

Malin Aaen Gansmo
Hannah Sha Bai Grønseth
Phillipa Sofie Degerstrøm Haakonsen

Biokonservering av fersk laks med utvalgte melkesyrebakteriestammer (*Carnobacterium maltaromaticum*, *Carnobacterium divergens*, *Leuconostoc gelidum*) – påvirkning på sensorisk kvalitet

Bacheloroppgave i Matvitenskap, teknologi og bærekraft
Veileder: Åse Strand
Medveileder: Anita Nordeng Jakobsen & Synne Hysten Røsten
Mai 2024

Malin Aaen Gansmo
Hannah Sha Bai Grønseth
Phillipa Sofie Degerstrøm Haakonsen

**Biokonservering av fersk laks med
utvalgte melkesyrebakteriestammer
(*Carnobacterium maltaromaticum*,
Carnobacterium divergens, *Leuconostoc
gelidum*) – påvirkning på sensorisk
kvalitet**

Bacheloroppgave i Matvitenskap, teknologi og bærekraft
Veileder: Åse Strand
Medveileder: Anita Nordeng Jakobsen & Synne Hylene Røsten
Mai 2024

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for naturvitenskap
Institutt for bioteknologi og matvitenskap



Kunnskap for en bedre verden

Forord

Denne bacheloroppgaven ble utført ved Institutt for bioteknologi og matvitenskap, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU), Trondheim, våren 2024. Oppgaven er finansiert av NTNU og er et bidrag til DekoLaks-prosjektet. Det praktiske arbeidet ble utført ved mikrobiologisk, prosess og sensorisk laboratorium på Kalvskinnet, Trondheim. Oppgaven er en del av det avsluttende arbeidet ved studieprogrammet Matvitenskap, teknologi og bærekraft og teller 15 studiepoeng. Vi ønsker å uttrykke stor takknemlighet overfor vår hovedveileder Åse Strand for god skriveveiledning, motivasjon og engasjement under det praktiske og teoretiske arbeidet. Vi ønsker også å takke medveilederne Anita Nordeng Jakobsen og Synne Hylene Røsten for stor hjelp og støtte i forbindelse med mikrobiologisk arbeid.

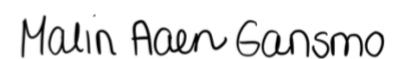
Trondheim, 15. mai 2024



Hannah Sha Bai Grønseth



Phillipa Sofie
Degerstrøm Haakonsen



Malin Aaen Gansmo

Sammendrag

Sjømat utgjør en betydelig del av næringsmiddelindustrien globalt, og Norge står som den fremste produsenten av oppdrettslaks. Forbrukere har vist økt etterspørsel etter lite prosesserte og spiseklare fiskeprodukter, noe som kan være krevende da slike produkter forringes raskt. Dermed vil det være nødvendig med konserveringsmetoder som bevarer kvaliteten og hindrer forringelse, uten at det påvirker produktets sensoriske kvalitet i merkbar grad. Biokonservering er en type konservering av næringsmidler som benytter mikroorganismer og deres antimikrobielle metabolitter, og har potensial til å anvendes i spiseklare produkter som fersk laks. På grunn av melkesyrebakterienes produksjon av bakteriostatisk stoffer kan de egne seg godt til biokonservering. Stoffene hindrer uønsket mikrobiell vekst, inkludert patogene mikroorganismer.

Hensikten med oppgaven er å undersøke virkning av biokonservering av fersk laks med tre utvalgte melkesyrebakterier, og hvordan de påvirker de sensoriske parameterne farge, lukt og tekstur. Melkesyrebakteriestammene ble inokulert i lakseloins, vakuumpakket med absorbent og kjølelagret ved 4 °C i 21 dager. Under lagringsperioden ble vekst av melkesyrebakterier, pH-utvikling og fargeendring i lakseprøvene målt. Melkesyrebakterienes påvirkning på de sensoriske parameterne i lakseprøvene ble vurdert i en kvalitetskontrolltest.

Kvantifisering av melkesyrebakterier i lakseprøvene viste at stammene var i stand til å vokse på overflaten av vakuumpakket laks ved kjøleskaptemperatur. Den ikke-inokulerte prøvegruppen, kontroll, viste også vekst av melkesyrebakterier, men signifikant mindre vekst enn de inokulerte prøvegruppene. Samtlige prøvegrupper hadde en forholdsvis stabil pH-utvikling gjennom lagringsperioden. Kvalitetskontrolltesten viste ingen forskjeller i fargeegenskaper mellom prøvegruppene, og kontrollgruppen hadde signifikant høyere luktintensitet og sur (dårlig, stram) lukt enn de inokulerte prøvegruppene ved to ulike uttaksdager. For resterende lukteegenskaper og teksturegenskaper var det ingen forskjell mellom prøvegruppene. Objektiv vurdering av fargeendring viste at det ikke var forskjell i farge mellom prøvegruppene på de ulike uttaksdagene.

De tre melkesyrebakteriestammene anses som lovende kandidater til bruk i biokonservering av spiseklare fiskeprodukter. De har vist evne til å vokse i lakseprøvene ved kjøleskaptemperatur, har vist lite innvirkning på pH-verdier og at ingen skiller seg ut fra kontrollgruppen med hensyn

til sensorisk kvalitet. I tillegg viste kvalitetskontrolltesten at kontroll ga mer og muligens dårligere lukt enn de inokulerte prøvegruppene.

Abstract

Seafood constitutes a significant portion of the global food production industry, and Norway is the leading producer of farmed salmon. Consumers have shown increased demand for minimally processed and ready-to-eat fish products, which can be challenging as such products spoil rapidly. This will require food preservation methods that maintain quality and prevent spoilage, without significantly affecting the sensory quality of the product. Biopreservation is an approach to food preservation that utilizes microorganisms and their antimicrobial metabolites and has potential for use in ready-to-eat products such as fresh salmon. Due to the production of bacteriostatic compounds by lactic acid bacteria, they may be well suited for biopreservation as these substances inhibit unwanted microbial growth, including pathogenic microorganisms.

The aim of this study is to research the effects of biopreservation of fresh salmon with three selected lactic acid bacteria, and how they affect the sensory parameters colour, odor and texture. The lactic acid bacterial strains were inoculated into salmon loins, vacuum sealed with an absorbent pad and refrigerated at 4 °C for 21 days. During the storage period the growth of lactic acid bacteria, pH development and colour changes in the salmon samples were measured. The effect of lactic acid bacteria on the sensory parameters in the salmon samples was assessed in a quality control test.

Quantification of lactic acid bacteria in the salmon samples showed that the strains were able to grow on the surface of vacuumed sealed salmon at refrigerated temperature. The non-inoculated test group, control, also exhibited growth of lactic acid bacteria, but significantly less than the inoculated test groups. All test groups showed relatively stable pH development throughout the storage period. The quality control test revealed no differences in colour properties between the test groups, and the control group exhibited significantly higher odor intensity and sour (bad, pungent) odor than the inoculated test groups on two separate sampling days. For the remaining odor and texture properties there was no difference between the test groups. Objective assessment of colour change shows no difference in colour between the test groups on the different sampling days.

The three lactic acid bacterial strains are considered promising candidates for use in biopreservation of ready to eat fish products. They have shown the ability to grow in the salmon samples at refrigerator temperature, have shown little effect on pH values, and that none of the

test groups differ from the control group in relation to sensory quality. In addition, the quality control test showed that the control group produced more and possibly worse odor than the inoculated test groups.

Fagbegreper og forkortelser

Mikrobiologiske begreper	Definisjon
Gram positiv/negativ	Gram-positive bakterier skiller seg fra gram negative ved at de har én cellevegg fremfor to. Den evolusjonært utviklede ekstra celleveggen som finnes hos gram-negative bakterier er et kjennetegn som utgangspunkt for klassifisering (Megrian et al., 2020, s. 659).
Katalase positiv/negativ	Katalase-positive bakterier skiller seg fra katalase-negative ved at de produserer enzymet katalase som beskytter cellen mot det giftige stoffet hydrogenperoksid (H ₂ O ₂), ved å bryte det ned til vann og oksyngengass. Denne forsvarsmekanismen mot oksidativ skade anses som en virulensfaktor hos bakterier, og er dermed en viktig kategorisering av bakterier (Dezfulian et al., 2010, s. 157).
Oksidase positiv/negativ	Oksidase-positive bakterier skiller seg fra oksidase-negative ved at de produserer enzymet cytokrom c oksidase. Enzymet er ansvarlig for reduksjon av O ₂ til H ₂ O på slutten av elektrontransportkjeden. Denne egenskapen brukes til å identifisere å kategorisere ulike bakterieslekter (Khan & Rahman, 2021, s. 84).
Fakultativt aerobe/anaerobe	Fakultativ betyr «mulig». Fakultativt anaerobe bakterier er altså bakterier som lever i miljøer uten O ₂ til stede, og som også kan overleve med O ₂ (Tønjum, 2020).
Mikroaerofil	Mikroaerofile bakterier tåler O ₂ , men i lavere konsentrasjoner enn atmosfærisk O ₂ (Aasen & Skugge, 2021, s. 3).
Biofilm	Biofilm er et mikrobielt samfunn festet til en overflate omgitt av en selvproduserende, beskyttende polymermatriks (Di Ciccio et al., 2015, s. 38).
Forkortelse	Forklaring
spp.	<i>Species plurimae</i> , flertall. Omtaler to eller flere arter av en slekt, men spesifiserer ikke hvilke arter (Sigovini et al., 2016, s. 1218).
sp.	<i>Species</i> , entall. Omtaler en art av en slekt. Spesifiserer ikke hvilken art (Sigovini et al., 2016, s. 1218).

Innholdsfortegnelse

1 Innledning	1
2 Teoretisk bakgrunn	3
2.1 Konservering	3
2.1.1 Biokonservering	4
2.2 Biokonservering med melkesyrebakterier	5
2.2.1 Biokonserverende effekt av melkesyrebakteriers metabolitter	6
2.2.2 <i>Carnobacterium</i> spp.	7
2.2.3 <i>Leuconostoc</i> sp.	8
2.3 Vakuumpakking	9
2.4 Atlantisk laks (<i>Salmo salar</i>) som råstoff	10
2.4.1 Kvalitetsforringelse av fiskeprodukter	11
2.4.2 Kvalitetsmåling med fysikalske, kjemiske og mikrobiologiske metoder	14
2.5 Patogene bakterier i laks	16
2.6 Sensoriske målemetoder	17
2.6.1 Sensoriske analyser	17
2.6.2 Dommerpanel til sensoriske tester	18
2.6.3 Kvalitetskontrolltest	21
2.7 Endring i sensorisk kvalitet i laks	22
3 Material og metode	24
3.1 Forberedelser til inokuleringsforsøk	25
3.1.1 Tillaging av medier og fortynningsvann	25
3.1.2 Råstoff	25
3.1.3 Vakuumpakking	26
3.2 Oppdyrking av melkesyrebakterier og tillaging av inokulum	26
3.3 Inokulering av laks	26
3.4 Kvantifisering av melkesyrebakterier	28
3.5 Fysiokjemiske målinger	30
3.5.1 Fargeanalyse med DigiEye	30
3.5.2 Måling av pH-verdi	30
3.6 Sensorisk analyse	31
3.6.1 Utvelgelse av sensorisk panel	31
3.6.2 Trening av sensorisk panel	31
3.6.3 Kvalitetskontrolltest	32
3.7 Databehandling og statistiske beregninger	34
4 Resultater	35
4.1 Kvantifisering av melkesyrebakterier i laks	35
4.2 Utvikling av pH i inokulerte og ikke-inokulert prøver	36
4.3 Kvalitetskontrolltest	37
4.3.1 Farge	37
4.3.2 Lukt	38
4.3.3 Tekstur	40
4.3.4 Helhetsvurdering	41
4.4 Objektiv vurdering av fargeendring	42

5 Vurdering	44
5.1 Inokuleringsforsøk av fersk laks med utvalgte melkesyrebakterier	44
5.2 Gjennomførelse av kvalitetskontrolltest.....	46
5.3 Vurdering av fargeendring	47
5.3.1 Objektiv vurdering av fargeendring	48
5.3.2 Fargeendring målt med dommerpanel.....	49
5.4 Endring i lukt hos prøvegruppene	49
5.5 Endring i tekstur hos prøvegruppene.....	50
5.6 Helhetsvurdering fra kvalitetskontrolltesten	52
6 Konklusjon	53
7 Forslag til videre arbeid	54
8 Referanser	55
9 Vedlegg	63
Vedlegg 9.1 Beregninger av antall og mengde lakseprøver.....	63
Vedlegg 9.2 Flytskjema – tillaging av MRS, MRSB og peptonvann	64
Vedlegg 9.3 Dommerskjema – trening 1.....	66
Vedlegg 9.4 Egenskapsforklaring	67
Vedlegg 9.5 Bedømmelsesskjema – trening 2	68
Vedlegg 9.6. Individuelle bedømmelser – trening 2	71
Vedlegg 9.7 Bedømmelsesskjema – sensorisk analyse, kvalitetskontrolltest	72
Vedlegg 9.8. Ferdig utfylt bedømmelsesskjema – dommer 1.....	79
Vedlegg 9.9 Kvantifisering av melkesyrebakterier.....	86
Vedlegg 9.10 pH-utvikling i lakseprøver.....	87
Vedlegg 9.11 Kvalitetskontrolltest – individuelle besvarelser med kommentarer	88
Vedlegg 9.12 Kvalitetskontrolltest – laveste og høyeste bedømmelsesverdi	91
Vedlegg 9.13 Kvalitetskontrolltest – gjennomsnittsverdier, standardavvik og p-verdier.....	93
Vedlegg 9.14 DigiEye – ANOVA mellom kjølelagrede prøvegrupper	95
Vedlegg 9.15 DigiEye – T-test mellom kjølelagrede og fryste prøver	96
Vedlegg 9.16 Eksempel på utseende av vakuumpakket lakseprøve med absorbent.....	99

1 Innledning

Sjømat utgjør en stor del av næringsmiddelindustrien, og har etablert seg som en sentral komponent i den norske økonomien (Kyst redaksjon, 2024). Sjømatsektoren er en av Norges største eksportnæringer, og atlantisk laks (*Salmo salar*) er den dominerende arten, både når det gjelder verdi og volum (Norges sjømatråd, 2024). Norge er den største produsenten av laks i verden og produksjon av laks har derfor blitt et viktig varemerke for landet, både nasjonalt og internasjonalt (Kyst redaksjon, 2024). I 2023 eksporterte Norge 1,2 millioner tonn laks til en verdi av 122,5 milliarder kroner (Kyst redaksjon, 2024). Dette utgjør 71 % av den totale verdien for hele sjømateksporten (Norges sjømatråd, 2024).

De siste årene har det vært en økning i etterspørselen etter sunne, lite bearbejdede og spiseklare matvarer. Ferske fiskeprodukter som laks inneholder næringsrike proteiner, essensielle aminosyrer, vitaminer og mikronæringsstoffer (Tavares et al., 2021, s. 1). Laks betegnes som en fet fisk. Laks er svært næringsrik og har et høyt innhold av omega-3 flerumettede fettsyrer som gir helsegunstig effekt (Moradi et al., 2011, s. 380). Fettprosenten i laks er på 4–8 %, og 10–15 % for oppdrettslaks, hvor 19,8 % av de flerumettede fettsyrene er omega-3 (Moradi et al., 2011, s. 380; Sioen et al., 2006, s. 612). Fiskens kvalitet forringes raskt ved kjølelagring og den har en holdbarhet på 5–7 dager (Tavares et al., 2021, s. 1). For å bevare kvaliteten og hindre forringelse er det nødvendig med effektive konserveringsmetoder. Biokonservering, en tilnærming til konservering av næringsmidler som benytter mikroorganismer og deres antimikrobielle metabolitter, har potensiale til å være gunstig for spiseklareprodukter som fersk laks (Singh, 2018, s. 104).

Melkesyrebakterier er de mest anvendte organismene i biokonservering. Den konserverende effekten skyldes melkesyrebakterienes produksjon av bakteriostatiske stoffer, som har drepende eller hemmende effekt på vekst av andre bakterier (Ghanbari et al., 2013, s. 317–318; Singh, 2018, s. 104; UiO, 2024). Melkesyrebakterier er naturlig til stede i mikrobiotaen til mange næringsmidler og klassifiseres som GRAS-organismer, **Generally Regarded As Safe**. De er svært interessante å bruke i biokonservering (Gálvez et al., 2014, s. 3; Singh, 2018, s. 104).

I denne bacheloroppgaven utføres en studie som er en del av forskningsprosjektet DekoLaks (Dekontaminering og vekstkontroll av listeria i lakseprodukter). Forskningsprosjektet DekoLaks har som hovedmål å teste og dokumentere bruk av barriereteknologi for

dekontaminering og vekstkontroll av listeria i lakseprodukter gjennom hele produksjonskjeden. Prosjektet finansieres av Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering AS (FHF AS). Hypotesen er at «... en indirekte dekontaminering med rensing av prosessvann under utblødning og direkte dekontaminering av fiskens overflate i ulike prosesstrinn etter sløying kan benyttes for å nullstille kontamineringsnivået for å oppnå økt kontroll med *Listeria monocytogenes* i lakseprodukter». Forskningsprosjektet skal kartlegge tiltakene med hensyn til effekt, risiko og videre muligheter for å implementere metoden i en produksjonskjede (FHF, u.å.).

Hensikten med denne bacheloroppgaven er å undersøke hvordan biokonservering av fersk laks med tre ulike melkesyrebakterier (*Carnobacterium maltaromaticum*, *Carnobacterium divergens* og *Leuconostoc gelidum*) kan påvirke de sensoriske parameterne farge, lukt og tekstur. I den sammenheng ble tre melkesyrebakteriestammene inokulert i Salma lakseloins, vakuumpakket med absorbent og kjølelagret ved 4 °C i 21 dager. Oppgaven deles inn i tre delmål. Delmål 1 omfatter å utarbeide en vekstkurve for melkesyrebakterier i inokulerte og ikke-inokulert prøvegrupper. Delmål 2 innebærer måling av fysiokjemiske parametere. Delmål 3 omhandler å utføre en sensorisk kvalitetskontrolltest, for å dokumentere de sensoriske effektene av melkesyrebakteriene på produktkvaliteten til lakseprøvene. Endelig evaluering av melkesyrebakterienes biokonserverende evne og sensorisk påvirkning gjøres på grunnlag av resultater fra delmål 1–3.

2 Teoretisk bakgrunn

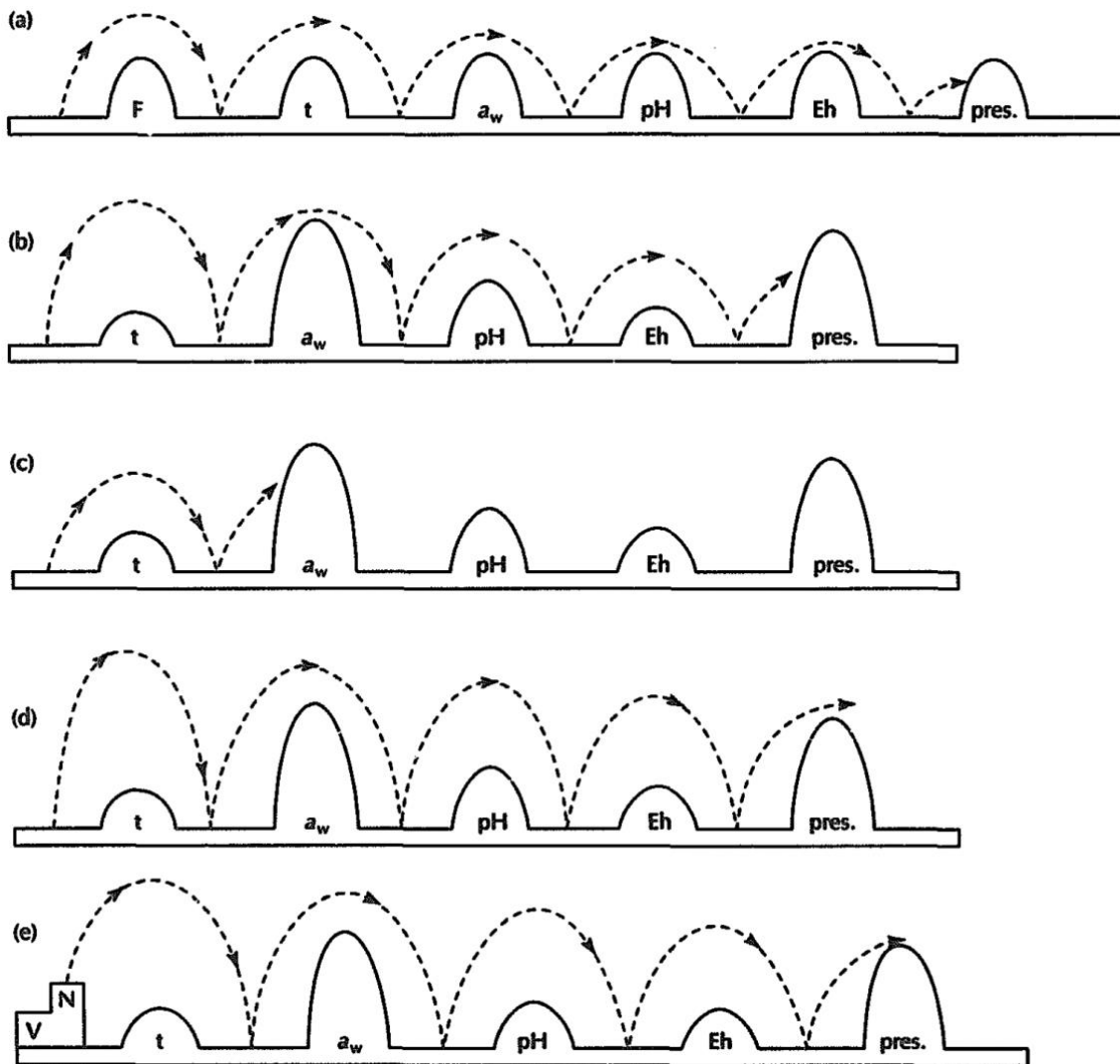
I dette kapitlet presenteres teori som er relevant for studien som omhandler biokonservering ved hjelp av melkesyrebakterier, med fersk laks som case. Studien er begrenset til å undersøke melkesyrebakterienes påvirkning på sensoriske parametere som farge, lukt og tekstur.

2.1 Konservering

Ved konservering behandles matvarer slik at oppbevaring over lengre tid er mulig uten at verken kvalitet eller egenskaper svekkes i merkbar grad (Hovig & Egeland, 2023). Mange konserveringsmetoder anvendes for å sikre og stabilisere matvarer over tid (Rahman, 2007, s. 868). Det er i dag utviklet en rekke teknologiske metoder for å gjøre næringsmidler mer holdbare ved å hindre utvikling av biologisk nedbrytning, også kjent som kvalitetsforringelse, som bidrar til at næringsmiddelet bederves, se kapittel 2.3.1 (Hovig & Egeland, 2023).

Eksempler på tradisjonelle konserveringsmetoder er varmebehandling, tørking, salting, røyking, frysing, fermentering og kjølelagring (Ahmad et al., 2021, s. 219). Disse metodene er basert på relativt få parametere for å redusere miljømessige, enzymatiske eller mikrobiologiske nedbrytningsprosesser (Ahmad et al., 2021, s. 219). Parametere er blant annet temperatur, vannaktivitet (a_w), konserveringsmidler og konkurranseflora (Rahman, 2007, s. 868). Eksempler på nyere metoder innen konservering er barriereteknologi, biokonservering, pulserende elektriske felt og strålekonservering (Ahmad et al., 2021, s. 219; Singh, 2018, s. 104).

Barriereteknologi, også kjent som hinderteknologi, benytter to eller flere konserveringsparametere på et optimalt nivå for å hindre vekst av uønskede mikroorganismer i næringsmiddelet, se figur 2a (Leistner, 2000, s. 182). Ved å benytte barriereteknologi blir hindringer bevisst kombinert ved konservering av tradisjonelle og nye metoder. Med en kombinasjon av konserveringsmetoder forbedres ikke bare den mikrobielle stabiliteten og sikkerheten, men også den ernæringsmessige og sensoriske kvaliteten (Leistner, 2000, s. 182).



Figur 2a: Fem eksempler på bruk av barriereteknologi som konserveringsmetode av næringsmidler (Leistner & Gorris, 1995, s. 42).

2.1.1 Biokonservering

Etterspørselen etter ferske, lite prosesserte og spiseklare næringsmidler med mulig helsefremmende effekt har økt de siste årene (Gálvez et al., 2014, s. 1–2). Bruk av konserveringsmetoder i næringsmiddelindustrien har blitt stadig mer relevant for å unngå matsvinn grunnet mikrobiell nedbrytning, forekomst av matbårne sykdommer og økende behov for mat til den voksende verdensbefolkningen. Dermed kan naturlige konserveringsmetoder, som biokonservering, være en mulig tilnærming for å løse mange av dagens matrelaterte utfordringer på verdensbasis (Gálvez et al., 2014, s. 1–2).

Biokonservering er en nyere tilnærming til konservering av næringsmidler som benytter mikroorganismer og deres antimikrobielle metabolitter (Singh, 2018, s. 104). Vekst av uønskede mikroorganismer hemmes uten å redusere ernæringsmessige eller sensoriske

egenskaper hos næringsmidlet (Stupar et al., 2023, s. 2). Biokonservering spiller en viktig rolle i å forhindre forringelse av næringsmidler og bidrar til å øke deres holdbarhet (Singh, 2018, s. 104). Siden mikroorganismer lever i komplekse økosystemer må de konkurrere om plass og næringsstoffer for å sikre egen eksistens og overlevelse. For å styrke konkurransedyktighet har ulike bakteriearter utviklet forskjellige overlevelsesmekanismer som utskillelse av antimikrobielle stoffer (Gálvez et al., 2014, s. 3).

Melkesyrebakterier er svært interessante som biokonserveringsmiddel da de allerede er naturlig til stede i økosystemer tilhørende til ulike råvarer. Melkesyrebakterier har en lang historie med sikker bruk i fermenterte næringsmidler, og er klassifisert som trygge; Generally Regarded As Safe, GRAS. Det er derfor et stort potensial for å utvide bruken av melkesyrebakterier innen biokonservering. Melkesyrebakterier har evne til å produsere ulike bioaktive forbindelser som virker konserverende og blir betraktet som naturlige konserveringsmidler (Gálvez et al., 2014, s. 3).

2.2 Biokonservering med melkesyrebakterier

Melkesyrebakterier er en stor og mangfoldig gruppe gram-positive, katalase- og oksidase-negative, syretolerante, ikke mobile kokker eller staver (Cataldo et al., 2021, s. 2). De fleste melkesyrebakteriene tilhører den taksonomiske orden Lactobacillales, under klassen Bacilli, som vist i tabell 2a. Identifikasjon og klassifisering av melkesyrebakterier har blitt gjort på grunnlag av likheter i metabolske egenskaper og evolusjonære forhold.

Tabell 2a: Taksonomisk inndeling av de seks familiene innen melkesyrebakterier (Cataldo et al., 2021 s. 2).

Doméne	Bacteria
Phylum	Bacillota (Firmicutes)
Klasse	Bacilli
Orden	Lactobacillales
Familie	<i>Aerococcaceae, Carnobacteriaceae, Enterococcaceae, Lactobacillaceae, Leuconostocaceae, Streptococcaceae</i>

Per dags dato kan melkesyrebakterier kategoriseres i seks ulike familier med taksonomisk inndeling (Cataldo et al., 2021, s. 2). Felles for familiene er den katabolske evnen til å omdanne glukose til melkesyre (Cataldo et al., 2021, s. 2). Melkesyrebakterier kan være homofermentative eller heterofermentative, og det viktigste produktet er melkesyre, også kalt laktat. Heterofermentative melkesyrebakterier omdanner glukose til melkesyre, etanol og CO₂. Homofermentative melkesyrebakterier omdanner også glukose, men produserer kun produktet

melkesyre (Zarour et al., 2017, s. 89). Innenfor phylum Bacillota, også kalt Firmicutes, finnes det både melkesyrebakterier med og uten evnen til å danne sporer (Onyenwoke et al., 2004, s. 182). Melkesyrebakterier har mange reservoarer og befinner seg også på mange næringsmidler, som en del av deres naturlige mikroflora (Ghanbari et al., 2013, s. 315). Bakteriene har også blitt isolert fra tarm og munnhule hos dyr, planteblader, råtnede plante- eller dyremateriale, fekalt materiale og kompost (Devi & Halami, 2013, s. 555).

Melkesyrebakterier er aerotolerante anaerobe og driver ikke respirasjon, kun fermentering (Ayivi & Ibrahim, 2022, s. 7008; UiO, 2022). Aerotolerante anaerobe bakterier viser ingen preferanse mellom fravær av eller tilgang på små mengder oksygen (Stieglmeier, 2009). Vakuumpakking vil dermed fremme vekst av melkesyrebakterier og har vist seg å dominere floraen da konkurranseorganismer har blitt fjernet. Samtidig har noen stammer evnen til å hemme vekst av spesifikke forringelsesorganismer, og noen patogene organismer, som *L. monocytogenes* og *Echerichia coli* (Stupar et al., 2023, s. 2; Tomé et al., 2006, s. 400). En tidligere studie har isolert ti ulike melkesyrebakteriestammer fra spiseklare sjømatprodukter, hvorav fem tilhørte slekten *Carnobacterium* og fem tilhørte slekten *Leuconostoc*. Stammene er en naturlig og betydelig del av mikrobiotaen til fisk. Slektene har vist lovende resultater for biokonservering av sjømat, og anses dermed som gode kandidater, da det er påvist at de er blant melkesyrebakteriestammene som hemmer forringelsesbakterier og patogener (Stupar et al., 2023, s. 2).

2.2.1 Biokonserverende effekt av melkesyrebakteriers metabolitter

Melkesyrebakterier har allerede blitt anvendt i lang tid i næringsmiddelbransjen. Bruken fortsetter å vokse på grunn av deres pålitelige effektivitet (Gálvez et al., 2014, s. 3). Den konserverende effekten kommer av at melkesyrebakteriene produserer bakteriostatiske stoffer, altså stoffer som dreper eller hemmer vekst av andre bakterier (Ghanbari et al., 2013, s. 317–318; UiO, 2024). Eksempler på bakteriostatiske stoffer som produseres av melkesyrebakterier presenteres i tabell 2b. Melkesyrebakterier produserer lavmolekylære stoffer som hydrogenperoksid og karbondioksid, samt høymolekylære bakteriosiner, altså kjemiske og antimikrobielle peptider, som dreper andre bakterier (Ghanbari et al., 2013, s. 317–318; UiO, 2024). De antimikrobielle stoffene produsert av melkesyrer er aktive mot spesifikke forringelsesorganismer, bedervelsesbakterier, gjær, sopp og patogene mikroorganismer (Ghanbari et al., 2013, s. 319). Slike egenskaper er ønskelig i mange næringsmidler.

Tabell 2b: Antimikrobielle stoffer produsert av melkesyrebakterier (basert på Ghanbari et al., 2013, s. 319).

Antimikrobielt stoff	Bemerkninger
Melkesyre (laktat)	Aktiv mot gram-negative og bedervelsesbakterier og noen sopparter
Eddiksyre og propionsyre	Mer antimikrobielt effektivt enn melkesyre Aktiv mot bedervelsesbakterier, klostridier, noen gjær- og sopparter
Hydrogenperoksid	Aktiv mot patogener og psykrotrofe forringelsesorganismer som <i>Staphylococcus aureus</i> og <i>Pseudomonas</i> sp.
Karbondioksid	Aktiv mot gram-positive bakterier og spesielt gram-negative og psykrotrofe bakterier som <i>Enterobacteriaceae</i> og <i>Listeria</i>
Diacetyl	Aktiv mot gram-positive og gram-negative bakterier som <i>Listeria</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Yersinia</i> , <i>Escherichia coli</i> og <i>Aeromonas</i>
Fettsyrer	Aktiv mot gram-positive bakterier og noen sopp
Reuterin	Aktive mot et bredt spekter av gram-positive og gram-negative bakterier, gjær, sopp, og protozoer Eksempelvis <i>Salmonella</i> , <i>Shigella</i> , <i>Clostridium</i> , <i>Staphylococcus</i> , <i>Listeria</i> , <i>Candida</i> og <i>Trypanosoma</i>
Bakteriosiner	Klasse I og II bakteriosiner

Kombinasjonen av antimikrobiell aktivitet og potensiell evne til å beholde smak og tekstur gjør melkesyrebakterier til en lovende ressurs innen biokonservering (Stupar et al., 2023, s. 2). Melkesyrebakterier som metode for biokonservering i sjømat er lite anvendt industrielt, til tross for omfattende forskning. Tidligere studier har fokusert på antimikrobielle effekter mot spesifikke mikroorganismer, effekt på vekst i spesifikke produkter og effekt på sensoriske egenskaper (Stupar et al., 2023, s. 2). Det er derimot begrenset med forskning på vekstegenskapene til melkesyrebakterier under ulike prosesseringsscenarioer. Det er noe som bør undersøkes for å kunne anvende biokonservering som en del av en barriereteknologisk tilnærming for lite bearbeidet sjømat (Stupar et al., 2023, s. 2).

2.2.2 *Carnobacterium* spp.

Carnobacterium er en slekt som består av ikke-sporedannende, heterofermentative staver eller kokker. Det er kun ti kjente arter innenfor denne slekten, og disse befinner seg i dyr og animalske produkter, men også i miljøer som ikke er relatert til mat eller dyr (Cailliez-Grimal et al., 2014, s. 379). Arter av slekten *Carnobacterium* påvises ofte i rå sjømat (Parlapani et al., 2020, s. 5; Stupar et al., 2023, s. 2). Blant slekten er det kun *Carnobacterium maltaromaticum* (*C. maltaromaticum*) og *Carnobacterium divergens* (*C. divergens*) som ofte isoleres fra

matvarer (Cailliez-Grimal et al., 2014, s. 379; Høyen, 2017, s. 10). Begge artene har naturlig reservoar i meieriprodukter, kjøtt, fisk og reker. *C. divergens* kan også isoleres fra fisketarm (Cailliez-Grimal et al., 2014, s. 380). Taksonomisk inndeling for *C. maltaromaticum* og *C. divergens* vises i tabell 2c.

Tabell 2c: Taksonomisk inndeling til bakterieartene *C. maltaromaticum* og *C. divergens* (Cailliez-Grimal et al., 2014, s. 379).

Doméne	Bacteria
Phylum	Bacillota (Firmicutes)
Klasse	Bacilli
Orden	Lactobacillales
Familie	<i>Carnobacteriaceae</i>
Slekt (genus)	<i>Carnobacterium</i>
Art (species)	<i>Carnobacterium maltaromaticum</i> <i>Carnobacterium divergens</i>

Carnobacterium-slekten er hovedsakelig fakultativt anaerobe, selv om noen vokser aerobt eller mikroaerofilt (Cailliez-Grimal et al., 2014, s. 379). Bakteriene vokser fort, tåler høye saltkonsentrasjoner, oksygen, frysing, tining og høyt trykk. I tillegg til at de har vist seg å dominere i MAP- og vakuumpakkede produkter. Dermed kan *Carnobacterium* beskrives som motstandsdyktige mot stress, og deres påviste egenskaper har ført til at slekten har blitt videre undersøkt på ulike næringsmidler i ulike studier (Stupar et al., 2023, s. 2). Selv ved høye konsentrasjoner vil ikke bakteriene nødvendigvis påvirke de sensoriske egenskapene til matvarer negativt (Joffraud et al., 2001, s. 182). Artene *C. maltaromaticum* og *Carnobacterium divergens* har et pH-optimum fra 5,5–9 og vokser ved temperaturer fra 0–40 °C. Det vil si at de er syretolerante og psykrotrofe. *C. divergens* vokser ved saltkonsentrasjoner fra 0–10 % NaCl, mens *C. maltaromaticum* vokser fra 0–5 % NaCl (Cailliez-Grimal et al., 2014, s. 380). Bakterier i *Carnobacterium*-slekten har evnen til å produsere bakteriosiner, som er bakteriedrepende stoffer. Bakteriosinene er effektive mot spesifikke forringelsesorganismer og *L. monocytogenes* (Cailliez-Grimal et al., 2014, s. 383).

2.2.3 *Leuconostoc* sp.

Leuconostoc er en slekt som består av fakultativt anaerobe, ikke-sporedannende, ikke bevegelige, ovale kokker. Det er en liten slekt med kun 11 kjente arter (Narvhus & Axelsson, 2003, s. 3469; Rahkila et al., 2014, s. 1294). Bakteriene har hovedsakelig reservoar i planter, men finnes også i kjøtt, melk og meieriprodukter (Narvhus & Axelsson, 2003, s. 3469). Typisk for arter av *Leuconostoc*-slekten er evnen til å vokse ved lave temperaturer, altså er de

psykrotrofe (Pothakos et al., 2014, s. 62; Rahkila et al., 2014, s. 1290–1291). Bakteriene kan tåle høye konsentrasjoner av NaCl, og noen arter kan vokse ved 6,5 % NaCl (Narvhus & Axelsson, 2003, s. 3466). Bakteriene tåler lav pH, og det er variasjon i syretoleranse mellom artene, der noen tåler pH ned til 4,4 (Narvhus & Axelsson, 2003, s. 3466).

Leuconostoc har ofte blitt isolert fra næringsmidler med høye konsentrasjoner av uønskede bakterier, og som dermed er uegnet for konsum. Bakteriene selv bidrar med uønsket lukt, slim og misfarging (Pothakos et al., 2014, s. 62). Bakterier av slekten *Leuconostoc* er kjente bidragsyttere til smak og tekstur av fermentert mat, og danner produkter relatert til dårlige smørliknende lukter som diacetyl (Jääskeläinen et al., 2015, s. 1902). *Leuconostoc gelidum* (*L. gelidum*) har blitt isolert fra kjøtt pakket med høye konsentrasjoner av karbondioksid, og vakuumpakket kjøtt, se tabell 2d for taksonomisk inndeling (Pothakos et al., 2014, s. 62; Ogier, 2008, s. 286). Arten er ofte en del av den dominerende mikrobiotaen mot slutten av lagringstiden til pakket kjøtt, og assosieres med forringelse av kjøtt- og kjøttprodukter (Rahkila et al., 2014, s. 1290). *L. gelidum* har også tidligere blitt isolert fra sushi, kaldrøkt laks og gravlaks (Stupar et al., 2021, s. 3).

Tabell 2d: Taksonomisk inndeling til bakteriearten *L. gelidum* (Zheng et al., 2020, s. 2782).

Doméne	Bacteria
Phylum	Bacillota (Firmicutes)
Klasse	Bacilli
Orden	Lactobacillales
Familie	<i>Leuconostocaceae</i>
Slekt (genus)	<i>Leuconostoc</i>
Art (species)	<i>Leuconostoc gelidum</i>

2.3 Vakuumpakking

Vakuumpakking er en etablert konserveringsmetode som ofte benyttes ved emballering av næringsmidler. Teknikken innebærer innpakning av næringsmidler under lavt trykk i en lufttett emballasje, noe som skaper et anaerobt miljø (Egeland, 2023). Dette vil gi gode barriereegenskaper hos næringsmidlet, da metoden hindrer tilgang på oksygen som hemmer vekst av aerobe mikroorganismer. Vakuumpakning medfører dermed økt vekst av anaerobe gram-positive bakterier, som inkluderer melkesyrebakterier (Zhang et al., 2019, s. 87). Fravær av oksygen vil bidra til å redusere oksidativ harskning, samtidig som næringsmiddelets karakteristiske smak og farge bevares (Du et al., 2022, s. 2; Kelly et al., 2020, s. 1).

2.4 Atlantisk laks (*Salmo salar*) som råstoff

Atlantisk laks, *Salmo salar*, er arten som benyttes til lakseoppdrett (Misund, 2023). God fiskehelse og dyrevelferd gjennom livsløpet til oppdrettslaks er viktig for å sikre god kvalitet (Salma, u.å.a). Kvaliteten på fisken er svært viktig i produksjon av laks, og det stilles ulike krav til ulike grader av kvalitet. Spiseklar, rå laks er pre-rigor filetert oppdrettslaks av superior kvalitet, eksempelvis lakseloins fra Salma, Frøya og Fiskeriet (Jansson, 2010, s. 4). Norsk oppdrettslaks graderes av bransjen etter den felles bransjestandarden «Kvalitetsgradering av oppdrettet laks», NBS 10-01 (Norsk bransjestandard for fisk, 1999). Superior kvalitet er ifølge standarden «Et førsteklasses produkt med egenskaper som gjør det velegnet til alle formål. Produktet er uten betydelige feil, skader eller mangler og har et positivt helhetsinntrykk». Laks som ikke tilfredsstiller kravene til superior kvalitet, nedgraderes til ordinær kvalitet og deretter produksjonskvalitet (Norsk bransjestandard for fisk, 1999, 151–152). Pre-rigor filetert oppdrettslaks av superior kvalitet produseres ved hjelp av levendekjøling, og manuell skjæring for å levere et produkt som er trygt å konsumere rå (Havforskningsinstituttet, 2013, s. 4; Jansson, 2010, s. 11).

Kvaliteten på spiseklare, pre-rigor fileterte lakseprodukter er generelt høy når det gjelder mikrobiologisk kvalitet, tekstur og farge (Salma, u.å.b). Det stilles strenge krav til mikrobiologisk kvalitet av rå, spiseklar laks, som kontrolleres gjennom strenge lover og regler. Eksempler på lover og forskrifter som regulerer mikrobiologisk kvalitet er forskrift på kvalitet på fisk og fiskevarer, matloven og næringsmiddelhygieneforskriften (Forskrift på kvalitet på fisk og fiskevarer, 2013; Matloven, 2004; Næringsmiddelhygieneforskriften, 2010). I næringsmiddelhygieneforskriften, under mikrobiologiske kriterier for næringsmidler, stilles det egne krav til pliktig listeriakontroll for spiseklare næringsmidler der *L. monocytogenes* kan vokse og dermed innebære risiko for folkehelsen (Næringsmiddelhygieneforskriften, 2010, Konsolidert forordning (EF) nr. 2073/2005). Produktet skal ha et innhold på 0 CFU/g når det forlater produksjonen, og har en grenseverdi på 100 CFU/g ved produktets utløpsdato. (Næringsmiddelhygieneforskriften, 2010, vedlegg I). Produsenter som Salma har egne sensoriske panel utdannet for å vurdere produktkvaliteten. Produktet kal kjennetegnes ved jevn farge og struktur, frisk lukt og en spenstig tekstur på fileten (Salma, u.å.b).

Laksefiletens rødfarge er en karakteristisk og viktig sensorisk egenskap for laksen. Rødfargen kommer av fargestoffet astaxanthin, som er et karotenoid. Fargestoffet bidrar til rødfargen på muskelen, og det er vanlig å tilsette karotenoidet til fôret for å oppnå ønsket rødfarge (Jansson,

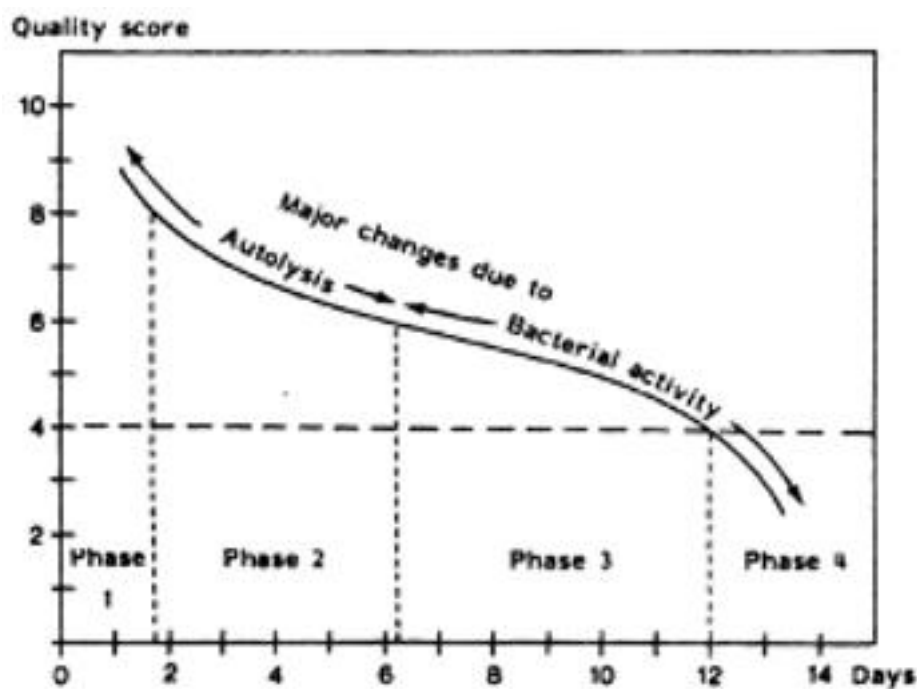
2010, s. 15). Den spenstige teksturen oppnås ved pre-rigor filetering, som vil si å filetere fisken før dødsstivheten inntreffer. Fileteringen utføres umiddelbart etter slakting noe som fører til bedre tekstur, farge og mindre filetpalting (Huss, 1988, s. 28–29).

2.4.1 Kvalitetsforringelse av fiskeprodukter

Fiskeprodukter regnes som lett bedervelige næringsmidler, noe som vil si at de ødelegges raskt og har derfor kort holdbarhetstid (Mattilsynet, 2023). Holdbarheten til slike næringsmidler vil i stor grad påvirkes av håndtering og prosessering, samt faktorer som blant annet temperatur, råvareegenskaper, kjemiske- og enzymatisk reaksjoner, fysikalske endringer, tilstedeværelse av mikroorganismer og betingelser i produksjonsmiljø (Kong & Singh, 2016, s. 43). Ofte er det en kombinasjon av flere av disse faktorene som påvirker holdbarhet til produktet, men det er mikrobiell vekst og metabolisme som har størst innvirkning (Taormina, 2021, s. v).

Kvalitetsforringelse i fisk igangsettes umiddelbart ved fangst, og fortsetter helt frem til fisken har oppnådd en bedervelsestilstand der den betegnes som uspiselig (Oehlenschlager, 2010, s. 5). En kombinasjon av rigor mortis, nedbrytning av ulike komponenter og dannelse av nye forbindelser resulterer i endringer i lukt, smak og tekstur (Tavares et al., 2021, s. 2). Kvalitetsendringer etter fangst skyldes forringelsesmekanismene autolytisk nedbrytning, mikrobiell nedbrytning og hydrolyse og oksidasjon av lipider (Huss, 1995, kap. 5).

For å evaluere kvaliteten på fisk kan det undersøkes hvilken kvalitetsfase den er i, da fiskeprodukter etter fangst gjennomgår fire ulike kvalitetsfaser, som vist i figur 2b. Nyfanget fisk i fase 1 kjennetegnes ved å ha en søt og delikat smak, og denne fasen varer i omtrent to døgn etter fangst. I fase 2 vil fisken gradvis miste den karakteristiske ferske smaken, men det er fremdeles ingen tegn til dårlig smak eller teksturendringer. Kvalitetsendringene i de to første fasene skyldes hovedsakelig autolyse. Denne prosessen gjør substrater tilgjengelig for mikroorganismer slik at mikrobiell aktivitet tar over nedbrytningen i fase 3. I fase 3 vil fisken vise tegn til forringelse, noe som skyldes ubehagelige, flyktige lukter og en degradering i tekstur. Teksturen til fisken i denne fasen blir enten myk og vassen, eller hard og tørr. Luktene vil variere avhengig av fiskeart og om forringelsen foregår under aerobe eller anaerobe forhold. Forbindelsen trimetylamin (TMA) gir den karakteristiske uønskede fiskelukten, og den dannes som et biprodukt av mikrobiell nedbrytning av trimetylaminoksid (TMAO), som finnes i fisk. Fet fisk som laks kan få en bitter og sur lukt, og vil gradvis begynne å lukte harskt. Mot slutten av denne fasen vil fiskens lukt være preget av svovel, ammoniakk og søppel. I fase 4 vil fisken betegnes som ødelagt og forringet (Huss, 1995, kap. 5).



Figur 2b: Kvalitetsendringer i hvit fisk etter fangst forårsaket av autolytisk- og mikrobiell nedbrytning, der laks følger samme utvikling. Autolyse setter i gang en naturlig nedbrytningsprosess med fiskens egne enzymer samtidig som mikroorganismer er i en nølefas. Mikrobiell vekst vil da ta over nedbrytningsprosessen, i tillegg til at det vil foregå en hydrolyse og oksidasjon av marine lipider (Huss, 1988, s. 32).

Autolyse er selvoppløsning av levende celler, der enzymene som tidligere var viktig for biokjemiske reaksjoner i levende fisk, nå fører til nedbrytning av fiskens celler etter døden (Iversen, 2021). Det finnes en rekke enzymer som utfører denne nedbrytningsprosessen, noe som fører til ulike autolytiske endringer i fisken. Glykolytiske enzymer bryter ned substratet glykogen, slik at det dannes melkesyre, pH i muskelen senkes og vannbindingsevnen til muskelen reduseres (Huss, 1995, kap. 5). Nedbrytning av nukleotider og frie aminosyrer utføres av autolytiske enzymer, der den energirike nukleotiden adenosin trifosfat (ATP) og andre lignende substrater brytes ned (Huss, 1995, kap. 5; Gram & Huss, 1996, s. 123). Dette fører til tap av den karakteristiske ferske fiskesmaken, og gradvis dannelse av en bitter smak (Huss, 1988, s. 37). Katepsiner er proteolytiske enzymer som forårsaker en mykning av vevet, noe som betydelig reduserer kvaliteten til fisk (Huss, 1995, kap. 5). Kollagenaser vil også forårsake en mykning av fileten, da de bryter ned bindevevet i muskelen (Huss, 1995, kap. 5).

Som tidligere nevnt er mikrobiell vekst og metabolisme hovedårsaken til forringelse av ferske fiskeprodukter (Boziaris, 2014, s. 2). Dette skyldes bakterienes metabolisme, der komponenter brytes ned og det dannes ulike produkter som forårsaker uønsket lukt og smak, se tabell 2e (Nychas & Drosinos, 2010, s. 551). Fiskeprodukter er ypperlige vekstmedier for mikroorganismer, da vann er hovedkomponenten i muskelen (75–85 %). Det er også høy

vannaktivitet (0,98–0,99), høyt innhold av ikke-protein nitrogenforbindelser og nøytral pH (pH > 6,0). I tillegg til et høyt innhold av lange, flerumettede fettsyrer i marine lipider (Bozariis, 2014, s. 2; Tavares et al., 2021, s. 1). Fiskemuskel er i utgangspunktet steril, da immunforsvaret til levende fisk hindrer mikrobiell vekst i muskelen (Huss, 1995, kap. 5). Ved dødsøyeblikket og utover vil bakterier kunne invadere muskelen og forårsake forringelse. Mikroorganismer er naturlig til stede på overflaten, i gjellene og i mage- og tarminnholdet til nyfanget fisk og antall mikroorganismer varierer (Huss, 1988, s. 43). Den generelle mikrobiotaen til fisk omfatter bakterieslekter som *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Photobacterium*, *Aeromonas*, *Shewanella*, *Vibrio* og *Flavobacterium*. I tillegg kan den tilføres kontaminanter fra produksjonsmiljø (Huss, 1988, s. 43; Sheng & Wang, 2020, s. 739).

Tabell 2e: Mikrobiell aktivitet i fiskeprodukter og hvilke kvalitetsendringer de medfører (basert på Gram & Huss, 1996, s. 122).

Mikrobiell aktivitet	Kvalitetsendringer
Nedbrytning av molekulære bestanddeler	Produksjon av uønsket lukt og smak
Produksjon av ekstracellulær polysakkaridmatriks	Slimdannelse
Vekst av mugg, bakterier og muggsopp	Synlig vekst av fargede eller ikke-fargede bakteriekolonier
CO ₂ – fra karbohydrater eller aminosyrer	Gassdannelse
Produksjon av pigmenter	Misfarging

Det kan ofte være et høyt totalt antall av bakterier til stede, men som allikevel ikke har stor innvirkning på forringelse (Huss, 1988, s. 50). Det er først og fremst spesifikke forringelsesorganismer som faktisk forårsaker uønskede endringer som vond lukt og forringet smak i produktet (Huss, 1988, s. 50). Hvilke bakterieslekter som dominerer mikrobiotaen til fisk og forårsaker forringelse vil variere avhengig av lagringsbetingelser (Sheng & Wang, 2020, s. 738) Spesifikke forringelsesorganismer som vil dominere i fersk fisk er *Shewanella putrefaciens*, *Photobacterium phosphoreum*, *Pseudomonas spp.*, *Vibrionaceae*, samt anaerobe melkesyrebakterier som *Lactobacillus* og *Leuconostoc* (Huss, 1995, kap. 5; Pothakos et al., 2014, s. 62). Typiske forringelsesprodukter som produseres av disse bakteriene er blant annet TMA, H₂S, CH₃SH, (CH₃)₂S, Hx, ketoner, aldehyder, estere, ikke-H₂S sulfider, NH₃, acetylsyre, butansyre og propansyre (Huss, 1995, kap. 5).

Fiskearter med høyt fettinnhold er spesielt utsatt for harskning forårsaket av lipidoksidasjon, se tabell 2f (Bozariis, 2014, s. 2). Oksidasjon av lipider forårsaker uønskede kvalitetsendringer

som harsk lukt og smak, samt misfarging, særlig i fete fiskearter, som for eksempel oppdrettslaks (Huss, 1988, s. 52). Ved lipidoksidasjon brytes umettede fettsyrer ned, og dette kan skje enten enzymatisk eller ikke-enzymatisk (Tavares et al., 2021, s. 3). Siden marine lipider har et høyt innhold av lange flerumettede fettsyrer, er de svært utsatt for oksidasjon ettersom reaktive oksygenforbindelser har flere karbon-karbon dobbeltbindinger å angripe (Boziaris, 2014, s. 2).

Tabell 2f: Klassifisering av fiskearter etter fettinnhold (Moradi et al., 2011, s. 382).

Klassifisering	Fettinnhold	Eksempler
Mager fisk	< 2 %	Torsk, hyse, skalldyr
Arter med lavt fettinnhold	2–4 %	Kveite, flyndrefisk
Arter med middels fettinnhold	4–8 %	Villaks
Fete arter	> 8 %	Sild, makrell, oppdrettslaks

Ved enzymatisk hydrolyse blir marine lipider brutt ned av enzymer til frie fettsyrer og glyserol. Den karakteristiske usmaken til harsk fisk skyldes både dannelse av frie fettsyrer og en nedbrytning av sarkoplasmaproteiner og myofibrillproteiner. Frigjorte fettsyrer er mer utsatt for ikke-enzymatisk oksidasjon. Denne typen lipidoksidasjon fremkommer når frie fettsyrer reagerer med oksygen. Gjennom en kjedereaksjon dannes det ustabile primære harskningsprodukter, hydroperoksider, som er svært utsatt for hydrolyse. Videre dannes det sekundære harskningsprodukter som aldehyder og ketoner som gir harsk lukt og smak, som igjen kan brytes ned til ulike stabile termineringsprodukter (Kong & Singh, 2016, s. 508; Tavares et al., 2021, s. 3).

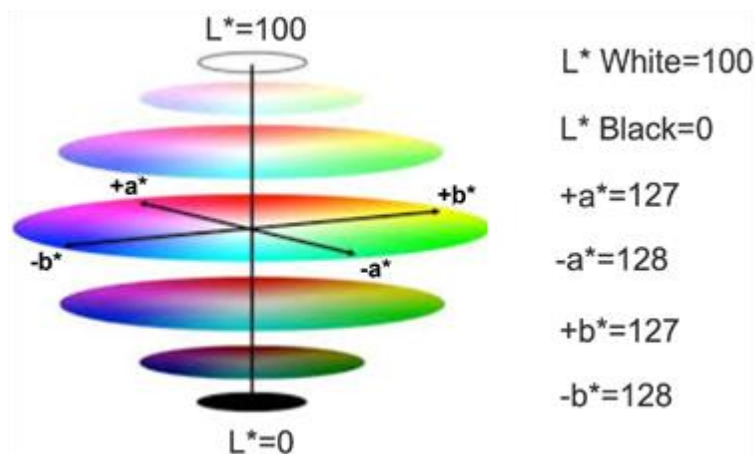
Felles trekk ved forringelsesmekanismene autolytisk nedbrytning, mikrobiell nedbrytning og hydrolyse og oksidasjon av lipider er at det kan dannes flyktige forbindelser med luktaktive stoffer som har ulik luktkarakter (Haugen, 2018, s. 9). De flyktige forbindelsene bidrar til karakteristisk lukt og smak fra fiskeprodukter, både ønsket og uønsket (Haugen, 2018, s. 9).

2.4.2 Kvalitetsmåling med fysikalske, kjemiske og mikrobiologiske metoder

Kvaliteten til det endelige fiskeproduktet vil påvirkes av alle trinn i verdikjeden. Det er da essensielt å måle ferskheten og kvaliteten til produktet etter prosessering, og dette kan gjøres med ulike fysikalske, kjemiske og mikrobiologiske metoder. Fargeanalyse og pH-måling kan benyttes til å måle kvaliteten til fisk, da kvalitetsforringelse av fiskeprodukter medfører både farge- og pH-endringer. Kvantifisering av totalt antall bakterier kan brukes for å indikere ferskhet og mattrygghet.

DigiEye Colour Measurement er et digitalt bildesystem som brukes til fargemåling og fargeanalyse. DigiEye tar digitale bilder av et materiale under kontrollerte lysforhold og utfører en nøyaktig fargeanalyse. Det kan velges ulike fargerom til fargeanalysen avhengig av hva som ønskes å analyseres, for eksempel RGB (rød, grønn, blå), CIELaB ($L^*a^*b^*$) og CIELCH ($L^*C^*h^*$) (Eurofins, 2023a). Fordelingen av farger analyseres, og kolorimetrisk verdier som lysstyrke, fargetone, metning og fargeforskjellsmåling beregnes og sammenlignes med en referansestandard (Eurofins, 2023a).

CIELab oppfatter fargeverdier i likhet med menneskelig fargesyn, og dermed anses som et universelt standardisert fargerom, se figur 2c (Kumah et al., 2019, s. 3). L^* -verdiene er hvor mye lys som reflekteres, der $L^* = 100$ representerer 100 % reflektert lys, det vil si hvitt, mens $L^* = 0$ representerer 0 % reflektert lys, altså helt svart. a^* - og b^* -verdiene er nøytrale gråverdier, der a^* -aksen representerer farge i en skala fra grønt ($-a^*$) til rødt ($+a^*$), og b^* -aksen representerer farge i en skala fra blått ($-b^*$) til gult ($+b^*$) (Martin et al., 2015, kap. 4.4).



Figur 2c: Fargerommet CIELab, der L^* , a^* og b^* -verdier representerer henholdsvis reflektert lys, grønt/rødt og blått/gult (Kumah et al., 2019, s. 5).

Endringer i pH-verdi i fiskemuskel kan ha store konsekvenser for teksturen til produktet (Huss, 1988, s. 54). Selv om pH-endringer post-mortem er relativt små, har de stor teknologisk betydning for nedbrytningen av bindevev (Huss, 1988, s. 54). Selv små endringer i pH-verdi kan ha en betydelig innvirkning på bindevevet, noe som kan gjøre videre prosessering av fisken utfordrende (Huss, 1988, s. 54). Endringer i teksturen kan undersøkes ved måling av pH, og dette kan gi indikasjoner på både kvaliteten og ferskheten til produktet.

Den mikrobielle kvaliteten til fiskeprodukter kan bestemmes ved å utføre ulike mikrobiologiske analyser som identifiserer og kvantifiserer mikroorganismer (Eurofins, 2023b). Analysene kan omfatte undersøkelse av totalt antall bakterier, kimtall, og

melkesyrebakterier, samt tilstedeværelse av indikatororganismer, spesifikke forringelsesorganismer og patogene mikroorganismer. Analyser for påvisning av mikroorganismer i næringsmidler baserer seg på tilnærmingene fenotypiske, kulturbaserte metoder og molekylære, ikke-kulturbaserte metoder (Li et al., 2020, s. 84; Vandenberghe et al., 2017, s. 638). Samtlige metoder har sine styrker og svakheter, og derfor må det tas hensyn til type produkt ved valg av analysemetode.

Fenotypiske analysemetoder tar utgangspunkt i oppdyrking av mikroorganismer på agarskåler, og deretter karakterisering og identifisering av funnene (Vandenberghe et al., 2017, s. 638). Fenotypiske egenskaper som morfologi og fysiologi, samt molekylære metoder er da benyttet til identifikasjon og verifisering av mikroorganismene som er til stede i produktet (Vandenberghe et al., 2017, s. 638–639). Molekylære analysemetoder som polymerasekjedereaksjon (PCR) og 16S rRNA-sekvensering er uavhengig av bakteriedyrking, da de baserer seg på DNA-ekstraksjon og DNA-analyse (Li et al., 2020, s. 84; Vandenberghe et al., 2017, s. 639). Imidlertid blir det benyttet en kombinasjon av fenotypiske og molekylære analysemetoder for å sikre nøyaktige og pålitelige resultater (Vandenberghe et al., 2017, s. 638).

2.5 Patogene bakterier i laks

Det er estimert å være mer enn 600 millioner tilfeller av matbårne sykdommer hvert år, der sykdom skyldes bakterier, virus, parasitter og kjemiske stoffer (WHO, 2022). 10–20 % av de rapporterte tilfellene skyldes matbåren sykdom via sjømat (Pilet & Leroi, 2010, s. 2). Patogene bakterier er mikroorganismer som kan forårsake sykdom hos mennesker. Eksempler på bakterier som ofte påvises i sjømat er *Escherichia coli*, *Aeromonas* spp., *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus* og *Vibrio parahaemolyticus* (Stupar et al., 2021, s. 1). Blant disse er *L. monocytogenes* spesielt utfordrende for sjømatindustrien, fordi den ofte finnes i fersk og lite prosessert sjømat, og er vanskelig å bli kvitt når den har etablert seg i produksjonsmiljøet (Elbashir et al., 2018, s. 90; Skjerdal, 2024, s. 64).

L. monocytogenes er en opportunistisk matbåren patogen bakterie som kan forårsake sykdommen listeriose (Schuppler & Loessner, 2010, s. 1). Listeriose har ca. 20–30 % dødelighet, og det er stor risiko for alvorlig sykdom hos gravide, fostre, yngre barn, eldre mennesker og de med nedsatt immunforsvar (Schuppler & Loessner, 2010, s. 1). *L. monocytogenes* er ikke varmeresistent og vil derfor ødelegges ved gjennomkoking og

gjennomsteking (Hardin, 2021, s. 35). Dermed er såkalte «spiseklare» næringsmidler, som ikke behøver oppvarming før konsum, den viktigste smitekilden til listeriose (Hardin, 2021, s. 35; Schuppler & Loessner, 2010, s. 1).

L. monocytogenes er en gram-positiv, fakultativ anaerob, psykrotrof, ikke-sporedannende stavformet bakterie som er svært utbredt i naturen og kan påvises i jord, vann, slam, mennesker, dyr og insekter (Hardin, 2021, s. 34; Schuppler & Loessner, 2010, s. 1; Di Ciccio et al., 2015, s. 38). *L. monocytogenes* finnes i kalde vannmiljøer og er dermed naturlig til stede i miljøet til salt- og ferskvannsfisk og på selve fisken. Kontaminering eller rekontaminering skjer som regel under håndtering og prosessering (Ghanbari et al., 2013, s. 320; Svanevik et al., 2021, s. 3). *L. monocytogenes* er svært motstandsdyktig da den kan vokse på et bredt temperatur- og pH-område, inkludert kjøleskaptemperatur, den er salttolerant, overlever og formerer seg i MAP- og vakuumpakket mat, tåler lav vannaktivitet og vokser i biofilm (Hardin, 2021, s. 34; Di Ciccio et al., 2015, s. 38).

2.6 Sensoriske målemetoder

Sensorikk er læren om de menneskelige sansenes evne til å oppfatte stimuli, som inkluderer å smake, lukte, se, berøre og høre (Nofima, 2022). Sensorikk er et omfattende begrep som kommer av at vi mennesker, både bevisst og ubevisst, måler, analyserer og tolker reaksjoner vi får gjennom sansene våre (Rødbotten et al., 2015, s. 11). Vår evne til sansing er knyttet til sanseceller i sanseorganer, som øre, øyne og nese. Sanseorganene registrerer stimuli, også kjent som sanseintrykk, som via nervetråder formidles videre til hjernen hvor signalene tolkes (Bergslien et al., 2015, s. 16). Basert på disse sanseintrykkene styres individets aktivitet mest mulig hensiktsmessig (Jansen & Glover, 2018).

2.6.1 Sensoriske analyser

Ulike sensoriske analyser kan kategoriseres inn i de tre hovedgruppene analytiske, affektive og nye, mer moderne metoder (Strand, 2022). Den analytiske tilnærmingen fokuserer på å undersøke eventuelle forskjeller mellom produkter og vurdere størrelsen på denne forskjellen. Kvalitetskontrolltest er et eksempel på en analytisk metode (Rødbotten & Carlehög et al., 2015, s. 79). Forskjellstester utgjør en stor del av de analytiske metodene, og disse testene kan være generelle eller spesifikke. Generelle forskjellstester avdekker om det er mulig å skille prøvene fra hverandre uten å avsløre hva som skiller dem, mens spesifikke forskjellstester gir innsikt i

hva som skiller dem når det gjelder grad av preferanse eller spesifikke sensoriske egenskaper (Rødbotten & Carlehög et al., 2015, s. 87)

Affektive analyser er den andre hovedgruppen av sensoriske analyser. Denne metoden brukes til å evaluere hvor godt forbrukeren, i en ønsket målgruppe, liker et produkt. Disse analysene kan også benyttes til å undersøke en preferanse mellom to eller flere prøver. Den siste hovedgruppen, nyere og mer moderne metoder, er analyser som blir mer og mer benyttet. Eksempler på analyser som inngår i denne gruppen er CATA og JAR (Strand, 2022). CATA står for «Check all that apply» og er en enkelt sensorisk metode brukt for å samle informasjon om forbrukernes opplevelse av et produkt (Hersleth & Almlie et al., 2015, s. 128). Metoden krever minimal eller ingen trening av dommerne, noe som gjør den tilgjengelig for alle deltakere. Derfor vil denne metoden være ideell når det er behov for rask innsikt i produktets sensoriske egenskaper (Hersleth et al., 2015, s. 149).

2.6.2 Dommerpanel til sensoriske tester

Ved sensoriske analyser benyttes det en gruppe klassifiserte dommere som skal utføre analysen. Disse dommerne utgjør et panel. Hvilken sensorisk analyse som velges avhenger av målgruppen for produktet, og dommerne som er ønskelig å bruke i panelet varierer etter valg av sensorisk analyse (Strandos et al., 2015, s. 47).

Det skilles mellom tre ulike typer dommerpanel; ekspertpanel, laboratoriepanel og forbrukerpanel. Et ekspertpanel er den mest avanserte formen for panel og består av noen få, høyt kvalifiserte dommere. Disse dommerne har også gjerne forkunnskaper om produktet som skal testes. I et laboratoriepanel benyttes mellom 5 til 20 dommere, men det mest vanlige er 6 til 10 dommere. Dette panelet blir også definert som et trent panel, og kan benyttes i de aller fleste sensoriske analysemetoder. Et forbrukerpanel består av et stort antall utrente dommere til forskjell fra de to andre typene dommerpanel. Disse dommerne representerer en definert forbrukergruppe (Strandos et al., 2015, s. 47).

Ved utvelgelse av dommere til et trent dommerpanel er det flere kriterier som bør oppfylles.

Dommerne som velges ut bør:

- Være i alderen 20 til 55 år
- Være motivert for oppgaven
- Være tilgjengelig på aktuelle tidspunkt
- Ikke lide av allergi ovenfor det produktet som skal bedømmes
- Ikke være fargeblind dersom farge skal bedømmes
- Ikke røyke før analysen
- Ha god allmenntilstand

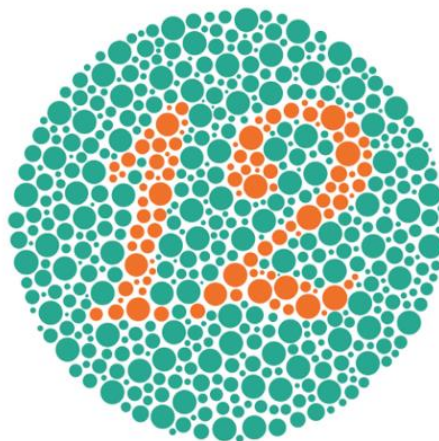
Kravene er satt for å avgjøre hvilke kandidater som er best egnet til å foreta analysen, og om det må gjennomføres ulike utvelgelsestester. I tillegg til disse kravene til dommeren er det svært viktig at utvelgelsen baseres på grunnlag av interesse og motivasjon. Panelleder undersøker ofte dette ved å gjennomføre en motivasjonsanalyse/intervju med dommerne som en del av utvelgelsen (Strandos et al., 2015, s. 49). Dette kommer av at motiverte dommere ofte har en tendens til å være mer oppmerksomme og engasjerte i testprosessen, noe som kan føre til mer pålitelige resultater og bedre kvalitetssikring av dataene.

Andre kjente utvelgelsestester er eksempelvis grunnsmakstesting, testing for luktblindhet samt måling av fargeblindhet (Strandos et al., 2015, s. 49). En grunnsmakstesting gjennomføres for å kartlegge dommerens terskelverdier for grunnsmakene søt, sur, bitter, salt og umami, og gir ofte en god indikator på dommerens generelle sensoriske ferdighet. Ved å gjennomføre en slik test vil det være mulig å utelukke personer som er smaksblinde fra dommerpanelet (Strandos et al., 2015, s. 50). Luktblindhet er også noe som bør måles hos dommeren før en sensorisk analyse. Menneskers evne til å oppfatte og gjenkjenne smak er ofte enklere enn tilsvarende for lukt. Derfor vil det være nødvendig å gjennomføre en slik test hos dommerne for å vurdere følsomheten av luktorganet. Dette vil være spesielt viktig i en sensorisk analyse hvor lukt står i fokus (Strandos et al., 2015, s. 55).

Fargeblindhet sjekkes som en del av utvelgelsen av dommerpanelet før gjennomføring av en sensorisk analyse hvor det visuelle skal bedømmes. Dette kommer av at et tilstrekkelig fargesyn er nødvendig dersom dommerne skal bedømme ulike produkter visuelt (Strandos et al., 2015, s. 56). Fargeblindhet defineres som nedsatt evne til å se forskjell på farger og skyldes fravær av en funksjon i én eller flere tapper. En tapp er en sansecelle i øyets netthinne som oppfatter farger

(Sanvig & Høvdning, 2020). I praksis betyr dette at visse farger oppfattes annerledes av personen.

Det finnes flere ulike tester som kan benyttes for å kartlegge om personen er fargeblind eller ikke. Den mest anvendte metoden er Ishihara's test (Plutino et al., 2023, s. 721; Strandos et al., 2015, s. 56). Det som er spesielt med testen er at den avdekker ulike grader av fargeblindhet (Strandos et al., 2015, s. 56). Testen inneholder 38 fargeplater som består av en fylt sirkel med fargede prikker i forskjellige størrelser og farger, som vist i figur 2d. Prikkene på platen er ordnet i spesifikke mønstre som danner figurer eller tall. Disse mønstrene skal mennesker med normalt fargesyn kunne se. Testen brukes til å diagnostisere medfødt rød-grønn og gul-blå fargeblindhet (Plutino et al., 2023, s. 721).



Figur 2d: Eksempel på en fargeplate som benyttes i Ishihara test (Plutino et al., 2023, s. 722).

For å bli en dyktig og pålitelig dommer kreves det kunnskap og mye trening. Opplæringsperioden begynner ofte med et større antall dommerkandidater enn det som er nødvendig. Til slutt velges det endelige dommerpanelet. Treningen av dommerpanelet vil spille en avgjørende rolle for dommernes motivasjon og forståelse av den sensoriske analysen. Under treningen er det essensielt å inkludere både teoretisk og praktisk trening for å sikre en grundig forståelse og ferdighetene som kreves hos en dommer. Derfor bør treningen inneholde en innføring i sansenes oppbygning og virkemåte, samt betydningen av korrekt gjennomføring av testingen (Strandos et al., 2015, s. 62). Treningen bør tilpasses hver enkelt sensorisk analyse for å sikre at gjennomføringen blir så feilfri som mulig. Mangelfull trening og forståelse av den sensoriske analysen kan resultere i uklare og upålitelige resultater. Det vil derfor være avgjørende å investere tilstrekkelig tid og ressurser i opplæringen for å sikre at dommerne er godt forberedt til å utføre sine oppgaver i den sensoriske analysen.

2.6.3 Kvalitetskontrolltest

Kvalitetskontrolltest er en sensorisk analyse som benyttes for å kontrollere produkter, eller prøver, som forventes å være like. Den sensoriske kvaliteten blir målt opp mot en referanse eller satt standard ved hjelp av en poengbedømmelse, også kjent som «scoring» eller numerisk gradering. Den ene enden av skalaen indikerer en god eller riktig kvalitet, mens den andre enden representerer en avvikende kvalitet. Selv om denne metoden er svært anvendelig og illustrerende, krever den mye av både dommerne og panelleder (Rødbotten & Carlehög et al., 2015, s. 109). Dommerne må trenes opp slik at de gjenkjenner aktuelle produkter og deres karakteristiske egenskaper (Kraggerud & Valle et al., 2015, s. 156). Gjennom treninger vil dommerne bli kjent med både eksempler av produkter med god og ønsket kvalitet, men også avvikende kvalitet, slik at det opparbeides en «memory standard» hos dommerne (Kraggerud & Valle et al., 2015, s. 156; Rødbotten & Carlehög et al., 2015, s. 109). En «memory standard» vil altså være den sensoriske beskrivelsen som tilsvarende det ideelle produktet, samt grenser for variasjon (Kraggerud & Valle et al., 2015, s. 154). Det er derfor viktig med grundig trening og oppfølging av dommernes kunnskap om det aktuelle produktet (Kraggerud & Valle et al., 2015, s. 156).

I bedømmelsesskjemaet som benyttes under selve kvalitetskontrolltesten, bør en referanse være plassert på linjen. Dette gjøres for at dommerne skal kunne sammenligne kvaliteten på prøvene som skal vurderes i analysen, opp mot denne referansen. Antall dommere som skal benyttes i denne metoden må bestemmes på forhånd basert på nøyaktigheten i analysen, tilgjengelig tid og økonomi. Det viktigste ved utvelgelse av de ulike dommerne er at hver dommer blir testet for sensitivitet for aktuelle produktens egenskaper (Rødbotten & Carlehög et al., 2015, s. 111).

Før selve testen må kravene til presisjonen av bedømmelsen være klart definert (Rødbotten & Carlehög et al., 2015, s. 112). Dette har avgjørende betydning for å sikre at dommerne gir så presise og grundige svar som mulig. Skalaen som brukes er vanligvis enten 3-, 5- eller 9- poeng, hvor produktet blir vurdert ut ifra tildelte poeng (Carlehög et al., 2015, s. 112). Ved å benytte en slik skala oppnås det en direkte kvalitetsvurdering, og ikke kun en vurdering om det er noen sensoriske forskjeller (Lawless & Heymann, 1998, s. 562). Resultatene kan videre tolkes ut ifra de oppnådde poengsummene, som vist i figur 2e under.

Tabell 2g: Eksempel på tolkning av kvalitet på produkt ut fra oppnådd poengsum (basert på Rødbotten & Carlehög et al., 2015 s. 113).

Kvalitetskategori	Skalalengde		
	3-poeng	5-poeng	9-poeng
Samsvar med spesifikasjon	3	5	9
			8
			7
Avvik fra spesifikasjon, men handelsvare	2	4	6
			5
		3	4
Vesentlig avvik, ikke handelsvare	1	2	3
			2
		1	1

2.7 Endring i sensorisk kvalitet i laks

Sensoriske analysemetoder er avgjørende for å måle kvaliteten på fisk, og inkluderer evaluering av utseende, lukt, tekstur og smak. Begrepet «kvalitetsfisk» benyttes i fiskeindustrien og omfatter ikke bare fiskens utseende og størrelse, men også grad av ferskhets og forringelse. Fisk av god kvalitet skal ikke inneholde skadelige stoffer som parasitter, kjemikalier eller sykdomsfremkallende mikroorganismer. Samtidig skal den sensoriske kvaliteten være bevart. Ved sensoriske analysemetoder blir utseende, tekstur, lukt og smak hos fisken målt ved hjelp av menneskelige sanser. En ulempe med slike metoder er at de til en viss grad er subjektive, og er derfor avhengige av hver enkelte dommer. Imidlertid kan tilstrekkelig trening av dommere bidra til å redusere denne risikoen (Huss, 1988, s. 61).

I noen tilfeller kreves en mer objektiv og beskrivende evaluering. Da kan flere dommere bli bedt om å vurdere samme parti med fisk. Deres individuelle vurdering kan utføres ved hjelp av et poengsystem som tillater sammenstilling, gjennomsnittsberegning og statistisk analyse av resultatene. Normalt krever denne analysen rundt seks dommere, men bruken av et slikt trent panel bør begrenses til eksperimentelle arbeid, der beskrivende profiler av kvalitetsendringer samles inn, eller til store selskaper som produserer merkevarer (Huss, 1988, s. 62).

I tidligere studier er det observert at forringelsesprosessen går fortere i fileter enn i hel fisk. Post-mortem endringer i pH-verdi varierer fra 6,0–6,8. Da startverdien for pH varierer betyr

det at pH-verdi alene ikke er en god indikator for forringelse. I tillegg har forringelsesorganismer blitt påvist i laks med forskjellige pH-verdier (Fuentes-Amaya et al., 2016, s. 482–486). Sammen med andre innvirkende faktorer på fisken er det derfor uklart betydningen av pH-verdien alene på den sensoriske kvaliteten til fisk. En tidligere studie av Fuentes-Amaya et al. (2016) viser at mikrobiologiske og sensoriske målemetoder gir bedre indikatorer på tidlig forringelse av laks enn kjemiske målemetoder som pH. Mikrobiologisk vekst hadde ingen signifikant påvirkning på pH-endring (Fuentes-Amaya et al., 2016, s. 482–489).

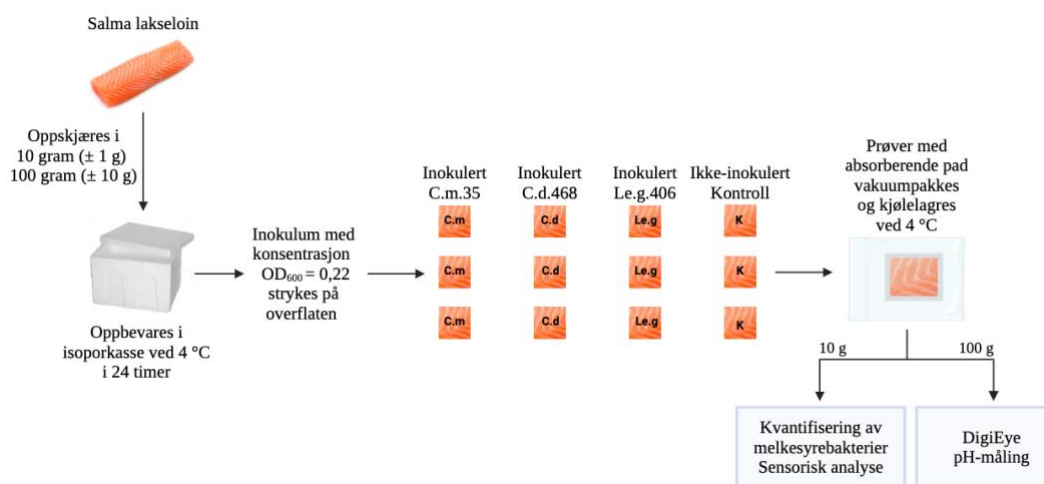
3 Material og metode

Det ble benyttet isolater av tre ulike melkesyrebakteriestammer i denne studien. Isolatene har tidligere blitt isolert fra lakseprodukter som gravet laks og sushi. Utvelgelse av melkesyrebakterier ble gjort på grunnlag av tidligere forskningsarbeid utført av Ph.d. stipendiat Jelena Stupar, der de utvalgte isolatene viste hemmende effekt på blant annet *Listeria innocua*, *Listeria monocytogenes* og *Escherichia coli*, samt gode vekstegenskaper i kjøleskaptemperatur (Stupar et al., 2021, s. 8). De utvalgte melkesyrebakteriene og deres stamme-identifikasjon er angitt i tabell 3a.

Tabell 3a: Melkesyrebakterier benyttet til inokulering av lakseloins i inokuleringsforsøk og produktet bakteriene er isolert fra (Stupar et al., 2021, s. 6–9).

Stamme-ID	Melkesyrebakteriestamme	Artsnavn	Produkt
35	<i>Carnobacterium</i>	<i>maltaromaticum</i>	Gravet laks
468	<i>Carnobacterium sp.</i>	<i>divergens</i>	Sushi
406	<i>Leuconostoc</i>	<i>gelidum</i>	Sushi

Melkesyrebakteriene ble inokulert i Salma lakseloins gjennom et inokuleringsforsøk, se figur 3a. I tillegg til de inokulerte prøvegruppene ble det benyttet en kontrollgruppe, ikke-inokulert laks, for å følge den naturlige utviklingen av melkesyrebakterier i laks. De inokulerte og ikke-inokulert prøvegruppene ble vakuumpakket med absorbent og kjølelagret ved 4 °C i 21 dager. Det ble foretatt fire prøveuttak gjennom inokuleringsforsøket, der første uttaksdag var på dag 0, deretter dag 7, 14 og 21. På hver uttaksdag ble det tatt ut tre paralleller av hver prøve til kvantifisering av melkesyrebakterier, fargeanalyse med DigiEye og pH-måling, samt 6 paralleller av hver prøve til sensorisk analyse av farge-, lukt- og tekstur-egenskaper under en kvalitetskontrolltest, se vedlegg 9.1 for beregninger av antall prøver.



Figur 3a: Forsøksdesign for inokulering av lakseprøver med de utvalgte melkesyrebakteriene *C.m.35*, *C.d.468* og *Le.g.406*. Laksebiter på 10 og 100 gram benyttes til henholdsvis kvantifisering av melkesyrebakterier og sensorisk analyse, samt DigiEye og pH-måling.

3.1 Forberedelser til inokuleringsforsøk

Delkapittelet beskriver forberedelser til inokuleringsforsøket. Det ble tillaget medium og fortynningsvann, laks ble oppkuttet til ønsket vekt og mengde samt vakuumposer ble merket.

3.1.1 Tillaging av medier og fortynningsvann

Til inokuleringsforsøket ble DeMan, Rogosa and Sharpe, MRS-medium (VWR N0232W) og DeMan, Rogosa and Sharpe buljong, MRSB (VWR M0200W) anvendt som vekstmedier. MRSB ble benyttet til tillaging og deretter fortynning av inokulum. MRS-medium ble benyttet til oppdyrking og kvantifisering av totalt antall melkesyrebakterier i lakseprøvene gjennom lagringsperioden. MRS-medium ble valgt siden dette er et selektivt medium for melkesyrebakterier. Peptonvann, en ikke-selektiv oppformeringsbuljong, ble benyttet som fortynningsvann. Fremgangsmåte for tillaging av medier og fortynningsvann er omtalt i vedlegg 9.2.

3.1.2 Råstoff

Lakseloins som ble benyttet i denne studien til inokulering var av produsenten Bremnes Seashore AS fra merkevaren Salma med slaktedato 15. februar 2024. Salma lakseloins ble anskaffet dagen før inokuleringsforsøket. Dag 0 for inokuleringsforsøket var 20. februar 2024. Innkjøpt mengde laks ble basert på tidligere beregninger vist i vedlegg 9.1 av nødvendig mengde til forsøket. Før selve oppkuttingen av laksen kunne starte ble alt av utstyr desinfisert. Dette ble gjort for å redusere risikoen for eventuell kontaminering som kunne påvirke utfallet av studien. Laksen ble nøye oppkuttet i biter veid til henholdsvis 10 ± 1 gram og 100 ± 10 gram. Laksebitene på 10 gram ble tilordnet kvantifisering av melkesyrebakterier og sensorisk analyse, mens bitene på 100 gram ble benyttet til fargeanalyse med DigiEye og pH-måling. Etter ønske om å standardisere størrelsen og formen på laksebitene så mye som mulig førte oppkuttingen til noe avkapp.

Etter oppkuttingen ble alle laksebitene plassert i en isoporkasse med is i bunnen, der isen var dekket av aluminiumsfolie for å forhindre at laksebitene skulle komme i direkte kontakt med isen. Tiltaket ble gjort for å opprettholde ferskheten hos laksebitene under kjølelagring ved 4 °C over natten til inokuleringsdagen.

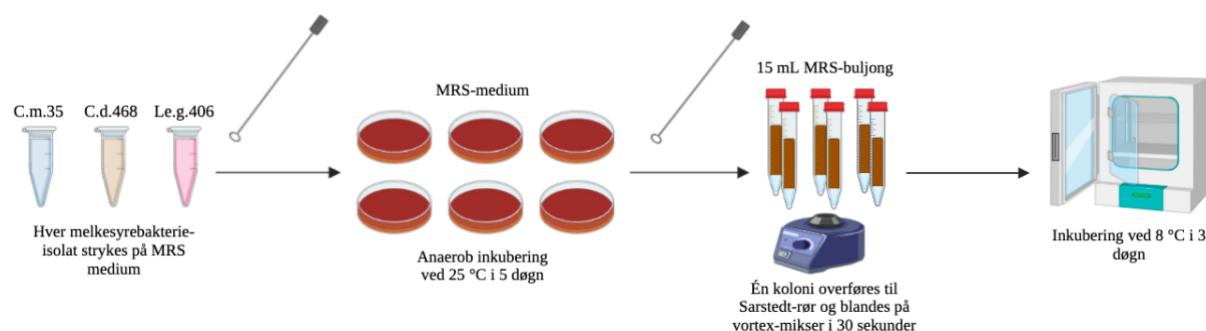
3.1.3 Vakuumpakking

Samtlige lakseprøver ble vakuumpakket for å hindre vekst av aerobe, gram-negative bakterier, og dermed tilrettelegge for vekst av melkesyrebakteriene som vokser anaerobt. Hver pose ble tydelig merket med informasjon om uttaksdag, formålet med prøven (kvantifisering, sensorisk analyse eller DigiEye og pH), bakteriestamme eller kontroll og eventuelle paralleller. Denne grundige merkingen ble gjennomført for å holde en god sporbarhet gjennom hele studien, og for å gjøre det lettere å organisere og analysere resultatene i etterkant.

3.2 Oppdyrking av melkesyrebakterier og tillaging av inokulum

Til oppdyrking av melkesyrebakteriene ble det benyttet isolater som hadde vært fryselaagret ved $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$, og som ble hentet ut fra fryseren før oppdyrkingen. Samtlige melkesyrebakterieisolater ble sådd ut på MRS-medium ved hjelp av en steril podeøse under aseptiske forhold i LAF-benk, og deretter inkubert anaerobt ved $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ i 5 døgn med anaerob indikatorposer, se figur 3b. To paralleller av hver melkesyrebakterie ble sådd ut for å redusere sannsynligheten for manglende kolonidannelse på et av mediene.

Ved tillaging av inokulum ble én koloni av hver melkesyrebakterie overført til to sterile Sarstedt-rør med 15 mL MRS-buljong, og blandet på en vortex-mikser i 30 sekunder. Rørene med inokulum ble inkubert ved $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ i 3 døgn, dette for å akklimatisere melkesyrebakteriestammene til lave temperaturer og sikre vekst.



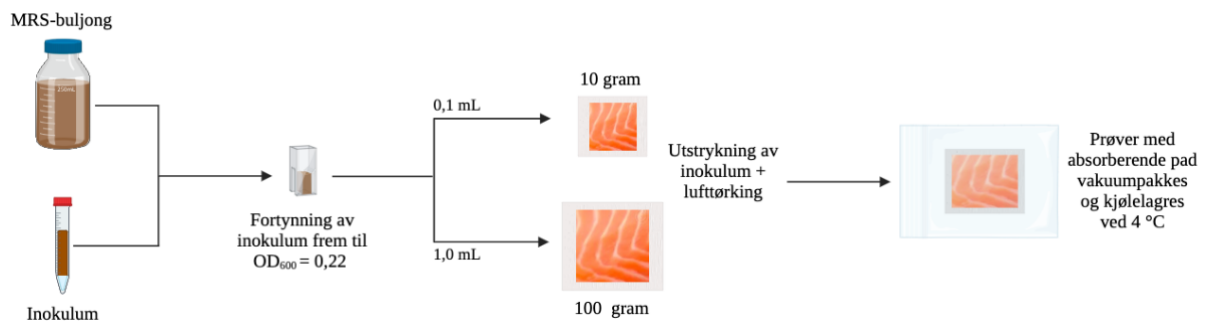
Figur 3b: Utsåing av melkesyrebakterieisolater på MRS-medium, der kolonivekst videre benyttes til tillaging av inokulum.

3.3 Inokulering av laks

Etter inkubering ble inokulumet fortennet med MRS-buljong til $OD_{600} = 0,22$. Prosessen ble utført ved hjelp av et spektrofotometer innstilt på 600 nm, hvor startkonsentrasjonen på 2,0 mL

inokulum ble målt. Videre ble inokulumet fortynnet med MRSB, etterfulgt av en ny måling av inokulumets konsentrasjon. Denne prosessen ble gjentatt til ønsket konsentrasjon på $OD_{600} = 0,22$ var oppnådd.

Laksebitene på 10 og 100 gram ble plassert på hver sin absorbent og tilsatt henholdsvis 0,1 mL inokulum og 1,0 mL inokulum, vist i figur 3c. For å få inokulumet jevnt fordelt på overflaten av laksebitene ble det benyttet sterile L-formet utstryksspatler. Dette ble utført under aseptiske forhold i LAF-benk. Inokulering av laks ble gjennomført sekvensielt for hver stamme, for å unngå fare for krysskontaminering mellom de ulike melkesyrebakteriestammene.



Figur 3c: Flytskjema over inokuleringsforsøk, dag 0, på fersk laks inokulert med *C.m.35*, *C.d.468* og *Le.g.406*.

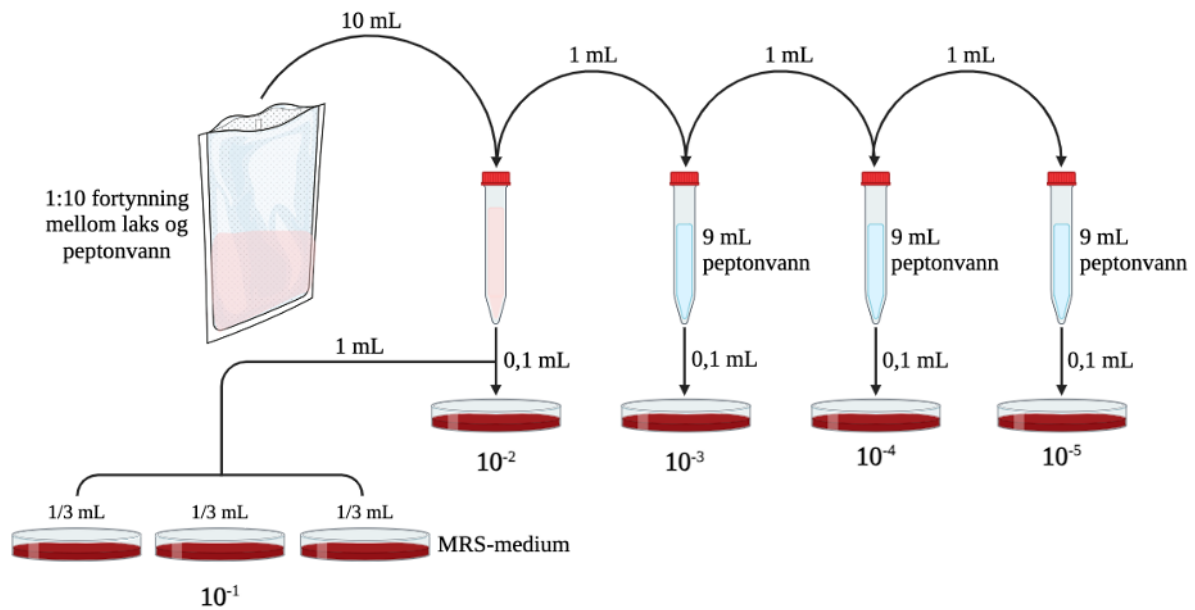
Videre ble laksebitene lufttørket i 10–15 minutter, som vist i figur 3d, før de ble overført til individuelt merkede vakuumposer etter innhold. Kontrollgruppene, ikke-inokulerte, ble også plassert i hver sin vakuumpose med en absorbent, før alle laksebitene ble vakuumporseglet ved hjelp av en vakuumpakker (Webomatic). Lakseprøvene ble kjølelagret ved 4 °C i totalt 21 dager i inkubator (Friocell).



Figur 3d: Laksebiter på 10 gram på absorbent tilføres inokulum på overflaten, som også strykes ut med sterile utstryksspatler.

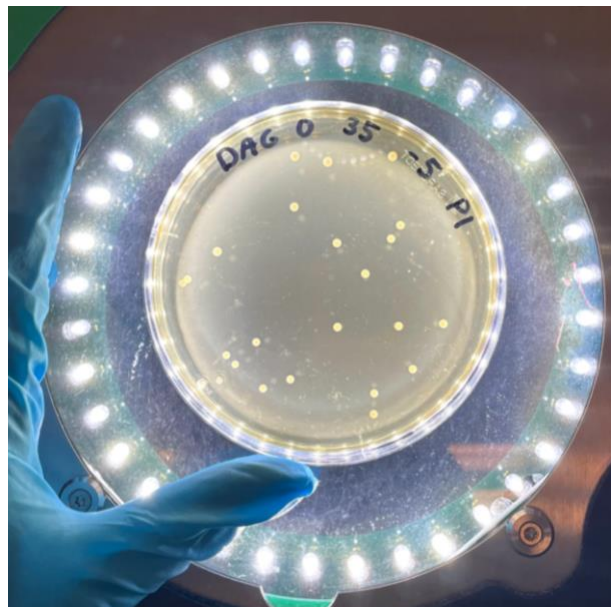
3.4 Kvantifisering av melkesyrebakterier

På hver uttaksdag ble lakseprøvene sådd ut på MRS-medium for kvantifisering av melkesyrebakteriestammene. Det ble preparert en fortyningsserie i sterile Sarstedt-rør med 9 mL peptonvann i hvert rør. Hver lakseprøve ble veid opp i en stomacherpose og det ble tilsatt peptonvann til en 1:10 fortykning. Prøven ble homogenisert i ett minutt ved hjelp av en Stomacher-homogenisator. Deretter ble 10 mL av den homogene løsningen overført til et sterilt Sarstedt-rør, før videre fortykning som vist i figur 3e. Utvelgelse av fortykningene ble gjort på grunnlag av resultater fra tidligere studie utført av Stupar et al. (2023), samt resultat fra tidligere uttaksdag. 0,1 mL av fortyningen ble pipettert ut på MRS-medium og det ble brukt sterile L-formede utstryksspatler til platespredning. Skålene ble inkubert i en anaerob-boks, med anaerobe indikatorposer, for anaerob dyrking ved 25 °C i 5 døgn (± 2 timer).



Figur 3e: Prosedyre for uttak til kvantifisering av melkesyrebakterier. Lakseprøver fra hver prøvegruppe ble homogenisert, fortynnet og utstrøket på MRS-medium for anaerob inkubering.

Etter inkubering ble skålene lest av ved å telle antall gulhvite kolonier, som vist i figur 3f. Antall avleste kolonier ble brukt til beregning av kimtall ved å benytte veid gjennomsnitt til de ulike fortynningene. Videre ble gjennomsnitt av parallellene beregnet, og resultatene ble logaritmisk fremstilt i en graf, slik at utviklingen av vekst kunne følges gjennom lagringsperioden.



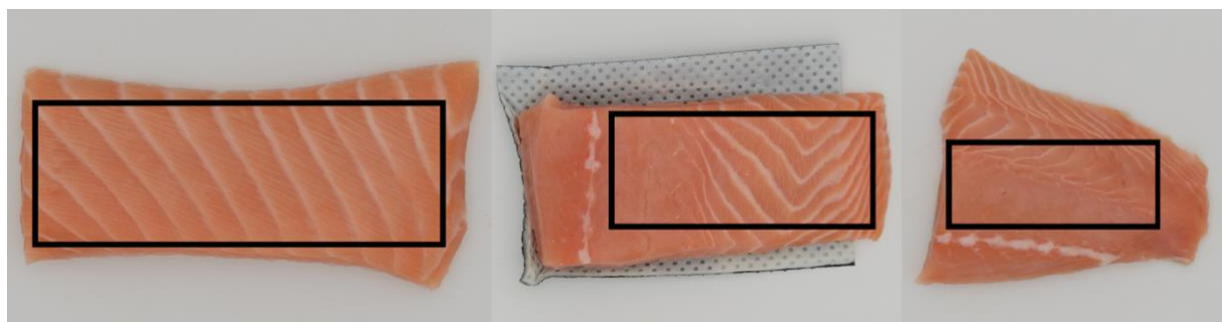
Figur 3f: Telling av synlige, gulhvite kolonier på MRS-medium etter inkubering.

3.5 Fysiokjemiske målinger

For å avgrense studiens omfang ble tekstur kun målt ved sensorisk analyse, da hovedmålet var å undersøke melkesyrebakterienes påvirkning på den sensoriske kvaliteten til fersk laks. Av den grunn ble det ikke benyttet en teksturmåler. Lakseprøvene på 100 gram ble tatt ut hver uttaksdag til fargeanalyse og måling av pH.

3.5.1 Fargeanalyse med DigiEye

DigiEye Colour Measurement ble benyttet til å utføre fargeanalyse av prøvene. For hver uttaksdag ble måleinstrumentet startet for å forberede systemet og deretter kalibrert med hvitt kalibreringsbrett og fargetavle etter instruksjer. Deretter ble det tatt bilde av laksebitene. På DigiEye ble det markert størst mulig område av laksens inokulerte overflate til rådata for fargeanalysen, med hensyn til tydelige forskjeller i laksebitene som vist i figur 3g.



Figur 3g: S sammensatt bilde av tre bilder tatt med DigiEye, som viser eksempler på markerte områder til uthenting av rådata, for å utjevne individforskjeller og filetforskjeller.

3.5.2. Måling av pH-verdi

For å måle pH-verdier ble pH-måleinstrumentet, Testo 206-pH2, først kalibrert i bufferløsning på pH lik 4,0 og 7,0. Det ble tatt pH-måling der inokulumet ble strøket ut. pH-målerens probe penetrerte overflaten for å muliggjøre målingen. pH-målerens probe ble renset med avionisert vann mellom hver måling, og renset med såpevann mellom hver prøvegruppe. Prøvene fra dag 0, 7, 14 og 21 ble fryst ned etter pH-måling, og tint opp igjen etter endt lagringsperiode for ny fargeanalyse med DigiEye.

3.6 Sensorisk analyse

Dette delkapittelet omtaler utvelgelse av dommere til sensorisk panel, opptrening av dommerpanel og gjennomføring av sensorisk analyse med kvalitetskontrolltest.

3.6.1 Utvelgelse av sensorisk panel

Dommere til sensorisk panel ble valgt på grunnlag av bestemte kriterier som nevnt i teori 2.5.2 om dommerpanel til sensoriske tester. Det ble også stilt krav til at dommerne var semi-trente på sensoriske analyser, og dermed ble det hovedsakelig kontaktet tredjeårsstudenter på matvitenskap, teknologi og bærekraft. Det endelige dommerpanelet bestod av fire studenter på dette studiet, én stipendiat og én prosjektmedarbeider ved NTNU. Dommerne ble testet for fargeblindhet med Ishihara's test. Grunnet manglende tid og kapasitet ble de ikke testet for luktblindhet, og det ble ikke gjennomført motivasjonsintervju for å undersøke dommernes interesse overfor den sensoriske analysen.

3.6.2 Trening av sensorisk panel

Det ble utført to treningsrunder over to dager med de seks dommerne for å forberede dem til sensorisk analyse. Til første treningsrunde ble det preparert et brett til hver dommer med en bit av seks ulike matvarer, for å trene dommerne på farge, lukt og tekstur. Fersk laks, kvalitetsforringet laks, agurk, tørrfisk, kulturmelk og fermentert spekepølse ble valgt for å trene opp dommerne på lukter som kan assosieres med fisk gjennom en lagringsperiode fra fersk laks til forringet laks, vist i figur 3h. Kvalitetsforringet laks ble tilberedt ved å kjølelagre en laksebit i 7 dager, og deretter plassere den i romtemperatur i et døgn. Under treningen oppga hver dommer minst tre beskrivende ord for lukten til hver matprøve. For fersk og kvalitetsforringet laks ble det også oppgitt beskrivelse for farge og tekstur. Begrepene ble ført opp på et ark hver for seg, som vist i vedlegg 9.3, og deretter ble begrepene diskutert i felleskap. Dommerne ble enige om egenskapene som passet til hver matvare. Etter treningen ble antall beskrivende ord redusert, slik at liknende begreper ble avgrenset til ett begrep. De utvalgte begrepene ble brukt til å danne egenskapsbeskrivelser, som ble benyttet i andre treningsrunder.



Figur 3h: Ferdigpreparerte brett med matprøver og skjema utfylling av beskrivende begreper til første treningsrunde.

For andre treningsrunde ble det preparert én laksebit til hver dommer, der størrelsen ble justert opp slik at det var nok prøve til å vurdere flere sensoriske parametere under treningen. Laksen ble kuttet opp slik at dommerne fikk omtrent samme størrelse og type snitt av laksen. Først leste dommerne gjennom egenskapsforklaringen vist i vedlegg 9.4. Deretter bedømte de laksebiten etter bedømmesskjemaet for referansen, se vedlegg 9.5. Dommernes svar ble oppsummert i felleskap, og gjennomsnittsverdien ble brukt som et hjelpemiddel for å bli enige om hvor referanseverdien for hver egenskap skulle plasseres. Avslutningsvis for andre treningsrunde ble alle dommerne enige om hvilke verdier for egenskapene som hører til referansen, slik at de var forberedt til den sensoriske analysen.

3.6.3 Kvalitetskontrolltest

Til sensorisk analyse ble det preparert ett brett for hver av de fire omgangene til de seks dommerne, totalt 24 brett. Det ble laget 16 ulike tretallskoder for de fire prøvene til de fire omgangene, samt lapper merket med *Ref.* Det ble laget individuelle bedømmesskjemaer for hver dommer der kodene var gitt, se vedlegg 9.7. Egenskapsforklaringene ble utlevert i hver luke der bedømmingene skulle være. Skålene ble nummerert og plassert i riktig serveringsrekkefølge, og rekkefølgen ble skrevet ned på hvert bedømmesskjema slik at alt var klart før testen, se figur 3i.



Figur 3i: Bilde av ferdig preparert brett med de fire prøvene merket med unike tretallskoder.

Laksen som ble brukt til referansen ble kuttet opp og plassert i skål merket med *Ref*, 15 minutter før testen skulle starte. For laksen som ble benyttet som referanse under sensorisk analyse ble det brukt lakseloins av produsenten SalMar AS for Sjøfrisk AS for merkevaren Fiskeriet med slaktedato 04. mars 2024. Dette produktet ble brukt i stedet for Salma-laks, som er benyttet ellers i oppgaven. Det ble gjort grunnet uventet produksjonsstopp av Salma-laks, men laksen ble vurdert som godkjent til referanse da produktet har tilsvarende kvalitet. Samtidig som referansen ble kuttet opp ble lakseprøvene tatt ut av vakuumpakningene, og fordelt utover de ferdig preparerte skålene og brettene. Fordelingen var nøye kontrollert for å sørge for at riktig lakseprøve ble fordelt utover skålene med samsvarende tallkode. For å redusere tap av flyktige komponenter ble prøvene preparert nær starttidspunktet for kvalitetskontrolltesten.

Før testen begynte ble dommerne enige i fellesskap om at referansen skulle plasseres på score 8 under kvalitetskontrolltesten. Dommerne ble bedt om å skrive *Ref* for hånd i hvert bedømmelsesskjema, se s. 7 i vedlegg 9.8. Det ble nøye forklart hvordan testen kom til å bli gjennomført, samt hvordan dommerne skulle svare i skjemaet i forhold til referansene. Det gjelder både for de ulike sensoriske parameterne og på helhetsvurderingen på slutten av hver omgang.

3.7 Databehandling og statistiske beregninger

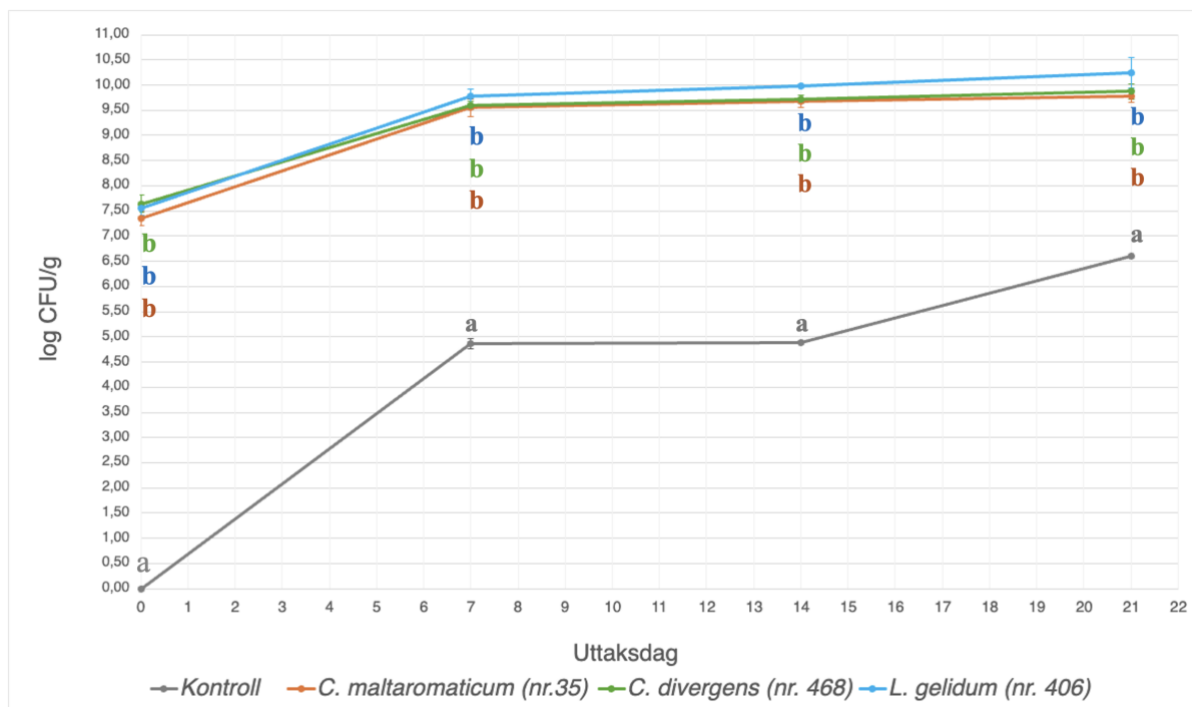
Statistical Package for the Social Science (SPSS, versjon 29) ble brukt for å utføre statistiske analyser ved studien. One-Way ANOVA ble brukt for å beregne statistiske forskjeller mellom prøvegruppene ved Duncan Post Hoc ($p < 0,05$). Denne analysen ble benyttet til å beregne signifikante forskjeller i kvantifisering av melkesyrebakterier, pH-endring, bedømmelse fra sensorisk analyse og DigiEye. De beregnede forskjellene er mellom prøvegruppene på hver uttaksdag. Tosidig paret T-test ble utført for å beregne signifikante forskjeller i L^{*}-, a^{*}- og b^{*}-verdier mellom ferske og fryste prøvegrupper.

4 Resultater

Denne studien om biokonservering av fersk laks med melkesyre bakterier undersøker vekstutviklingen av melkesyre bakterier i lakseprøvene, pH- og farge-utvikling, samt melkesyre bakterienes påvirkning på sensoriske parametere som farge, lukt og tekstur. Melkesyre bakteriestammene som ble undersøkt er *Carnobacterium mataromaticum* (C.m.35), *Carnobacterium divergens* (C.d.468) og *Leuconostoc gelidum* (Le.g.406). Rådata som ikke presenteres i vedlegg kan etterspørres hos veiledere.

4.1 Kvantifisering av melkesyre bakterier i laks

Resultatene fra kvantifisering av melkesyre bakterier viste at alle melkesyre bakteriestammene, C.m.35, C.d.468 og Le.g.406, var i stand til å vokse på overflaten av vakuumpakket laks lagret ved 4 °C over en lagringsperiode på 21 dager, vist i figur 4a. Ved hvert prøveuttak ble veksten av melkesyre bakteriene målt i tre paralleller for hver bakteriestamme. For C.m.35 ble konsentrasjonen ved start, dag 0, målt til $7,35 \pm 0,15$ log CFU/g, mens konsentrasjonen ble målt til $7,64 \pm 0,17$ log CFU/g og $7,54 \pm 0,13$ log CFU/g for prøver inokulert med henholdsvis C.d.468 og Le.g.406.

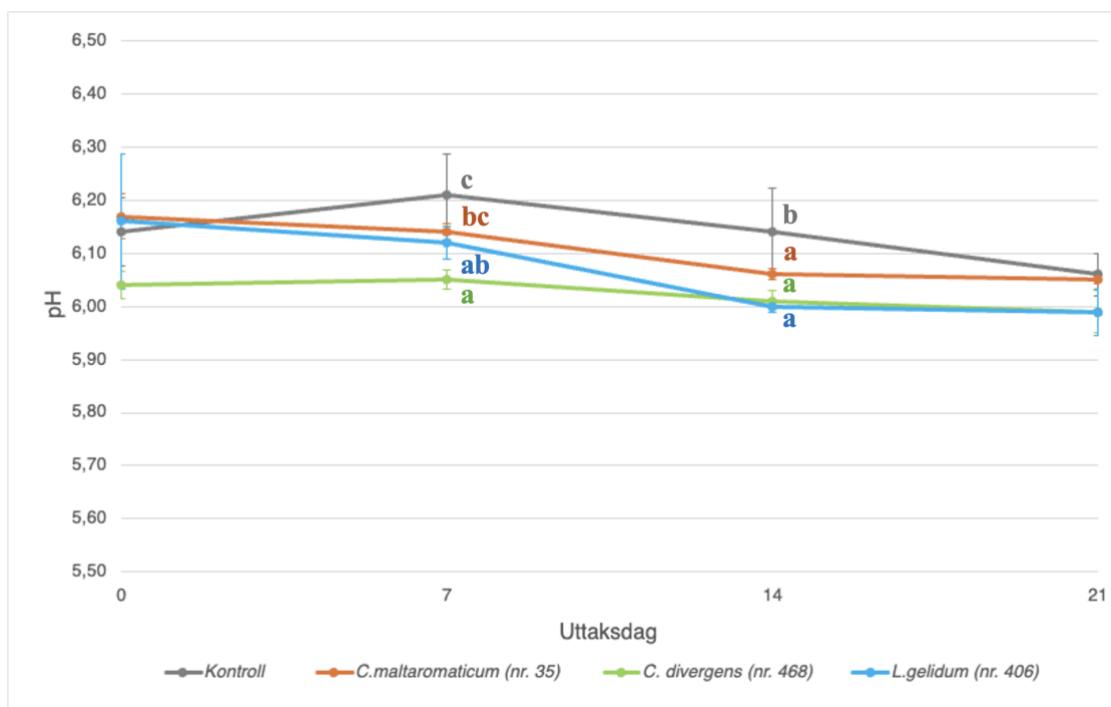


Figur 4a: Vekst av melkesyre bakterier kvantifisert på MRS-medium fra inokuleringsforsøk av vakuumpakket laks lagret ved 4 °C i 21 dager med C.m.35, C.d.468, Le.g.406 og kontroll. Verdiene er et gjennomsnitt av $n = 3$ og presentert som log CFU/g \pm standardavvik. Bokstavene over grafen (^{abc}) viser signifikante forskjeller ($p < 0,05$) fra One-Way ANOVA Duncan Post Hoc.

Alle de tre melkesyrebakteriene viste en eksponentiell vekst med en svak vekstkurve. På dag 21 av lagringsperioden hadde C.m.35, C.d.468 og Le.g.406 kintall på henholdsvis $9,77 \pm 0,11$ log CFU/g, $9,87 \pm 0,15$ log CFU/g og $10,25 \pm 0,30$ log CFU/g. Signifikante forskjeller ($p < 0,05$) mellom de fire prøvegruppene C.m.35, C.d.468, Le.g.406 og kontroll ble beregnet ved bruk av One-Way ANOVA Duncan Post Hoc, og indikeres med bokstaver over grafene (^{abc}). Det ble påvist signifikante forskjeller ($p < 0,001$) mellom melkesyrebakteriene og kontroll ved hvert uttak (dag 0, 7, 14 og 21) gjennom lagringsperioden. Gjennomsnittsverdier, standardavvik og p-verdier for kvantifisering av melkesyrebakterier i laks vises i vedlegg 9.9.

4.2 Utvikling av pH i inokulerte og ikke-inokulert prøver

Utvikling av pH i inokulerte prøvegrupper (C.m.35, C.d.468, Le.g.406) og ikke-inokulert prøvegruppe (kontroll) ble målt ved dag 0, 7, 14 og 21, vist i figur 4b. pH-utviklingen vises på en skala fra verdi 5,5 til 6,5. Ved uttaksdag 0 ble pH målt til $6,14 \pm 0,06$ for kontroll, pH $6,17 \pm 0,04$, $6,04 \pm 0,03$ og $6,16 \pm 0,13$ for henholdsvis C.m.35, C.d.468 og Le.g.406. Alle prøvegruppene hadde en forholdsvis stabil pH mellom dag 0 og dag 21 i lagringsperioden. Ved dag 21 ble pH målt til $6,06 \pm 0,04$ for kontroll og $6,05 \pm 0,01$, $5,99 \pm 0,04$ og $5,99 \pm 0,04$ for de inokulerte prøvegruppene C.m.35, C.d.468 og Le.g.406.



Figur 4b: pH i inokulerte og ikke-inokulert prøvegrupper av vakuumpakket laks lagret ved 4 °C i 21 dager. Verdiene er gjennomsnitt av $n = 3$ for hver prøvegruppe \pm standardavvik. Bokstavene over grafen (^{abc}) for pH, dag 7 og 14, viser signifikante forskjeller ($p < 0,05$) fra One-Way ANOVA Duncan Post Hoc. Merk kutt i pH-skala på y-aksen.

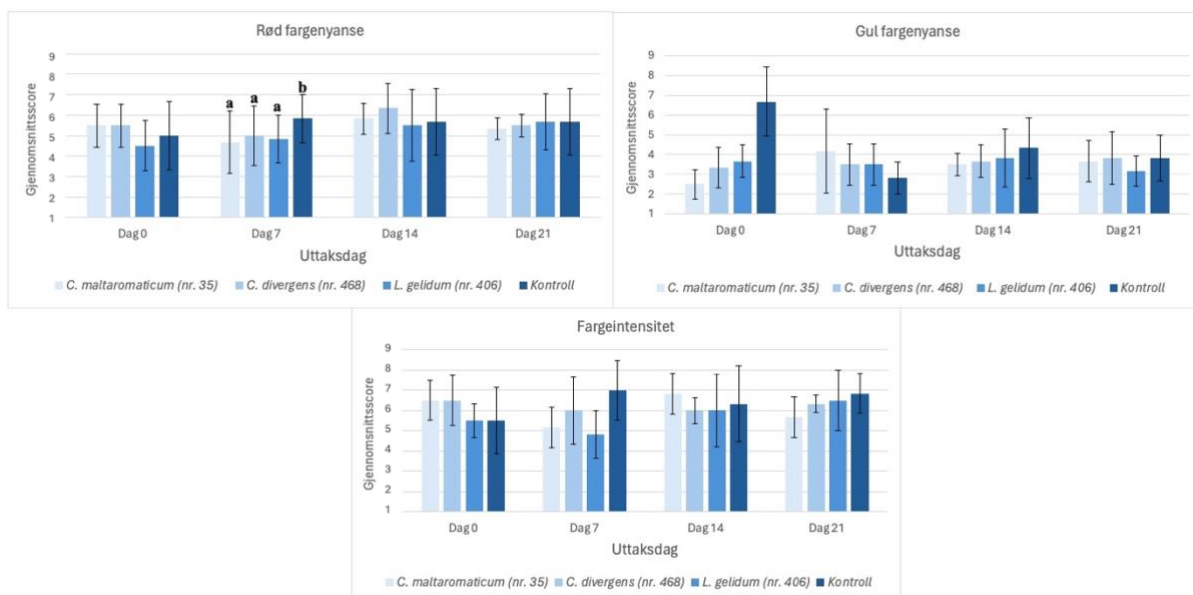
Signifikante forskjeller ($p < 0,05$) mellom de fire prøvegruppene ble beregnet ved bruk av One-Way ANOVA Duncan Post Hoc, og indikeres med bokstaver over grafene (^{abc}). Det ble påvist signifikante forskjeller mellom prøvegruppene ved dag 7 ($p = 0,01$). Kontrollgruppen har signifikant høyere pH-verdi enn prøvegruppene C.m.468 og Le.g.406, og prøvegruppe C.m.35 har signifikant høyere pH-verdi enn prøvegruppe C.d.468. Det ble også påvist signifikant forskjell mellom prøvegruppene ved dag 14 ($p = 0,014$) hvor kontroll har signifikant høyere pH-verdi enn de inokulerte prøvegruppene C.m.35, C.m.468 og Le.g.406. Gjennomsnittsverdier, standardavvik og p-verdier for kvantifisering av melkesyrebakterier i laks vises i vedlegg 9.10.

4.3 Kvalitetskontrolltest

Resultater fra kvalitetskontrolltesten deles opp etter farge-, lukt- og tekstur-egenskaper, samt helhetsvurdering av de fire prøvegruppene C.m.35, C.d.468, Le.g.406 og kontroll. Egenskapene ble rangert av dommerpanelet på en skala fra 1–9, og gjennomsnittsscoren til hver egenskap ble beregnet. Vedlegg 9.11 viser dommernes individuelle besvarelser fra kvalitetskontrolltest, laveste og høyeste bedømmelsesverdi vises i vedlegg 9.12 og gjennomsnittsscore, standardavvik og p-verdier er vist i vedlegg 9.13. Signifikante forskjeller ($p < 0,05$) mellom prøvegruppene ble beregnet ved bruk av One-Way ANOVA Duncan Post Hoc, og indikeres på diagrammene med bokstaver over søylene (^{abc}).

4.3.1 Farge

Fargeegenskapene som ble undersøkt under kvalitetskontrolltesten var rød fargenyanse, gul fargenyanse og fargeintensitet, se figur 4c for gjennomsnittsscore til hver egenskap. Med hensyn til rød fargenyanse ble det påvist signifikant forskjell ($p = 0,041$) mellom prøvegruppene på dag 7, der kontroll hadde signifikant rødere fargenyanse enn prøvegruppene C.m.35, C.d.468 og Le.g.406. Det var ikke signifikant forskjell i rød fargenyanse mellom prøvegruppene på dag 0, 14 og 21. Det ble ikke påvist signifikant forskjell mellom prøvegruppene med hensyn til gul fargenyanse og fargeintensitet.

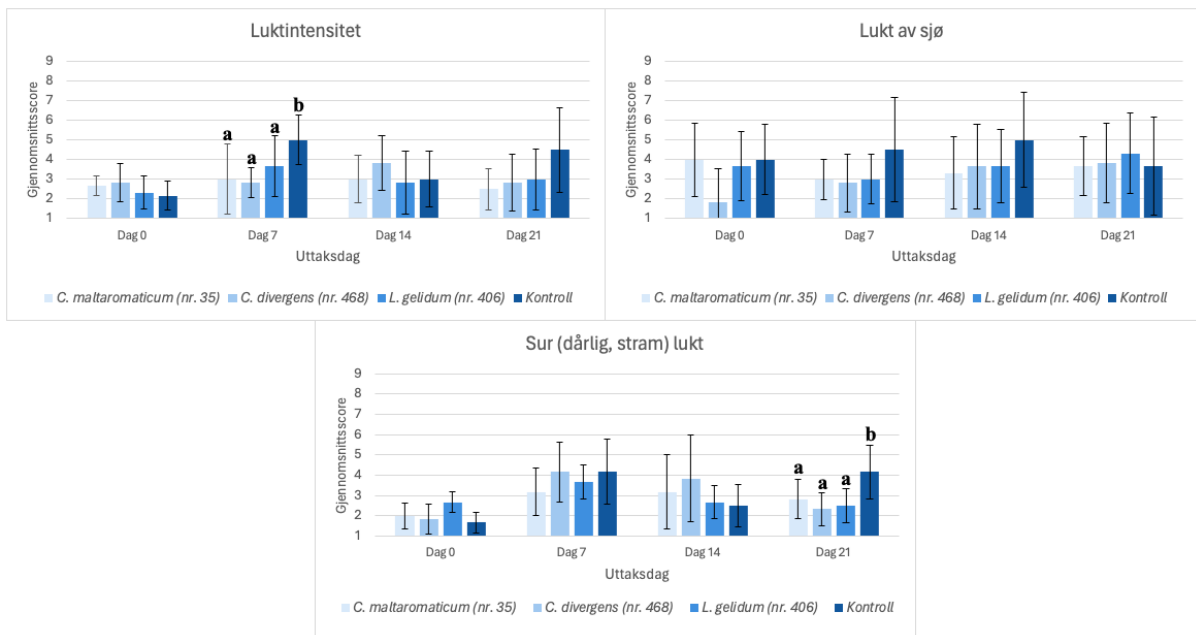


Figur 4c: Sammenligning av gjennomsnittsscore ± standardavvik for fargeegenskapene rød fargenyanse, gul fargenyanse og fargeintensitet mellom prøvegruppene per uttaksdag. Bokstavene over søylene (^a^b) for rød fargenyanse, dag 7 viser signifikante forskjeller ($p < 0,05$) fra One-Way ANOVA Duncan Post Hoc.

4.3.2 Lukt

Under kvalitetskontrolltesten ble lukteegenskapene luktintensitet, lukt av sjø, sur (dårlig, stram) lukt, lukt av fersk gjær, lukt av agurk og syrlig, kulturmelkaktig lukt undersøkt. Gjennomsnittsscoren til de tre førstnevnte presenteres i figur 4d, og for de tre resterende i figur 4e.

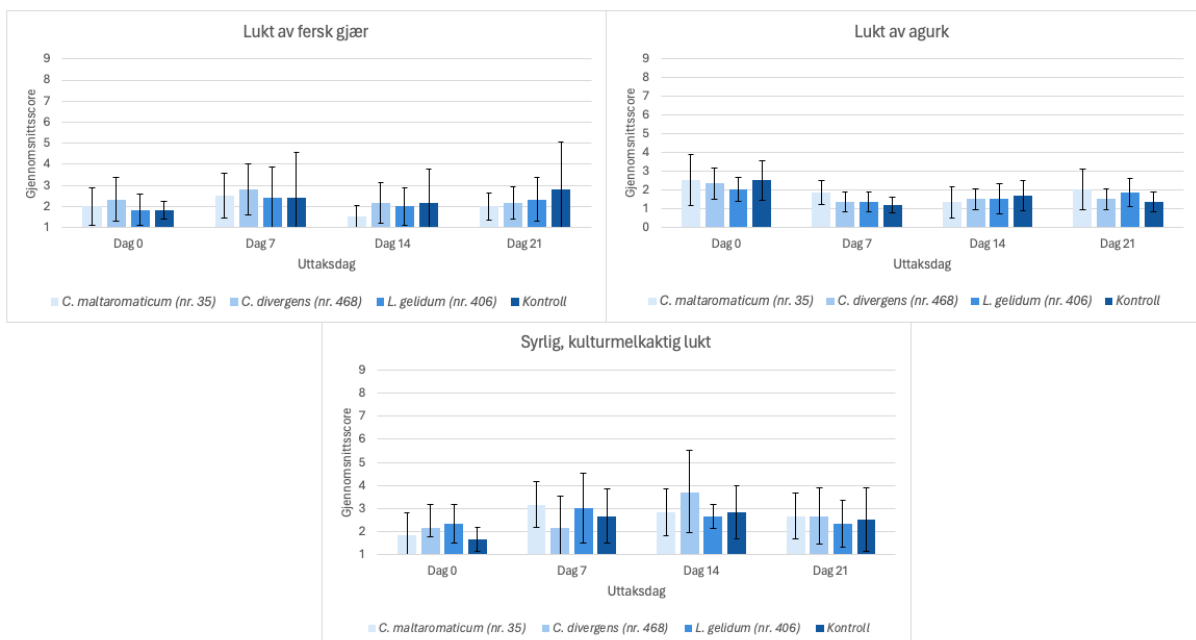
Kontroll ga signifikant ($p = 0,042$) høyere luktintensitet på dag 7 sammenlignet med prøvegruppene C.m.35, C.d.468 og Le.g.406. Det var ikke signifikant forskjell i luktintensitet mellom prøvegruppene på dag 0, 14 og 21. Videre ga kontroll signifikant ($p = 0,021$) høyere sur (dårlig, stram) lukt på dag 21 sammenlignet med de andre prøvegruppene. Det var ikke signifikant forskjell i sur (dårlig, stram) lukt mellom prøvegruppene på dag 0, 7 og 14, og det ble ikke påvist signifikant forskjell i lukt av sjø mellom prøvegruppene på de fire uttaksdagene.



^[1] Merk standardavvik kuttes på x-akse, da dommerne ikke var samstemte ved bedømmelse av egenskap. Se vedlegg 9.12 for laveste og høyeste bedømmelsesverdi.

Figur 4d: Sammenligning av gjennomsnittsscore med standardavvik for lukteegenskapene luktintensitet, lukt av sjø og sur (dårlig, stram) lukt mellom prøvegruppene per uttaksdag. Bokstavene over søylene (^{ab}) for luktintensitet, dag 7 og sur (dårlig, stram) lukt, dag 21 viser signifikante forskjeller ($p < 0,05$) fra One-Way ANOVA Duncan Post Hoc.

Det ble ikke påvist signifikant forskjell i lukt av fersk gjær, lukt av agurk og syrlig, kulturmelkaktig lukt mellom prøvegruppene på noen av de fire uttaksdagene (figur 4e).

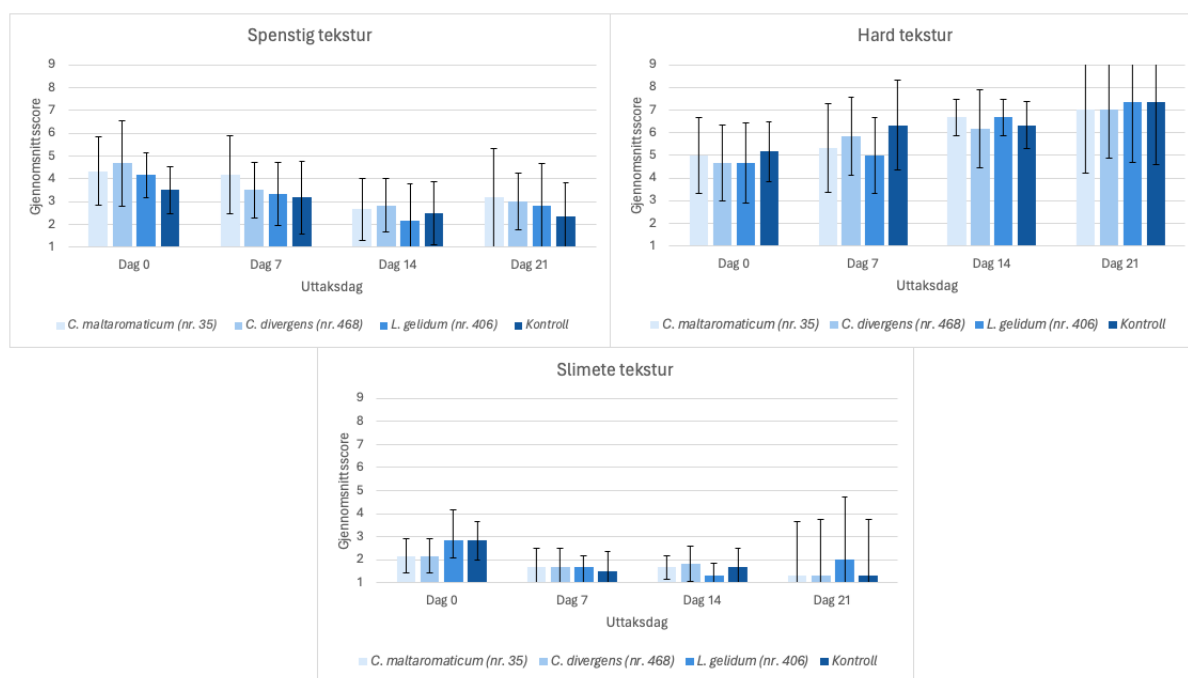


^[1] Merk standardavvik kuttes på x-akse, da dommerne ikke var samstemte ved bedømmelse av egenskap. Se vedlegg 9.12 for laveste og høyeste bedømmelsesverdi.

Figur 4e: Sammenligning av gjennomsnittsscore med standardavvik for lukteegenskapene lukt av fersk gjær, lukt av agurk og syrlig, kulturmelkaktig lukt mellom prøvegruppene per uttaksdag.

4.3.3 Tekstur

Spenstig, hard og slimete tekstur til prøvegruppene på de fire uttaksdagene ble undersøkt under kvalitetskontrolltesten, se figur 4f. Med hensyn til slimete tekstur fikk samtlige prøvegrupper på de fire uttaksdagene relativt lav gjennomsnittsscore (< 3,0). Det ble ikke påvist signifikante forskjeller mellom prøvegruppene i verken spenstig, hard eller slimete tekstur på de fire uttaksdagene.

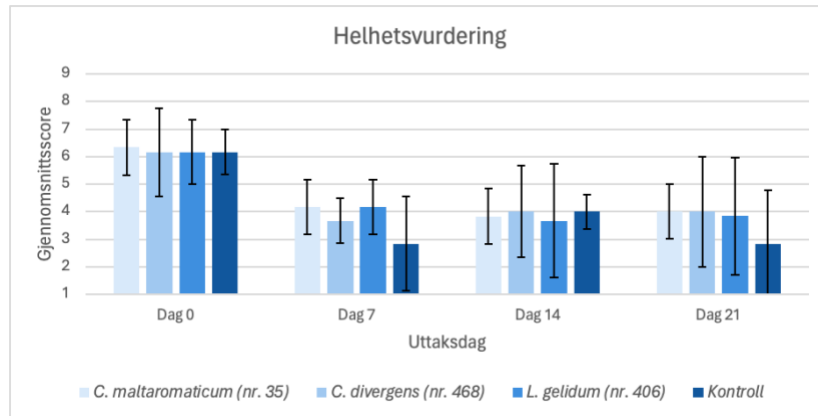


^[1] Merk standardavvik kuttes på x-akse, da dommerne ikke var samstemte ved bedømmelse av egenskap. Se vedlegg 9.12 for laveste og høyeste bedømmelsesverdi.

Figur 4f: Sammenligning av gjennomsnittsscore med standardavvik for teksturegenskaper spenstig tekstur, hard tekstur og slimete tekstur mellom prøvegruppene per uttaksdag.

4.3.4 Helhetsvurdering

Dommerpanelet utførte en helhetsvurdering av prøvegruppene per uttaksdag i en randomisert rekkefølge, se s. 7 vedlegg 9.8 for eksempel på utfylt helhetsvurdering. Det ble ikke påvist signifikant forskjell mellom prøvegruppene for helhetsvurderingen, se figur 4g.

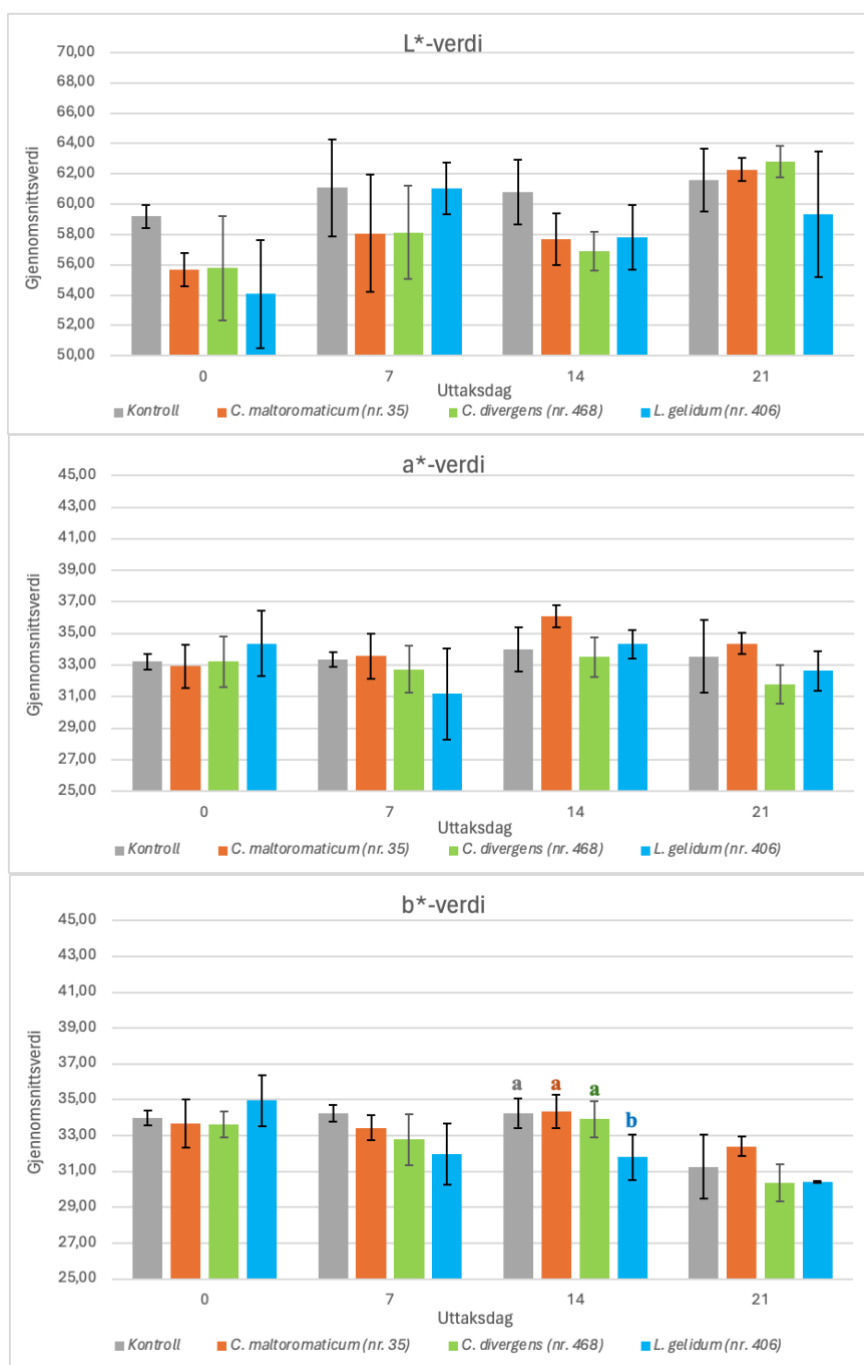


^[1] Merk standardavvik kuttet på x-akse, da dommerne ikke var samstemte ved bedømmelse av egenskap. Se vedlegg 9.12 for laveste og høyeste bedømmelsesverdi.

Figur 4g: Sammenligning av gjennomsnittsscore \pm standardavvik for helhetsvurdering av prøvegruppene på de fire uttaksdagene.

4.4 Objektiv vurdering av fargeendring

Resultatene fra DigiEye er verdier av målt lysrefleksjon (L^*), rød fargenyanse ($+a^*$) og gul fargenyanse ($+b^*$) for kjølelagrede lakseprøver, og statistiske beregninger ved bruk ANOVA. Signifikant forskjell ($p < 0,05$) i L^* -, a^* - og b^* -verdier mellom de fire prøvegruppene C.m.35, C.d.468, Le.g.406 og kontroll ble beregnet ved bruk av One-Way ANOVA Duncan Post Hoc, og indikeres med bokstaver over søylene (^{abc}), se figur 4h.



Figur 4h: Gjennomsnittlige L^* -, a^* - og b^* -verdier til de fire prøvegruppene, på de fire uttaksdagene, på kjølelagrede lakseprøver. Diagrammet viser skalaen for L^* fra 50–70 som tilsvarer 20 % av fullstendig skala, og fra positiv a^* - og b^* -verdi 25–45 som tilsvarer 15 % av fullstendig skala. Bokstavene over søylene (^{ab}) viser signifikante forskjeller ($p < 0,05$) fra One-Way ANOVA Duncan Post Hoc.

Det er ingen signifikante forskjeller i L*- eller a* verdier mellom prøvegruppene på de fire uttaksdagene. Det er ingen signifikante forskjeller i b*-verdier mellom prøvegruppene på dag 0, 7 eller 21. På dag 14 er det signifikant forskjell i b*-verdi, der Le.g.406 har signifikant lavere b*-verdi ($p = 0,050$) og skiller seg fra prøvegruppene C.m.35, C.d.468 og kontroll. Verdien indikerer at Le.g.406 på dag 14 har signifikant lavere grad av gul fargenyanse enn de andre prøvegruppene. Gjennomsnittsverdier, standardavvik og p-verdier vises i vedlegg 9.14.

DigiEye ble brukt til fargemåling av både kjølelagret laks og opptint laks, se metode 3.5.1. Resultater fra T-test som ble benyttet for å beregne statistisk forskjell i L*-, a*- og b*-verdier mellom kjølelageret laks og fryst, opptint laks presenteres i vedlegg 9.15. Opptinte prøver skilte seg fra kjølelagrede prøver, med noen signifikante forskjeller

5 Vurdering

I denne bacheloroppgaven er det undersøkt hvordan bruk av utvalgte melkesyrebakterier til biokonservering av fersk laks kan påvirke de sensoriske parameterne farge, lukt og tekstur. Lakseprøvenes vekst av melkesyrebakterier, pH-utvikling og fargeendring ble også undersøkt. For å kunne anse de utvalgte melkesyrebakteriene som en lovende ressurs innen biokonservering er det avgjørende at bakteriene kan vokse ved lave temperaturer og i vakuum, samtidig som den sensoriske kvaliteten ikke påvirkes i merkbar grad.

5.1 Inokuleringsforsøk av fersk laks med utvalgte melkesyrebakterier

Melkesyrebakteriestammene C.m.35, C.d.468 og Le.g.406, ble benyttet da de tidligere har vist gode vekstegenskaper på laks. Alle lakseprøvene ble vakuumpakket og kjølelageret ved 4 °C i totalt 21 dager. Grunnet den lave lagringstemperaturen var det essensielt og avgjørende at melkesyrebakteriene kunne vokse ned mot kjøleskaptemperaturer. På grunnlag av at bakteriene tidligere hadde vist vekst ved 8 °C under tillagingen av inokulumet, var det forventet at de skulle tilpasse seg temperaturen på 4 °C under lagringsperioden. Delmål 1, utarbeidelse av en vekstkurve for melkesyrebakterier i inokulerte og ikke-inokulert prøvegrupper, ble oppnådd da resultatene fra kvantifisering av melkesyrebakterier demonstrerte at melkesyrebakterier hadde evne til å vokse i alle prøvegruppene, vakuumpakket ved 4 °C. Bakteriestammene C.m.35, C.d.468 og Le.g.406 oppnådde en sluttkonsentrasjon på henholdsvis $9,77 \pm 0,11$ log CFU/g, $9,87 \pm 0,15$ log CFU/g, og $10,25 \pm 0,30$ log CFU/g. Disse funnene samsvarer med tidligere teori presentert i kapittel 2.2, som indikerer at melkesyrebakteriene er godt egnet til å vokse på vakuumpakket laks.

Vekstkurven for kontroll viser at det var vekst av melkesyrebakterier i laksen allerede de første dagene i lagringsperioden, men dette er ikke noe som kan konstateres da det ikke ble utført prøveuttak mellom dag 0 og dag 7. Kontroll viste en sluttkonsentrasjon på $6,61 \pm 0,30$ log CFU/g. Resultatet var som forventet, da tilstedeværelsen av melkesyrebakterier i fisk ofte skyldes kontaminering via produksjonsmiljøet og/eller fiskens naturlige mikroflora. Ved siste uttaksdag (dag 21) ble det registrert et betraktelig lavere kimtall av melkesyrebakterier hos kontroll sammenlignet med de inokulerte prøvegruppene.

En ANOVA-analyse ble utført blant de fire prøvegruppene, både inokulerte og ikke-inokulert prøver, for å undersøke om det var noen signifikant forskjell i vekst av melkesyrebakterier mellom dem. Resultatene fra analysen indikerte at det var signifikante forskjeller ($p < 0,001$) mellom alle prøvegruppene ved alle uttaksdagene (dag 0, 7, 14 og 21), vist i vedlegg 9.9. Disse forskjellene skyldes at den ikke-inokulerte prøvegruppen, kontroll, har et lavere innhold av melkesyrebakterier gjennom hele lagringsperioden. Kontrollgruppen viste derfor en signifikant lavere vekst sammenlignet med melkesyrebakteriestammene ved alle uttaksdagene. På bakgrunn av disse resultatene ble det også gjennomført en ANOVA-analyse med kun de utvalgte melkesyrebakteriestammene C.m.35, C.d.468 og Le.g.406, for å undersøke om det var noen signifikant forskjell mellom dem. Resultatene viste kun én signifikant forskjell ved dag 14, som viste at melkesyrebakterien Le.g.406 hadde signifikant høyere vekst sammenlignet med C.m.35 og C.d.468. Da dette kun var et engangstilfelle antas det at det ikke var en trend, og vurderes derfor som en tilfeldighet.

Ved første uttaksdag (dag 0) ble de inokulerte prøvegruppene C.m.35, C.d.468 og Le.g.406, inokulert med en forhåndsbestemt konsentrasjon, som resulterte i startkonsentrasjonene vist i figur 4a. Ved uttak av kontroll (dag 0) viste én av de tre parallellene et uventet høyt innhold av melkesyrebakterier, som dokumentert i vedlegg 9.9. Dette antyder en mulig forurensning av lakseprøven under prøvebearbeiding på inokuleringsdagen, og parallellen ble derfor forkastet. De to gjenværende parallellene i kontrollgruppen viste en kimtallsverdi på 0 log CFU/g. Resultatet støtter teorien presentert i kapittel 2.4.1, som forklarer at fiskemuskelen i utgangspunktet er steril. Det resulterte i at kontroll på dag 0 hadde en konsentrasjon lik $0,0 \pm 0,0$ log CFU/g.

Ved uttaksdag 7 hadde lakseprøvene minket noe i størrelse, og ved dag 21 hadde vekten blitt redusert fra 10 gram til 4–6 gram. Det kan ha påvirket resultatene, da vektreduksjon skyldes absorbenten lakseprøvene ble plassert på før vakuumpakkingen. Absorbenten var større enn lakseprøvene og absorberte mye av den utskilte væsken, som hovedsakelig består av vann fra laksemuskelen. En mulig løsning på dette problemet kunne vært å benytte en mindre absorbent, eller å unngå å bruke absorbent i det hele tatt, for å redusere mengden væsketap. Alternativt kunne større lakseprøver blitt inokulert for å sikre at de veide minst 10 gram ved hvert uttak. Da resultatene ble som ønsket vurderes dette til å ha liten til ingen innvirkning på det endelige resultatet for kvantifisering av melkesyrebakterier i lakseprøvene.

Utvikling av pH i de fire prøvegruppene ble målt ved dag 0, 7, 14 og 21. pH ble målt i tre paralleller av vakuumpakkede prøvegrupper lagret ved 4 °C. Resultatene viser at C.m.35, C.d.468, Le.g.406 og kontroll hadde en relativ stabil pH gjennom alle uttaksdagene. En ANOVA-analyse ble gjennomført mellom de fire prøvegruppene for hver uttaksdag og resulterte i signifikante forskjeller på dag 7 og 14 som beskrevet i kapittel 4.2 Som nevnt i kapittel 2.7 er det vanskelig å vurdere pH-verdien sin innvirkning på sensorisk kvalitet alene, da forringelse også påvirkes av andre faktorer. Måling av pH bidrar til å oppnå delmål 2, måling av fysiokjemiske målemetoder.

5.2 Gjennomførelse av kvalitetskontrolltest

En kvalitetskontrolltest ble utført for å oppnå delmål 3, for å dokumentere den sensoriske effekten av melkesyrebakteriene på produktkvaliteten til lakseprøvene. Ved etablering av et trent dommerpanel oppsto det utfordringer knyttet til utvelgelse av dommerne og kriteriene som bør oppfylles, se kapittel 2.6.2. Medstudenter på studiet matvitenskap, teknologi og bærekraft ble kontaktet og spurt om å delta i dommerpanelet da de regnes som semi-trente dommere. Det viste seg å være lite interesse og motivasjon blant medstudentene, noe som resulterte i at dommerpanelet besto av fire medstudenter og to ansatte ved NTNU, Institutt for bioteknologi og matvitenskap.

Det hadde vært hensiktsmessig med et motivasjonsintervju med potensielle dommere under utvelgelsen for å undersøke deres motivasjon og interesse, slik at lite engasjerte og motiverte dommere utelukkes fra dommerpanelet. Grunnet manglende kapasitet, tid og tilgjengelige dommere ble det ikke gjennomført motivasjonsintervju. Dermed er det uvisst hvor motivert og interessert det endelige dommerpanelet var.

Siden lukt er en viktig sensorisk egenskap som ble undersøkt i denne studien, hadde det vært hensiktsmessig å teste dommerne for luktblindhet under utvelgelsen. Dette ble heller ikke gjennomført på grunn av tidsbegrensninger. Under kvalitetskontrolltesten fikk dommerpanelet muligheten til å skrive ned eventuelle kommentarer til hver omgang, som vist i vedlegg 9.11. Dommer 3 kommenterte på omgang 1 (dag 14), 2 (dag 7) og 3 (dag 0) henholdsvis «lukter nesten ingenting», «lukter fortsatt veldig lite» og «luktet veldig lite generelt, vet ikke om luktesansen er med i dag». Dommer 3 kunne muligens blitt utelukket gjennom utvelgelsestesting hvis det hadde blitt testet for luktblindhet, noe som kunne gitt mer

pålitelige og sikre resultater. Det er derfor grunnlag til å påstå at utilstrekkelig utvelgelsestesting kan ha påvirket resultatene til kvalitetskontrolltesten, da det ikke kan sies med sikkerhet om samtlige dommere var egnet til en slik sensorisk analyse.

Det ble gjennomført to treningsrunder med dommerpanelet i forkant av kvalitetskontrolltesten, som beskrevet i kapittel 3.6.2. Under treningsrundene ble dommerpanelet først bedt om å jobbe individuelt, og deretter fikk de muligheten til å diskutere i fellesskap. Hensikten med å diskutere i fellesskap var at dommerne skulle bli enige med hverandre, slik at det ble oppnådd en felles forståelse av den sensoriske analysen som skulle utføres. Det krevde grundig diskusjon for å oppnå enighet mellom dommerne, da det ofte var enkelte som ikke samstemte med de andre. For eksempel i andre treningsrunde da referansen skulle plasseres på en skala fra 1–9 på grad av syrlig, kulturmelmaktig lukt, plasserte en av dommerne referansen på 6, mens resterende dommere plasserte referansen på 1 eller 2, se vedlegg 9.6. Ved plassering av referansen på en skala fra 1–9 på grad av rød fargenyanse, ga to dommere referansen en score på 3 og 4, og resten plasserte den på 7 og 8.

Uenighet mellom dommerne var en trend gjennom begge treningsrunder, og dette tyder på for lite trening av dommerpanelet. Som presentert i kapittel 2.6.2, kreves det grundig trening og oppfølging av dommerpanelet ved utførelse av en kvalitetskontrolltest. Dommerne skal klare å gjenkjenne fersk laks og dens ønskede og uønskede karakteristiske egenskaper, slik at de opparbeider en «memory standard». Det er grunnlag for å påstå at enkelte dommere ikke rakk å opparbeide en «memory standard» på kun to treningsrunder, noe som kan ha påvirket resultatene til kvalitetskontrolltesten.

5.3 Vurdering av fargeendring

Avvikende resultater og unntak i fargemålinger kan skyldes individforskjeller mellom laks, og forskjeller mellom ulike deler av filetene. Etter oppkutting ble laksebitene randomisert, noe som betyr at det var tilfeldig fordeling av type filetbiter mellom parallellene. Dette kan ha hatt en påvirkning på fargemåling med DigiEye og sensorisk analyse. Det var synlig forskjell på biter av de ulike filetene når det gjaldt mengde og tykkelse på fettområdene, som helhetlig vil bidra til en lysere og mer gul fargenyanse. Det var også synlige forskjeller når det gjaldt mørkere og lysere muskel. Mengde av karotenoidet astaxanthin i fiskens fôr kan føre til individforskjeller i rød fargenyanse. Variasjon i mørk og lys muskel kan påvirkes av hvilken del av fisken som fileten er skjært ut fra.

Tilfeldige kombinasjoner av parallellene kan ha bidratt til å påvirke resultatene, samt ha ført til avvikende signifikansverdier. For å oppnå mer presise målinger og statistiske beregninger hadde det vært gunstig med laksebiter fra samme laksefilet, noe som ble tatt i betraktning ved start av studien. I denne studien var det ikke en mulig løsning da det ville ført til betydelig større mengder laks. Samtidig kan det være utfordrende å oppnå et resultat av tilnærmet identiske laksebiter, også med hensyn til antall prøver som var nødvendig. Det ville ført til en lite bærekraftig løsning med store mengder avkapp, noe som var en begrensning for studien.

5.3.1 Objektiv vurdering av fargeendring

Resultatene fra ANOVA viser at det kun var signifikante forskjeller mellom prøvegruppene på dag 14, der Le.g.406 skiller seg fra de andre prøvegruppene. Analysen viser at Le.g.406 har en signifikant lavere grad av gul fargenyanse sammenliknet med C.m.35, C.d.468 og kontroll. Resultatene tyder heller på at den ene signifikante forskjellen kan skyldes individforskjeller og/eller filetforskjeller. Det kan også være større forskjeller i gul fargenyanse på de tre parallellene til Le.g.406 på dag 14, til forskjell fra parallellene til C.m.35, C.d.468 og kontroll. Resultatene tyder også på at fargeutviklingen til de inokulerte prøvegruppene er forholdsvis stabile og i likhet med ikke-inokulert prøvegruppe, kontroll, som vist i figur 4h. Måling av fargeendring med DigiEye fullfører delmål 2, måling av fysiokjemiske målemetoder.

Dommerne fikk servert opptinte prøver under kvalitetskontrolltesten og dermed ble det også tatt DigiEye-målinger av opptinte prøver, for å måle om det oppstår endringer i lys og farge. Grunnet begrenset kapasitet og tid ble det valgt å fryse lakseprøvene til kvalitetskontrolltesten, slik at sensorisk påvirkning på alle uttaksdagene kunne vurderes under samme analyse. Resultater fra en T-test, presentert i vedlegg 9.15, viser at det er noen signifikante forskjeller i L*-, a*- og b*-verdier mellom kjølelagrede og opptinte prøver. Alle opptinte prøver, med ett unntak, er målt både lysere og høyere grad av rød og gul fargenyanse sammenliknet med kjølelagrede prøver. Da det er noen signifikante forskjeller i L*-verdiene tyder resultatet på at forskjellene skyldes individforskjeller, filetforskjeller eller randomisering mellom parallellene. Signifikante forskjeller i a*- og b*-verdier gir grunnlag for å påstå at lakseprøvene får en sterkere grad av rød og gul fargenyanse etter frysing og opptining. Dermed kan det vurderes om det bør gjennomføres en kvalitetskontrolltest med kjølelagrede prøver. Likevel tyder resultatene på at de inokulerte prøvegruppene ikke skiller seg fra den ikke-inokulerte prøvegruppen, kontroll.

5.3.2 Fargeendring målt med dommerpanel

Resultatene fra vurdering av farge under kvalitetskontrolltesten viste at det var signifikant forskjell i rød fargenyanse mellom prøvegruppene på dag 7, der kontroll hadde sterkere rød fargenyanse enn prøvegruppene C.m.35, C.d.468 og Le.g.406. Det vil si at det ikke er signifikante forskjeller på dag 0, 14 eller 21, eller for prøvegruppene for verken gul fargenyanse eller fargeintensitet. Den signifikante forskjellen i rød fargenyanse på dag 7 kan dermed komme av at lakseprøvene i den ikke-inokulerte prøvegruppen, kontroll, hadde sterkere rød fargenyanse grunnet tilfeldigheter. I tillegg til individforskjeller og filetforskjeller kan dette være et resultat av randomisering av oppkuttete biter for inokulering og vakuumpakning.

Resultatene fra fargemåling målt med både DigiEye og en kvalitetskontrolltest samsvarer og tyder på at det ikke er noen forskjell mellom prøvegruppene på de fire uttaksdagene. Det er kun én signifikant forskjell på hver av målingene, der resultatene tyder på tilfeldig randomisering, individforskjeller eller filetforskjeller. Den signifikante forskjellen fra DigiEye gjaldt for gul fargenyanse der Le.g.406 skilte seg fra de andre prøvegruppene, mens den signifikante forskjellen fra kvalitetskontrolltesten gjaldt for rød fargenyanse der kontroll skilte seg fra de inokulerte prøvegruppene. Dermed er det grunnlag for å påstå at samtlige melkesyrebakterier ikke har noen signifikant påvirkning på fargeverdier når det gjelder fargeintensitet samt rød og gul fargenyanse.

5.4 Endring i lukt hos prøvegruppene

Da vakuumposene med lakseprøvene ble åpnet til prøvebearbeiding ble en tydelig lukt lagt merke til, spesielt fra dag 7 og utover i lagringsperioden. ANOVA-analysen på luktegenskaper viste at det var signifikante forskjeller mellom de fire prøvegruppene i luktintensitet på dag 7, og sur (dårlig, stram) lukt på dag 21, se vedlegg 9.12. I begge tilfeller var det kontroll som hadde signifikant høyere grad av luktintensitet og sur (dårlig, stram) lukt, sammenlignet med melkesyrebakteriene C.m.35, C.d.468 og Le.g.406. Selv om det kun ble påvist signifikant forskjell i luktintensitet mellom prøvegruppene på dag 7, kan det merkes at på dag 21 hadde kontroll høyere gjennomsnittsscore enn de andre prøvegruppene, se figur 4d. Imidlertid er ikke denne forskjellen signifikant, men det kan tyde på at dette ikke er et engangstilfelle. Resultatene stemmer overens med teori presentert i kapittel 2.2, da vakuumpakking fremmer vekst av melkesyrebakterier som kan utkonkurrere diverse spesifikke forringelsesorganismer som forårsaker uønsket lukt. Dermed kan det antas at det vil være naturlig at den ikke-inokulerte

prøvegruppen, kontroll, lukter vondere og mer. Resultatene indikerer at ingen av de inokulerte prøvegruppene hadde noen merkbar sensorisk forandring på lukt, og dermed bør melkesyrebakteriene C.m.35, C.d.468 og Le.g.406 utforskes videre.

Det er også verdt å nevne at ved bedømmelse av lukteegenskapene var det lite samsvar mellom dommerne, da et flertall standardavvik kuttet på x-aksen, se figur 4d og 4e. Det skyldes en stor variasjon i bedømmelsessvar ved bedømmelse av egenskaper som lukt av sjø, lukt av fersk gjær og syrlig, kulturmelkaktig lukt. Eksempelvis var laveste og høyeste bedømmelsesverdi for kontrollprøven, for lukt av sjø på dag 14, henholdsvis 1 og 8, se vedlegg 9.12 s. 1. Igjen tyder lite samsvar mellom dommerne på for lite trening av dommerpanelet, da det ansees at dommerne har ulik oppfatning av egenskapene som ble bedømt.

Som nevnt i kapittel 5.2 fikk dommerpanelet muligheten til å skrive eventuelle kommentarer til hver omgang, hvor flere av kommentarene forbindes med lukt. Dommer 3 kommenterte at det «lukket generelt lite, uavhengig av omgang og uttaksdag» og dommer 1 kommenterte at prøvegruppe Le.g.406 «lukket nesten ingenting» ved omgang 3 (dag 0), se vedlegg 9.11. Gjennom en uformell diskusjon etter endt kvalitetskontrolltest kom det frem at prøvene luktet generelt mindre enn referansen, noe som kan ha vanskeliggjort bedømming av lukteegenskaper hos dommerpanelet. Lite lukt ved dag 0 var som forventet da prøvegruppene til første uttaksdag ble fryst ned samme dag. Det hindret optimal vekst og metabolisme av melkesyrebakteriene i de inokulerte prøvegruppene, men også av diverse mikroorganismer i den ikke-inokulerte prøvegruppen. Ved dag 7, 14 og 21 derimot var det forventet at prøvegruppene, inkludert kontroll, hadde en merkbar lukt. Lite lukt av prøvegruppene kan tyde på en fordamping av flyktige forbindelser ved åpning av vakuumposene. Fordamping av flyktige forbindelser er vanskelig å hindre fullstendig, men hensikten med å forberede prøvene til dommerne like før kvalitetskontrolltesten var å unngå fordamping i stor grad.

5.5 Endring i tekstur hos prøvegruppene

Under kvalitetskontrolltesten skulle dommerne vurdere de fire prøvegruppene C.m.35, C.d.468, Le.g.406 og kontroll, opp mot en referanse i fire omganger. Prøvegruppene, både inokulerte og ikke-inokulert, ble vakuumpakket med absorbent under inokuleringsforsøket. Absorbenten ble fjernet før kvalitetskontrolltesten slik at dommerne kun fikk lakseprøven. Referansen derimot hadde verken blitt vakuumpakket eller plassert på en absorbent. Utseende

til prøvegruppene lakseprøver var derfor noe annerledes enn referansen, da kombinasjonen av absorbent og vakuumpakking påvirket både formen og teksturen til prøvegruppene lakseprøver, se bildene i vedlegg 9.16. Denne endringen i utseende kan skyldes størrelsen til lakseprøvene da de var relativt små, og derfor kan vakuumpakningen ha påvirket lakseprøvene i for stor grad.

Gjennom den uformelle diskusjonen i felleskap, etter gjennomføring av kvalitetskontrolltesten, kom det også frem at enkelte dommere ble forvirret av den store forskjellen mellom referansen og prøvegruppene. Noen av dommerne hevdet at de forventet samme type lakseprøve under testen, altså en «ferskere» variant enn det som ble servert. Av den grunn kunne det vært hensiktsmessig å ha informert dommerpanelet i forkant av testen at prøvene hadde blitt vakuumpakket med absorbent, og at det anbefales å prøve å «se bort» fra dette. Alternativt kunne referansen som ble benyttet under treningen og kvalitetskontrolltesten også blitt vakuumpakket med absorbent. En annen løsning kunne vært å benytte større lakseprøver, slik at vakuumpakkingen og absorbenten ikke hadde påvirket utseende til lakseprøvene i like stor grad.

Dommerpanelet kommenterte på teksturen til prøvegruppene under kvalitetskontrolltesten, se vedlegg 9.11. Dommer 1, på omgang 3 (dag 0) kommenterte «Den harde kanten trekker ned kvaliteten (på alle)». Ved omgang 1 (dag 14) kommenterte også dommer 1 «Det var rart at de var så tørre og harde. Det var stort sett teksturen som ga lav totalvurdering på alle». Dommer 4 kommenterte «Alle prøvene gjennom alle omgangene tørket litt ut. Derfor var det litt vanskelig å bedømme parametere som “slimete” og “hard”. Referanseprøven holdt seg bra», på omgang 4 (dag 21). Fellesfaktoren i kommentarene er at lakseprøvene opplevdes som tørre, og det kan påstås at absorbenten har forårsaket denne uforventede teksturendringen.

ANOVA-analysen viste at det ikke var signifikant forskjell i verken spenstig, hard eller slimete tekstur mellom prøvegruppene på de fire uttaksdagene. Det kan legges merke til standardavvikene som tilhører teksturegenskapene, da de ofte kuttet på x-aksen, se figur 4f. Dette skyldes variasjon i bedømmelsessvarene hos dommerpanelet, og tyder på at dommerne var lite samstemte, se vedlegg 9.12 for laveste og høyeste bedømmelsesverdi. Prøvegruppene fikk relativt høy gjennomsnittsscore (> 4) på hard tekstur på de fire uttaksdagene, samtidig som de fikk relativt lav gjennomsnittsscore (< 3) på slimete tekstur. Det kan skyldes at lakseprøvene opplevdes som inntørkede og dermed harde. Det ble ikke påvist signifikant forskjell i verken spenstig, hard eller slimete tekstur mellom prøvegruppene, og dermed er det grunnlag for å

påstå at melkesyrebakteriestammene ikke har noen merkbar sensorisk påvirkning på teksturen til fersk laks. Da absorbenten hadde stor innvirkning på lakseprøvene kan det vurderes hvorvidt resultatene er pålitelige når det gjelder tekstur. Derfor ville det vært hensiktsmessig å gjennomføre en ny kvalitetskontrolltest uten absorbent, for å sette fokus på melkesyrebakterienes innvirkning på tekstur.

5.6 Helhetsvurdering fra kvalitetskontrolltesten

Avslutningsvis i kvalitetskontrolltesten ble det gjennomført en helhetsvurdering som en form for totalvurdering/aksept av lakseprøvene. Her ble dommerne bedt om å rangere lakseprøvene på en skala fra 1–9, der 1–3 representerte «ikke salgsvare», 4–6 representerte «avvikende kvalitet, men til annet produkt» og 7–9 representerte «ok kvalitet til salg». Imidlertid viste det seg at resultatene fra vurderingen ikke samsvarte med forventningene til uttaksdagene. Dermed ble det besluttet å forkaste denne bedømmelsen. Før gjennomføringen av denne aksepten ble det etablert en referanseverdi på 8, i enighet med dommerpanelet, som indikerer at produktet var egnet for salg i sin nåværende tilstand. I utgangspunktet skulle lakseprøvene fra den ikke-inokulerte prøvegruppen, kontroll, oppnå en tilsvarende score på 8, noe den ikke gjorde. Dommer 1 kommenterte på omgang 3 (dag 0) at Le.g.406 «... luktet nesten ingenting, men den harde kanten trekker ned kvaliteten (på alle)». Denne «harde kanten» dommeren refererer til skyldes absorbenten som absorberte mye av væsken fra laksen og har derfor forårsaket uønskede teksturendringer. Dette var noe som trakk ned kvaliteten hos alle prøvegruppene, og derfor anses resultatene fra helhetsvurderingen som lite pålitelige.

6 Konklusjon

De tre melkesyrebakteriestammene C.m.35, C.d.468 og Le.g.406 viste evne til å vokse på overflaten av vakuumpakket laks, samtidig som lakseprøvene beholdt en forholdsvis stabil pH, lagret ved 4 °C over en lagringsperiode på 21 dager. Kvalitetskontrolltesten viste at den ikke-inokulerte prøvegruppen hadde høyere grad av luktintensitet og sur (dårlig, stram) lukt. Dermed er det grunnlag for å påstå at melkesyrebakteriene på de inokulerte prøvegruppene kan ha hemmet vekst av spesifikke forringelsesorganismer, som forårsaker uønsket lukt. Lite lukt fra inokuleringsforsøket er en ønsket effekt på sensorisk kvalitet i ferske og spiseklare lakseprodukter. Delmål 1-3 ble oppnådd og benyttet til endelig evaluering.

Bedømmelse av tekstur ga ingen signifikante forskjeller mellom prøvegruppene, men det kan ikke konkluderes med at melkesyrebakteriestammene ikke har noen innvirkning på tekturen da bruk av absorbent påvirket lakseprøvene i stor grad. De signifikante forskjellene i fargeendringer mellom prøvegruppene, målt med DigiEye og sensorisk dommerpanel, tyder på individforskjeller, filetforskjeller og tilfeldig randomisering av laksebitene mellom parallellene. Dermed er det grunnlag for å konkludere med at melkesyrebakteriestammene ikke påvirket lakseprøvenes grad av gul eller rød fargenyanse, samt fargeintensitet.

Melkesyrebakteriestammens evne til å vokse ved kjøleskaptemperatur, forhindre vekst av spesifikke forringelsesorganismer og dermed uønsket lukt, og ingen merkbar endring i farge gjør de til gode kandidater til bruk i biokonservering av ferske og spiseklare lakseprodukter.

7 Forslag til videre arbeid

Etter grundige vurderinger av resultater presentert i studien er det observert flere endringer som bør gjøres dersom videre arbeid skal fortsette. Ettersom lakseprøvene var betydelig redusert i størrelse, bør det til videre arbeid vurderes andre løsninger da det trolig kan ha påvirket resultater fra kvalitetskontrolltesten, og at det kan bidra til mindre sikre mikrobiologiske resultater. Til forslag kan størrelsen på lakseprøvene justeres opp, størrelsen på absorbenten kan justeres ned, eller en kombinasjon av begge løsningene. Det bør også vurderes om forholdet mellom lakseprøve og absorbent bør være tilsvarende forhold slik som spiseklar laks selges i butikk. Det kan også være relevant å gjennomføre et forsøk der ingen absorbent benyttes, da det også kan gi tydeligere og mer synlige resultater på kvalitetskontrolltesten, og særlig teksturegenskaper.

Videre er det viktig at dommerne er godt trente og samstemte med hverandre for å sikre mer pålitelige resultater. Til forslag bør det vurderes hvorvidt det er behov for flere treningsrunder som eventuelt er mer omfattende, som forbereder dommerne bedre til en slik sensoriske analyse. Det kan vurderes om egenskapene som skal bedømmes bør justeres, både type egenskap, egenskapsforklaringene og antall egenskaper. Det kan føre til sikrere resultater da dommerne ville vært mer kvalifiserte og bedre forberedt til bedømmelse av fersk laks som produkt. Videre kunne det vært aktuelt med en storskala forbrukertest som kan kombineres med kvalitetskontrolltest med godt trente dommere. Denne bacheloroppgaven har undersøkt både mikrobiologiske og sensoriske endringer, og til videre arbeid anbefales det et større fokus på melkesyrebakterienes påvirkning på sensoriske parametere. Etter hvert vil det være aktuelt å undersøke smak som sensorisk parameter, da fokuset er på biokonservering av fersk og spiseklar laks.

8 Referanser

- Aasen, A. & Skugge, H. (2021). *Vurdering av Schaedler buljong for kultivasjon av anaerobe og kravfulle bakterier* [Bacheloroppgave]. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU. <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2783537/no.ntnu%3Ainspera%3A82853603%3A36979319.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ahmad, J., Ali, M. Q., Arif, M. R., Iftikhar, S., Iqra, Hussain, M., Javed, S., Adnan, S. M., Bilal, H., Hayat, S. & Robina (2021). Review Article on; Traditional and Modern Techniques for Food Preservation. *International Journal of Modern Agriculture*, 10(3), 219–234. https://www.researchgate.net/publication/357335464_Review_Article_on_Traditional_and_Modern_Techniques_For_Food_Preservation
- Ayivi, R. D. & Ibrahim, S. A. (2022). Lactic acid bacteria: an essential probiotic and starter culture for the production of yoghurt. *International Journal of Food Science & Technology*, 57(11), 7008–7025. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16076>
- Boziaris, I. S. (2014). Introduction to Seafood Processing: Assuring Quality and Safety of Seafood. I I. S. Boziaris (Red.), *Seafood Processing*, (1–8). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118346174.ch1>
- Cailliez-Grimal, C., Afzal, M. I. & Revol-Junelles A.-M. (2014). Carnobacterium. *Encyclopedia of Food Microbiology*, 379–383. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00381-5>
- Cataldo, P. G., Klemm, P., Thuring, M., Saavedra, L., Hebert, E. M., Hartmann, R. K. & Lechner, M. (2021). Insights into 6S RNA in lactic acid bacteria (LAB). *BMC Genetics*, 22(29), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s12863-021-00983-2>
- Collins, W., Hass., A., Jeffery, K., Martin., A., Medeiros, R. & Tomljanovic, S. (2015). *Graphic Design and Print Production Fundamentals*. Graphic Communications Open Textbook Collective. <https://opentextbc.ca/graphicdesign/>
- Devi, S. M. & Halami, P. M. (2013). Detection of mobile genetic elements in pediocin PA-1 like producing lactic acid bacteria: Mobile genetic elements in lactic acid bacteria. *Journal of Basic Microbiology*, 53(7), 555–561. <https://doi.org/10.1002/jobm.201200079>
- Dezfulian, A., Salehian, M., Salehian, M. T., Amini, V., Dabiri, H., Azimirad, M., Aslani, M. M, Zali, M., Zali, M. R. & Fazel, I. (2010). Catalase-negative Staphylococcus aureus isolated from a diabetic foot ucler. *Iranian Journal of Microbiology*, 2(3), 165–167.
- Di Ciccio, P., Meloni, D., & Ianieri, A. (2015). Morphological, Physiological and Epidemiological Features of *Listera monocytogenes*; Biofilm Formation by *Listeria monocytogenes*. T. Vicario (Red.), *Listeria Monocytogenes: Incidence, Growth Behavior and Control* (38–42). Nova Biomedical. https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=1100322&site=ehost-live&scope=site&ebv=EB&ppid=pp_42

- Du, Q., Chen, X., Jiang, H. & Zhang, B. (2022). Effect of Stable Chlorine Dioxide and Vacuum-Packing Treatments on the Physicochemical and Volatile Flavor Properties of Pike Eel (*Muraenesox cinereus*) During Chilled Storage. *Foods*, 11(17), 1–14. <https://doi.org/10.3390/foods11172701>
- Egeland, E. S. (2023, 4. juli) *Vakuumpakking*. Store norske leksikon. <https://snl.no/vakuumpakking>
- Elbashir, S., Parveen, S., Schwarz, J., Rippen, T., Jahncke, M. & DePaola, A. (2018). Seafood pathogens and information on antimicrobial resistance: A review. *Food Microbiology*, 70, 85–93. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.09.011>
- Eurofins. (2023a, 15. september). *Color measurement through DigiEye*. <https://www.eurofins.in/food-testing/blog/color-measurement-through-digieye/>
- Eurofins. (2023b, 18. november). *Trinn 4: Mikrobiologiske analyser*. <https://www.eurofins.no/food-feed-testing/kundeservice/veileder-for-analyser-av-naeringsmidler/4-mikrobiologiske-analyser/>
- FHF. (u.å.). *Dekontaminering og vekstkontroll av listeria i lakseprodukter (DekoLaks)*. Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering. Hentet 30. april 2024 fra <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901839/>
- Forskrift om kvalitet på fisk og fiskevarer. (2013). *Forskrift om kvalitet på fisk og fiskevarer* (FOR-2013-06-28-844). Lovdata. <https://lovdata.no/forskrift/2013-06-28-844>
- Fuentes-Amaya, L. F., Munyard, S., Fernandez-Piquer, J. & Howieson, J. (2016). Sensory, Microbiological and Chemical Changes in Vacuum-Packaged Blue Spotted Emperor (*Lethrinus* sp.), Saddletail Snapper (*Lutjanus malabaricus*), Crimson Snapper (*Lutjanus erythropterus*), Barramundi (*Lates calcarifer*) and Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Fillets Stored at 4°C. *Food Science & Nutrition*, 4(3), 479–489. <https://doi.org/10.1002/fsn3.309>
- Gálvez, A., Burgos, M. J. G., López, R. L. & Pulido, R. P. (2014). *Food Biopreservation*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2029-7>
- Ghanbari, M., Jami, M., Domig, K. J. & Kneifel, W. (2013). Seafood biopreservation by lactic acid bacteria – A review. *Food Science & Technology*, 54(2), 315–324. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.05.039>
- Gram, L. & Huss, H. H. (1996). Microbial spoilage of fish and fish products. *International Journal of Food Microbiology*, 33(1996), 121–137. [https://doi.org/10.1016/0168-1605\(96\)01134-8](https://doi.org/10.1016/0168-1605(96)01134-8)
- Haugen, J. (2018). *Komponenter i råolje fra makrell restråstoff som bidrar til lukt og smak* (Rapport 40/2018). Nofima. <https://nofima.no/publikasjon/1811913/>
- Havforskningsinstituttet. (2013). *Slakting av oppdrettsfisk* (nr. 15–2013). https://www.hi.no/resources/publikasjoner/rapport-fra-havforskningen/2013/15-2013_slakting_av_oppdrettsfisk.pdf

- Hovig, I. E. & Egeland, E. S. (2023, 7. juli). *Konservering - mat*. Store norske leksikon. <https://snl.no/konservering - mat>
- Høyen, C. D. (2017). *Økt holdbarhet på laks* [Masteroppgave]. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU. https://ntnuopen.ntnu.no/ntnuxmlui/bitstream/handle/11250/2615517/14327_FULLTEXT.pdf?sequence=1
- Huss, H. H. (1988). *Fresh Fish Quality and Quality Changes* (FAO Fisheries Series nr. 29). Food and Agriculture Organization. <https://archive.org/details/freshfishquality034842mbp/page/n35/mode/2up>
- Huss, H. H. (1995). *Quality and quality changes in fresh fish* (FAO Fisheries Technical paper nr. 348). Food and Agriculture Organization.
- Iversen, O. H. (2021, 07. november). *Autolyse*. Store medisinske leksikon. <https://sml.snl.no/autolyse>
- Jääskeläinen, E., Vesterinen, S., Parshintsev, J., Johansson, P., Riekkola, M. & Björkroth, J. (2015). Production of Buttery-Odor Compounds and Transcriptome Response in *Leuconostoc gelidum* subsp. *gasicomitatum* LMG18811 during Growth on Various Carbon Sources. *Applied and Environmental Microbiology*, 81(6), 1902–1908. <https://doi.org/10.1128/AEM.03705-14>
- Jansen, J. K. S. & Glover, J. (2018, 6. september). *Sansene*. Store medisinske leksikon. <https://sml.snl.no/sansene>
- Jansson, M. K. (2010). *Varmebehandling av pre-rigor filetert laks – Sensorisk analyse og prediksjon av varmetransport* [Masteroppgave]. Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, NMBU. <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/bitstream/handle/11250/186323/Jansson2010.pdf?sequence=10&isAllowed=y>
- Joffraud, J. J., Leroi, F., Roy, C. & Berdagué, J. L. (2001). Characterisation of volatile compounds produced by bacteria isolated from the spoilage flora of cold-smoked salmon. *International Journal of Food Microbiology*, 66(3), 175–184. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(00\)00532-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(00)00532-8)
- Kelly, C.A., Santovito, E., Cruz-Romero, M., Kerry, J. P. & Papkovsky, D. P. (2020). Application of O2 sensor technology to monitor performance of industrial beef samples packaged on three different vacuum packaging machines. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 304, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2019.127338>
- Khan, M. S., & Rahman, S. (2021). *Techniques to measure food safety and quality: microbial, chemical, and sensory*. Springer.
- Kong, F. & Singh, R. P. (2016). Chemical Deterioration and Physical Instability of Foods and Beverages. I P. Subramaniam (Red.) *The Stability and Shelf Life of Food* (utg. 2), 43–76. Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/C2015-0-06842-3>
- Kumah, C., Zhang, N., Raji, R. & Pan, R. (2019). Color Measurement of Segmented Printed Fabric Patterns in Lab Color Space from RGB Digital Images. *Journal of Textile Science and Technology*, 5, 1–18. <https://doi.org/10.4236/jtst.2019.51001>

- Kyst redaksjon. (2024, 4. januar). *Eksportrekord for norsk sjømat i 2023*. Kyst.
<https://www.kyst.no/eksportverdi-norges-sjomatrad-sjomateksport/eksportrekord-for-norsk-sjomat-i-2023/1609066>
- Lawless, H. T. & Heymann, H. (1998). *Sensory evaluation of food – principles and practices* (utg. 2). Springer.
- Leistner, L. (2000). Basic aspects of food preservation by hurdle technology. *International Journal of Food Microbiology*, 55(1), 181–186. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(00\)00161-6](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(00)00161-6)
- Leistner, L., & Gorris, L. G. M. (1995). Food preservation by hurdle technology. *Trends in Food Science & Technology*, 6(2), 41–46. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(00\)88941-4](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(00)88941-4)
- Li, J., Zhu, Y., Wu, X. & Hoffman, M. R. (2020). Rapid Detection Methods for Bacterial Pathogens in Ambient Waters at the Point of Sample Collection: A Brief Review. *Clinical Infectious Diseases*, 71(2), 84–90. <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa498>
- Matloven. (2004). *Lov om matproduksjon og mattrygghet mv.* (LOV-2003-12-19-124). Lovdata. <https://lovdata.no/lov/2003-12-19-124>
- Mattilsynet. (2023, 31. oktober). *Råd for oppbevaring av mat og drikke*.
<https://www.mattilsynet.no/mat-og-drikke/forbrukere/rad-for-oppbevaring-av-mat>
- Megrian, D., Taib, N., Witwinowski, J., Beloin, C. & Gribaldo, S. (2020). One or two membranes? Diderm Frimicutes challenge the Gram-positive/Gram-negative divide. *Molecular Microbiology*, 113(3), 659–671. <https://doi.org/10.1111/mmi.14469>
- Misund, B. (2023, 30. desember). *Lakseoppdrett*. Store Norske Leksikon. Hentet 31. januar 2024 fra <https://snl.no/lakseoppdrett>
- Moradi, Y., Bakar, J., Motalebi, A. A., Syed Muhamad, S. H. & Che Man, Y. (2011). A Review on Fish Lipid: Composition and Changes During Cooking Methods. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 20(4), 379–390.
<https://doi.org/10.1080/10498850.2011.576449>
- Næringsmiddelhygieneforskriften. (2010). *Forskrift om næringsmiddelhygiene* (FOR-2008-12-22-1623). Lovdata. <https://lovdata.no/forskrift/2008-12-22-1623>
- Narvhus, J. A. & Axelsson, L. (2003). Lactic Acid Bacteria. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, 3465–3472. <https://doi.org/10.1016/b0-12-227055-x/00673-8>
- Nofima. (2022, 2. februar). *Sensorikk*.
<https://nofima.no/forskning/marked-og-forbruker/sensorikk/>
- Norges sjømatråd. (2024, 19. januar). *Nøkkeltall*.
<https://seafood.no/markedsinnsikt/nokkeltall/>
- Norsk bransjestandard for fisk (1999). *Kvalitetsgradering av oppdrettet laks* (NBS 10-01).

- Nychas, G. E. & Drosinos, E. H. (2010). Detection of Fish Spoilage. I Nollet, L. M. & Toldrá, F. (Red.), *Handbook of Seafood and Seafood Products Analysis* (utg. 2, 537–555). CRC Press.
https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=302427&site=ehost-live&scope=site&ebv=EB&ppid=pp_5
- Oehlenschläger, J. (2010). Introduction: Importance of Analysis in Seafood and Seafood Products, Variability and Basic Concepts. I L. M. L. Nollet & F. Toldrá (Red.), *Handbook of Seafood and Seafood Products Analysis* (utg. 2), 3–10. CRC Press.
- Ogier, J.-C., Casalta, E., Farrokh, C., & Saihi, A. (2008). Safety assessment of dairy microorganisms: The *Leuconostoc* genus. *International Journal of Food Microbiology*, 126(3), 286–290. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.08.012>
- Onyenwoke, R. U., Brill, J. A., Farahi, K. & Wiegel, J. (2004). Sporulation genes in members of the low G+C Gram-type-positive phylogenetic branch (Firmicutes). *Archives of Microbiology*, 182(2–3), 182–192. <https://doi.org/10.1007/s00203-004-0696-y>
- Parlapani, F. F., Ferrocino, I., Michailidou, S., Argiriou, A., Haroutounian, S. A., Kokokiris, L., Kalliopi, R. & Boziaris, I. S. (2020). Microbiota and volatile profile of fresh and chill-stored deepwater rose shrimp (*Parapenaeus longirostris*). *Food Research International*, 132(109057), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109057>
- Pilet, M. & Leroi, F. (2010). Applications of protective cultures, bacteriocins and bacteriophages in fresh seafood and seafood products. I C. Lacroix (Red.), *Protective cultures, antimicrobial metabolites and bacteriophages for food and beverage biopreservation* (1-21). Woodhead Publishing.
<https://archimer.ifremer.fr/doc/00030/14138/11384.pdf>
- Plutino, A., Armellin, L., Mazzoni, A., Marcucci, R. & Rizzi, A. (2023). Aging variations in Ishihara test plates. *Color: Research & Application*, 48(6), 653–852.
<https://doi.org/10.1002/col.22877>
- Pothakos, V., Snauwaert, C., De Vos, P., Huys, G., & Devlieghere, F. (2014). Psychrotrophic members of *Leuconostoc gasicomitatum*, *Leuconostoc gelidum* and *Lactococcus piscium* dominate at the end of shelf-life in packaged and chilled-stored food products in Belgium. *Food Microbiology*, 39, 61–67. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.11.005>
- Rahkila, R., De Bruyne, K., Johansson, P., Vandamme, P. & Björkroth, J. (2014). Reclassification of *Leuconostoc gasicomitatum* as *Leuconostoc gelidum* subsp. *gasicomitatum* comb. nov., description of *Leuconostoc gelidum* subsp. *aenigmaticum* subsp. nov., designation of *Leuconostoc gelidum* subsp. *gelidum* subsp. nov. and emended description of *Leuconostoc gelidum*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 64(4), 1290–1295.
<https://doi.org/10.1099/ijs.0.058263-0>
- Rahman, M. S. (Red.). (2007). *Handbook of Food Preservation* (utg. 2). Taylor & Francis Group.

- Rødbotten, M., Bergslien, H., Strandos, L. B. U., Carlehög, M., Hersleth, M., Almli, V. L., Andersen, U. B., Nyvold, T. E., Mainusch, Y., Valle, E. S., Kraggerud, H., Berg, E. W., Andersen, U. B. & Lea, P. (2015). *Sensorikk: Måling med menneskelige sanser* (utg. 3). Sensorisk studiegruppe.
- Salma. (u.å.a). *Moderne lakseoppdrett*. <https://www.salma.no/moderne-lakseoppdrett>
- Salma. (u.å.b). *Strengt hygiene og kvalitetskrav*. <https://www.salma.no/strengt-hygiene-og-kvalitetskrav>
- Sandvig, K. & Høvdning, G. (2020, 20. juli). *Fargeblindhet*. Store medisinske leksikon. <https://sml.snl.no/fargeblindhet>
- Schuppler, M. & Loessner, M. J. (2010). The Opportunistic Pathogen *Listeria monocytogenes*: Pathogenicity and Interaction with the Mucosal Immune System. *International Journal of Inflammation*, 2010, 1–13. <https://doi.org/10.4061/2010/704321>
- Sheng, L. & Wang, L. (2020). The microbial safety of fish and fish products: Recent advances in understanding its significance, contamination sources, and control strategies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2021(20), 738–786. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12671>
- Sigovini, M., Keppel, E. & Tagliapietra, D. (2016). Open Nomenclature in the biodiversity era. *Methods in Ecology and Evolution*, 7(10), 1217–1225. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12594>
- Singh, V. P. (2018). Recent approaches in food bio-preservation – a review. *Open Veterinary Journal*, 8(1), 104–111. <http://dx.doi.org/10.4314/ovj.v8i1.16>
- Sioen, I., Haak, L., Raes, K., Hermans, C., De Henauw, S., De Smet, S., and Van Camp, J. (2006). Effects of pan-frying in margarine and olive oil on the fatty acid composition of cod and salmon. *Food Chemistry*, 98(4), 609–617. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.06.026>
- Skjerdal, T. (2024). *Økt oppmerksomhet på Listeria i laks og ørret* (nr. 2-2024). Veterinærinstituttet. 64–69. <https://www.oceanspacemedia.com/files/2024/03/11/NF022024%20Vet%20inst%20E ndelig.pdf>
- Stieglmeier, M., Wirth, R., Kminek, G. & Moissl-Eichinger, C. (2009). Cultivation of Anaerobic and Facultatively Anaerobic Bacteria from Spacecraft-Associated Clean Rooms. *Applied and Environmental Microbiology*, 75(11), 3484–3491. <https://doi.org/10.1128/AEM.02565-08>
- Strand, Å. (2022). *Sensoriske metoder* [Forelesningsnotater]. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU.
- Stupar, J., Hoel, S., Strømseth, S., Lerfall, J., Rustad, T. & Jakobsen, A. N. (2023). Selection of lactic acid bacteria for biopreservation of salmon products applying processing-dependent growth kinetic parameters and antimicrobial mechanisms. *Heliyon*, 9(9), e19887–e19887. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19887>

- Stupar, J., Holøymoen, I. G., Hoel, S., Lerfall, J., Rustad, T. & Jakobsen, A. N. (2021). Diversity and Antimicrobial Activity towards *Listeria* spp. and *Escherichia coli* among Lactic Acid Bacteria Isolated from Ready-to-Eat Seafood. *Foods*, 10(2), 1-17. <https://doi.org/10.3390/foods10020271>
- Svanevik, C. S., Lunestad, B. T. & Storesund, J. (2021). *Listeria monocytogenes* in salmonid slaughter facilities (nr. 45-2021). Institute of Marine Research. <https://www.hi.no/en/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-en-2021-45>
- Taormina, P. & Hardin, M. D. (2021). *Food Safety and Quality-Based Shelf Life of Perishable Foods*. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-54375-4>
- Tavares, J., Martins, A., Fidalgo, L. G., Lima, V., Amaral, R. A., Pinto, C. A., Silva, A. M. & Saraiva, J. A. (2021). Fresh Fish Degradation and Advances in Preservation Using Physical Emerging Technologies. *Foods*, 10(4), 1–20, 780. <https://doi.org/10.3390/foods10040780>
- Toldrá, F. & Reig, M. (2016). Seafood. I P. Subramaniam (Red.), *The Stability and Shelf Life of Food* (utg. 2, 505–519). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/C2015-0-06842-3>
- Tomé, E., Teixeira, P. & Gibbs, P. A. (2006). Anti-listerial inhibitory lactic acid bacteria isolated from commercial cold smoked salmon. *Food Microbiology*, 23(4), 399–405. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2005.05.004>
- Tønjum, T. (2020, 5. februar). *Fakultativ*. Store medisinske leksikon. <https://sml.snl.no/fakultativ>
- UiO. (2022, 3. januar). *Melkesyrebakterier*. Universitetet i Oslo. <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/m/melkesyre.html>
- UiO. (2024, 30 januar). *Bakteriociner*. Universitetet i Oslo. Hentet 17. mars 2024 fra <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/b/bakterio.html>
- Vandenbergh, L. P. S., Garcia, L. M. B., Rodrigues, C., Camara, M. C., Pereira, G. V. M., Oliveira, J. & Socol, C. R. (2017). Potential applications of plant probiotic microorganisms in agriculture and forestry. *AIMS Microbiology*, 3(3), 629–648. <https://doi.org/10.3934/microbiol.2017.3.629>
- WHO. (2022). *Food Safety*. World Health Organization. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>
- Zarour, K., Vieco, N., Pérez-Ramos, A., Nacher-Vásquez, M., Mohedano, M. L. & López, P. Chapter 4 – Food Ingredients Synthesized by Lactic Acid Bacteria. *Microbial Production of Food Ingredients and Additives*, 89–124. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811520-6.00004-0>
- Zhang, J., Li, Y., Liu, X., Lei, Y., Regenstein, J. M. & Luo, Y. (2019). Characterization of the microbial composition and quality of lightly salted grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets with vacuum or modified atmosphere packaging. *International Journal of Food Microbiology*. 293, 87–93. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.12.022>

Zheng, J., Wittouck, S., Salvetti, E., Franz, C. M. A. P., Harris, H. M. B. Mattarelli, P., O'toole, P. W., Pot, B., Vandamme, P., Walter, J., Watanabe, K., Wuyts, S., Felis, G. E., Gänzle, M. G. & Lebeer, S. (2020). A taxonomic note on the genus *Lactobacillus*: Description of 23 novel genera, emended description of the genus *Lactobacillus* Beijerinck 1901, and union of *Lactobacillaceae* and *Leuconostocaceae*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 70(4), 2782–2858.
<https://doi.org/10.1099/ijsem.0.004107>

9 Vedlegg

Vedlegg 9.1 Beregninger av antall og mengde lakseprøver

Antall prøver

Antall lakseprøver til kvantifisering av melkesyrebakterier (10 gram):

$$4 \text{ prøvegrupper (3 stammer + kontroll)} \times 3 \text{ paralleller} \times 4 \text{ prøveuttak} = 48 \text{ lakseprøver}$$

Antall lakseprøver til kvalitetskontrolltest (10 gram):

$$4 \text{ prøvegrupper (3 stammer + kontroll)} \times 6 \text{ dommere} \times 4 \text{ prøveuttak} = 160 \text{ lakseprøver}$$

Antall lakseprøver til fargemåling med DigiEye og pH-måling (100 gram):

$$4 \text{ prøvegrupper (3 stammer + kontroll)} \times 3 \text{ paralleller} \times 4 \text{ prøveuttak} = 48 \text{ lakseprøver}$$

Mengde laks

10 grams-lakseprøver:

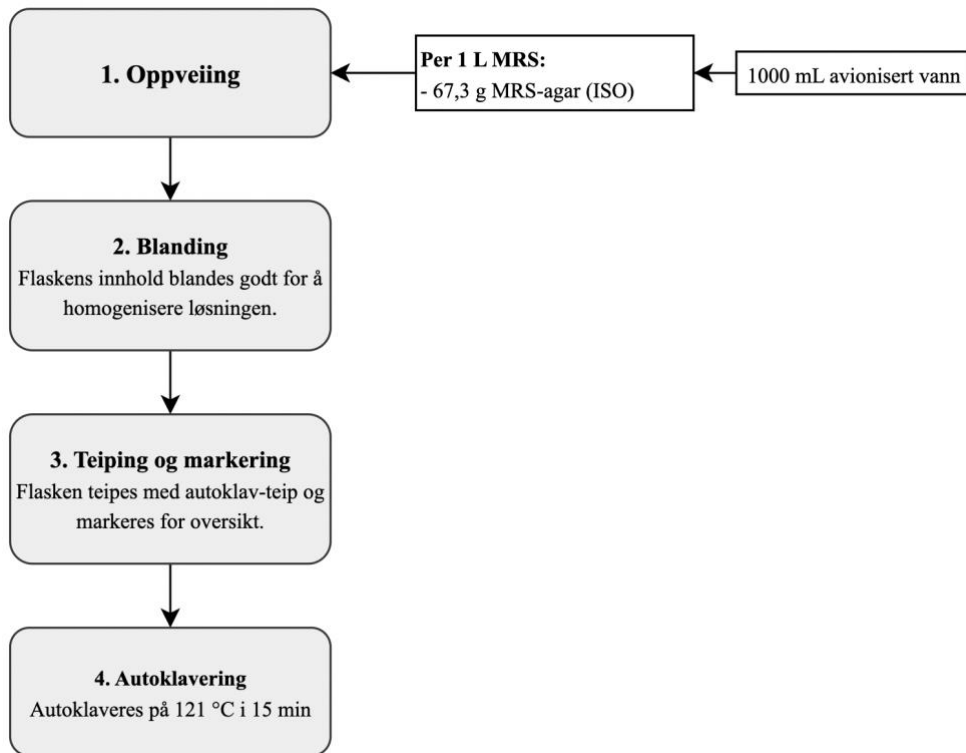
$$48 + 160 = 208 \text{ lakseprøver} \times 10 \text{ g} = 2,08 \text{ kg}$$

100 grams-lakseprøver:

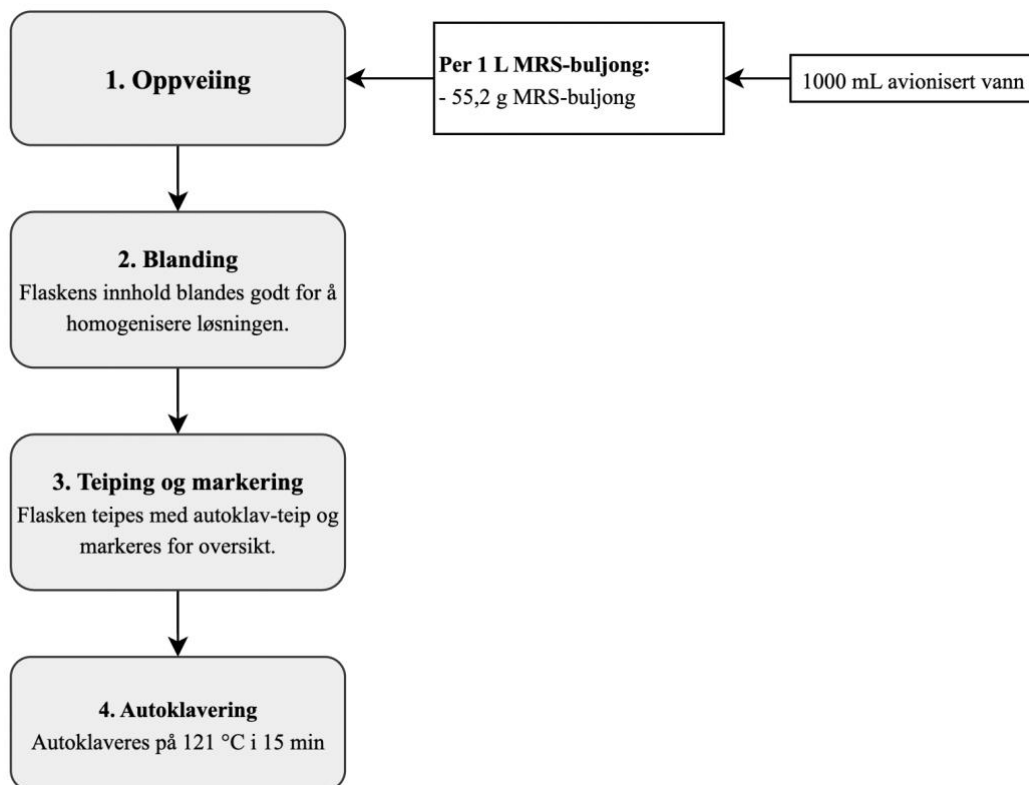
$$48 \text{ lakseprøver} \times 100 \text{ g} = 4,8 \text{ kg}$$

Totalt = 6,8 kg \approx 8 kg grunnet avkapp

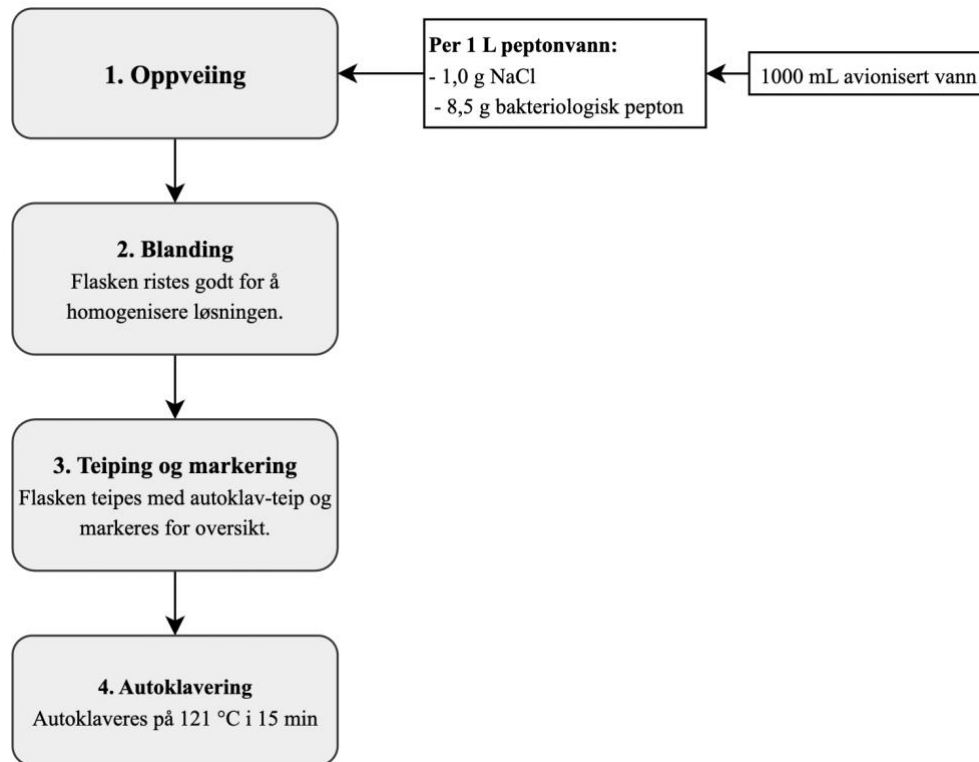
Vedlegg 9.2 Flytskjema – tillaging av MRS, MRSB og peptonvann



Figur 9a: Flytskjema av tillaging av MRS.



Figur 9b: Flytskjema av tillaging av MRSB.



Figur 9c: Flytskjema av tillaging av peptonvann.

Vedlegg 9.3 Dommerskjema – trening 1

Navn:

Skriv minst 3 ord som beskriver matvaren.

Matvare	Lukt	Farge	Tekstur
Fersk laks			
Forringet laks			
Agurk			
Tørrfisk			
Spekepølse			
Kulturmelk			

Vedlegg 9.4 Egenskapsforklaring

Egenskapsforklaring laks

Egenskap	Forklaring
Rød fargenyanse	Fra ingen rødfarge til mye rødfarge
Gul fargenyanse	Fra ingen guldfarge til mye guldfarge
Fargeintensitet	Fra ingen farge (fargesvak) til mye farge (fargesterk, intens)
Luktintensitet	Fra ingen lukt (nøytral) til mye lukt (intens)
Lukt av sjø	Fra ingen lukt av sjø til sterk lukt av sjø
Sur (dårlig, stram) lukt	Fra ingen sur lukt til sterk sur lukt
Lukt av fersk gjær	Fra ingen lukt av fersk gjær til sterk lukt av fersk gjær
Lukt av agurk	Fra ingen agurkarakter til mye agurkarakter
Syrlig, kulturmelmaktig lukt	Fra ingen lukt av syrlighet til mye lukt av syrlighet
Spenstig tekstur	Fra ingen spenstighet til mye spenstighet ^[1]
Hard tekstur	Fra myk tekstur til hard tekstur ^[2]
Slimete tekstur	Fra ingen slimete tekstur til mye slimete tekstur ^[3]

^[1] Måles ved å trykke ned på laksen med fingeren og observere om den gjenvinner sin opprinnelige form og til hvilken grad eller tid det tar.

^[2] Måles ved å trykke ned på overflaten til laksen med fingeren.

^[3] Observerer både ved å se og ta på laksens overflate

Vedlegg 9.5 Bedømmelsesskjema – trening 2

Farge

Rød fargenyanse

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ingen								Mye

Gul fargenyanse

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ingen								Mye

Fargeintensitet

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ingen								Mye

Lukt

Luktintensitet

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ingen								Mye

Lukt av sjø

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ingen								Mye

Sur (dårlig, stram) lukt

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ingen								Mye

Lukt av fersk gjær

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ingen								Mye

Lukt av agurk

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ingen								Mye

Syrlig, kulturmelmaktig lukt

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ingen								Mye

Tekstur

Spenstig tekstur

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ingen								Mye

Hard tekstur

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ingen								Mye

Slimete tekstur

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ingen								Mye

Vedlegg 9.6. Individuelle bedømmelser – trening 2

Tabell 9a: Individuelle bedømmelser av referansen for hver egenskap under trening 2, fra hver dommer (n = 6).

Egenskap	D1	D2	D3	D4	D5	D6	Snitt	Konsensus
Rødfarge	7	7	4	3	8	7	6,0	6
Gulfarge	2	5	3	4	2	4	3,3	3
Fargeintensitet	8	8	7	6	8	7	7,3	7
Luktintensitet	7	4	4	2	3	3	3,8	3
Lukt av sjø	5	6	5	7	2	6	5,2	5
Sur lukt	3	1	1	1	1	4	1,8	2
Lukt av fersk gjær	2	1	2	1	2	2	1,7	2
Lukt av agurk	5	5	5	2	2	2	3,5	3
Syrlig, kulturmilkaktig lukt	1	1	2	1	1	6	2,0	2
Spenstig tekstur	6	6	4	5	4	1	4,3	4
Hard tekstur	5	2	2	4	5	3	3,5	4
Slimete tekstur	4	2	4	2	2	6	3,3	3

Vedlegg 9.7 Bedømmelseskjema – sensorisk analyse, kvalitetskontrolltest

Dommer nr.
Dato: 19.03.2024

Prøveomgang:

Du får servert fire prøver som skal plasseres i forhold til referansen (Ref) som er allerede plassert i bedømmelseskjemaet. **Prøvene skal ikke smakes på**, du skal kun vurdere farge, lukt og tekstur til prøvene.

Prøvene vurderes **fra venstre mot høyre**. Start med prøven til venstre og **gå gjennom hele bedømmelseskjemaet før** du går videre til neste prøve. Deretter kan prøvene vurderes igjen om ønsket. Hendene må sprites før hver bedømming av tekstur, og tørkes godt med papir.

Prøvene skal plasseres fra 1 til 9 etter grad av egenskap i forhold til referansen, og prøvekoden **skrives over bedømt verdi**. Dersom to eller flere prøver plasseres likt, så skrives prøvekodene over hverandre. Resultatene skal føres opp slik som eksempelet under:

Eksempel med prøver (247, 391, 038, 583):

Lukt av kanelbolle

			583			038		
			Ref	391		247		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Ingen
Mye

Farge

Rød fargenyanse

					Ref			
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Ingen

Mye

Gul fargenyanse

		Ref						
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Ingen

Mye

Fargeintensitet

						Ref		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Ingen

Mye

Lukt

Luktintensitet

		Ref						
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Ingen

Mye

Lukt av sjø

				Ref				
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Ingen

Sterk

Sur (dårlig, stram) lukt

	Ref							
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Ingen

Sterk

Lukt av fersk gjær

	Ref							
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Ingen

Sterk

Lukt av agurk

		Ref						
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Ingen

Mye

Syrlig, kulturmjølaktig lukt

	Ref							
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Ingen

Mye

Tekstur

Spenstig tekstur

			Ref					
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Ingen

Mye

Hard tekstur

			Ref					
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Myk

Hard

Slimete tekstur

		Ref						
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Ingen

Mye

Eventuelle kommentarer:

Helhetsvurdering kvalitetskontroll av prøvene

Kvaliteten til prøvene skal vurderes i sin helhet på en skala fra 1 – 9. Referansen skal settes på skalaen i plenum før prøvene vurderes, og dette gjøres ved å skrive “Ref” i bestemt rute.

Kryss av det tallet du mener representerer den helhetlige vurderingen av prøven.

Prøve:

Ikke salgsvare			Avvikende kvalitet, men til annet produkt			Ok kvalitet til salg		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Prøve:

Ikke salgsvare			Avvikende kvalitet, men salgsvare			Ok kvalitet til salg		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Prøve:

Ikke salgsvare			Avvikende kvalitet, men salgsvare			Ok kvalitet til salg		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Prøve:

Ikke salgsvare			Avvikende kvalitet, men salgsvare			Ok kvalitet til salg		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Vedlegg 9.8. Ferdig utfylt bedømmelsesskjema – dommer 1

Dommer nr. |

Prøveomgang: 3

Dato: 19.03.2024

Du får servert fire prøver som skal plasseres i forhold til referansen (Ref) som er allerede plassert i bedømmelsesskjemaet. **Prøvene skal ikke smakes på**, du skal kun vurdere farge, lukt og tekstur til prøvene.

Prøvene vurderes **fra venstre mot høyre**. Start med prøven til venstre og **gå gjennom hele bedømmelsesskjemaet før** du går videre til neste prøve. Deretter kan prøvene vurderes igjen om ønsket. Hendene må sprites før hver bedømming av tekstur, og tørkes godt med papir.

Prøvene skal plasseres fra 1 til 9 etter grad av egenskap i forhold til referansen, og prøvekoden **skrives over bedømt verdi**. Dersom to eller flere prøver plasseres likt, så skrives prøvekodene over hverandre. Resultatene skal føres opp slik som eksempelet under:

Eksempel med prøver (247, 391, 038, 583):

Lukt av kanelbolle

			583			038		
			Ref	391		247		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Ingen

Mye

Din serveringsrekkefølge: 513, 245, 342, 825

Farge

Rød fargenyanse

					825			
					342			
					245			
					513			
					Ref			
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Ingen Mye

Gul fargenyanse

		825						
		342						
		245						
		513						
		Ref						
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Ingen Mye

Fargeintensitet

						825		
						245		
						513		
					342	Ref		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Ingen Mye

Lukt

Luktintensitet

	825							
	342							
	245							
	513	Ref						
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Ingen

Mye

Lukt av sjø

	245							
	513	342	825	Ref				
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Ingen

Sterk

Sur (dårlig, stram) lukt

	825							
	342							
	513	Ref	245					
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Ingen

Sterk

Lukt av fersk gjær

	825							
245	342							
513	Ref							
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Ingen Sterk

Lukt av agurk

	825							
	342							
	245	Ref		513				
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Ingen Mye

Syrlig, kulturmelkaktig lukt

825	513							
342	Ref	245						
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Ingen Mye

Tekstur

Spentig tekstur

				825				
			342	245				
			Ref	513				
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Ingen Mye

Hard tekstur

				825	245			
			Ref	342	513			
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Myk Hard

Slimete tekstur

	825							
	342							
	245							
	513	Ref						
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Ingen Mye

Eventuelle kommentarer:

245 luktet nesten ingenting, men den harde kanten trekker ned kvaliteten (på alle)

Helhetsvurdering kvalitetskontroll av prøvene

Kvaliteten til prøvene skal vurderes i sin helhet på en skala fra 1 – 9. Referansen skal settes på skalaen i plenum før prøvene vurderes, og dette gjøres ved å skrive “Ref” i bestemt rute.

Kryss av det tallet du mener representerer den helhetlige vurderingen av prøven.

Prøve: 513

Ikke salgsvare			Avvikende kvalitet, men til annet produkt			Ok kvalitet til salg		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Ref

Prøve: 245

Ikke salgsvare			Avvikende kvalitet, men salgsvare			Ok kvalitet til salg		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Ref

Prøve: 342

Ikke salgsvare			Avvikende kvalitet, men salgsvare			Ok kvalitet til salg		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Ref

Prøve: 825

Ikke salgsvare			Avvikende kvalitet, men salgsvare			Ok kvalitet til salg		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Ref

Vedlegg 9.9 Kvantifisering av melkesyrebakterier

Tabell 9b: Innhold av melkesyrebakterier målt i hver parallell ($n = 3$), gjennomsnittsverdi \pm standardavvik og p-verdier for inokulerte og ikke-inokulert prøvegrupper. Opphøyde bokstaver (^{abc}) definerer signifikante forskjeller i kvantifisering av melkesyrebakterier i lakseprøvene.

Dag 0	P1	P2	P3	Gjennomsnitt	p-verdi
C.m.35	7.22	7.28	7.50	7,35 \pm 0,15 ^b	< 0,001 ^[2]
C.d.468	7.72	7.42	7.71	7,64 \pm 0,17 ^b	
Le.g.406	7.38	7.60	7.61	7,54 \pm 0,13 ^b	
Kontroll	0.00	0.00	1,67 ^[1]	0,00 \pm 0,00 ^a	
Dag 7	P1	P2	P3	Gjennomsnitt	p-verdi
C.m.35	9.34	9.67	9.57	9,55 \pm 0,17 ^b	< 0,001 ^[2]
C.d.468	9.55	9.54	9.69	9,60 \pm 0,09 ^b	
Le.g.406	9.60	9.76	9.91	9,78 \pm 0,15 ^b	
Kontroll	4.98	4.81	4.80	4,87 \pm 0,09 ^a	
Dag 14	P1	P2	P3	Gjennomsnitt	p-verdi
C.m.35	9.79	9.55	9.67	9,68 \pm 0,12 ^b	< 0,001 ^[2]
C.d.468	9.61	9.75	9.76	9,71 \pm 0,08 ^b	
Le.g.406	10.00	9.99	9.96	9,99 \pm 0,02 ^b	
Kontroll	4.94	4.86	4.85	4,88 \pm 0,05 ^a	
Dag 21	P1	P2	P3	Gjennomsnitt	p-verdi
C.m.35	9.71	9.89	9.67	9,77 \pm 0,11 ^b	< 0,001 ^[2]
C.d.468	9.69	9.96	9.91	9,87 \pm 0,15 ^b	
Le.g.406	10.51	9.92	10.11	10,25 \pm 0,30 ^b	
Kontroll	6.54	6.85	6.25	6,61 \pm 0,30 ^a	

^[1] Forkaster grunnet antagelse om ukjent kontaminering

^[2] Signifikant forskjell ($p < 0,05$)

Vedlegg 9.10 pH-utvikling i lakseprøver

Tabell 9c: pH målt i hver parallell ($n = 3$), gjennomsnittsverdi \pm standardavvik og p-verdier for inokulerte og ikke-inokulert prøvegrupper. Opphøyde bokstaver (^{abc}) definerer signifikante forskjeller i pH-utvikling i lakseprøvene.

Dag 0	P1	P2	P3	Gjennomsnitt	p-verdi
C.m.35	6,20	6,18	6,12	6,17 \pm 0,04	0,227
C.d.468	6,02	6,03	6,07	6,04 \pm 0,03	
Le.g.406	6,06	6,30	6,11	6,16 \pm 0,13	
Kontroll	6,21	6,09	6,11	6,14 \pm 0,06	
Dag 7	P1	P2	P3	Gjennomsnitt	p-verdi
C.m.35	6,15	6,14	6,12	6,14 \pm 0,02 ^{bc}	0,01 ^[1]
C.d.468	6,06	6,06	6,03	6,05 \pm 0,02 ^a	
Le.g.406	6,11	6,09	6,15	6,12 \pm 0,03 ^{ab}	
Kontroll	6,16	6,18	6,30	6,21 \pm 0,08 ^c	
Dag 14	P1	P2	P3	Gjennomsnitt	p-verdi
C.m.35	6,06	6,07	6,05	6,06 \pm 0,01 ^a	0,014 ^[1]
C.d.468	6,03	6,02	5,99	6,01 \pm 0,02 ^a	
Le.g.406	6,01	6,01	5,99	6,00 \pm 0,01 ^a	
Kontroll	6,20	6,18	6,05	6,14 \pm 0,08 ^b	
Dag 21	P1	P2	P3	Gjennomsnitt	p-verdi
C.m.35	6,04	6,06	6,05	6,05 \pm 0,01	0,072
C.d.468	6,03	5,98	5,95	5,99 \pm 0,04	
Le.g.406	6,02	5,94	6,01	5,99 \pm 0,04	
Kontroll	6,06	6,02	6,10	6,06 \pm 0,04	

^[1] Signifikant forskjell ($p < 0,05$)

Vedlegg 9.11 Kvalitetskontrolltest – individuelle besvarelser med kommentarer

Tabell 9d: Individuell besvarelse for dommer 1 med eventuelle kommentarer.

Dommer 1	Omgang 3 (dag 0)				Omgang 2 (dag 7)				Omgang 1 (dag 14)				Omgang 4 (dag 21)			
	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	K	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	K	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	K	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	K
Rød fargenyanse	6	6	6	6	6	7	6	7	6	6	7	7	6	6	7	6
Gul fargenyanse	3	3	3	3	4	3	2	3	3	3	2	4	3	3	3	4
Fargeintensitet	7	7	7	6	7	8	7	8	7	6	8	8	7	7	8	7
Luktintensitet	2	2	2	2	2	2	2	5	2	3	2	4	2	2	2	3
Lukt av sjø	5	4	2	3	3	1	2	8	2	4	2	8	3	2	4	7
Sur (dårlig, stram) lukt	1	1	3	1	3	2	3	2	2	3	3	2	3	3	3	3
Lukt av fersk gjær	1	2	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	3	2	1
Lukt av agurk	5	2	2	2	3	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	1
Syrlig, kulturmellaktig lukt	2	1	3	1	6	4	5	2	2	6	3	2	4	3	2	1
Spenstig tekstur	5	5	5	4	3	2	3	5	1	2	1	1	2	2	1	2
Hard tekstur	6	5	6	5	6	7	6	6	7	7	7	8	8	7	8	8
Slimete tekstur	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Helhetsvurdering	6	6	6	6	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4
Omgang 3 (dag 0):	Le.g.406 «... luktet nesten ingenting, men den harde kanten trekker ned kvaliteten (på alle)».															
Omgang 2 (dag 7):	«Føler jeg var litt streng med bedømmelse av spenst i forrige runde, forveksla litt med hard tekstur».															
Omgang 1 (dag 14):	«Det var rart at de var så tørre og harde. Luktet søtlig» (Le.g.406, C.m.35). «Det var stort sett teksturen som ga lav totalvurdering på alle.»															

Tabell 9e: Individuell besvarelse for dommer 2 med eventuelle kommentarer.

Dommer 2	Omgang 3 (dag 0)				Omgang 2 (dag 7)				Omgang 1 (dag 14)				Omgang 4 (dag 21)			
	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	K	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	K	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	K	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	K
Rød fargenyanse	4	5	4	5	5	4	4	7	6	7	7	4	5	5	4	5
Gul fargenyanse	4	3	4	3	2	4	4	2	4	3	3	4	3	3	4	3
Fargeintensitet	5	5	5	5	6	5	5	7	6	6	7	5	7	6	5	6
Luktintensitet	3	4	2	3	2	3	2	5	2	4	2	2	3	4	4	4
Lukt av sjø	6	5	4	5	5	4	4	3	6	7	6	7	5	6	4	4
Sur (dårlig, stram) lukt	3	3	3	2	4	4	4	7	2	2	2	3	3	2	3	3
Lukt av fersk gjær	3	3	3	2	3	4	4	6	2	2	2	3	2	2	3	3
Lukt av agurk	2	3	2	3	2	2	1	1	1	2	2	1	2	2	2	2
Syrlig, kulturmellaktig lukt	2	3	2	2	4	3	3	4	3	2	2	3	2	2	2	2
Spenstig tekstur	5	2	3	3	3	3	3	2	3	2	3	2	4	3	3	3
Hard tekstur	5	6	6	5	6	6	6	7	6	6	6	6	6	6	7	6
Slimete tekstur	2	2	2	3	2	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1
Helhetsvurdering	7	6	7	7	4	3	4	2	6	6	6	4	7	7	5	6

Tabell 9f: Individuell besvarelse for dommer 3 med eventuelle kommentarer.

Dommer 3	Omgang 3 (dag 0)				Omgang 2 (dag 7)				Omgang 1 (dag 14)				Omgang 4 (dag 21)			
	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	K	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	K	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	K	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	K
Rød fargenyanse	5	4	3	2	2	4	5	8	5	7	4	8	5	5	4	3
Gul fargenyanse	3	5	4	7	8	3	3	2	4	5	6	2	5	6	4	6
Fargeintensitet	6	5	5	3	1	6	4	9	8	6	5	8	5	6	4	6
Luktintensitet	2	2	1	1	1	2	2	5	1	1	2	1	1	1	1	1
Lukt av sjø	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sur (dårlig, stram) lukt	2	1	2	1	2	6	4	4	1	1	2	1	1	1	1	3
Lukt av fersk gjær	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Lukt av agurk	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Syrlig, kulturmellkaktig lukt	1	1	1	1	3	3	1	3	1	1	3	1	1	1	1	1
Spenstig tekstur	2	5	3	5	6	3	2	1	2	3	1	2	1	2	1	1
Hard tekstur	7	3	2	5	5	7	4	9	6	3	7	5	1	2	1	1
Slimete tekstur	3	3	4	3	3	3	2	1	2	3	1	3	7	7	8	7
Helhetsvurdering	5	8	7	5	5	4	5	1	3	6	1	4	1	1	1	1
Omgang 3 (dag 0):	«Luktet nesten ingenting».															
Omgang 2 (dag 7):	«Lukter fortsatt veldig lite».															
Omgang 1 (dag 14):	«Luktet veldig lite generelt, vet ikke om luktesansen er med i dag».															

Tabell 9g: Individuell besvarelse for dommer 4 med eventuelle kommentarer.

Dommer 4	Omgang 3 (dag 0)				Omgang 2 (dag 7)				Omgang 1 (dag 14)				Omgang 4 (dag 21)			
	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	K	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	K	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	K	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	K
Rød fargenyanse	5	6	4	5	5	4	3	5	5	5	3	4	5	5	6	6
Gul fargenyanse	4	3	5	4	4	5	5	4	4	4	5	6	5	5	3	4
Fargeintensitet	6	7	5	6	6	5	4	6	6	6	3	4	6	6	7	8
Luktintensitet	3	4	3	3	6	3	6	7	4	4	3	3	3	3	5	7
Lukt av sjø	6	6	5	6	3	4	3	7	5	5	5	6	4	4	6	1
Sur (dårlig, stram) lukt	2	2	2	2	5	3	5	4	6	6	3	3	3	2	3	6
Lukt av fersk gjær	3	4	2	2	4	4	5	6	1	3	3	1	2	2	4	7
Lukt av agurk	2	ingen svar	3	3	2	1	2	1	1	1	1	2	2	2	1	1
Syrlig, kulturmellkaktig lukt	2	3	2	2	6	3	5	4	6	4	3	4	2	2	4	4
Spenstig tekstur	3	3	4	4	2	3	3	3	3	2	1	2	1	2	2	1
Hard tekstur	2	3	3	3	2	3	2	3	6	7	6	7	9	8	8	8
Slimete tekstur	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Helhetsvurdering	7	4	6	7	2	4	3	2	2	3	3	5	3	3	2	1
Omgang 4 (dag 21):	«Alle prøvene gjennom alle omgangene tørket litt ut. Derfor var det vanskelig å bedømme parametere som slimete og hard. Referanseprøven holdt seg bra».															

Tabell 9h: Individuell besvarelse for dommer 5 med eventuelle kommentarer.

Dommer 5	Omgang 3 (dag 0)				Omgang 2 (dag 7)				Omgang 1 (dag 14)				Omgang 4 (dag 21)			
	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	K	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	K	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	K	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	K
Rød fargenyanse	6	7	4	5	6	5	5	6	6	5	5	6	6	6	6	6
Gul fargenyanse	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3
Fargeintensitet	7	8	5	5	7	4	4	5	7	5	7	8	5	6	7	8
Luktintensitet	3	2	3	2	3	4	3	5	2	3	2	5	4	2	2	5
Lukt av sjø	5	4	5	4	3	4	4	5	3	2	4	5	5	4	4	3
Sur (dårlig, stram) lukt	2	2	3	2	2	5	3	4	4	6	2	4	4	3	2	5
Lukt av fersk gjær	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3	2	5	3	3	2	3
Lukt av agurk	2	3	2	2	2	1	1	2	3	2	3	1	2	2	2	2
Syrlig, kulturmelmaktig lukt	2	2	3	2	3	6	4	3	3	5	2	4	4	4	2	3
Spenstig tekstur	5	6	5	6	6	5	6	5	5	5	5	5	6	5	5	5
Hard tekstur	5	6	5	6	5	6	6	6	7	8	6	6	6	7	6	7
Slimete tekstur	3	2	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1
Helhetsvurdering	8	8	7	7	6	3	5	5	5	3	6	4	5	5	7	3

Tabell 9i: Individuell besvarelse for dommer 6 med eventuelle kommentarer.

Dommer 6	Omgang 3 (dag 0)				Omgang 2 (dag 7)				Omgang 1 (dag 14)				Omgang 4 (dag 21)			
	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	K	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	K	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	K	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	K
Rød fargenyanse	7	5	6	7	4	7	6	8	7	8	7	5	5	6	7	8
Gul fargenyanse	2	4	3	2	3	2	3	2	3	4	4	6	3	3	2	3
Fargeintensitet	8	7	6	8	4	8	5	8	7	7	6	5	4	6	7	8
Luktintensitet	3	3	3	2	4	3	3	3	4	5	6	3	2	5	4	6
Lukt av sjø	4	5	5	5	4	3	4	3	3	3	4	5	4	6	7	6
Sur (dårlig, stram) lukt	2	2	3	2	3	5	3	4	4	5	4	2	3	3	3	5
Lukt av fersk gjær	2	2	2	2	3	3	2	3	2	3	3	2	2	2	2	2
Lukt av agurk	3	2	2	4	2	1	1	1	2	1	1	3	4	1	3	1
Syrlig, kulturmelmaktig lukt	2	3	3	2	ingen svar	2	3	1	2	4	3	3	3	4	3	4
Spenstig tekstur	6	7	5	5	5	5	3	3	2	3	2	3	5	4	5	2
Hard tekstur	5	5	6	7	8	6	6	7	8	6	8	6	6	7	7	8
Slimete tekstur	2	3	4	2	1	2	2	3	2	2	2	2	2	2	3	2
Helhetsvurdering	5	5	4	6	3	3	3	2	3	2	2	3	4	4	4	2

Vedlegg 9.12 Kvalitetskontrolltest – laveste og høyeste bedømmelsesverdi

Tabell 9j: Laveste og høyeste bedømmelsesverdi for fargeegenskaper.

Rød fargenyanse	Dag 0	Dag 7	Dag 14	Dag 21
C.m.35	L:4 H:7	L:2 H:6	L:5 H:7	L:5 H:6
C.d.468	L:4 H:7	L:4 H:7	L:5 H:8	L:5 H:6
Le.g.406	L:3 H:6	L:3 H:6	L:3 H:7	L:4 H:7
Kontroll	L:2 H:7	L:5 H:8	L:4 H:8	L:3 H:8
Gul fargenyanse	Dag 0	Dag 7	Dag 14	Dag 21
C.m.35	L:2 H:4	L:2 H:8	L:3 H:4	L:3 H:5
C.d.468	L:2 H:5	L:2 H:5	L:3 H:5	L:3 H:6
Le.g.406	L:3 H:5	L:2 H:5	L:2 H:6	L:2 H:4
Kontroll	L:2 H:7	L:2 H:4	L:2 H:6	L:3 H:6
Fargeintensitet	Dag 0	Dag 7	Dag 14	Dag 21
C.m.35	L:5 H:8	L:1 H:7	L:2 H:8	L:4 H:7
C.d.468	L:5 H:8	L:4 H:8	L:5 H:7	L:6 H:7
Le.g.406	L:5 H:7	L:4 H:7	L:3 H:8	L:5 H:8
Kontroll	L:3 H:8	L:5 H:8	L:4 H:8	L:4 H:8

Tabell 9k: Laveste og høyeste bedømmelsesverdi for lukteegenskaper.

Luktintensitet	Dag 0	Dag 7	Dag 14	Dag 21
C.m.35	L:2 H:3	L:1 H:6	L:1 H:4	L:1 H:5
C.d.468	L:2 H:4	L:2 H:4	L:1 H:5	L:1 H:6
Le.g.406	L:1 H:3	L:2 H:6	L:2 H:6	L:1 H:7
Kontroll	L:1 H:3	L:3 H:7	L:1 H:5	L:1 H:7
Lukt av sjø	Dag 0	Dag 7	Dag 14	Dag 21
C.m.35	L:1 H:6	L:2 H:5	L:1 H:6	L:1 H:5
C.d.468	L:1 H:6	L:2 H:6	L:1 H:7	L:1 H:6
Le.g.406	L:1 H:5	L:3 H:5	L:1 H:6	L:1 H:7
Kontroll	L:1 H:6	L:2 H:7	L:1 H:8	L:1 H:7
Sur (dårlig, stram) lukt	Dag 0	Dag 7	Dag 14	Dag 21
C.m.35	L:1 H:3	L:1 H:4	L:1 H:6	L:1 H:4
C.d.468	L:1 H:3	L:1 H:5	L:1 H:6	L:1 H:3
Le.g.406	L:2 H:3	L:1 H:4	L:2 H:4	L:1 H:3
Kontroll	L:1 H:2	L:1 H:6	L:1 H:4	L:3 H:6
Lukt av fersk gjær	Dag 0	Dag 7	Dag 14	Dag 21
C.m.35	L:1 H:3	L:1 H:4	L:1 H:2	L:1 H:3
C.d.468	L:1 H:4	L:1 H:5	L:1 H:3	L:1 H:3
Le.g.406	L:1 H:3	L:1 H:4	L:1 H:3	L:1 H:4
Kontroll	L:1 H:2	L:1 H:6	L:1 H:5	L:1 H:7

Lukt av agurk	Dag 0	Dag 7	Dag 14	Dag 21
C.m.35	L:1 H:5	L:1 H:2	L:1 H:2	L:1 H:4
C.d.468	L:1 H:3	L:1 H:2	L:1 H:2	L:1 H:2
Le.g.406	L:1 H:3	L:1 H:2	L:1 H:2	L:1 H:3
Kontroll	L:1 H:4	L:1 H:2	L:1 H:3	L:1 H:2
Syrlig, kulturmelmaktig lukt	Dag 0	Dag 7	Dag 14	Dag 21
C.m.35	L:1 H:2	L:3 H:6	L:1 H:6	L:1 H:4
C.d.468	L:1 H:3	L:2 H:6	L:1 H:6	L:1 H:4
Le.g.406	L:1 H:3	L:1 H:5	L:2 H:3	L:1 H:4
Kontroll	L:1 H:2	L:1 H:4	L:1 H:4	L:1 H:4

Tabell 9l: Laveste og høyeste bedømmelsesverdi for teksturegenskaper.

Spenstig tekstur	Dag 0	Dag 7	Dag 14	Dag 21
C.m.35	L:2 H:6	L:2 H:6	L:1 H:5	L:1 H:6
C.d.468	L:2 H:7	L:2 H:5	L:2 H:5	L:2 H:5
Le.g.406	L:3 H:5	L:2 H:6	L:1 H:5	L:1 H:5
Kontroll	L:2 H:6	L:1 H:5	L:1 H:5	L:1 H:5
Hard tekstur	Dag 0	Dag 7	Dag 14	Dag 21
C.m.35	L:2 H:7	L:2 H:8	L:6 H:8	L:6 H:9
C.d.468	L:3 H:6	L:3 H:7	L:3 H:8	L:6 H:8
Le.g.406	L:2 H:6	L:2 H:6	L:6 H:8	L:6 H:8
Kontroll	L:3 H:7	L:3 H:9	L:5 H:8	L:6 H:8
Slimete tekstur	Dag 0	Dag 7	Dag 14	Dag 21
C.m.35	L:1 H:3	L:1 H:3	L:1 H:2	L:1 H:2
C.d.468	L:1 H:3	L:1 H:3	L:1 H:3	L:1 H:2
Le.g.406	L:1 H:4	L:1 H:2	L:1 H:2	L:1 H:4
Kontroll	L:1 H:4	L:1 H:3	L:1 H:3	L:1 H:2

Tabell 9m: Laveste og høyeste bedømmelsesverdi for helhetsvurdering.

Helhetsvurdering	Dag 0	Dag 7	Dag 14	Dag 21
C.m.35	L:1 H:3	L:1 H:3	L:1 H:2	L:1 H:2
C.d.468	L:1 H:3	L:1 H:3	L:1 H:3	L:1 H:2
Le.g.406	L:1 H:4	L:1 H:2	L:1 H:2	L:1 H:4
Kontroll	L:1 H:4	L:1 H:3	L:1 H:3	L:1 H:2

Vedlegg 9.13 Kvalitetskontrolltest – gjennomsnittsverdier, standardavvik og p-verdier

Tabell 9n: Gjennomsnittsverdier, standardavvik og p-verdier for fargeegenskaper. Opphøyde bokstaver (^{abc}) definerer signifikante forskjeller mellom lakseprøvene.

Rød fargenyanse	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	Kontroll	p-verdi
Dag 0	5,5 ± 1,05	5,50 ± 1,05	4,50 ± 1,22	5,00 ± 1,67	0,485
Dag 7	4,67 ± 1,51 ^a	5,00 ± 1,47 ^a	4,83 ± 1,17 ^a	6,83 ± 1,17 ^b	0,041 ^[1]
Dag 14	5,83 ± 0,75	6,33 ± 1,21	5,50 ± 1,76	5,67 ± 1,63	0,755
Dag 21	5,33 ± 0,52	5,50 ± 0,55	5,67 ± 1,37	5,67 ± 1,63	0,947
Gul fargenyanse	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	Kontroll	p-verdi
Dag 0	2,50 ± 0,75	3,33 ± 1,03	3,67 ± 0,82	6,67 ± 1,75	0,84
Dag 7	4,17 ± 2,10	3,50 ± 1,03	3,50 ± 1,03	2,83 ± 0,82	0,419
Dag 14	3,50 ± 0,55	3,67 ± 0,82	3,83 ± 1,47	4,33 ± 1,51	0,637
Dag 21	3,67 ± 1,03	3,83 ± 1,33	3,17 ± 0,75	3,83 ± 1,17	0,686
Fargeintensitet	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	Kontroll	p-verdi
Dag 0	6,50 ± 1,05	6,50 ± 1,22	5,50 ± 0,84	5,50 ± 1,64	0,292
Dag 7	5,17 ± 2,32	6,00 ± 1,67	4,83 ± 1,17	7,00 ± 1,47	0,118
Dag 14	6,83 ± 0,75	6,00 ± 0,63	6,00 ± 1,79	6,33 ± 1,86	0,695
Dag 21	5,67 ± 1,21	6,33 ± 0,41	6,50 ± 1,51	6,83 ± 0,98	0,159

^[1] Signifikant forskjell ($p < 0,05$)

Tabell 9o: Gjennomsnittsverdier, standardavvik og p-verdier for lukteegenskaper. Opphøyde bokstaver (^{abc}) definerer signifikante forskjeller mellom lakseprøvene.

Luktintensitet	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	Kontroll	p-verdi
Dag 0	2,67 ± 0,52	2,83 ± 0,98	2,33 ± 0,82	2,17 ± 0,75	0,458
Dag 7	3,00 ± 1,79 ^a	2,83 ± 0,75 ^a	3,67 ± 1,55 ^a	5,00 ± 1,26 ^b	0,042 ^[1]
Dag 14	3,00 ± 1,22	3,33 ± 1,37	2,83 ± 1,60	3,00 ± 1,41	0,78
Dag 21	2,50 ± 1,05	2,83 ± 1,47	3,00 ± 1,55	4,50 ± 2,16	0,244
Lukt av sjø	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	Kontroll	p-verdi
Dag 0	4,00 ± 1,87	1,83 ± 1,72	3,67 ± 1,75	4,00 ± 1,79	0,877
Dag 7	3,00 ± 1,03	2,83 ± 1,47	3,00 ± 1,26	4,50 ± 2,66	0,359
Dag 14	3,33 ± 1,86	3,67 ± 2,16	3,67 ± 1,86	5,00 ± 2,42	0,365
Dag 21	3,67 ± 1,51	3,83 ± 2,04	4,33 ± 2,07	3,67 ± 2,50	0,934
Sur (dårlig, stram) lukt	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	Kontroll	p-verdi
Dag 0	2,00 ± 0,63	1,83 ± 0,75	2,67 ± 0,52	1,67 ± 0,52	0,051
Dag 7	3,17 ± 1,17	4,17 ± 1,47	3,67 ± 0,82	4,17 ± 1,60	0,502
Dag 14	3,17 ± 1,83	3,83 ± 2,14	2,67 ± 0,82	2,5 ± 1,05	0,464
Dag 21	2,83 ± 0,98 ^a	2,33 ± 0,82 ^a	2,5 ± 0,84 ^a	4,17 ± 1,33 ^b	0,021 ^[1]

Lukt av fersk gjær	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	Kontroll	p-verdi
Dag 0	2,00 ± 0,89	2,33 ± 1,03	1,83 ± 0,75	1,83 ± 0,41	0,678
Dag 7	2,50 ± 1,05	2,83 ± 1,21	2,40 ± 1,47	2,40 ± 2,16	0,803
Dag 14	1,50 ± 0,55	2,17 ± 0,98	2,00 ± 0,89	2,17 ± 1,60	0,676
Dag 21	2,00 ± 0,63	2,17 ± 0,75	2,33 ± 1,03	2,83 ± 2,23	0,724
Lukt av agurk	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	Kontroll	p-verdi
Dag 0	2,50 ± 1,38	2,33 ± 0,84	2,00 ± 0,63	2,50 ± 1,05	0,705
Dag 7	1,83 ± 0,63	1,33 ± 0,52	1,33 ± 0,52	1,17 ± 0,41	0,056
Dag 14	1,33 ± 0,84	1,50 ± 0,55	1,50 ± 0,82	1,67 ± 0,82	0,962
Dag 21	2,00 ± 1,10	1,50 ± 0,55	1,83 ± 0,75	1,33 ± 0,52	0,434
Syrlig, kulturmilkaktig lukt	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	Kontroll	p-verdi
Dag 0	1,83 ± 0,41	2,17 ± 0,98	2,33 ± 0,82	1,67 ± 0,52	0,382
Dag 7	3,17 ± 1,52	3,17 ± 1,38	3,00 ± 1,52	2,67 ± 1,17	0,356
Dag 14	2,83 ± 1,72	3,67 ± 1,86	2,67 ± 0,52	2,83 ± 1,17	0,619
Dag 21	2,67 ± 1,21	2,67 ± 1,21	2,33 ± 1,03	2,5 ± 1,38	0,957

^[1] Signifikant forskjell ($p < 0,05$)

Tabell 9p: Gjennomsnittsverdier, standardavvik og p-verdier for teksturegenskaper.

Spentig tekstur	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	Kontroll	p-verdi
Dag 0	4,33 ± 1,51	4,67 ± 1,86	4,17 ± 0,98	3,5 ± 1,05	0,933
Dag 7	4,17 ± 1,72	3,5 ± 1,22	3,33 ± 1,37	3,17 ± 1,60	0,675
Dag 14	2,67 ± 1,37	2,83 ± 1,17	2,17 ± 1,60	2,5 ± 1,38	0,859
Dag 21	3,17 ± 2,14	3,00 ± 1,26	2,83 ± 1,83	2,33 ± 1,51	0,851
Hard tekstur	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	Kontroll	p-verdi
Dag 0	5,00 ± 1,67	4,67 ± 1,67	4,67 ± 1,75	5,17 ± 1,33	0,923
Dag 7	5,33 ± 1,97	5,83 ± 1,72	5,00 ± 1,67	6,33 ± 1,97	0,506
Dag 14	6,67 ± 0,82	6,17 ± 1,72	6,67 ± 0,82	6,33 ± 1,03	0,84
Dag 21	7,00 ± 2,76	7,00 ± 2,14	7,3 ± 2,64	7,3 ± 2,73	0,997
Slimete tekstur	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	Kontroll	p-verdi
Dag 0	2,17 ± 0,75	2,17 ± 0,75	2,83 ± 1,33	2,83 ± 1,33	0,58
Dag 7	1,67 ± 0,82	1,67 ± 0,82	1,67 ± 0,52	1,5 ± 0,84	0,974
Dag 14	1,67 ± 0,52	1,83 ± 0,75	1,33 ± 0,52	1,67 ± 0,82	0,624
Dag 21	1,33 ± 2,34	1,33 ± 2,40	2,00 ± 2,73	1,33 ± 2,40	0,983

Tabell 9q: Gjennomsnittsverdier, standardavvik og p-verdier for helhetsvurdering.

Helhetsvurdering	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	Kontroll	p-verdi
Dag 0	6,33 ± 1,21	6,17 ± 1,60	6,17 ± 1,17	6,17 ± 0,82	0,990
Dag 7	4,17 ± 1,47	3,67 ± 0,82	4,17 ± 0,98	2,83 ± 1,72	0,271
Dag 14	3,83 ± 1,47	4,00 ± 1,67	3,67 ± 2,07	4,00 ± 0,63	0,979
Dag 21	4,00 ± 2,00	4,00 ± 2,00	3,83 ± 2,14	2,83 ± 1,94	0,712

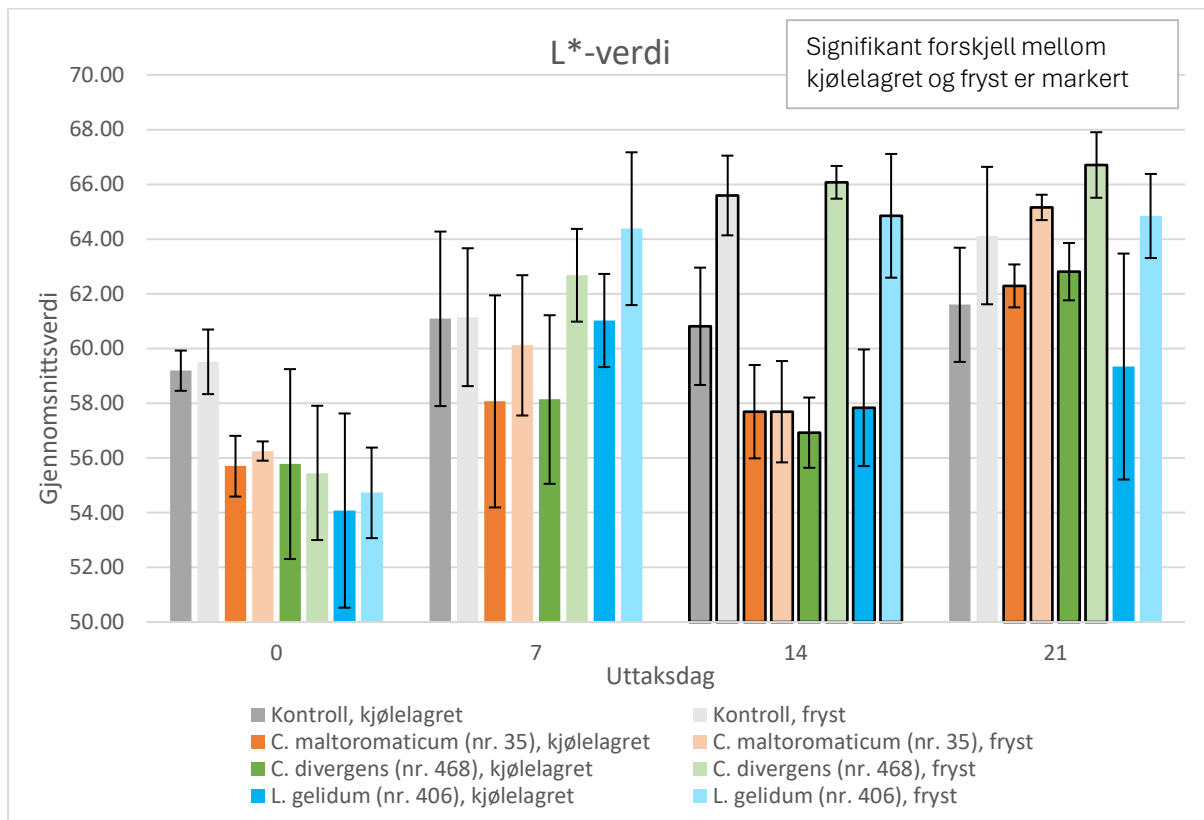
Vedlegg 9.14 DigiEye – ANOVA mellom kjølelagrede prøvegrupper

Tabell 9r: Gjennomsnittsverdier, standardavvik og p-verdier for luktegenskaper. Opphøyde bokstaver (^{abc}) definerer signifikante forskjeller mellom lakseprøvene.

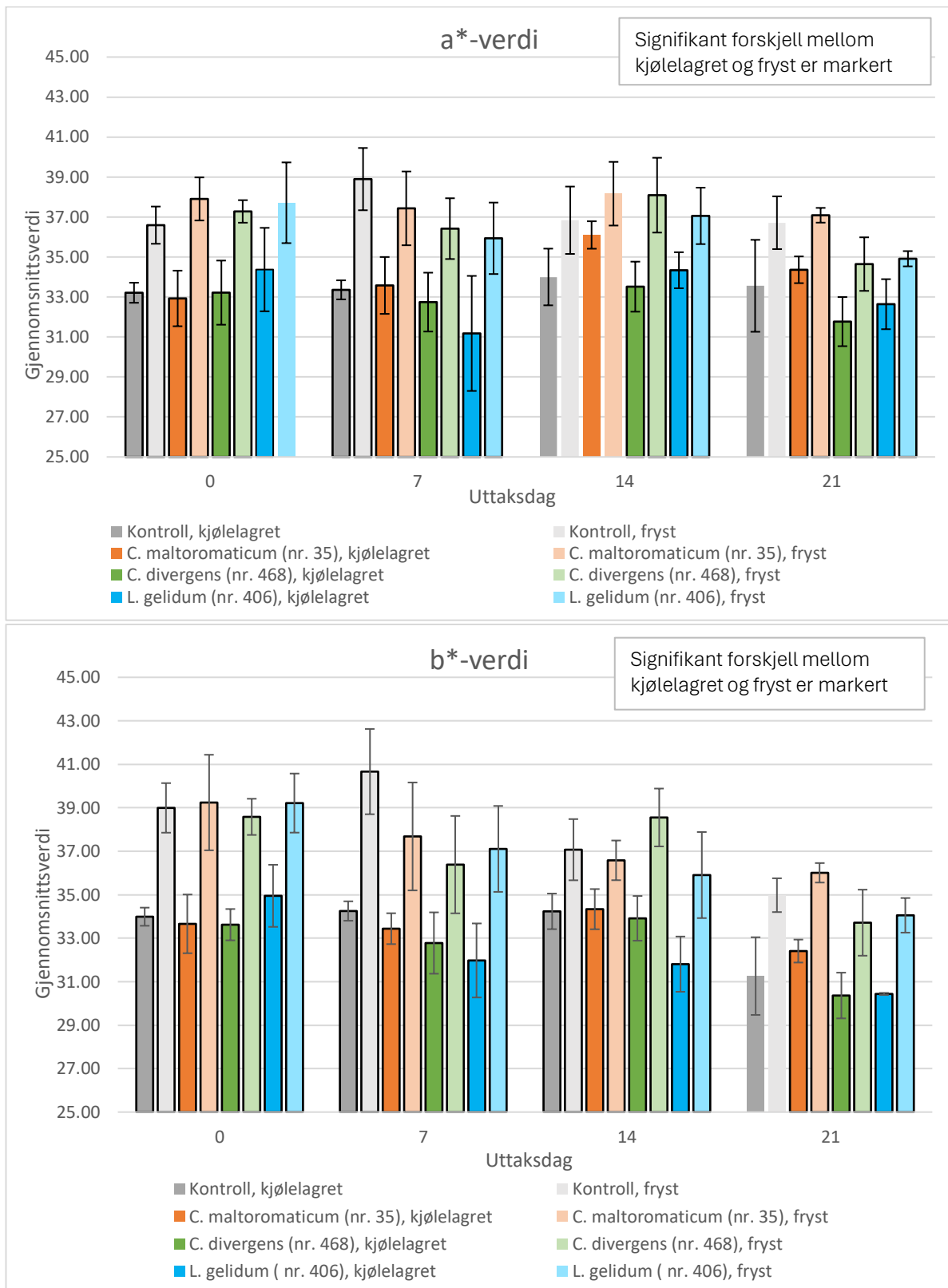
Verdi	Dag	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	Kontroll	p-verdi
L*	0	55,70 ± 1,11	55,77 ± 3,47	54,08 ± 3,55	59,19 ± 0,74	0,178
	7	58,06 ± 3,88	58,13 ± 3,08	61,02 ± 1,70	61,08 ± 3,19	0,470
	14	57,69 ± 1,71	56,92 ± 1,28	57,83 ± 2,13	60,81 ± 2,14	0,128
	21	62,29 ± 0,78	62,81 ± 1,05	59,34 ± 4,13	61,60 ± 2,09	0,366
Verdi	Dag	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	Kontroll	p-verdi
+ a*	0	32,93 ± 1,39	33,22 ± 1,60	34,37 ± 2,09	33,21 ± 0,50	0,669
	7	33,58 ± 1,42	32,74 ± 1,47	31,18 ± 2,88	33,36 ± 0,48	0,399
	Dag 14	36,10 ± 0,69	33,52 ± 1,25	34,34 ± 0,90	34,00 ± 1,42	0,088
	Dag 21	34,36 ± 0,67	33,52 ± 1,23	32,64 ± 1,25	33,56 ± 2,30	0,240
Verdi	Dag	C.m.35	C.d.468	Le.g.406	Kontroll	p-verdi
+ b*	Dag 0	33,66 ± 1,35	33,62 ± 0,72	34,95 ± 1,43	33,99 ± 0,42	0,439
	Dag 7	33,44 ± 0,71	32,78 ± 1,41	31,98 ± 1,70	34,25 ± 0,45	0,19
	Dag 14	34,33 ± 0,92 ^a	33,91 ± 1,03 ^a	31,81 ± 1,27 ^b	34,23 ± 0,82 ^a	0,050 ^[1]
	Dag 21	32,41 ± 0,53	30,36 ± 1,05	30,43 ± 0,05	31,26 ± 1,79	0,146

^[1] Signifikant forskjell (p < 0,05)

Vedlegg 9.15 DigiEye – T-test mellom kjølelagrede og fryste prøver



Figur 9d: Gjennomsnittlige L*-verdier til de fire prøvegruppene, på de fire uttaksdagene, på kjølelagrede lakseprøver. Diagrammet viser skalaen fra 50–70 som tilsvarer 20 % av fullstendig skala. Søylene som viser signifikante forskjeller mellom kjølelagret og fryst er markert med omriss i diagrammet.



Figur 9e: Gjennomsnittlige a*- og b*-verdier til de fire prøvegruppene, på de fire uttaksdagene, på kjølelagrede lakseprøver. Diagrammet viser skalaen fra 25–45 som tilsvarer 15 % av fullstendig skala. Søylene som viser signifikante forskjeller mellom kjølelagret og fryst er markert med omriss i diagrammet.

Tabell 9s: Gjennomsnittsverdi, standardavvik og p-verdi til L*, a*- og b*-verdiene målt med DigiEye.

	Dag	L*		p-verdi	a*		p-verdi	b*		p-verdi
		Kjølelagret	Tint		Kjølelagret	Tint		Kjølelagret	Tint	
C.m.35	0	55,70 ± 1,11	56,25 ± 0,35	0,457	32,93 ± 1,39	37,90 ± 1,08	0,008 ¹⁾	33,66 ± 1,35	39,24 ± 2,20	0,020 ¹⁾
	7	58,06 ± 3,88	60,11 ± 2,56	0,488	33,58 ± 1,42	37,43 ± 1,85	0,045 ¹⁾	33,44 ± 0,71	37,68 ± 2,48	0,046 ¹⁾
	14	57,69 ± 1,71	60,11 ± 1,85	0,013 ¹⁾	36,10 ± 0,69	38,17 ± 1,59	0,057	34,33 ± 0,92	36,58 ± 0,91	0,040 ¹⁾
	21	62,29 ± 0,78	65,16 ± 0,46	0,005 ¹⁾	34,36 ± 0,67	37,09 ± 0,37	0,003 ¹⁾	32,41 ± 0,53	36,01 ± 0,45	< 0,001 ¹⁾
C.m.468	0	55,77 ± 3,47	55,45 ± 2,45	0,902	33,22 ± 1,60	37,28 ± 0,56	0,015 ¹⁾	33,62 ± 0,72	38,58 ± 0,83	0,001 ¹⁾
	7	58,13 ± 3,08	62,68 ± 2,70	0,089	32,74 ± 1,47	36,42 ± 1,52	0,040 ¹⁾	32,78 ± 1,41	36,38 ± 2,24	0,005 ¹⁾
	14	56,92 ± 1,28	66,07 ± 0,60	< 0,001 ¹⁾	33,52 ± 1,25	38,09 ± 1,87	0,025 ¹⁾	33,91 ± 1,03	38,55 ± 1,33	0,009 ¹⁾
	21	62,81 ± 1,05	66,71 ± 1,20	0,008 ¹⁾	33,52 ± 1,23	34,64 ± 1,34	0,039 ¹⁾	30,36 ± 1,05	33,71 ± 1,52	0,018 ¹⁾
Le.g.406	0	54,08 ± 3,55	54,72 ± 1,66	0,789	34,37 ± 2,09	37,71 ± 2,02	0,117	34,95 ± 1,43	39,21 ± 1,36	0,020 ¹⁾
	7	61,02 ± 1,70	64,38 ± 2,79	0,151	31,18 ± 2,88	35,94 ± 1,79	0,072 ¹⁾	31,98 ± 1,70	37,11 ± 1,98	0,027 ¹⁾
	14	57,83 ± 2,13	64,85 ± 2,26	0,017 ¹⁾	34,34 ± 0,90	37,06 ± 1,41	0,048 ¹⁾	31,81 ± 1,27	35,90 ± 1,98	0,039 ¹⁾
	21	59,34 ± 4,13	64,84 ± 1,54	0,081	32,64 ± 1,25	34,91 ± 0,38	0,034 ¹⁾	30,43 ± 0,05	34,05 ± 0,80	0,002 ¹⁾
Kontroll	0	59,19 ± 0,74	59,51 ± 1,18	0,711	33,21 ± 0,50	36,59 ± 0,93	0,005 ¹⁾	33,99 ± 0,42	38,99 ± 1,14	0,002 ¹⁾
	7	61,08 ± 3,19	61,14 ± 2,52	0,982	33,36 ± 0,48	38,90 ± 1,56	0,005 ¹⁾	34,25 ± 0,45	40,66 ± 1,96	0,005 ¹⁾
	14	60,81 ± 2,14	65,59 ± 1,46	0,033 ¹⁾	34,00 ± 1,42	36,84 ± 1,69	0,090	34,23 ± 0,82	37,07 ± 1,41	0,030 ¹⁾
	21	61,60 ± 2,09	64,13 ± 2,51	0,512	33,56 ± 2,30	36,71 ± 1,32	0,109	31,26 ± 1,79	34,98 ± 0,78	0,056

¹⁾ Signifikant forskjell (p < 0,05)

Vedlegg 9.16 Eksempel på utseende av vakuumpakket lakseprøve med absorbent



Figur 9f: Bildemontasje av lakseprøver etter vakuumpakking med absorbent, der absorbenten har absorbert væske og synlige teksturforandringer som resultat av inokuleringsforsøket.

