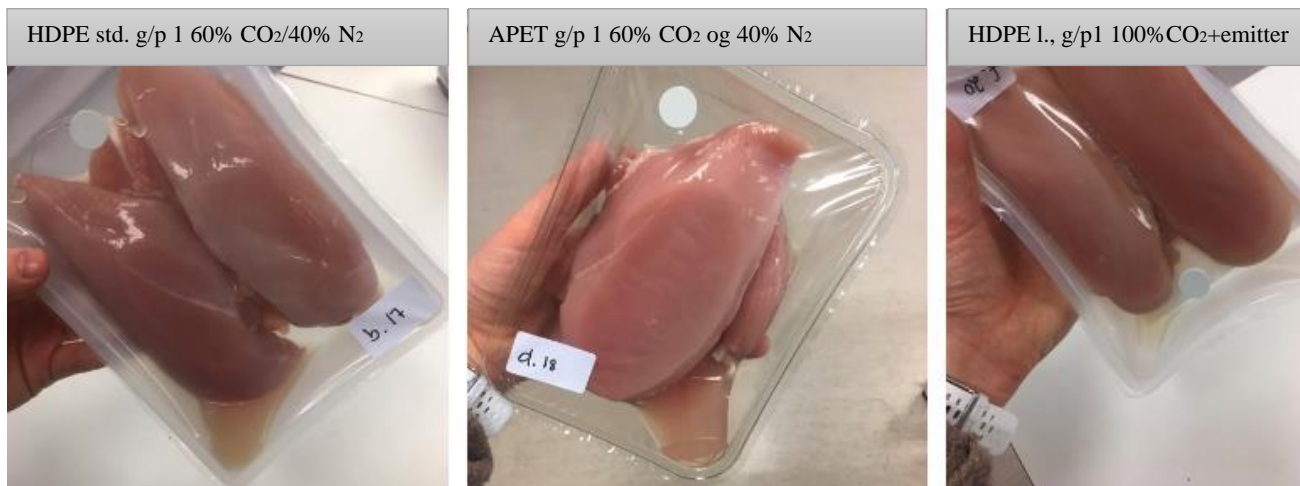
## 4.4 Væsketap

Væsketapet ble målt i alle emballaseløsningene etter at kyllingfiletene ble tatt ut. Gjennomsnittet (%) og standardavviket er vist i figuren under for lagringsperioden på 24 dager lagret ved 4 °C.



Figur 13: Gjennomsnittlig væsketap i prosent (y-akse) og standardavviket for alle emballaseløsningene (bestående av materialtypene APET/PE, HDPE (std. og l.) og APET, ulike g/p forhold (1 og 1,5), og gassammensetning 60/40 og 100) gjennom lagringsperioden (x-akse) på 24 dager lagret ved 4 °C.

Væsketapet steg gjennom lagringsperioden. Det var pakningen fra emballaseløsningen HDPE l. g/p 1,5 pakket med 60 % CO<sub>2</sub>/40 % N<sub>2</sub> (60/40) som hadde minst væsketap (2,2 %), og pakningen fra emballaseløsningen HDPE l. 100 % CO<sub>2</sub> og emitter hadde høyest væsketap (12,6 %) etter 24 dager.



Figur 14: Væsketapet til emballasjeløsning HDPE std. - (t.v.), APET g/p 1 60%CO<sub>2</sub>/40%N<sub>2</sub> og HDPE l. g/p 1 100% CO<sub>2</sub> med emitter (t.h.) ved nest siste uttaksdag.

Kyllingfileten pakket i HDPE l. med 100 % CO<sub>2</sub> og emitter (t.h.) hadde høyest væsketap, men pga. den kombinerte emitteren og fuktabsorbereren var ikke væsketapet like synlig. Kyllingfilet pakket i HDPE l. med 100 % CO<sub>2</sub> og emitter hadde signifikant høyere (p-verdi <0,05) væsketap sammenlignet med de andre emballasjeløsningene gjennom hele lagringsperioden utfra enveis ANOVA.

Vannkonsentrasjonen i en kyllingfilet er ca. 75 % (Mattilsynet, 2019), og det er naturlig at det under en lagringsperiode vil det forekomme væsketap. Det både visuelt og økonomisk viktig for forbrukeren at det man kjøper ikke er væske som ligger i bunn av pakningen. Pakking av kyllingfilet i HDPE l. med 100 % CO<sub>2</sub> og emitter hadde et væsketap på 12,6 % ved dag 24. Holck, Pettersen, Moen og Sørheim (2014) rapporterte at emballasjeløsningen (merk: APET/PE og g/p 1,4) pakket med 100 % CO<sub>2</sub> og emitter ga et væsketap på ca. 2 % etter 26 dager. Resultatet indikerte at emitteren ikke hadde optimal kapasitet da dette resultatet var mer likt Holck, Pettersen, Moen og Sørheim (2014) sitt resultat for emballasjeløsningen (merk: APET/PE) pakket med 100 % CO<sub>2</sub> uten emitter som hadde et væsketap på ca. 11 % etter 26 dager.

Det var ingen signifikant forskjell på væsketapet mellom HDPE l. med g/p 1 og g/p 1,5 60/40 gjennom lagringsperioden. Det var heller ingen signifikant forskjell mellom HDPE emballasjeløsningene med g/p 1 pakket med 60/40 med ulik materialtykkelse (std. g/p 1 60/40 og l. g/p 1 60/40). Resultatet indikerte at g/p forhold ikke hadde signifikant effekt på væsketapet for HDPE light, og at materialtykkelse (std. og l.) ikke hadde signifikant effekt på væsketapet for

HDPE emballaseløsningene med ulik materialtykkelse. Resultatet fra enveis ANOVA viste også at monomaterialene (HDPE og APET) og referansen APET/PE, med samme g/p forhold og gassammensetning ikke hadde signifikant forskjellig væsketap.

## 4.5 Mikrobiologiske analyser

Mikrobiologiske resultater fra analyser av totaltall (aerobt og anaerobt), melkesyrebakterier, *B. thermosphacta* og *Enterobacteriaceae* er oppgitt som «log cfu/g» for alle de seks emballaseløsningene (bestående av materialtypene APET/PE, HDPE (std. og l.) og APET, med ulike g/p forhold (1 og 1,5) og gassammensetning 60 % CO<sub>2</sub>/40 % N<sub>2</sub> og 100 % CO<sub>2</sub>) gjennom lagringsperioden på 24 dager lagret ved 4 °C, samt standardavvik er fremstilles i tabell 6.

Tabell 6: Mikrobiologisk resultat fra analyser av totaltall (aerobt og anaerobt), melkesyrebakterier, *B. thermosphacta* og *Enterobacteriaceae* gitt i log cfu/g for de seks emballaseløsningene (bestående av materialtypene APET/PE, HDPE (std. og l.) og APET, ulike g/p forhold (1 og 1,5), og gassammensetning 60 % CO<sub>2</sub>/40 % N<sub>2</sub> og 100 % CO<sub>2</sub>) gjennom lagringsperioden, samt standardavviket.

Mikrobiologisk analyse/ Emballaseløsning		Lagringstid				
		Dag 8	Dag 14	Dag 17	Dag 20	Dag 24
Totaltall (aerobt) (log cfu/g)	APET/PE g/p 1 60/40	3,17 ±0,65 <sup>B</sup>	5,16 ±0,23 <sup>BC</sup>	5,11 ±0,48 <sup>B</sup>	6,05 ±0,84 <sup>B</sup>	6,92 ±0,21 <sup>A</sup>
	HDPE std. g/p 1 60/40	4,30 ±0,49 <sup>AB</sup>	6,06 ±0,72 <sup>AB</sup>	6,22 ±0,71 <sup>A</sup>	7,45 ±0,43 <sup>A</sup>	7,23 ±0,24 <sup>A</sup>
	HDPE l. g/p 1 60/40	4,38 ±0,32 <sup>A</sup>	6,90 ±0,37 <sup>A</sup>	6,94 ±0,31 <sup>A</sup>	6,57 ±0,83 <sup>AB</sup>	7,75 ±0,98 <sup>A</sup>
	APET g/p 1 60/40	4,46 ±0,37 <sup>A</sup>	6,16 ±0,30 <sup>AB</sup>	6,52 ±0,29 <sup>A</sup>	7,13 ±0,18 <sup>AB</sup>	7,42 ±0,21 <sup>A</sup>
	HDPE l. g/p 1,5 60/40	4,12 ±0,57 <sup>AB</sup>	6,38 ±0,23 <sup>AB</sup>	6,57 ±0,16 <sup>A</sup>	6,21 ±0,59 <sup>AB</sup>	7,19 ±0,54 <sup>A</sup>
	HDPE l. g/p 1 100 % CO <sub>2</sub> + emitter	4,06 ±0,65 <sup>AB</sup>	4,21 ±1,48 <sup>C</sup>	<2,00 ±0,00 <sup>*C</sup>	6,27 ±0,41 <sup>AB</sup>	7,00 ±0,35 <sup>A</sup>
Totaltall (anaerobt) (log cfu/g)	APET/PE g/p 1 60/40	3,01 ±0,60 <sup>B</sup>	5,26 ±0,48 <sup>BC</sup>	6,09 ±0,49 <sup>A</sup>	6,12 ±0,75 <sup>B</sup>	7,00 ±0,22 <sup>A</sup>
	HDPE std. g/p 1 60/40	4,31 ±0,51 <sup>A</sup>	5,88 ±0,91 <sup>AB</sup>	6,43 ±0,44 <sup>A</sup>	7,36 ±0,48 <sup>A</sup>	7,15 ±0,30 <sup>A</sup>
	HDPE l. g/p 1 60/40	4,06 ±0,57 <sup>AB</sup>	6,78 ±0,24 <sup>A</sup>	6,85 ±0,26 <sup>A</sup>	6,65 ±0,62 <sup>AB</sup>	7,19 ±0,34 <sup>A</sup>
	APET g/p 1 60/40	4,63 ±0,39 <sup>A</sup>	6,26 ±0,10 <sup>AB</sup>	6,70 ±0,16 <sup>A</sup>	7,39 ±0,24 <sup>A</sup>	6,88 ±0,37 <sup>A</sup>
	HDPE l. g/p 1,5 60/40	4,17 ±0,55 <sup>A</sup>	6,34 ±0,26 <sup>A</sup>	6,16 ±0,67 <sup>A</sup>	6,46 ±0,45 <sup>AB</sup>	7,09 ±0,44 <sup>A</sup>
	HDPE l. g/p 1 100 % CO <sub>2</sub> + emitter	3,86 ±0,36 <sup>AB</sup>	4,82 ±0,19 <sup>C</sup>	<2,00 ±0,00 <sup>*B</sup>	7,25 ±0,56 <sup>AB</sup>	7,04 ±0,39 <sup>A</sup>



<i>Melkesyrebakterier</i> (log cfu/g)	<b>APET/PE g/p 1</b>	2,60	4,45	2,12	3,62	4,27
	<b>60/40</b>	±0,82 <sup>B</sup>	±0,45 <sup>BC</sup>	±0,24 <sup>*D</sup>	±0,37 <sup>A</sup>	±1,72 <sup>A</sup>
	<b>HDPE std. g/p 1</b>	4,26	4,60	6,22	3,58	<3,30
	<b>60/40</b>	±0,53 <sup>A</sup>	±0,75 <sup>AB</sup>	±0,32 <sup>A</sup>	±1,21 <sup>A</sup>	±0,00 <sup>*A</sup>
	<b>HDPE l. g/p 1</b>	4,25	5,62	5,01	2,69	5,05
	<b>60/40</b>	±0,22 <sup>A</sup>	±0,25 <sup>A</sup>	±1,20 <sup>AB</sup>	±0,74 <sup>*A</sup>	±0,51 <sup>A</sup>
	<b>APET g/p 1</b>	4,42	4,08	3,69	2,94	3,30
<b>60/40</b>	±0,25 <sup>A</sup>	±0,48 <sup>BC</sup>	±0,40 <sup>C</sup>	±0,67 <sup>A</sup>	±0,00 <sup>A</sup>	
<b>HDPE l. g/p 1,5</b>	3,63	3,40	4,06	2,15	3,53	
<b>60/40</b>	±0,18 <sup>AB</sup>	±0,54 <sup>C</sup>	±0,19 <sup>BC</sup>	±0,17 <sup>A</sup>	±0,45 <sup>A</sup>	
<b>HDPE l. g/p 1 100</b>	4,13	<2,00	4,48	3,65	3,38	
<b>% CO<sub>2</sub> + emitter</b>	±0,69 <sup>A</sup>	±0,00 <sup>*D</sup>	±0,00 <sup>BC</sup>	±1,35 <sup>*A</sup>	±1,54 <sup>*A</sup>	
<i>B. thermosphacta</i> (log cfu/g)	<b>APET/PE g/p 1</b>	<1,00	<2,00	2,35	3,60	3,83
	<b>60/40</b>	±0,00 <sup>B</sup>	±0,00 <sup>*C</sup>	±0,40 <sup>C</sup>	±0,58 <sup>ABC</sup>	±0,77 <sup>BC</sup>
	<b>HDPE std. g/p 1</b>	1,33	3,81	4,21	5,49	5,44
	<b>60/40</b>	±0,38 <sup>B</sup>	±1,06 <sup>B</sup>	±0,45 <sup>AB</sup>	±0,48 <sup>AB</sup>	±0,65 <sup>A</sup>
	<b>HDPE l. g/p 1</b>	2,89	5,36	5,62	5,08	5,89
	<b>60/40</b>	±0,68 <sup>A</sup>	±1,03 <sup>A</sup>	±1,06 <sup>A</sup>	±1,60 <sup>AB</sup>	±0,49 <sup>A</sup>
	<b>APET g/p 1</b>	<1,00	3,91	2,96	4,02	<3,00
<b>60/40</b>	±0,00 <sup>*B</sup>	±0,39 <sup>B</sup>	±0,80 <sup>BC</sup>	±0,61 <sup>BC</sup>	±0,00 <sup>*C</sup>	
<b>HDPE l. g/p 1,5</b>	1,63	4,05	4,90	4,81	4,90	
<b>60/40</b>	±1,25 <sup>AB</sup>	±0,12 <sup>AB</sup>	±0,46 <sup>A</sup>	±0,62 <sup>AB</sup>	±0,77 <sup>AB</sup>	
<b>HDPE l. g/p 1 100 %</b>	<1,00	<2,00	2,08	2,19	2,47	
<b>CO<sub>2</sub> + emitter</b>	±0,00 <sup>*B</sup>	±0,00 <sup>*C</sup>	±0,15 <sup>*C</sup>	±0,39 <sup>C</sup>	±0,67 <sup>C</sup>	
<i>Enterobacteriaceae</i> (log cfu/g)	<b>APET/PE g/p 1</b>	1,00	1,56	2,53	2,17	3,32
	<b>60/40</b>	±0,00 <sup>A</sup>	±0,78 <sup>A</sup>	±0,64 <sup>AB</sup>	±0,33 <sup>BC</sup>	±0,95 <sup>A</sup>
	<b>HDPE std. g/p 1</b>	1,00	1,60	3,01	3,29	4,05
	<b>60/40</b>	±0,00 <sup>*A</sup>	±0,64 <sup>A</sup>	±0,49 <sup>AB</sup>	±0,55 <sup>AB</sup>	±0,62 <sup>A</sup>
	<b>HDPE l. g/p 1</b>	1,12	1,63	2,46	4,28	3,97
	<b>60/40</b>	±0,24 <sup>A</sup>	±0,44 <sup>A</sup>	±0,50 <sup>AB</sup>	±0,48 <sup>A</sup>	±0,28 <sup>A</sup>
	<b>APET g/p 1</b>	1,15	1,69	2,83	3,46	3,95
<b>60/40</b>	±0,17 <sup>A</sup>	±0,81 <sup>A</sup>	±1,06 <sup>A</sup>	±0,79 <sup>AB</sup>	±1,12 <sup>*A</sup>	
<b>HDPE l. g/p 1,5</b>	1,08	1,44	2,06	3,14	3,62	
<b>60/40</b>	±0,15 <sup>A</sup>	±0,89 <sup>*A</sup>	±1,23 <sup>*AB</sup>	±1,15 <sup>AB</sup>	±1,21 <sup>A</sup>	
<b>HDPE l. g/p 1 100</b>	<1,00	1,00	1,08	1,23	<1,00	
<b>% CO<sub>2</sub> + emitter</b>	±0,00 <sup>*A</sup>	±0,00 <sup>*A</sup>	±0,15 <sup>*B</sup>	±0,29 <sup>*C</sup>	±0,00 <sup>*B</sup>	

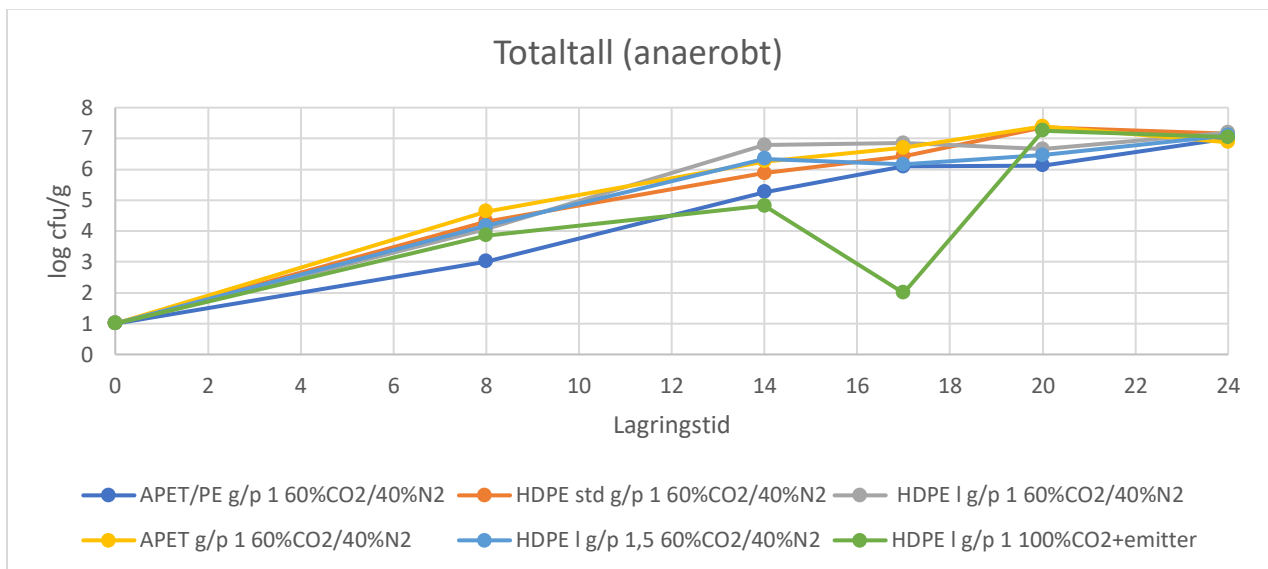
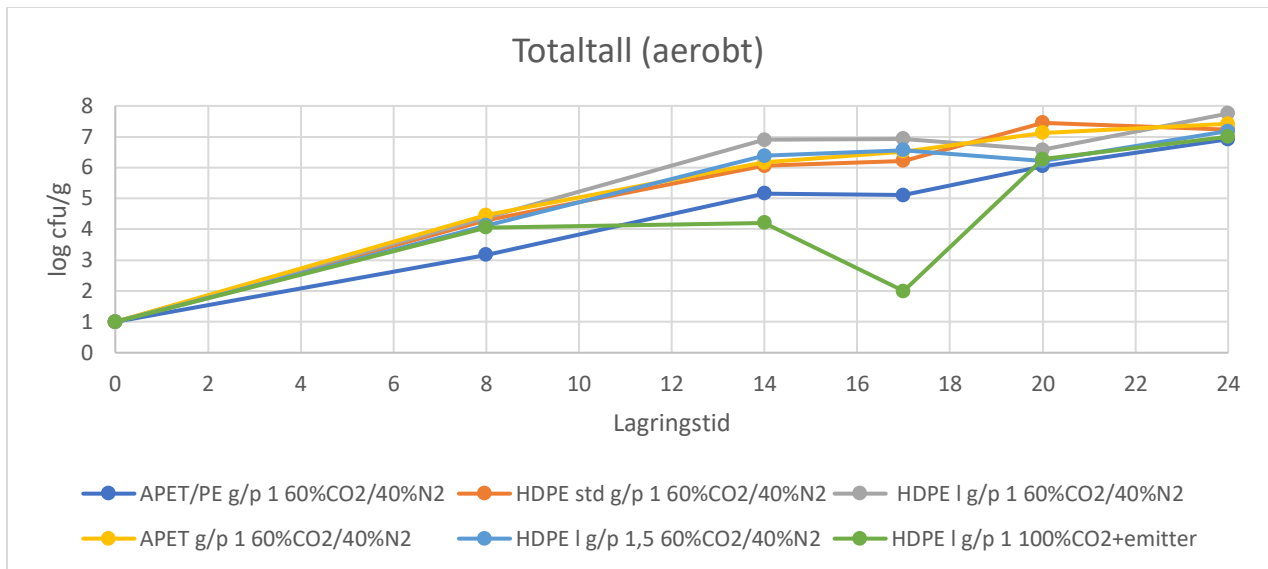
\*Minst to paralleller under deteksjonsgrensen.

ABCD Gjennomsnitt som ikke deler bokstav innenfor samme mikrobiologisk analyse og dag var signifikant forskjellig (p-verdi <0,05) fra hverandre.

På grunn av Covid-19 ble ikke *E. coli* analysen gjennomført i sin helhet slik som beskrevet i metoden da laboratoriet ble stengt for studenter etter regler fra NMBU og Nofima. *E. coli* testen ble gjennomført for dag 0 og dag 8 med resultater under deteksjonsgrensen; <1 log cfu/g, men siden det ikke ble en helhetlig vurdering av *E. coli* gjennom hele lagringsperioden foreligger ikke resultatene i resultatdelen.

På pakkedagen (dag 0) ble de mikrobiologiske analysene utført på tre kyllingfileter for kontroll av utgangspunktet, alle analysene ga resultater under deteksjonsgrensen og <1 log cfu/g.

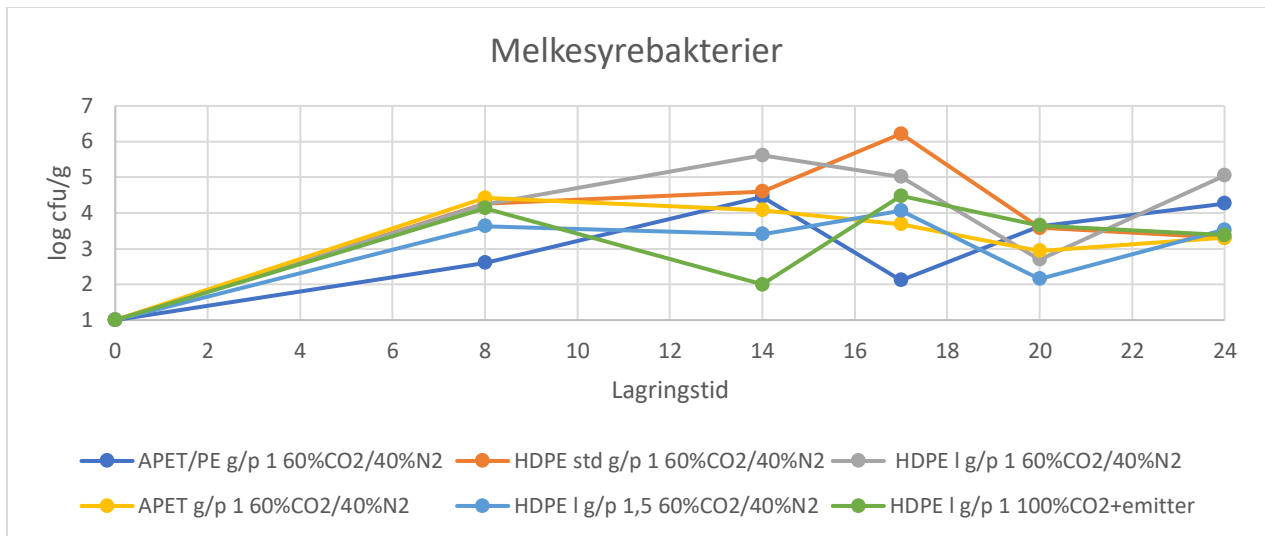
Figur 15-18 viser de mikrobiologiske resultatene (totaltall (aerobt og anaerobt), melkesyrebakterier, *B. thermosphacta* og *Enterobacteriaceae*) gjennom lagringsperioden på 24 dager. Markert «\*» i tabell 5 viser hvor avlesningene var under deteksjonsgrensen. Resultatene hvorav avlesningene var under deteksjonsgrensen vil gi fall i kurvene (se f.eks. punkt 17 i figuren for totaltall (aerobt og anaerobt)). Merk ulik skala på y-akse for figurene under.



Figur 15: Totalt antall bakterier (aerobt, øverst og anaerobt, nederst) oppgitt i log cfu/g (y-akse) for emballaseløsningene (bestående av materialtypene APET/PE, HDPE (std. og l.) og APET, ulike g/p forhold (1 og 1,5), og gassammensetning 60/40 og 100) gjennom lagringsperioden (x-akse) på 24 dager, hvorav prøver ble tatt ved dag 8, 14, 17, 20 og 24.

Et totaltall på 7-8 log cfu/g har blitt ansett som en grenseverdi for den mikrobiologiske holdbarheten på fersk kyllingfilet (Senter et al., 2000), mens en nyere studie sier at den øvre grensen heller burde være 7 log cfu/g (Balamatsia et al., 2007). 7 log cfu/g ble i forsøket nådd etter 20 dager for HDPE std. 60 % CO<sub>2</sub>/40 % N<sub>2</sub> (60/40) (aerobt og anaerobt), APET 60/40 (aerobt og anaerobt) og for HDPE l. 100 % CO<sub>2</sub> og emitter (anaerobt). Etter lagringsperioden på 24 dager hadde alle emballasjeløsningene over 7 log cfu/g, med unntak av referansen APET/PE 60/40 som fortsatt hadde <7 log cfu/g.

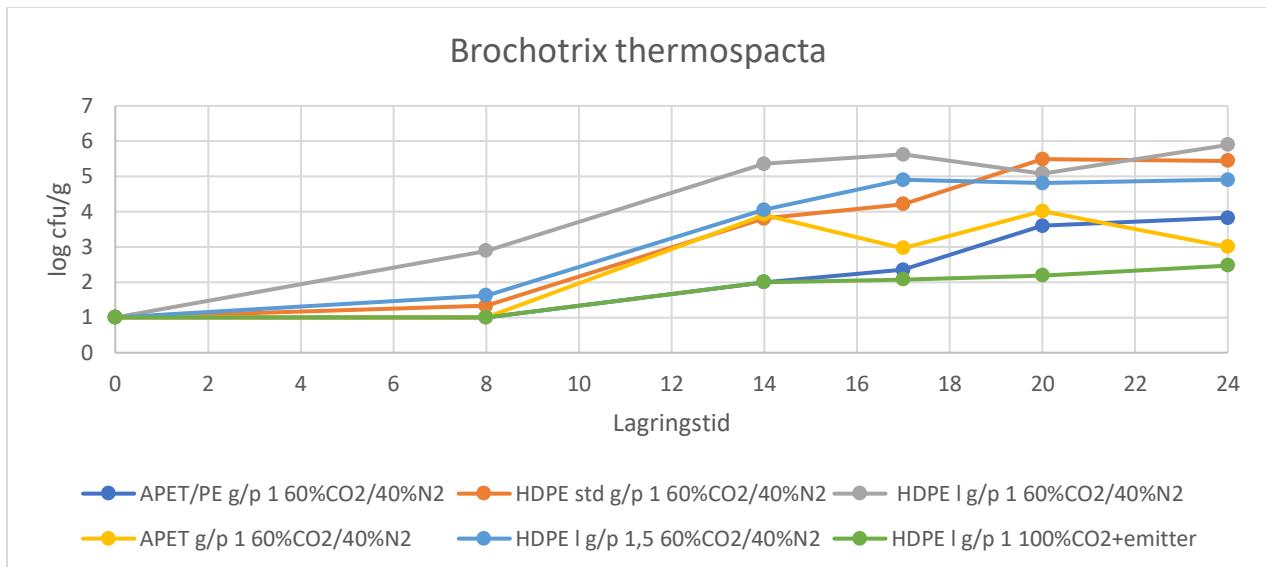
Det var ingen signifikante forskjeller mellom emballasjeløsningene ved siste dag i lagringsforsøket (dag 24) i følge enveis ANOVA for aerobt- og anaerobt totaltall. Ved dag 14 og 17 (anaerobt og anaerobt) var HDPE l. pakket med 100 % CO<sub>2</sub> og emitter signifikant forskjellig (p-verdi <0,05) fra de tre HDPE emballasjeløsningene (std. g/p 1 60/40, l. g/p 1 60/40, l. g/p 1,5 60/40) pakket med 60/40, og hadde et lavere signifikant lavere totaltall. Hansen, Moen, Rødbotten, Pettersen og Berget (2016) rapporterte at vekstraten til bakterier generelt ble hemmet av økende konsentrasjon av CO<sub>2</sub>, som stemmer overens med resultatet fra dag 14 og 17.



Figur 16: Melkesyrebakterier oppgitt i log cfu/g (y-akse) for emballaseløsningene (bestående av materialtypene APET/PE, HDPE (std. og l.) og APET, ulike g/p forhold (1 og 1,5), og gassammensetning 60/40 og 100) gjennom lagringsperioden (x-akse) på 24 dager, hvorav prøver ble tatt ved dag 8, 14, 17, 20 og 24.

Det mikrobiologiske resultatet for melkesyrebakterier (MSB) hadde ikke vekstøkning gjennom lagringstiden. Det var også flere målinger som var under deteksjonsgrensen; HDPE l. pakket med 100 % CO<sub>2</sub> og emitter hadde ved dag 14, 20 og 24 verdier under deteksjonsgrensen. Dette resultatet gjør at man ikke får klare trender og det var ingen signifikante forskjeller for emballaseløsningene ved slutten av lagringsperioden (dag 20 og 24). Studiene til Jiménez, Salsi, Tiburzi Rafaghelli, Tessi og Coutaz (1997) og Holck, Pettersen, Moen og Sørheim (2014) hadde en vekstøkning for MSB gjennom lagringsperioden, noe som også var forventet i dette forsøket fordi MAP kan stimulere veksten av MSB.

MSB resultatet fra dette forsøket ble ikke som forventet, dette kan knyttes til utfordringer ved telling av kolonier; flere skåler hadde små ikke-tellbare kolonier som ikke ble større selv om de ble inkubert lengre. En annen utfordring ved den mikrobiologiske analysen av MSB var beregning av rett fortynningsfaktor for de ulike emballaseløsningene, fordi systemet for å beregne rett fortynningsfaktor til fortynningsrekken ble kompleks fordi vekten var vanskelig å forutse. De analyserelaterte feilkildene som ble nevnt ovenfor kunne knyttes til at MSB resultatet ikke ga noen klare resultater. Dette kan være grunnen til at noen emballaseløsninger f.eks. hadde mindre vekst ved dag 14 sammenlignet med dag 8 (se f.eks. figur 16 for HDPE l. pakket med 100 % CO<sub>2</sub> og emitter).



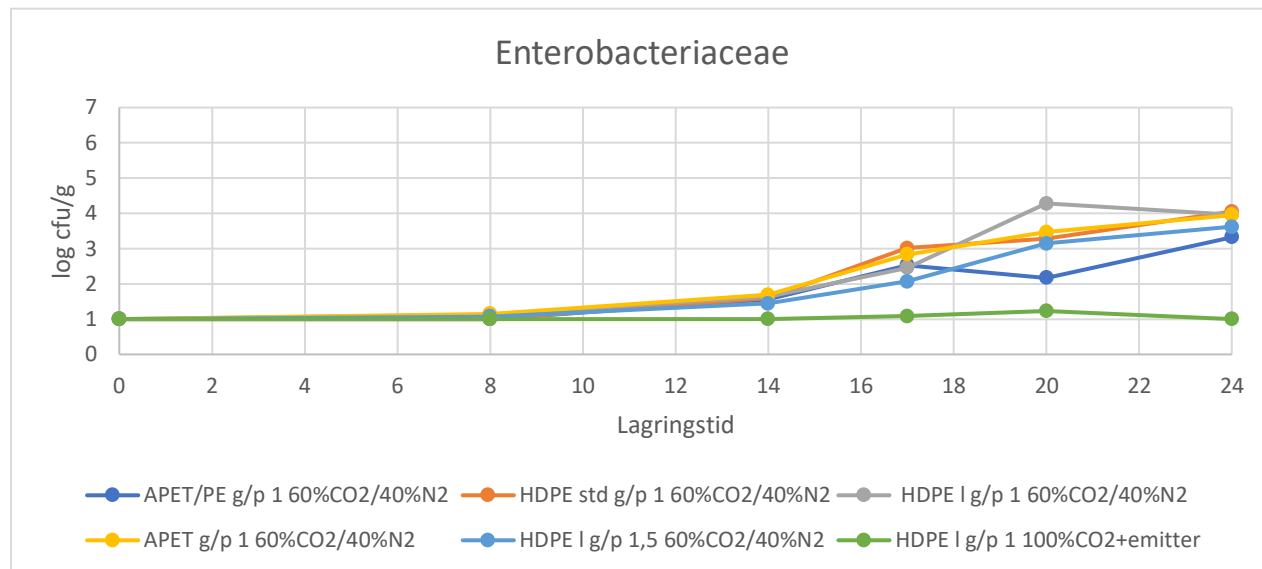
Figur 17: *Brochotrix thermosphacta* oppgitt i log cfu/g (y-akse) for emballaseløsningene (bestående av materialtypene APET/PE, HDPE (std. og l.) og APET, ulike g/p forhold (1 og 1,5), og gassammensetning 60/40 og 100) gjennom lagringsperioden (x-akse) på 24 dager, hvorav prøver ble tatt ved dag 8, 14, 17, 20 og 24.

Veksten av *B. thermosphacta* var høyest for de tre HDPE emballaseløsningene (std. g/p 1 60/40, l. g/p 1 60/40, l. g/p 1,5 60/40) pakket med 60/40, og minst for HDPE l. pakket med 100 % CO<sub>2</sub> og emitter gjennom lagringsperioden. HDPE l. pakket med 100 % CO<sub>2</sub> og emitter var signifikant forskjellig (p-verdi <0,05) fra de tre HDPE emballaseløsningene (std. g/p 1 60/40, l. g/p 1 60/40, l. g/p 1,5 60/40) pakket med 60/40, og hadde mindre vekst av *B. thermosphacta* i følge enveis ANOVA.

Referansen APET/PE - og APET g/p 1 60/40 med best barriere (minst oksygen i pakningen) og HDPE l. pakket med 100 % CO<sub>2</sub> hadde minst vekst av *B. thermosphacta*. Holck, Pettersen, Moen og Sørheim (2014) rapportert om lignende resultater hvorav pakninger (merk: APET/PE) med 100 % CO<sub>2</sub> hadde mindre vekst av *B. thermosphacta* sammenlignet med pakninger med 60 % CO<sub>2</sub>.

De tre HDPE emballaseløsningene (std. g/p 1 60/40, l. g/p 1 60/40, l. g/p 1,5 60/40) hadde mer vekst av *B. thermosphacta* (>4,81 log cfu/g ved dag 20) sammenlignet med referansen APET/PE g/p 1 60/40 og APET g/p 1 60/40 med samme gassammensetning. Resultatet kan knyttes til at HDPE som pakkes med 60/40 hadde dårlig barriereegenskaper og mer oksygen i pakningen.

Betts (2006) rapporterte at en osteaktig lukt kan være merkbar ved vekst av *B. thermosphacta* over 5 log cfu/g. HDPE 1. g/p 1 60/40 hadde fra dag 14 over 5 log cfu/g. Lukt vurderingen av kyllingfileten fra denne emballasjeløsningen hadde lavest score ved dag 14, og var signifikant forskjellig fra de andre emballasjeløsningene. I kommentarfeltet under lukt vurderingen var det kommentert «sur lukt» for en av kyllingfiletene fra denne emballasjeløsningen ved dag 14.



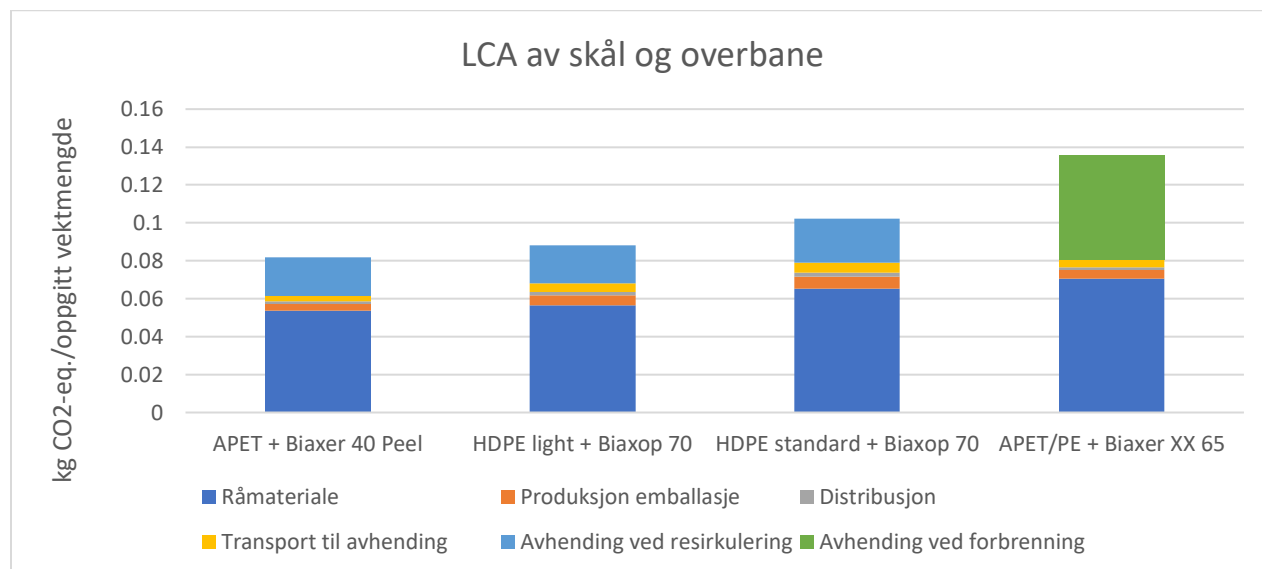
Figur 18: *Enterobacteriaceae* oppgitt i log cfu/g (y-akse) for emballasjeløsningene (bestående av materialtypene APET/PE, HDPE (std. og l.) og APET, ulike g/p forhold (1 og 1,5), og gassammensetning 60/40 og 100) gjennom lagringsperioden (x-akse) på 24 dager, hvorav prøver ble tatt ved dag 8, 14, 17, 20 og 24

Veksten av *Enterobacteriaceae* var for alle emballasjeløsningene <1,7 log cfu/g frem til dag og med 14, og det var ingen signifikante forskjeller frem til og med dag 14 utfra enveis ANOVA. Andre studier som Jiménez, Salsi, Tiburzi Rafaghelli, Tessi og Coutaz (1997) har rapportert om samme tendenser, hvorav kyllingfilet (merk: med skinn) pakket med 70 % CO<sub>2</sub> og 30 % N<sub>2</sub> også hadde utvidet lag-fase, og veksten av *Enterobacteriaceae* begynte ikke å stige før etter 14 dager.

Veksten av *Enterobacteriaceae* var under deteksjonsgrensen (detaljer i tabell 5) for flere av målingene. HDPE 1. g/p 1 pakket med 100 % CO<sub>2</sub> og emitter hadde under deteksjonsgrensen for de siste tre uttaksdagene. Dag 24 hadde HDPE 1. g/p 1 pakket med 100 % CO<sub>2</sub> og emitter signifikant lavere (p-verdi <0,05) vekst av *Enterobacteriaceae* sammenlignet med de andre emballasjeløsningene. Holck, Pettersen, Moen og Sørheim (2014) rapporterte også at pakninger med høyere CO<sub>2</sub> konsentrasjon hadde mindre vekst av *B. thermosphacta* og *Enterobacteriaceae*, som også dette forsøket viser.

## 4.6 Livsløpsanalyse

Livsløpsanalyse (LCA) ble utført av Østfoldforskning. Resultatet fra LCA ble tatt med for å få et helhetlig bilde av resultatet (rådata er *ikke* i vedlegg, men foreligger hos Østfoldforskning). Simon Saxegård (personlig kommunikasjon, 14. mai 2020) påpeke i epost at studien som ble utført her, så ikke på miljøgevinsten ved å erstatte varme ved forbrenning av plast, eller bruk av resirkulert materie. Figuren under viser resultatet fra livsløpsanalysen i mengde kg CO<sub>2</sub> ekvivalenter til emballaseløsningen (skål og overbane) som ble benyttet i forsøket.



Figur 19: LCA av skål (APET, HDPE og APET/PE) og overbane (Biaxer 40, Biaxop 70 og Biaxer 65) som var benyttet i lagringsforsøket.

Alle skålene og overbanene med unntak av referansen APET/PE med Biaxer XX 65 var resirkulerbare. Sammenlignet var det referansen APET/PE med Biaxer XX 65 som hadde høyest kilo CO<sub>2</sub> ekvivalenter. Alle de fire variantene hadde høyest forbruk i leddet «råmateriale». Hovedforskjellen var at referansen APET/PE med Biaxer XX 65 hadde «avhending ved forbrenning» (avfallsbehandling) som en stor del av kilo CO<sub>2</sub> ekvivalenter, noe de andre emballaseløsningene ikke hadde fordi de var resirkulerbare.



Resultatet fra livsløpsanalysen viste relativt små forskjeller i kilo CO<sub>2</sub> ekvivalenter mellom de resirkulerbare emballaseløsningene og APET/PE som ikke var resirkulerbar. Det er ønskelig at man skal jobbe mot resirkulerbare og mer miljøvennlige emballaseløsninger, og figur 19 viser klimafotavtrykket til pakningene i forhold til hverandre. De resirkulerbare emballaseløsningene, belaster miljøet med <0,10 kg CO<sub>2</sub> ekvivalenter, mens ikke resirkulerbare APET/PE belaster miljøet med <0,14 kg CO<sub>2</sub> ekvivalenter. Dette er relativt små forskjeller i kilo CO<sub>2</sub> ekvivalenter når man sammenligner en pakning mot en annen pakning, men prosentvis er forskjellen betydelig. Det å bytte ut et så fungerende materiale som APET/PE kan være drastisk før man har emballaseløsninger som fungerer like godt med enda lavere klimafotavtrykk i kilo CO<sub>2</sub> ekvivalenter. På en annen side hadde emballaseløsningene HDPE og APET med 60/40 få signifikante forskjeller fra APET/PE gjennom forsøket. Ved å ta med klimafotavtrykket til produktet i pakningen (her: kyllingfilet) og volumet øker fordi man produserer mange pakninger med kyllingfilet begynner forskjellene å bli store. Det å bytte til monomaterialer av APET eller HDPE har små klimafotavtrykk når man sammenligner en pakning mot en annen, men i det store bildet med produkt og økt produksjonsvolum blir forskjellene store.

## 4.7 Effekt av pakkemetode (gassammensetning, g/p forhold og lagringstid) for HDPE light

Det ble utført en statistisk analyse (GLM) på HDPE light emballaseløsningene, for å se på effekten av pakkemetode (gassammensetning, g/p forhold og lagringstid). Den generelle lineære modellen (GLM) for de tre HDPE light emballaseløsningene (med g/p 1 60/40, med g/p 1,5 60/40 og g/p 1 100 CO<sub>2</sub> % og emitter) inkluderer hovedeffektene; g/p forhold, emitter og lagringstid. Responsene var alle mikrobiologiske analyser (totaltall; aerobt og anaerobt, melkesyrebakterier, *B. thermosphacta*, *Enterobacteriaceae*) og de andre vurderingene (luktvurdering, væsketap og utseendevurdering) som ble undersøkt.

Tabell 7: Generell lineær modell for HDPE light for å se effekten av pakkemetode (gassammensetning, g/p forhold og lagringstid opp mot responsene.

	Totaltal l (aerobt)	Total- tall(an- aerobt)	MSB	B. thermos phacta	Enter- bacteria- ceae	Lukt- vur- dering	Væske- tap	Utseend evurder ing
<i>g/p forhold</i>	1,74*	0,69	13,64*	7,99*	1,79*	0,55*	15,36*	0,06
<i>Emitter</i>	32,46*	16,69*	9,89*	91,14*	26,62*	1,29*	516,16*	2,50*
<i>Lagrings- tid</i>	52,32*	65,68*	13,74*	30,20*	10,29*	5,66*	36,54*	0,96*
<i>g/p x lagringstid</i>	0,13	0,79	3,90	1,34	1,44	0,65	1,80	0,38
<i>Emitter x lagringstid</i>	32,35*	37,28*	24,27*	3,69	14,35*	0,479	16,22*	0,44
<i>Error</i>	17,77	8,08	22,84	26,15	18,11	3,20	47,40	3,13
<i>R-sq. (adj)</i>	85,75 %	92,84 %	63,49 %	80,90 %	75,57 %	67,20 %	93,39 %	45,25 %

\* Verdier markert med «\*» viser signifikant effekt (p-verdi<0,05) med 95 % sikkerhet.

For de tre HDPE light emballaseløsningene (g/p 1 60/40, g/p 1,5 60/40 og g/p 1 100 CO<sub>2</sub> % og emitter) hadde lagringstid signifikant effekt for alle responsene, med mest effekt på totaltall (aerobt 38,25 % og anaerobt 50,83 %). Bruken av emitter hadde signifikant effekt for alle responsene, med mest på væsketap (81,48 %) og *B. thermosphacta* (56,78 %). G/p forhold hadde signifikant effekt for responsene med unntak av totaltall (anaerobt) og utseendevurderingen, med mest effekt for melkesyrebakterier (15,45 %).

Hovedeffektene (g/p forhold, bruk av emitter og lagringstid) hadde signifikant effekt for luktvurderingen, væsketapet og utseendevurderingen (med unntak av g/p forhold som ikke hadde signifikant på utseendevurderingen). For luktvurderingen var det lagringstid som hadde mest effekt (47,85 %), deretter emitter (10,91 %) og tilslutt g/p forhold (4,65 %). For væsketapet var det emitter som hadde mest effekt (81,48 %), deretter lagringstid (5,77 %) og tilslutt g/p forhold (2,42 %). For utseendevurderingen var det emitter (33,47 %) som hadde mest effekt og deretter lagringstid (12,85 %).

De tre HDPE light emballaseløsningene; HDPE l. med g/p 1 60/40, - med g/p 1,5 60/40 og - g/p 1 100 CO<sub>2</sub> % og emitter, hadde ulikheter i pakkemetoden som gjorde at modellen var ubalansert fordi fellesnevnerne var få (ulik g/p forhold, ulik pakkegass og ulik bruk av emitter). En balansert modell ville blitt for komplisert med en tidsbegrensing dette forsøket hadde. Den ubalanserte modellen gjør at det ikke var hensiktsmessig å kommentere interaksjonseffekten mellom hovedeffektene.

R Square (adjusted) var >64 % for alle responsene utenom for utseendevurderingen, som indikerte at modellen var god. Grunnen til at modellen hadde lavere R Square (adjusted) ved utseendevurderingen kunne knyttes til at HDPE l. g/p 1 pakket med 100 % CO<sub>2</sub> og emitter hadde et signifikant annerledes utseende utfra enveis ANOVA med mer undertrykk, sammenlignet med de to andre HDPE l. g/p 1/-1,5 med 60/40.

## 4.8 Oppsummering av sentrale funn og videre arbeid

Hensikten med denne oppgaven har vært å undersøke potensialet for redusert plastforbruk til emballering av ferske produkter. Studiet ble utført ved å se på muligheten for å bytte fra dagens løsning for pakking av kyllingfilet som er stive skåler bestående av det komplekse og ikke-resirkulerbare materialet APET/PE til monomaterialer som er resirkulerbare og har redusert plastmengde. De resirkulerbare alternativene var preformede, stive skåler bestående av APET, HDPE i standard tykkelse og HDPE med 4,26 g redusert plastmengde. APET og HDPE var monomaterialene som ble benyttet i dette forsøket fordi deres barriereegenskaper var forskjellige og det var ønskelig å se hvordan dette påvirket et ferskt produkt som kyllingfilet.

Alle pakningene som var pakket med monomaterialet HDPE (std. g/p 1 60/40, l. g/p 1 60/40, l. g/p 1,5 60/40 og l. g/p 1 100 % CO<sub>2</sub> og emitter) og APET (g/p 1 60/40) hadde under log 7 cfu/g for totaltallet, og akseptable mikrobiologiske verdier frem til dag 20. Kyllingfileten pakket i HDPE l. med 100 % CO<sub>2</sub> hadde signifikant lavere mikrobiell vekst enn de pakket med 60 % CO<sub>2</sub> og 40 % N<sub>2</sub> ved dag 14 og 17. Dette resultatet indikerte at økt CO<sub>2</sub> konsentrasjon ga hemmende effekt på bakterier. For et helhetlig bilde ble også lukten på alle kyllingfiletene vurdert da høy mikrobiell vekst kunne gi uønsket lukt, men ved slutten av lagringsperioden hadde alle kyllingfiletene fortsatt akseptabel lukt.

Utseende til pakningen er vesentlig for at forbrukeren skal kjøpe produktet. Alle pakningene i dette forsøket fikk undertrykk utover lagringsperioden, og HDPE l. g/p 1 pakket med 100 % CO<sub>2</sub> og emitter hadde mest undertrykk fra start til slutt. Undertrykket indikerte at pakningen var tett, noe som i grunn er positivt sammenlignet med en pakning som er oppblåst på grunn av mikrobiell vekst og gassproduksjon, men oppblåsthet kan også komme ved bruk av emitter, noe som ikke er negativt. HDPE l. g/p 1 pakket med 100 % CO<sub>2</sub> og emitter hadde et utseende preget av kraftig undertrykk og deformering av skål gjennom hele lagringsperioden. Denne emballaseløsningen hadde mest sannsynlig ikke blitt visuelt godtatt av forbrukeren til tross for en generell lavere mikrobiologisk vekst sammenlignet med de andre emballaseløsningene. Emitteren i forsøket hadde ikke nok kapasitet, og det vil være ønskelig med en mer tilpasset emitter for å teste denne pakkemetoden videre.

En annen parameter som er viktig for forbrukeren er at det ikke er mye synlig væske i pakningen. Monomaterialene HDPE (std. g/p 1 60/40, l. g/p 1 60/40, l. g/p 1,5 60/40) pakket med 60/40 og APET g/p 1 60/40 hadde lavt væsketap (<4,5 %) gjennom av hele lagringsperioden, mens HDPE l. g/p 1 pakket med 100 % CO<sub>2</sub> og emitter hadde signifikant mer væsketap (<12 %) enn de andre emballasjeløsningene. Væsketapet til HDPE l. g/p 1 pakket med 100 % CO<sub>2</sub> og emitter kunne vært mindre dersom den kombinerte emitteren og absorberer hadde vært optimalisert.

#### **4.8.1 Konklusjon**

Emballasjeløsningen av det resirkulerbare monomaterialet APET g/p 1 60/40 var ikke signifikant forskjellig fra referansen APET/PE g/p 1 60/40 for måling av gassammensetningen for oksygen- og karbondioksid i headspace, utseendevurderingen, luktvurderingen og væsketapet. APET- og APET/PE g/p 1 60/40 hadde ikke signifikant forskjellige resultater for alle de mikrobiologiske analysene for dag 20 og 24, som tilsier at de ved slutten av en lagringsperiode ikke var signifikant ulike fra hverandre. Mellom dag 0-20 var APET- og APET/PE g/p 1 60/40 kun signifikant forskjellig fra hverandre ved noen dager og analyser. Generelt var det ikke store forskjeller mellom APET- og APET/PE g/p 1 60/40 som gjør at APET g/p 1 60/40 kan være et resirkulerbart alternativ for å bytte ut det komplekse materiale APET/PE g/p 1 60/40. I tillegg var emballasjeløsningen APET g/p 1 60/40 med Biaxer 40 som overbane den emballasjeløsningen som utfra livsløpsanalysen hadde lavest klima fotavtrykk sammenlignet med de andre emballasjeløsningene. Funnene gjør denne emballasjeløsningen interessant for videre forskning.

De tre HDPE emballasjeløsningene (std. g/p 1 60/40, l. g/p 1 60/40, l. g/p 1,5 60/40) pakket med 60/40 var ikke signifikant forskjellig fra hverandre for utseendevurderingen, luktvurderingen, væsketapet og mikrobiologiske analyser. Økt g/p forhold fra 1 til 1,5 ga økt CO<sub>2</sub> konsentrasjon i pakningen, men økt g/p forhold ga ingen signifikante forskjeller for det mikrobiologiske resultatet. Økt konsentrasjonen av CO<sub>2</sub> hadde for HDPE l. g/p 1,5 60/40 sammenlignet med HDPE l. g/p 1 60/40 ingen signifikant hemmende effekt på bakterieveksten. Resultatet indikerer at g/p 1,5 ikke hadde signifikant hemmende effekt på bakterievekst. Den eneste signifikante forskjellen mellom g/p 1 og g/p 1,5 i dette forsøket var at CO<sub>2</sub> konsentrasjonen i headspace holdt seg mer stabil gjennom lagringsperioden.

Det var ingen signifikante forskjeller mellom de to HDPE emballaseløsningene (std. g/p 1 60/40, l. g/p 1 60/40) pakket med 60/40 med ulik materialtykkelse for utseendevurderingen, luktvurderingen, væsketapet og de mikrobiologiske analysene. Dette resultatet indikerer at det vil være potensiale for å redusere plastmengden fra HDPE standard til HDPE light som har 4,26 g redusert plastmengde pr. skål.

De tre HDPE emballaseløsningene (std. g/p 1 60/40, l. g/p 1 60/40, l. g/p 1,5 60/40) var ikke signifikant forskjellig fra referansen APET/PE g/p 1 60/40 for luktvurderingen og væsketapet, mens ved utseendevurderingen hadde HDPE l. g/p 1,5 60/40 ved for to uttaksdager signifikant forskjellig resultat fra referansen APET/PE g/p 1 60/40. De mikrobiologiske analysene hadde for de tre emballaseløsningene ved slutten av lagringsperioden (dag 20 og dag 24) ingen signifikante forskjellig fra referansen APET/PE g/p 1 60/40 (med unntak av to avlesninger på dag 20; totaltall for HDPE std. g/p 1 60/40, og *Enterobacteriaceae* for HDPE l. g/p 1 60/40). Resultatene tilsier derfor at HDPE emballaseløsningene (std. g/p 1 60/40, l. g/p 1 60/40, l. g/p 1,5 60/40) pakket med 60/40 kunne blitt et resirkulerbart alternativ til APET/PE g/p 1 60/40, da det ikke var store signifikante forskjeller mellom referansen APET/PE g/p 1 60/40 og HDPE pakket med 60/40 (std. g/p 1 60/40, l. g/p 1 60/40, l. g/p 1,5 60/40).

APET og HDPE l. har ulike barriereegenskaper, hvor APET har bedre barriereegenskaper enn HDPE l. Det var forventet at barriereegenskapene ville gi APET g/p 1 pakket med 60/40 lavere mikrobiologisk vekst enn HDPE l. g/p 1 pakket med 60/40. Resultatet viste dog at HDPE l. g/p 1 pakket med 60/40 kun var signifikant forskjellig fra APET g/p 1 pakket med 60/40 for mikrobiologisk analyse av *B. thermosphacta*. Resultatet indikerer at monomaterialene APET og HDPE til tross for ulike barriereegenskaper kun er signifikant forskjellig ved det mikrobiologiske resultatet av *B. thermosphacta*.

HDPE light g/p 1 pakket med 100 % CO<sub>2</sub> og emitter hadde et signifikant forskjellig utseende og væsketap sammenlignet med referansen APET/PE g/p 1 60/40. Utseende til HDPE l. g/p 1 med 100 % CO<sub>2</sub> og emitter hadde ikke blitt akseptert på markedet slik den var nå. Emitteren i pakningen var ikke optimalisert, noe som gikk utover utseende og væsketapet til pakningen. Det var synd at emitteren som ble benyttet ikke var optimal når man sammenligner de mikrobiologiske resultatene og luktvurderingen med referansen APET/PE g/p 1 60/40. HDPE l. g/p 1 med 100 % CO<sub>2</sub> og emitter var ikke signifikant forskjellig fra APET/PE g/p 1 60/40, med unntak av noen avlesninger hvor HDPE l. g/p 1 pakket med 100 % CO<sub>2</sub> og emitter hadde verdier under deteksjonsgrensen.

#### **4.8.2 Videre arbeid**

Resultatet fra forsøket ga nyttige informasjon for vurdering og innsikt for hvilke endringer som kan gjøres i fremtiden. Emitteren bør ved videre arbeid optimaliseres for emballaseløsningen HDPE light g/p 1 pakket med 100 % CO<sub>2</sub> og emitter. De mikrobiologiske resultatene for denne emballaseløsningen var ikke signifikant forskjellig fra referansen APET/PE g/p 1 60/40. Emitteren som ble brukt hadde ikke nok kapasitet og dette påvirket utseende og væsketapet. Resultatet for HDPE light g/p 1 pakket med 100 % CO<sub>2</sub> med emitter ble derfor signifikant forskjellig fra referansen APET/PE g/p 1 60/40 for utseende og væsketapet. Det må ved videre arbeid brukes en mer optimalisert emitter med nok kapasitet, for emballaseløsningen HDPE light g/p 1 pakket med 100 % CO<sub>2</sub> og emitter.

Et sensorisk panel bør vurderes ved senere arbeid for å utføre en beskrivende test som gjør at resultatet lettere kan knyttes til de mikrobiologiske resultatene.

Den mikrobiologiske analysen av *E. coli* ble ikke utført som planlagt på grunn av Covid-19. Denne analysen bør utføres ved videre arbeid slik at industrien får *E. coli* resultatene.

## Litteratur

- 3M Food Safety. (2017). *E. coli/Coliform Count Plates*. 3M™ Petrifilm™. [https://www.3m.com/3M/en\\_US/company-us/all-3m-products/~/ECOLICT-3M-Petrifilm-E-coli-Coliform-Count-Plates/?N=5002385+3293785155&rt=rud](https://www.3m.com/3M/en_US/company-us/all-3m-products/~/ECOLICT-3M-Petrifilm-E-coli-Coliform-Count-Plates/?N=5002385+3293785155&rt=rud)
- Balamatsia, C. C., Patsias, A., Kontominas, M. G., & Savvaidis, I. N. (2007). Possible role of volatile amines as quality-indicating metabolites in modified atmosphere-packaged chicken fillets: Correlation with microbiological and sensory attributes. *Food Chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.03.013>
- Betts, G. (2006). 23 - Other spoilage bacteria. In C. de W. B. T.-F. S. M. Blackburn (Ed.), *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition* (pp. 668–693). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9781845691417.5.668>
- Bjerkeng, B., Sivertsvik, M., Rosnes, J. T., & Bergslien, H. (1995). Reducing package deformation and increasing filling degree in packages of cod fillets in CO<sub>2</sub>-enriched atmospheres by adding sodium carbonate and citric acid to an exudate absorber. *Foods and Packaging Materials - Chemical Interactions*, 222–227.
- Deloitte. (2019). *Sirkulær plastemballasje i Norge - Kartlegging av verdikjeden for plastemballasje*. [https://www.emballasjeforeningen.no/wp-content/uploads/2019/08/Deloitte\\_Kartlegging-av-verdikjeden-for-plastemballasje.pdf](https://www.emballasjeforeningen.no/wp-content/uploads/2019/08/Deloitte_Kartlegging-av-verdikjeden-for-plastemballasje.pdf)
- Eie, T. (2007). Emballering av næringsmidler. *Matforsk (for NMBU-Faget "Innføring i Emballasje- Og Emballeringssteknologi)*.
- Ellen MacArthur Foundation/World economic forum. (2016). The New Plastics Economy: Rethinking the future of plastics. *Ellen MacArthur Foundation*.
- Emballasjeforeningen. (2019). *Veikart for sirkulær plastemballasje i Norge*.
- Emblem, A., & Emblem, H. (2012). Packaging technology: Fundamentals, materials and processes. In *Packaging Technology: Fundamentals, Materials and Processes*. <https://doi.org/10.1533/9780857095701>
- Finne Kure, C. (2017). *FoodMicro-Pack*. Nofima. <https://nofima.no/prosjekt/foodmicro-pack/>
- Hansen, A. Å., Høy, M., & Pettersen, M. K. (2009). Prediction of optimal CO<sub>2</sub> emitter capacity developed for modified atmosphere packaging of fresh salmon fillets (*Salmo salar* L.). *Packaging Technology and Science*, 22(4), 199–208. <https://doi.org/10.1002/pts.843>
- Hansen, A. Å., Moen, B., Rødbotten, M., Berget, I., & Pettersen, M. K. (2016). Effect of vacuum or modified atmosphere packaging (MAP) in combination with a CO<sub>2</sub> emitter on quality parameters of cod loins (*Gadus morhua*). *Food Packaging and Shelf Life*, 9, 29–37. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2016.05.005>
- Helseth, L. E. (2018a). *Kondensasjonspolymerisasjon*. Store Norske Leksikon. <https://snl.no/kondensasjonspolymerisasjon>
- Helseth, L. E. (2018b). *Polymerisasjon*. Store Norske Leksikon. <https://snl.no/polymerisasjon>



- Holck, A. L., Pettersen, M. K., Moen, M. H., & Sørheim, O. (2014). Prolonged shelf life and reduced drip loss of chicken filets by the use of carbon dioxide emitters and modified atmosphere packaging. *Journal of Food Protection*, 77(7), 1133–1141. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-13-428>
- Jiménez, S. M., Salsi, M. S., Tiburzi, M. C., Rafaghelli, R. C., Tessi, M. A., & Coutaz, V. R. (1997). Spoilage microflora in fresh chicken breast stored at 4 °C: Influence of packaging methods. *Journal of Applied Microbiology*. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.1997.00276.x>
- Klima- og Miljødepartement. (2017). *Avfall som resurss - avfallspolitikk og sirkulær økonomi (Meld. St. 45)*. <https://www.regjeringen.no/contentassets/4c45f38bddee47a7b7847af108894c0c/no/pdfs/stm201620170045000dddpdfs.pdf>
- Larsen, H., Kohler, A., & Magnus, E. M. (2000). Ambient oxygen ingress rate method—an alternative method to Ox-Tran for measuring oxygen transmission rate of whole packages. *Packaging Technology and Science*, 13(6), 233–241. <https://doi.org/10.1002/pts.519>
- Mattilsynet. (2019). *Kylling, filet, uten skinn, rå*. Matvaretabellen. <https://www.matvaretabellen.no/fjoerfe-og-kjoett-g3>
- Møller, H., & Hanssen, O. J. (1993). *LIVSLØPSVURDERING AV DRIKKEVAREEMBALLASJE - Relasjon til RESIRK - søknaden*.
- NIBIO. (n.d.). *Livsløpsanalyser (LCA)*. Norsk Institutt for Bioøkonomi. <https://www.nibio.no/tema/miljo/livslopsanalyser-lca>
- Nordisk metodikkomité for næringsmidler. (2005). Enterobacteriaceae. Bestämning i livsmedel och foder (Nr. 144). *Nordisk Metodikkomité for Næringsmidler*.
- Nordisk metodikkomité for næringsmidler. (2007). Melkesyrebakterier. Bestemmelse i næringsmidler i forbindelse med bederving (Nr. 140). *Nordisk Metodikkomité for Næringsmidler*.
- Nordisk metodikkomité for næringsmidler. (2010a). Brochothrix spp. Bestemmelse i kød og kødvarer (Nr. 141). *Nordisk Metodikkomité for Næringsmidler*. <https://www.nmkl.org/index.php/nb/webshop/item/brochothrix-spp-nmkl-141>
- Nordisk metodikkomité for næringsmidler. (2010b). Prøveudtagning og forbehandling af levnedsmidler og foderstoffer til kvantitativ mikrobiologisk undersøgelse (Nr. 91). *Nordisk Metodikkomité for Næringsmidler*.
- Nordisk metodikkomité for næringsmidler. (2013). Aerobe mikroorganismer (Nr. 86). *Nordisk Metodikkomité for Næringsmidler*.
- Norsk Kylling. (n.d.). *Om oss*. <http://www.norsk-kylling.no/om-oss/>
- Østlie, H., M, B., H.P, K., & Sørhaug, T. (2018). Laboratorieoppgaver, Næringsmiddelmikrobiologi, MVI220, NMBU. *Laboratorieoppgaver, Næringsmiddelmikrobiologi, MVI220, NMBU*.

- Pedersen, B. (2019). *Katalysator*. Universitetet i Oslo, Store Norske Leksikon. <https://snl.no/katalysator>
- Pettersen, M. K. (2019). *ReducePack*. Nofima. <https://nofima.no/prosjekt/reducepack/>
- Pettersen, M. K., & Hansen, A. Å. (2012). The effect of packaging method, gas atmosphere and active packaging on the quality of chicken breast filets. *18th IAPRI World Packaging Conference*, 135–142.
- Raadal, H. L., Andreas, B., & Hanssen, O. J. (2007). *LCA av emballasjesystem med fokus på behandling av brukt emballasje*.
- Robertson, G L. (2011). *Packaging and food and beverage shelf life-7*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-1-84569-701-3.50007-4>
- Robertson, Gordon L. (2013). *Food packaging - Principles and Practice* (Third).
- Romerike Avfallsforedling IKS (ROAF). (2020). *Om ROAF*. ROAF. <https://www.roaf.no/om-roaf/>
- Rotabakk, B. T., Lekang, O. I., & Sivertsvik, M. (2007). Volumetric method to determine carbon dioxide solubility and absorption rate in foods packaged in flexible or semi rigid package. *Journal of Food Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.01.013>
- Senter, S. D., Arnold, J. W., & Chew, V. (2000). APC values and volatile compounds formed in commercially processed, raw chicken parts during storage at 4 and 13°C and under simulated temperature abuse conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. [https://doi.org/10.1002/1097-0010\(200008\)80:10<1559::AID-JSFA686>3.0.CO;2-8](https://doi.org/10.1002/1097-0010(200008)80:10<1559::AID-JSFA686>3.0.CO;2-8)
- Tronsmo, A. (2016). *Innføring i mikrobiologi*. Universitetsforlaget.
- Vermeiren, L., Devlieghere, F., Van Beest, M., De Kruijf, N., & Debevere, J. (1999). Developments in the active packaging of foods. *Trends in Food Science and Technology*. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(99\)00032-1](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(99)00032-1)
- Walstra, P., Walstra, P., Wouters, J. T. M., & Geurts, T. J. (2005). Dairy Science and Technology. In *Dairy Science and Technology*. <https://doi.org/10.1201/9781420028010>

## Vedlegg

Vedlegg 1: CO<sub>2</sub> og O<sub>2</sub> konsentrasjonen i headspace samt standardavvik for emballaseløsningene gjennom lagringsperioden på 24 dager lagret ved 4 °C.

		APET/PE g/p 1 60/40	HDPE std. g/p 1 60/40	HDPE l, g/p 1 60/40	APET g/p 1 60/40	HDPE l, g/p 1,5 60/40	HDPE l, g/p 1 100%CO <sub>2</sub> +emit ter
O <sub>2</sub> %	0	<0,05*	<0,05*	<0,05*	<0,05*	<0,05*	<0,05*
	8	0,00 ± 0,00 <sup>D</sup>	0,08 ± 0,01 <sup>C</sup>	0,10 ± 0,01 <sup>BC</sup>	0,001 ± 0,00 <sup>D</sup>	0,12 ± 0,00 <sup>B</sup>	0,33 ± 0,04 <sup>A</sup>
	14	0,01 ± 0,01 <sup>C</sup>	0,14 ± 0,02 <sup>B</sup>	0,15 ± 0,04 <sup>B</sup>	0,01 ± 0,00 <sup>C</sup>	0,16 ± 0,01 <sup>B</sup>	0,86 ± 0,03 <sup>A</sup>
	17	0,00 ± 0,00 <sup>B</sup>	0,08 ± 0,05 <sup>B</sup>	0,05 ± 0,01 <sup>B</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>B</sup>	0,14 ± 0,06 <sup>B</sup>	0,77 ± 0,42 <sup>A</sup>
	20	0,00 ± 0,00 <sup>B</sup>	0,02 ± 0,01 <sup>B</sup>	0,08 ± 0,05 <sup>B</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>B</sup>	0,12 ± 0,06 <sup>B</sup>	0,80 ± 0,14 <sup>A</sup>
	24	0,00 ± 0,00 <sup>B</sup>	0,03 ± 0,01 <sup>AB</sup>	0,01 ± 0,01 <sup>B</sup>	0,01 ± 0,01 <sup>B</sup>	0,06 ± 0,05 <sup>AB</sup>	0,38 ± 0,37 <sup>A</sup>
C O <sub>2</sub> %	0	56-59*	56-59*	56-59*	56-59*	56-59*	56-59*
	8	38,53 ± 0,2 <sup>C</sup>	37,33 ± 0,87 <sup>CD</sup>	37,20 ± 0,75 <sup>CD</sup>	36,90 ± 0,78 <sup>D</sup>	43,88 ± 0,3 <sup>B</sup>	96,55 ± 0,45 <sup>A</sup>
	14	36,85 ± 0,51 <sup>C</sup>	34,80 ± 0,47 <sup>D</sup>	34,40 ± 0,65 <sup>D</sup>	36,60 ± 0,6 <sup>C</sup>	41,48 ± 0,6 <sup>B</sup>	92,20 ± 0,94 <sup>A</sup>
	17	36,60 ± 0,23 <sup>C</sup>	33,00 ± 0,14 <sup>D</sup>	33,35 ± 0,38 <sup>D</sup>	36,18 ± 0,7 <sup>C</sup>	39,65 ± 0,62 <sup>B</sup>	88,85 ± 0,82 <sup>A</sup>
	20	35,65 ± 0,24 <sup>C</sup>	33,30 ± 1,14 <sup>D</sup>	32,53 ± 0,70 <sup>D</sup>	36,90 ± 0,41 <sup>C</sup>	39,30 ± 0,50 <sup>B</sup>	90,15 ± 0,90 <sup>A</sup>
	24	37,53 ± 1,25 <sup>AB</sup>	34,45 ± 0,54 <sup>AB</sup>	33,33 ± 0,87 <sup>C</sup>	38,05 ± 0,27 <sup>BC</sup>	39,23 ± 0,52 <sup>B</sup>	85,43 ± 5,46 <sup>A</sup>

\*ble kun målt for kontroll av rett gassammensetning.

ABCD Gjennomsnitt som ikke deler samme bokstav innenfor samme dag og analyse er signifikant forskjellig (p-verdi <0,05) fra hverandre.

Vedlegg 2: Utseendevurdering på en skala fra 0-6 og standardavvik for emballasjeløsningene gjennom lagringsperioden på 24 dager lagret ved 4 °C.

	APET/PE g/p 1 60/40	HDPE std. g/p 1 60/40	HDPE I, g/p 1 60/40	APET g/p 1 60/40	HDPE I, g/p 1,5 60/40	HDPE I, g/p 1 100 % CO <sub>2</sub> +emitter
Dag 8	2,63 ± 0,25 <sup>AB</sup>	2,63 ± 0,25 <sup>AB</sup>	2,25 ± 0,29 <sup>BC</sup>	2,88 ± 0,25 <sup>A</sup>	2,25 ± 0,29 <sup>BC</sup>	1,88 ± 0,25 <sup>C</sup>
Dag 14	2,63 ± 0,22 <sup>A</sup>	2,25 ± 0,29 <sup>AB</sup>	2,13 ± 0,25 <sup>AB</sup>	2,25 ± 0,29 <sup>AB</sup>	2,00 ± 0,00 <sup>B</sup>	1,88 ± 0,25 <sup>B</sup>
Dag 17	2,75 ± 0,25 <sup>A</sup>	2,38 ± 0,25 <sup>AB</sup>	2,25 ± 0,29 <sup>AB</sup>	2,50 ± 0,41 <sup>AB</sup>	2,25 ± 0,50 <sup>AB</sup>	1,75 ± 0,29 <sup>B</sup>
Dag 20	2,75 ± 0,25 <sup>A</sup>	2,25 ± 0,29 <sup>AB</sup>	2,13 ± 0,25 <sup>BC</sup>	2,75 ± 0,29 <sup>A</sup>	2,00 ± 0,00 <sup>BC</sup>	1,63 ± 0,25 <sup>C</sup>
Dag 24	2,50 ± 0,35 <sup>AB</sup>	2,25 ± 0,29 <sup>AB</sup>	2,13 ± 0,25 <sup>AB</sup>	2,75 ± 0,29 <sup>A</sup>	2,00 ± 0,00 <sup>BC</sup>	1,25 ± 0,29 <sup>C</sup>

ABCD Gjennomsnitt som ikke deler samme bokstav innenfor samme dag er signifikant forskjellig (p-verdi <0,05) fra hverandre.

\*Kommentarer fra dommerne er ikke tatt med i vedlegg.

Vedlegg 3: Gjennomsnittlig score for luktvurdering på en skala fra 1-5 og standardavviket til kyllingfiletene i emballasjeløsningene gjennom lagringsperioden på 24 dager lagret ved 4 °C.

	Dag 0	Dag 8	Dag 14	Dag 17	Dag 20	Dag 24
APET/PE g/p 1 60%CO2/40%N2	5,00 ±0,00 <sup>A</sup>	4,69 ±0,25 <sup>A</sup>	4,73 ±0,16 <sup>A</sup>	4,18 ±0,05 <sup>A</sup>	4,63 ±0,04 <sup>A</sup>	3,60 ±0,41 <sup>A</sup>
HDPE std. g/p 1 60%CO2/40%N2	5,00 ±0,00 <sup>A</sup>	4,81 ±0,25 <sup>A</sup>	4,65 ±0,33 <sup>A</sup>	4,13 ±0,07 <sup>AB</sup>	4,19 ±0,22 <sup>A</sup>	3,65 ±0,16 <sup>A</sup>
HDPE l. g/p 1 60%CO2/40%N2	5,00 ±0,00 <sup>A</sup>	4,69 ±0,31 <sup>A</sup>	4,15 ±0,26 <sup>B</sup>	3,65 ±0,14 <sup>B</sup>	4,19 ±0,16 <sup>A</sup>	3,85 ±0,19 <sup>A</sup>
APET g/p 1 60%CO2/40%N2	5,00 ±0,00 <sup>A</sup>	4,88 ±0,20 <sup>A</sup>	4,60 ±0,04 <sup>A</sup>	4,08 ±0,40 <sup>AB</sup>	4,13 ±0,21 <sup>A</sup>	3,45 ±0,20 <sup>A</sup>
HDPE l. g/p 1,5 60%CO2/40%N2	5,00 ±0,00 <sup>A</sup>	4,88 ±0,23 <sup>A</sup>	4,78 ±0,25 <sup>A</sup>	4,05 ±0,06 <sup>AB</sup>	4,25 ±0,27 <sup>A</sup>	3,75 ±0,07 <sup>A</sup>
HDPE l. g/p 1 100%CO2 + emitter	5,00 ±0,00 <sup>A</sup>	4,84 ±0,27 <sup>A</sup>	4,75 ±0,22 <sup>A</sup>	4,28 ±0,24 <sup>A</sup>	4,50 ±0,27 <sup>A</sup>	3,95 ±0,13 <sup>A</sup>

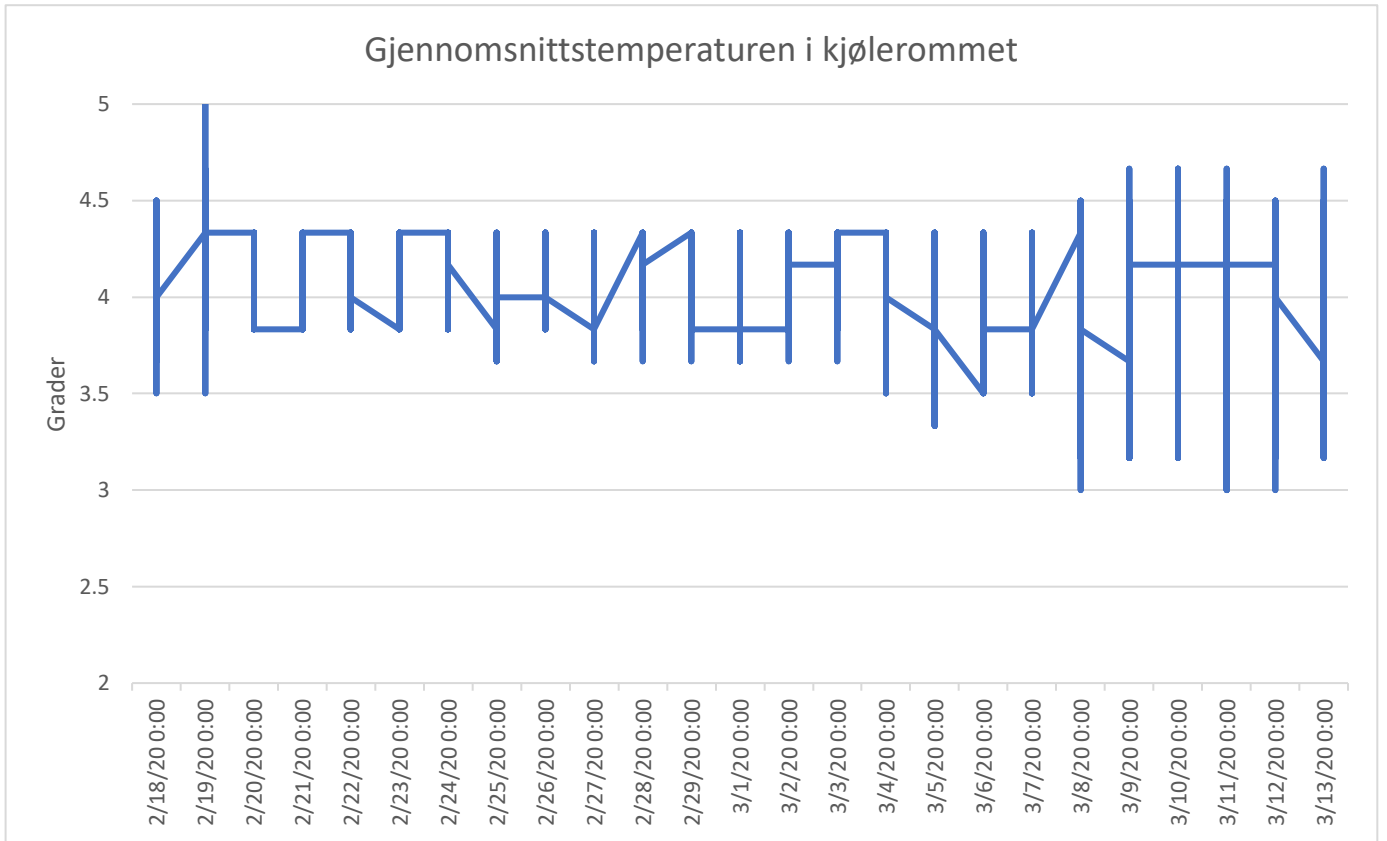
ABCDGjennomsnitt som ikke deler samme bokstav innenfor samme dag er signifikant forskjellig (p-verdi <0,05) fra hverandre.

Vedlegg 4: Væsketapet for alle emballaseløsningene, samt standardavvik i emballaseløsningene gjennom lagringsperioden på 24 dager lagret ved 4 °C.

	APET/PE g/p 1 60/40	HDPE std. g/p 1 60/40	HDPE l. g/p 1 60/40	APET g/p 1 60/40	HDPE l. g/p 1,5 60/40	HDPE l. g/p 1 100%CO <sub>2</sub> +emitter
Dag 8	1,32 ±0,16 <sup>B</sup>	2,01 ±1,02 <sup>B</sup>	2,14 ±0,81 <sup>B</sup>	2,42 ±1,03 <sup>B</sup>	1,55 ±0,42 <sup>B</sup>	7,53 ±1,06 <sup>A</sup>
Dag 14	2,06 ±0,59 <sup>BC</sup>	3,28 ±0,57 <sup>BC</sup>	3,38 ±1,25 <sup>BC</sup>	3,96 ±0,49 <sup>B</sup>	1,75 ±0,86 <sup>C</sup>	9,43 ±1,10 <sup>A</sup>
Dag 17	2,41 ±0,74 <sup>B</sup>	2,81 ±1,17 <sup>B</sup>	2,76 ±0,52 <sup>B</sup>	3,88 ±1,34 <sup>B</sup>	1,90 ±0,33 <sup>B</sup>	10,67 ±1,97 <sup>A</sup>
Dag 20	2,88 ±0,82 <sup>B</sup>	3,38 ±0,49 <sup>B</sup>	3,34 ±1,02 <sup>B</sup>	3,18 ±0,79 <sup>B</sup>	1,79 ±0,38 <sup>B</sup>	11,06 ±1,59 <sup>A</sup>
Dag 24	2,78 ±0,38 <sup>BC</sup>	4,47 ±0,76 <sup>B</sup>	3,77 ±0,85 <sup>BC</sup>	4,22 ±0,93 <sup>B</sup>	2,21 ±0,40 <sup>C</sup>	12,63 ±1,19 <sup>A</sup>

ABCD Gjennomsnitt som ikke deler samme bokstav innenfor samme dag er signifikant forskjellig (p-verdi <0,05) fra hverandre

Vedlegg 5: Rådata for gjennomsnittlig kjølerommet for alle dagene gjennom lagringsperioden på 24 dager (vertikale linjer representerer alle målingene innenfor en dag).



Vedlegg 6: Referansen APET/PE g/p 1 60% CO<sub>2</sub> og 40% N<sub>2</sub> etter 8 dager (t.v.) og 20 dager (t.h.).





Vedlegg 7: Emballasjeløsning HDPE std. g/p 1 60% CO<sub>2</sub>/40% N<sub>2</sub>, HDPE l. g/p 1 60% CO<sub>2</sub>/40% N<sub>2</sub>, HDPE l. g/p 1,5 60% CO<sub>2</sub>/40% N<sub>2</sub> (e). Øverste figur var fra dag 8, figur i midten var fra dag 20 og nederste figur var fra dag 24.



Vedlegg 8: APET g/p 1 60% CO<sub>2</sub> og 40% N<sub>2</sub> ved dag 8 og dag 24.



Vedlegg 9: Skjema gitt ved luktanalysen

Score: 1-5. 5= optimal kvalitet. 3= noen forandringer. <3= uakseptabel kvalitet.					
NVAN:					
DATO:					
Kode	Score	Kommentar	Kode	Score	Kommentar
119			662		
174			702		
202			754		
228			757		
235			774		
243			846		
263			864		
337			914		
352			931		
359			983		
377					
476					
494					
499					
548					
654					

Vedlegg 10: Datablad på HDPE standard skål

EXT. DIMENSIONS		Symbol	526 XX 03	Unit
<p>The dots indicates where we measure the Lengths and Widths. At other places on the tray the measures may be different.</p>				
<b>Disclaimer:</b> All information in this specification are given in good faith and without warranty. Material: HDPE. Approved for food contact to Code of Federal Regulations, issued by Food Drug Administration,(FDA), paragraph 21,CFR 177,1520(olefins polymers)				
<b>PROMENS</b>			<b>Group 06</b>	<b>Revised Date:</b> 01-feb-12
				ementor
<b>FLANGE</b>				
Width, Long side				
Width, Short side				
Thickness, nom				
Curvature, corner				
Curvature, inside				
<b>WALL</b>				
Thickness, min				
Angle				
Curvature, bottom				
<b>VOLUME</b>				
WEIGHT, nom				
WEIGHT, min				
<b>EXPOSED AREA</b>				
Tray				
Membrane				
<b>GAS PERMEAB. OF TRAY</b>				
Oxygen O <sub>2</sub>				
Nitrogen N <sub>2</sub>				
Carbondioxide CO <sub>2</sub>				
Water Vapour H <sub>2</sub> O				

Vedlegg 11: Datablad på APET skål

C 2187-1F Clear APET  
Item no. 2187015044

Færch



General

Item no.:	2187015044
Main part list no.:	7900
Related lids:	-
Shape:	Rectangular
Colour:	Clear
Material:	APET
Diameter (mm):	
Length (mm):	186,70
Width (mm):	136,90
Depth (mm):	40,00
Volume (ml):	685,00
Compartments:	1
Volume per compartment (ml):	-
Application:	Cold food and snacks
Cooking:	Not ovenable
Status:	Active
EAN:	5703969003246
Restrictions:	No
Lead time:	Standard item. Lead time to be confirmed.

Embossing

Customer logo:	-
Cavity no.:	Yes
Depth indicated:	No
Green Dot:	No
Glass and Fork:	Yes
Recycling Arrows:	Yes
Færch Logo:	FÆRCH LOGO

Technical information

Min. temp:	-40
Max. temp:	70
Absorber inlay:	No
Nominal sheet thickness, my (μ):	500
Nominal Weight:	16,93
Tolerance weight:	+/- 10%
Tolerance diameter (+/- mm):	0,60
Tolerance length (+/- mm):	0,60
Tolerance width (+/- mm):	0,60
Tolerance depth (+/- mm):	0,60
Tolerance centre (+/- mm):	0,90
Cubic metres per 1000 units:	0,09
Perforations:	No
Handles:	No

Packaging

Packaging:	Cardboard box
Weight per Pack, kg:	13,60
Net weight per Pack, kg:	13,00
Products per line:	768
Layers per pallet:	4,000
Cartons per layer:	4,000
Cartons per pallet:	16,00
Total units per pallet:	12288
Pallet type:	Disposable pallet
Pallet Height, mm:	1290,00
Packaging Length, mm:	600,00
Packaging Width, mm:	400,00
Packaging Height, mm:	290,00
Packaging Volume, m3:	0,070

Absorber pad

Name:	-
Length (mm):	-
Width (mm):	-
Absorbency per m2 (ml):	-
Absorbency for one pad (ml):	-
Top layer colour:	-
Bottom layer colour:	-
Weight (gr):	-
Other specifications:	-

Færch A/S

Rasmus Færchs Vej 1  
DK-7500 Holstebro

Tel. +45 99 10 10 10  
Fax. +45 99 10 10 99

faerch@faerch.com  
faerch.com

**WIPAK OY TECHNICAL DATA SHEET**

KE84009SX1

**MULTIPET 550 BLACK**

*Sorte Skåler til Dymofakker*

PROPERTY	UNIT	METHOD	NOMINAL VALUE
THICKNESS	µm		540
WEIGHT	g/m <sup>2</sup>		703
YIELD	m <sup>2</sup> /kg		1,4
WVTR	g /m <sup>2</sup> /24h	ASTM E-96	0,6
OXYGEN TRANSMISSION	cc/m <sup>2</sup> /24h, 23°C/50%RH	ASTM D 3985	7
OXYGEN TRANSMISSION	cc/m <sup>2</sup> /24h, 4°C/50%RH	CALC.	<1
CARBON DIOXIDE TRANSMISSION	cc/m <sup>2</sup> /24h, 23°C/50%RH	CALC.	35
PUNCTURE RESISTANCE	N (outside/inside)	EN 14477	40/36
FLEX CRACK, 900 cycles	Pinholes/dm <sup>2</sup>	ASTM F 392-74	-
DEEP DRAW RANGE	mm		0-55
SEALING TEMP	°C		110-150
RUNNING METERS / ROLL, 76 mm core	m		130
RM / PALL, width >325 mm, 16 rll/pall	m		2 080
RM / PALL, width <325 mm, 24 rll/pall	m		3 120
STRUCTURE			APET// PE EVA

All packaging films comply with EC Plastic Directive 2002/72/EC, EC Waste Directive 94/62/EC and their subsequent amendments.

All raw materials are also in compliance with FDA regulations for food packaging materials.

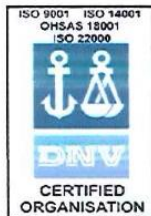
Recommended storage conditions: T = 18 – 24 °C, relative humidity = 40 – 50 %, no exposure to direct sun light.

Material should be kept in the original packing. Allow the film at least 24 hours acclimatisation to working conditions.

Recommended usage within 12 months.

The data is for customer's information only and is in no respect legally binding. Changes due to product improvement are possible.

Total thickness tolerances +/- 10 %. This information does not release the buyer from the obligation to examine suitability of the film for his own intended food application and further processing.



Released 12.11.2009

Mail address:  
P.O.Box 45, FI-15561 Nastola  
Visiting address:  
Wipaktie 2, FI-15560 Nastola

tel:+358-(0) 20-510 311  
fax:+358-(0) 20-510 3300  
E-mail:info.finland@wipak.com  
Website:www.wipak.com

**WIPAK OY TECHNICAL DATA SHEET**

**BIAXER 65 XX FP AFM**

PROPERTY	UNIT	METHOD	NOMINAL VALUE
THICKNESS	µm		63
WEIGHT	g/m <sup>2</sup>		63
YIELD	m <sup>2</sup> /kg		15,9
WVTR	g /m <sup>2</sup> /24h	ASTM E-96	<2
OXYGEN TRANSMISSION	cc/m <sup>2</sup> /24h, 23°C/50%RH	ASTM D 3985	<5
OXYGEN TRANSMISSION	cc/m <sup>2</sup> /24h, 4°C/50%RH	CALC.	<1
CARBON DIOXIDE TRANSMISSION	cc/m <sup>2</sup> /24h, 23°C/50%RH	CALC.	<20
PUNCTURE RESISTANCE	N (outside/inside)	WIPAK METHOD	8/10
FLEX CRACK, 900 cycles	Pinholes/dm <sup>2</sup>	ASTM F 392-74	<5
DEEP DRAW RANGE	mm		-
SEALING TEMP	°C		110-150
RUNNING METERS / ROLL, 76 mm core	m		1 100
RM / PALL, width >325 mm, 16 rll/pall	m		17 600
RM / PALL, width <325 mm, 24 rll/pall	m		26 400

**STRUCTURE**

**BOPET//PE XX AFM**

All packaging films comply with Regulation (EU) No 10/2011 on plastic materials and articles intended to come into contact with food, EC Waste Directive 94/62/EC and their subsequent amendments.

All raw materials are also in compliance with FDA regulations for food packaging materials.

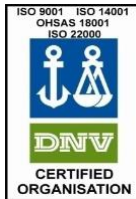
Recommended storage conditions: T = 18 – 24 °C, relative humidity = 40 – 60 %, no exposure to direct sun light.

Material should be kept in the original packing. Allow the film at least 24 hours acclimatization to working conditions.

Recommended usage within 12 months.

The data is for customer's information only and is in no respect legally binding. Changes due to product improvement are possible.

Total thickness tolerances +/- 10 %. This information does not release the buyer from the obligation to examine suitability of the film for his own intended food application and further processing.



Released 26.8.2015

Wipak Oy

Wipak Nastola  
 Wipaktie 2,15560 Nastola  
 Wipak Valkeakoski  
 Kaivolankatu 5, 37630 Valkeakoski

tel:+358-(0) 20-510 311  
 fax:+358-(0) 20-510 3300  
 E-mail:info.finland@wipak.com  
 Website:www.wipak.com



## TECHNICAL DATA SHEET

### BIAXOP 70 XX PEEL

PROPERTY	UNIT	METHOD	NOMINAL VALUE
THICKNESS	µm		70
WEIGHT	g/m <sup>2</sup>		67
YIELD	m <sup>2</sup> /kg		14,9
WVTR	g /m <sup>2</sup> /24h	ASTM E-96	<0,6
OXYGEN TRANSMISSION	cc/m <sup>2</sup> /24h, 23°C/50%RH	ASTM D 3985	<5
OXYGEN TRANSMISSION	cc/m <sup>2</sup> /24h, 4°C/50%RH	CALC.	<1
CARBON DIOXIDE TRANSMISSION	cc/m <sup>2</sup> /24h, 23°C/50%RH	CALC.	<20
PUNCTURE RESISTANCE	N (outside/inside)	WIPAK METHOD	9/10
FLEX CRACK, 900 cycles	Pinholes/dm <sup>2</sup>	ASTM F 392-74	<1
DEEP DRAW RANGE	mm		-
SEALING TEMP	°C		120-150
RUNNING METERS / ROLL, 76 mm core	m		1 000
RM / PALL, width >325 mm, 16 rll/pall	m		16 000
RM / PALL, width <325 mm, 24 rll/pall	m		24 000

#### STRUCTURE

BOPP//PE XX PEEL

All packaging films comply with Regulation (EU) No 10/2011 on plastic materials and articles intended to come into contact with food, EC Waste Directive 94/62/EC and their subsequent amendments.

All raw materials are also in compliance with FDA regulations for food packaging materials.

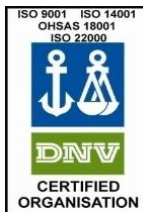
Recommended storage conditions: T = 18 – 24 °C, relative humidity = 40 – 60 %, no exposure to direct sun light.

Material should be kept in the original packing. Allow the film at least 24 hours acclimatization to working conditions.

Recommended usage within 12 months.

The data is for customer's information only and is in no respect legally binding. Changes due to product improvement are possible.

Total thickness tolerances +/- 10 %. This information does not release the buyer from the obligation to examine suitability of the film for his own intended food application and further processing.



Released 4.9.2015

Wipak Oy

Wipak Nastola  
Wipaktie 2,15560 Nastola  
Wipak Valkeakoski  
Kaivolankatu 5, 37630 Valkeakoski

tel:+358-(0) 20-510 311  
fax:+358-(0) 20-510 3300  
E-mail:info.finland@wipak.com  
Website:www.wipak.com



Vedlegg 15: Datablad på overbanen BIAXER 40 XXX PET PEEL



## PRODUCT INFORMATION

PRODUCT IDENTIFICATION	
<u>Product name</u>	TRIAL BIAXER 40 XXX PET PEEL
<u>New name &amp; Product codes</u>	
<u>Composition</u> (From outside to inside)	BOPET HB // BOPET pelable

TECHNICAL DATA			
<u>Thickness</u>	<i>Wipak method</i>	40	µm
<u>Weight</u>	<i>Wipak method</i>	52	g/m <sup>2</sup>
<u>Yield</u>	<i>Wipak method</i>	19,2	m <sup>2</sup> /kg
<u>Water vapor transmission</u>			
	23°C/0-85%hr <i>estimation</i>	0,9	g/m <sup>2</sup> .24h
<u>Oxygen transmission</u>			
	23°C/50%hr <i>estimation</i>	1,1	cc/m <sup>2</sup> .24h.bar
	4°C/50%hr <i>estimation</i>	0,3	cc/m <sup>2</sup> .24h.bar
<u>CO2 transmission</u>			
	23°C/50%hr <i>estimation</i>	6	cc/m <sup>2</sup> .24h.bar
<u>Puncture resistance</u>	<i>Wipak method</i>	-	N (outside / inside)
<u>Flex crack</u>	900 cycles <i>Wipak method</i>	-	pinholes/dm <sup>2</sup>

APPLICATIONS			
<u>Uses</u>		Flow Pack - Lidding on PET / PET peelable layer	
<u>Deep draw range</u>		-	mm
<u>Sealing temperature</u>		120-170	°C
<u>Temperature resistance*</u>			
	Maximum temperature **	40°C °C	for 10 days
	Minimum temperature	-30 °C	
<u>Storage life</u> (at the condition below)		12	months
<u>Storage condition</u>			
	temperature	15-25	°C
	relative humidity	40-80	%

DELIVERY STANDARD		
<u>Running meters / reel</u>	1600	m
<u>Number of reels / pallet (800 x 1200 mm)</u>		
reel width ≤ 166 mm	48	reels / pallet
reel width between 167 and 200 mm	40	reels / pallet
reel width between 201 and 250 mm	32	reels / pallet
reel width between 251 and 340 mm	24	reels / pallet
reel width between 341 and 600 mm	16	reels / pallet
reel width ≥ 601 mm	8	reels / pallet

\* Wipak guarantee the food contact conformity of this film in the above time/temperature conditions ; but the process ability and the various properties of this film (resistance of the sealing, mechanical properties, antifog effect - this one may be lost during a thermic treatment) in these conditions must be validated by the customer.

\*\* Higher temperature is possible depending on lower treatment time or type of food (usage of reduction factors for migration)and has to be checked case by case

All data given is for the customers information only and is in no respect legally binding.  
Total thickness tolerance: +/-10%.

Wipak Gryspeert SAS  
Zone des Bois  
F - 59166 BOUSBECQUE  
Tel: + 33 (0) 3 20 11 56 56  
Fax: + 33 (0) 3 20 11 56 70

released 12/09/2018  
printed 20/03/2019



Tittel:	EMB Oksyngjennomgang (OTR)
Område:	Metode og arbeidsbeskrivelser; Rutiner Emballaselaboratoriet
Dokument ID:	4864
Gyldig fra:	12.09.2019
Versjon:	1.4
Fagansvarlig:	Magnhild Seim Grøvlen
Redaktør:	Magnhild Seim Grøvlen
Godkjent av:	Tove Maugesten

## EMB Oksyngjennomgang (OTR)

### AOIR – (Ambient oxygen ingress rate method)

Oksyngjennomgang (OTR) utføres som beskrevet av Larsen et al. (2000).  
Gjennomgang av CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>TR) er beskrevet av Larsen & Liland (2013).

#### Flat film (celler)

Tillaging av prøver:

- Prøv å unngå å ta på filmen der prøvene skal være.
- Legg mal på filmen og kutt rundt med kniv.
- Lag 3-4 paralleller av hvert materiale.

Montering på celler:

- Trøk av gammelt fett før cellene monteres.
- Påfør tynt lag med fett langs kanten av cellene.
- Dersom 100 % RH på innsiden: tilfør 2 ml vann til celle.
- Legg prøven forsiktig på cellen. Pass på at det ikke er folder på filmen.
- Legg på lokket og skru igjen skruer.
- Bytt ut septa i mutter ved behov.

Flushing av celler:

- Flush cellene med 100 % N<sub>2</sub> for kun OTR. Flush med gassblanding 0,3 % O<sub>2</sub>, 20 % CO<sub>2</sub> i N<sub>2</sub> for både OTR og CO<sub>2</sub>TR.
- Skru opp mutter med septa og flush med flushepinnen festet til regulator og gassflaske.
- Flush i ca. 1 min.

Gassmålinger:

- Stikk nå gjennom septa i mutter.

KOPI. Gyldig versjon ligger i kvalitetssystemet

Side 1 av 4  
Skrevet ut 29.03.2020

Dokument ID:	4864
Versjon:	1.4

- 2 eller 3 målinger, avhengig av barriere. 1 måling etter minst **1 time etter flushing.**

### Pakninger

- Pakninger lages med 100 % N<sub>2</sub> ved pakking.
- Dersom 100 % RH på innsiden: tilfør 2-5 ml vann gjennom septa og sprøyte i hele pakninger, eller tilfør vann før pakking/sveising.
- Bestem volum av pakninger ved å fylle pakke med vann og veie, ved dyppemetoden eller oppgitt i datablad.
- Gassmålinger gjennom septa. 2 eller 3 målinger. Første måling **etter 18-24 timer** etter flushing/pakking

### Vakuumpakninger:

- Tilfør gass (100 % N<sub>2</sub>) ved pakking – MAP med emballasje for vakuum.
- Lav vakuumeringsgrad ved vakuumering i pakkemaskin. Sett på septa og tilfør gass gjennom nål festet til flushepinne, regulator og gassflaske.
- Alternativt: Klipp hull i to diagonale hjørner i pakke. Flush med 100 % N<sub>2</sub> og sveis igjen først det ene hjørnet, deretter det andre.
- Volum må bestemmes ved dyppemetoden.

### Skin-pakninger:

- Lite evakuering/vakuumeringsgrad ved pakking. Tilføring av 100 % N<sub>2</sub> gjennom nål festet til flushepinne, regulator og gassflaske.
- For å strekke filmen tilstrekkelig / tilsvarende produkt, kan trekloss legges i skål før sveising.
- Volum må bestemmes ved dyppemetoden.

### Beregning av OTR og CO<sub>2</sub>TR

For beregning av OTR og CO<sub>2</sub>TR ved AOIR-metoden benyttes eget regneark.

Skriv inn tidspunkt og måledata, samt volum.

Beregnes som  $[\text{ml O}_2 / (\text{pkn} \times \text{døgn})]$  og  $[\text{ml CO}_2 / (\text{pkn} \times \text{døgn})]$

### Flat film (celler):

- Volum celler: 276 ml
- Etter beregnet OTR/CO<sub>2</sub>TR i regneark må verdiene regnes om fra gjennomgangen for hele cellen til gjennomgang av gass gjennom filmen.

Dokument ID:	4864
Versjon:	1.4

$$OTR (flat film) = OTR (celle) * \left(\frac{10000}{46,57}\right)$$

$$CO2TR (flat film) = CO2TR (celle) * \left(\frac{10000}{46,57}\right)$$

- Forholdet mellom CO2TR og OTR (Permselectivity ratio),  $\beta$ :

$$\beta = \frac{CO2TR(flat film)}{OTR(flat film)}$$

Pakninger:

- Målt eller oppgitt volum benyttes i beregningene.
- Ingen omregningsfaktor nødvendig.

### PermMate

Manual ligger i skuff under instrumentet.

- Slå på PC, åpne gassflaske og sett i kontaktene (2 stk.) til PermMate-instrumentet.
- Følg anvisning på skjermen.

Instrumentet kan benyttes til å bestemme volum, måle oksygen og beregne OTR.

### Tidsestimat ut fra OTR

Barriere	Antatt OTR	Antall målinger	Målinger etter antall dager fra 1. måling
Høy barriere		2	4-6 dager
Middels barriere		2	2-3 dager
Lav barriere		3	Flere ganger daglig til 2 dager



## Declaration of Compliance

### for McAirlaid's Ovenable CO<sub>2</sub> emitting\* absorption pads in food trays

McAirlaid's confirms that the above mentioned products can be used for food contact: long term storage at refrigerator temperature (0 ...+4°C) and heat treatment (up to 230°C) in microwave or convention oven with fatty, aqueous or alcoholic food. At higher temperatures (above 200°C) the outer layer may become brittle. The melting point is 250°C.

Products fulfil all current relevant German, European and US recommendations / regulations concerning food contact if used correctly.

Specifically, the following regulations (and corresponding amendments) are relevant:

1. Regulation (EC) 1935/2004 including traceability
2. Regulation (EC) 2023/2006
3. Regulation (EC) 450/2009; if capacity is sufficient to take up all liquid released.
4. Regulation (EU) 10/2011
5. Directive 2004/12 EC together in conjunction with 94/62/EC (only Article 11, 1. is applicable)
6. German LFGB - Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- u. Futtermittelgesetzbuch
7. German BedGstV – Bedarfsgegenständeverordnung
8. German BfR recommendations XXXVI, XXXVI/3, XVII and LIII

FDA 21 CFR 177.1630 is fulfilled, as well.

The products consist of biaxially oriented PET film, cellulose, superabsorbent polymer, sodium hydrogen carbonate, citric acid and hotmelt. The exact composition is given in the individual technical datasheet.

The active substances were being assessed by EFSA.

Superabsorbent polymers (SAP) fulfil the needs of BfR recommendation LIII. The absorption of liquids takes only place physically; it does not interact with the atmosphere of the packaging.

Citric acid monohydrate, food grade (E330) is approved as a food additive, sodium bicarbonate, food grade (E500ii) is also approved and used as food additive for many types of food. By adding water this composition gets to sodium citrate (E331) and CO<sub>2</sub>. Sodium citrate is approved as a food additive as well.

The compliance of food contact was approved from a governmental institute. The relevant Certificate of Analysis is available. The tested contact surface is 1 dm<sup>2</sup>. The model volume is 100 ml. Within this analysis, compliance with the migration limits from Regulation (EU) No. 10/2011 of SoakerPads (itself) is also demonstrated.

Page 1 of 2



McAirlaid's Vliesstoffe GmbH  
AG Steinfurt HRB 10142  
Geschäftsführer:  
Alexander Maksimow  
Andreas Schmidt

Deutsche Bank AG Münster  
BIC: DEUTDE33400 • IBAN: DE71 4007 0080 0440 2400 00  
DZ Bank AG  
BIC: GENODEFFXXX • IBAN: DE10 5006 0400 0010 1388 79  
HypoVereinsbank  
BIC: HYVEDEMM414 • IBAN: DE96 3022 0190 0026 3667 04

Verkauf  
Münsterstraße 61-65  
D-48565 Steinfurt  
Tel. +49 2552 9334 0  
Fax +49 2552 9334 20

Werk 1  
Zum Eichberg 2  
D-37339 Berlingerode  
Tel. +49 36071 9009 0  
Fax +49 36071 9009 99

Werk 2  
Rudolf-Diesel-Str. 6  
D-37308 Heilbad  
Heiligenstadt

Werk 3  
Steigerstraße 10  
D-59379 Selm  
Tel. +49 2592 914150

info@mcairlaid.com | www.mcairlaid.com



**Norges miljø- og biovitenskapelige universitet**  
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet  
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway