

Pre rigor produksjon av røykt laks

Effekter av pakkemetoder, lagringstemperatur og lagringstid på kvalitetsegenskapene farge, carotenoidinnhold og harskning

Sveinung Birkeland og Leif Akse



Rapport

ISBN: 978-82-7251-770-9 (trykt) ISBN: 978-82-7251-771-6 (pdf)	Rapportnr: 17/2010	Tilgjengelighet: Åpen
--	-----------------------	---------------------------------

<i>Tittel:</i> Pre rigor produksjon av røykt laks Effekter av pakkemetoder, lagringstemperatur og lagringstid på kvalitetsegenskapene farge, carotenoidinnhold og harskning		<i>Dato:</i> 26.03.2010
<i>Forfatter(e):</i> Sveinung Birkeland og Leif Akse		<i>Antall sider og bilag:</i> 14
<i>Oppdragsgiver:</i> FHF-fondet / Norske Sjømatbedrifters Servicekontor (NSS)		<i>Prosjektnr.:</i>
<i>Tre stikkord:</i> Røykt laks, rigor, pakking, farge		<i>Oppdragsgivers ref.:</i> Kristin Lauritzsen
<i>Sammendrag: (maks 200 ord)</i> Denne rapporten beskriver et forsøk som skal dokumentere effekter av ulike betingelser som er gjeldende i etterkant av selve kaldrøykingsprosesseringen, d.v.s. pakkemetode, lagringstemperatur og lagringstid, på kvalitetsegenskaper som muskelfarge, carotenoidinnhold, harskning, sensorikk og væskeslipp i porsjoner av røykt laks som har pre-rigor status ved start prosessering. Bruk av MA-pakking, lagring ved lav temperatur og kort lagringstid fører til at drypptapet reduseres sammenlignet med bruk av vakuumpakking, høyere lagringstemperatur og økt lagringstid. MAP fører også til at de røykte porsjonene fremstår som noe mer lyse (L*), røde (a*) og gule (b*) sammenlignet med bruk av vakuum. Fargetonen (h*), som ofte regnes som et mål på den fargen som man visuelt oppfatter, var ikke forskjellig mellom de ulikt pakke de produktene. Økende lagringstid førte til at porsjonene ble mer lyse (L*) og mindre gule (b* og h*). Pakking av røykte porsjoner i vakuum førte til et lavere innslag av harsksmak og harsklukt sammenlignet med bruk av MAP, samt at MAP fører til at porsjonene fremstår å ha en mindre homogen fargefordeling. Det ble funne lite effekter av de undersøkte designfaktorene på innholdet (mg/kg tørrstoff) av astaxanthin og total carotenoid i de røykte porsjonene, men økende lagringstid fra 34 til 52 dager førte til en signifikant nedgang i innholdet av astaxanthin. Det ble også funnet at væskeslippen under lagring av porsjonene stort sett består av fett og at det inneholder til dels store mengder astaxanthin (opp til 2.0 mg/kg). Dette tapet av astaxanthin fra muskelen kan være med på å endre fargeegenskapene til de røykte porsjonene under lagring.		

Innhold

1	Innledning	1
1.1	Bakgrunn.....	1
1.2	Formål med forsøket.....	1
2	Eksperimentelt.....	2
2.1	Råstoff.....	2
2.2	Filetering	2
2.3	Injeksjonssalting.....	2
2.4	Kaldrøyking	2
2.5	Porsjonering og pakking.....	2
2.5.1	Vakuumpakking.....	2
2.5.2	Modifisert atmosfærepakking (MAP)	3
2.6	Lagringsbetingelser.....	3
2.7	Målinger, analyser og prøveuttak.....	3
2.7.1	Drypptap/væskeslipp under lagring.....	3
2.7.2	Saltinnhold.....	3
2.7.3	Tørrstoff, fett og protein	3
2.7.4	Protein essay og SDS-PAGE	4
2.7.5	Konsentrasjon av astaxanthin og totalt pigment.....	4
2.7.6	Fargemåling (Digital Photo Imaging).....	4
2.7.7	Sensorisk vurdering.....	4
2.7.8	Forsøksoppsett.....	5
3	Resultater.....	6
3.1	Råstoffets kjemiske sammensetning, innhold av carotenoider	6
3.2	Head-space gassammensetning.....	6
3.3	Drypptap/væskeslipp.....	6
3.4	Fargeegenskaper i røykte fileter	7
3.5	Sensoriske egenskaper.....	8
3.6	Undersøkelse av væskeslipppet under lagring	10
3.7	Effekt av designfaktorene på innholdet av carotenoider i porsjonene.....	11
4	Oppsummering.....	13
5	Referanser.....	14

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Salting og røyking av laksefisk gjennomføres vanligvis post-rigor (3-5 dager etter slakting). I de senere årene er det imidlertid blitt mulig å prosessere laksefisk pre-rigor, da redusert slaktestress og nye slaktemetoder har medført at inntreden av rigor mortis kan kontrolleres bedre og kommer på et senere tidspunkt.

Egnetheten av pre-rigor filet til salting og etterfølgende røyking har blitt undersøkt i et tidligere prosjekt innenfor Handlingsplan Laks 2005-2006 (FHF), der det ble konkludert med at pre rigor produksjon av røykt laks er fullt mulig ved bruk av egnet teknologi og tilpassede prosessprotokoller. Som en videreføring av dette er det i det forsøket som rapporteres her undersøkt hvordan ulike pakkemetoder (vakuum og modifisert atmosfærepakking, MAP), lagringstemperaturer (4 og -0.5°C) og lagringstid (34 og 52 dager) påvirker spesifikke kvalitetsegenskaper i porsjoner fra kaldrøykt laks, filetert, saltet og røykt pre-rigor. Kunnskap generert i dette prosjektet bidrar til å optimalisere prosessbetingelsene ved pre-rigor produksjon av røykelaks.

På bakgrunn av blandede erfaringer med kjemiske analyser av oksidasjon/harskning i røykte fileter i et tidligere forsøk i dette prosjektet, ble det valgt å bruke sensorikk for å undersøke grad av harskning i de ulike produktene. Bruk av sensorikk som metode for å avdekke harskning anses som en velegnet metode for produktet røykt laks.

Prosjektet "Fargeegenskaper i muskel ved pre-rigor produksjon av røykt laksefilet" startet i 2008 og videreføres ut 2010. Prosjektet er finansiert av Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF), der det har prosjekt nr FHF-900076 og FHF-900420. Kristin Lauritzsen hos Norske Sjømatbedrifters Landsforening (NSL) er prosjektleder på vegne av FHF. Forskningsarbeidet i prosjektet blir utført av Nofima Norconserv AS og Nofima Marin AS, med Sveinung Birkeland, Nofima Norconserv AS som hovedansvarlig hos Nofima.

1.2 Formål med forsøket

Forsøket skal dokumentere effekter av ulike betingelser som er gjeldende i etterkant av selve prosesseringen, d.v.s. pakkemetode, lagringstemperatur og lagringstid, på kvalitetsegenskaper som muskelfarge, carotenoidinnhold, oksidasjonsstatus, sensorikk og væskeslipp i porsjoner av røykt laks som har pre-rigor status ved start prosessering.

2 Eksperimentelt

2.1 Råstoff

Laks (3-4 kg) ble tatt ut ved et lokalt slakteri, og transportert som sløyd fisk på is til Nofima Norconserv AS. Hver fisk ble vurdert individuelt mht. rigor mortis/stivhet før forsøket, og fisk med merkbar begynnende stiv muskulatur ble sortert ut fra forsøksgruppen.

2.2 Filetering

Fisken ble maskinelt filetert (Carnitech Filletmachine, Carnitec AS, Støvring, Danmark) og manuelt trimmet umiddelbart etter ankomst Nofima (<6 timer etter slakt; pre-rigor).

2.3 Injeksjonssalting

Filetene ble injeksjonssaltet (25 % saltlake, ca. 10-12°C) i *pre-rigor* tilstand med en Guenther Brine Injector ved bruk av et injeksjonstrykk på 1.5 bar og en nålehastighet på 30 slag/min (0.4 L lake/nåleslag). Filetene ble kjørt en gang gjennom injektoren (standard nåletetthet).

2.4 Kaldrøyking

Filetene ble kaldrøykt i en Bastramat C1500 røykeovn med MC700 mikroprosessorstyring og Bastra FR 100 røykgenerator (Bayha Strackbein GmbH, Arnsberg, Tyskland) og Reho Räucher Gold HBK 750/2000 (J. Rettenmaier & Söhne GmbH, Rosenberg, Tyskland) flis fuktet med 2 dl vann/kg ble brukt som røykkilde.

Røykeprogrammet som ble brukt inneholdt 6 tørke- og 5 røykesekvenser, der prosessen starter med en 30 min tørkesekvens, etterfulgt av 5 alternerende røyke- og tørkesekvenser a henholdsvis 45 og 15 minutter. Total prosessetid er 330 minutter og gjennomsnittlig prosessetemperatur var; 21.0 ± 1.5 °C. Lufthastigheten var 0.4-0.8 m/s og relativ fuktighet på 75-83 %.

2.5 Porsjonering og pakking

Etter røyking ble filetene porsjonert i biter a ca. 150 g (151.9 ± 4.1 g, n=80) og pakket i vakuum eller modifisert atmosfære (MA).

2.5.1 Vakuumpakking

Porsjonene ble vakuumpakket (Webomatic Supermax C, Webomatic Packaging Systems, Bochum, Tyskland) ved 99 % vakuum (Poser: PA/PE 90 μ), før videre kjølelagring i 35 og 53 dager.

2.5.2 Modifisert atmosfærepakking (MAP)

Porsjonene ble pakket i modifisert atmosfære på en semiautomatisk pakkemaskin (Dyno VGA 462, Polimoon, Kristiansand, Norge) i HDPE skåler (415 ml). Atmosfæren ble evakuert (97 % vakuum) og deretter flushet med den aktuelle gassmiksen (48.4 ± 0.3 % CO₂, 51.4 ± 0.3 % N₂, AGA, Linde Gas, Stavanger, Norge) før forsegling med overfilmen (15 µm OPA / 70µm LMDPE, Polimoon, Kristiansand, Norge). Forholdet mellom gass og produkt i pakkene var; 1.8.

2.6 Lagringsbetingelser

De pakkede porsjonene ble lagret mørkt i forhåndsinnstilte kjøleskap på 4.3 ± 0.4 °C eller -0.6 ± 0.3 °C.

2.7 Målinger, analyser og prøveuttak

Analysene som ble utført var saltinnhold (%), tørrstoff (%), fett (%), total protein, protein gelelektroforese og konsentrasjon av astaxanthin og total carotenoider, i tillegg til instrumentell overflatefarge (Digital Photo Imaging), gravimetrisk registrering av væskeslipp og sensorisk vurdering.

2.7.1 Drypptap/væskeslipp under lagring

Væskeslipppet under lagring ble bestemt ved at pakkene ble åpnet, og porsjonene tørket med egnet tørke/trekkpapi før de ble veid. Differansen mellom vekt av stykket ved pakking og vekt av stykket etter lagring representerer det absolutte væskeslipppet (g). Veskeslipppet oppgis som % av innveid vekt ved pakketidspunktet.

2.7.2 Saltinnhold

Prøvene (ca. 1 g) ble tilsatt deionisert vann (30 ml), homogenisert (9500 omdr/min, 54 s) med en Ultra-Turrax og deretter kokt (100°C, 10 min). Etter koking ble prøvene avkjølt, og fortynnet i en volumetrisk flaske (100 ml). Innholdet av salt (NaCl) ble bestemt etter filtrering på en Chloride Analyzer (Model 926, Sherwood Scientific Ltd).

2.7.3 Tørrstoff, fett og protein

Homogenisert prøve (ca. 2.5 g) ble tørket (105 °C, 24 timer) til stabil vekt, og tørrstoffinnholdet bestemt gravimetrisk (ISO 6496 1983).

Fett i prøvene ble ekstrahert sammen med carotenoidene, og totalt innhold kvantifisert etter en modifisert metode av Bligh og Dyer (1959).

Nitrogeninnholdet ble bestemt med en Tecator Kjelttec system (Model 2020 Digestor, 1026 Distilling unit, Tecator, Sweden). Proteininnholdet ble utregnet fra bestemmelsen av nitrogen ved å bruke formelen: % protein = % nitrogen*6.25.

2.7.4 Protein essay og SDS-PAGE

1 ml av drypptapet fra porsjonene etter 52 dagers lagring pipetteres ut, og tilsettes 1 ml destillert vann. Prøvene ristes kraftig på whirlmikser (1 min) før henstand (1 min) og sentrifugering (10 min, 3000 rpm). Vannfasen (WF) skilles fra og måles spektrofotometrisk (750 nm, Synergy2 multiplateleser, BioTek Instruments Inc., USA) ved bruk av Bio-Rad DC Protein assay (Bio-Rad, Ivry-sur-Seine, Frankrike) som er basert på Lowry et al. 1951 med Bovine Serum Albumine (BSA) standardkurve (25-500 µg/ml).

15 µl av WF blandes med 15 µl prøvebuffer tilsatt 2ME og denatureres (3 min, 85°C) før applisering på en kommersiell gradient elektroforese gel (4-20 % Mini-protean TGX, Bio-Rad, Ivry-sur-Seine, Frankrike) sammen med molekylvekt standard (10-250 kDa, BioLabs, New England, USA). Gelen ble kjørt ved 200 V, konstant strøm i ca. 1 time. Gelen ble fiksert (30 min) i fikseringsbuffer (40 % metanol, 10 % eddiksyre), og innfarget med Comassie-blue (0.1 %) over natt, og avfarget med 10 % eddiksyre før avbildning med Syngene fotoboks med GeneTools software (Syngene, Cambridge, UK).

2.7.5 Konsentrasjon av astaxanthin og totalt pigment

Carotenoidene, astaxanthin, idoxanthin og lutein, i homogeniserte prøver (ca. 1 g) ble ekstrahert etter en modifisert metode av Bligh og Dyer (1959). Analysene ble utført på en Luna 5µ CN 100A, 250* 4.6 mm, Phenomenex®, USA, HPLC kolonne. Carotenoidene ble detektert ved 470 nm med heksan:acetone (80:20) som mobilfase (isokratisk, flow 1.5 ml/min). Standard 3',4'-*cis* and 3',4'-*trans* isomerer av idoxanthin ble laget ved reduksjon av astaxanthin med NaBH₄ i absolutt etanol (15 min). Reaksjonen ble stoppet ved å tilsette mettet saltlake og ekstrahert med metylenklorid. Astaxanthin, idoxanthin og lutein ble kvantifisert ved responsfaktorer (RF-verdier) basert på standarder. Total mengde carotenoider ble bestemt fra HPLC-kromatogrammene som summen av astaxanthin, idoxanthin og lutein.

2.7.6 Fargemåling (Digital Photo Imaging)

Produktenes overflatefarge (CIE L*a*b*) ble målt ved å bruke Digital Photo Imaging fargemålingssystem (DigiEye full system, VeriVide Ltd., Leicester, UK). Filetene ble plassert i en lyskasse med standard dagslys (6400K) og fotografert med et digitalt kamera (Nikon D80, 35 mm linse, Nikon Corp., Japan). Bildene ble så analysert med DigiPix software (VeriVide Ltd., Leicester, UK) og fargen kvantifisert, der L* beskriver produktets lyshet (L* = 100 = hvit og L* = 0 = svart), a* beskriver intensiteten av farge på rød-grønn aksene (a*>0 = rød og a*<0 = grønn) og b* beskriver intensiteten av farge på gul-blå aksene (b*>0 = gul og b*<0 = blå).

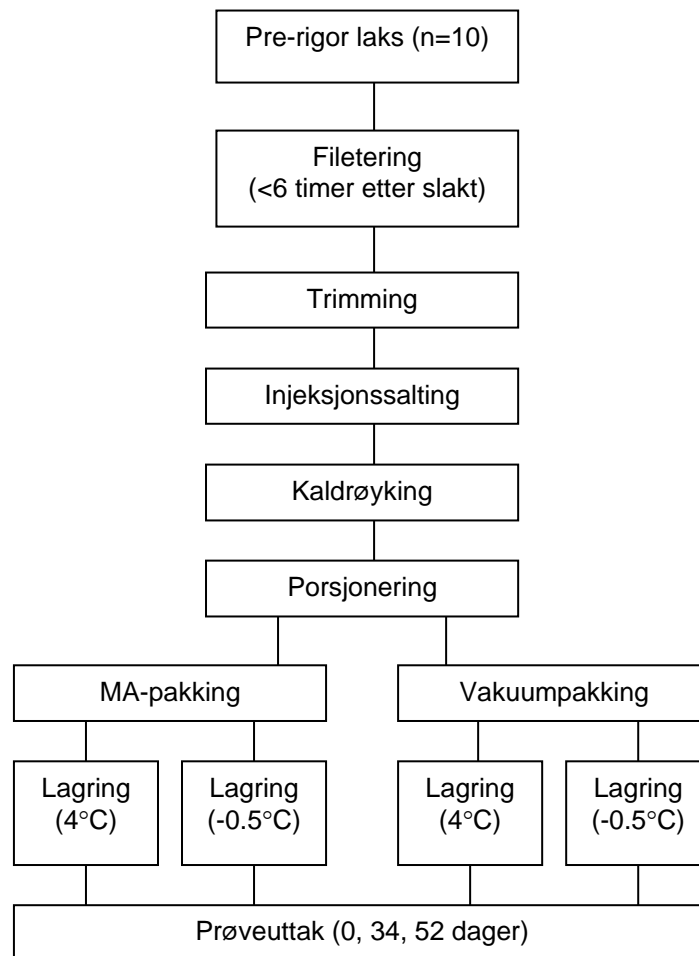
2.7.7 Sensorisk vurdering

Beskrivende sensorisk vurdering av porsjonene (terninger) ble utført med 5 trente dommere, der hver dommer vurderte de ulike produktvariantene 2 ganger. De sensoriske responsene total farge (gul-rød), homogenitet farge (ujevn-jevn), røyklukt (svak-sterk), harsklukt (ingen-mye), røyksmak (svak-sterk), saltsmak (svak-sterk) og harsksmak (ingen-mye) ble vurdert på en kontinuerlig skala fra 1 til 9 (EyeQuestion, Logic8 BV, Nederland). Før servering gjennomgikk dommerne en kalibreringsrunde for å bli enige om betydningen av de

individuelle responsene og bruk av skalaen. Vurderingen av produktene ble utført i individuelle båser på sensorikklaboratoriet i Måltidets Hus, som oppfyller internasjonale standarder for design av test rom. Prøvene ble temperert (15-16°C, 1 time) før servering, og rekkefølgen av serveringen av produktene randomisert.

2.7.8 Forsøksoppsett

Figur 1 viser flytdiagram over hvordan forsøket ble gjennomført. Etter kaldrøyking ble filetene porsjonert (150 g) og fullstendig randomisert før pakking.



Figur 1 Flytdiagram over hvordan forsøket ble gjennomført.

3 Resultater

3.1 Råstoffets kjemiske sammensetning, innhold av carotenoider

Råstoffets kjemiske sammensetning, det vil si innhold (%) av tørrstoff/vann, fett og protein i tillegg til totalt innhold (mg/kg våtvekt) av carotenoider, astaxanthin, idoxanthin og lutein, er vist i Tabell 1. Totalt innhold av carotenoider tilsvarer summen av astaxanthin+idoxanthin+lutein.

Tabell 1 Råstoffets kjemiske sammensetning og innhold av carotenoider målt i Norsk Kvalitetssnitt (NKS).

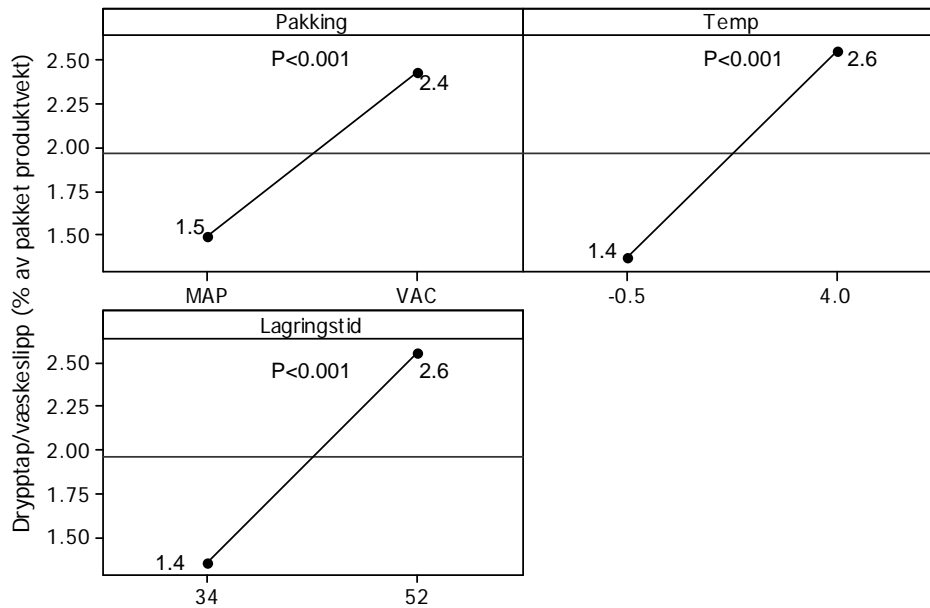
	N	Gjennomsnitt
Kjemisk sammensetning (%)		
Tørrstoffinnhold	3	36.6±0.8
Vanninnhold	3	63.4±0.8
Fettinnhold	3	17.6±0.8
Proteininnhold	3	19.8±0.1
Carotenoider (mg/kg våtvekt)		
Totalt innhold av carotenoider (mg/kg våtvekt)	3	5.3±0.7
Astaxanthin (mg/kg våtvekt)	3	4.9±0.7
Idoxanthin (mg/kg våtvekt)	3	0.09±0.01
Lutein (mg/kg våtvekt)	3	0.26±0.07

3.2 Head-space gassammensetning

Produktene som ble pakket i MA hadde en head-space gassammensetning umiddelbart etter pakking på 48.4±0.3 % CO₂, 51.4±0.3 % balanse-gass (N₂) og 0.16±0.05 % O₂. Etter 34 og 52 dagers lagring var gjennomsnittlig gassammensetning i pakkene på henholdsvis 27.5±0.5 % CO₂, 71.1±0.4 % N₂, 1.4±0.1 % O₂ og 24.0±0.7 % CO₂, 74.1±0.5 % N₂ og 2.0±0.2 % O₂, som er en normal utvikling av gassammensetningen under lagring.

3.3 Drypptap/væskeslipp

Det ble funnet signifikante hovedeffekter (n=40) av designfaktorene pakkemetode, lagringstemperatur og lagringstid på drypptap/væskeslipp fra porsjonene (Tabell 1). Ved å pakke de røykte produktene i modifisert atmosfære (1.5±1.1 %) oppnår man et signifikant lavere (P<0.001) drypptap sammenlignet med å pakke i vakuum (2.4±1.3 %). En lavere temperatur under lagring (1.4±0.9 %) fører til et signifikant lavere (P<0.001) drypptap enn lagring ved høyere temperatur (2.6±1.4 %) samt at økt lagringstid fører til en signifikant økning (P<0.001) i drypptapet (1.4±1.1 % vs. 2.6±1.3 %). Gjennomsnittlig saltinnhold i de røykte porsjonene var 2.4±0.2 % (n=24).



Figur 2 Hovedeffekter av designfaktorene pakkemetode, lagringstemperatur og lagringstid på drypptap/væskeslipp (% av pakket produktvekt) i porsjoner av røykt laks. Hovedeffektene ble bestemt ved ANOVA, General Linear Modelling (GLM). Gjennomsnittene ble rangert med Tukeys Pairwise Comparison Test.

3.4 Fargeegenskaper i røykte fileter

Umiddelbart etter røyking, før pakking, var gjennomsnittlig fargeegenskaper i filetene (NQC) som følger; $L=53\pm 0.6$, $a^*=29.8\pm 0.7$, $b^*=30.4\pm 0.8$ og $h^*=45.6\pm 0.6$. Fargeegenskapene i røykte porsjoner, som funksjon av pakkemetode, lagringstemperatur og lagringstid er vist i Tabell 2. I forhold til fargeegenskapene umiddelbart etter røyking, så har de røykte, pakke og lagrede porsjoner generelt sett blitt noe lysere (L^*), litt mindre røde (a^*) og gule (b^*) mens fargetone (h^*) har endret seg lite.

Pakkemetode påvirker de røykte porsjonenes fargeegenskaper (Tabell 2), der MA-pakking fører til at porsjonene blir signifikant ($P=0.001$) mer lyse (ca. 2 fargeenheter), mer røde (ca. 1 fargeenhet) og mer gule (ca. 1.5 fargeenheter) sammenlignet med vakuumpakking. Porsjonenes fargetone (h^*) påvirkes ikke signifikant av den anvendte pakkemetoden.

Det ble ikke observert noen signifikante effekter av lagringstemperatur (-0.5°C vs. 4°C) på de undersøkte fargeegenskapene i de røykte porsjonene.

Økende lagringstid, fra 34 til 52 dager, fører til at de røykte porsjonene blir signifikant lysere (ca 1 fargeenhet, $P=0.034$), mindre gule (ca. 1 fargeenhet, $P=0.008$) og har en signifikant lavere fargetone (ca. 1 fargeenhet, $P<0.001$).

Tabell 2 Effekt av pakkemetode, lagringstemperatur og lagringstid på fargeegenskapene i porsjoner av røykt laks. Gjennomsnitt ± standardavvik (n=40) er vist i tabellen¹.

	L*	a*	b*	h*
Pakkemetode (n=40)				
MAP	48.2±1.9	28.1±1.7	28.9±1.3	45.8±1.1
Vakuum	45.8±1.3	26.8±1.7	27.3±1.9	45.5±1.2
<i>P-verdi</i>	0.001	0.001	<0.001	0.206
Lagringstemperatur (n=40)				
-0.5°C	47.3±2.1	27.6±1.8	28.3±1.7	45.8±1.1
4°C	46.7±1.9	27.3±1.9	27.9±1.9	45.6±1.2
<i>P-verdi</i>	0.084	0.444	0.236	0.552
Lagringstid (n=40)				
34 dager	46.6±1.0	27.4±1.6	28.6±1.4	46.2±0.9
52 dager	47.3±2.6	27.5±2.0	27.6±2.0	45.2±1.1
<i>P-verdi</i>	0.034	0.859	0.008	<0.001

¹Gjennomsnittene ble rangert med balansert variansanalyse (Balanced ANOVA).

3.5 Sensoriske egenskaper

Sensorisk vurdering av stykningsdeler av de røykte porsjonene ble gjennomført for i hovedsak å avdekke effekter av designfaktorene på grad av harskning (lukt og smak) og forskjeller i fargeegenskaper (fargetone og homogenitet av farge), men også andre grunnleggende lukt og smaksegenskaper ble undersøkt (Tabell 3). Pakkemetode hadde signifikant effekt på egenskapene total farge, homogenitet av farge og responsene som beskriver grad av harskning/oksidasjon; harsklukt og harsksmak. Bruk av MA-pakking førte til at porsjonene hadde en signifikant mindre ($P=0.034$) rød farge (0.4 score-enheter), hadde signifikant mer ($P=0.003$) ujevn fordeling av farge (0.9 score-enheter), hadde signifikant høyere ($P<0.001$) intensitet av harsklukt (0.7 score enheter) og signifikant høyere ($P=0.006$) intensitet av harsksmak (0.7 score-enheter) sammenlignet med bruk av vakuumpakking. Årsaken til det avvikende resultatet m.h.t. rødfarge ved bruk av sensorikk i forhold til digital billedbehandling er at sistnevnte bestemmer fargen i overflaten mens sensorikk vurderer i hovedsak snittflate i mindre terninger fra porsjonene. Med tanke på at den sensoriske skalaen går fra 1-9, der karakteren 1 tilsvarer "ingen harsklukt/ingen harsksmak", og den gjennomsnittlige sensoriske scoren for harsklukt og harsksmak ligger i området 1.2 til 2.2, viser dette at alle de undersøkte porsjonene var lite utsatt for oksidasjon/harskning gjennom forsøket. Lagringstemperatur (-0.5 vs. 4°C) og lagringstid (34 vs. 52 dager) hadde ingen signifikant effekt på de undersøkte sensoriske egenskapene.

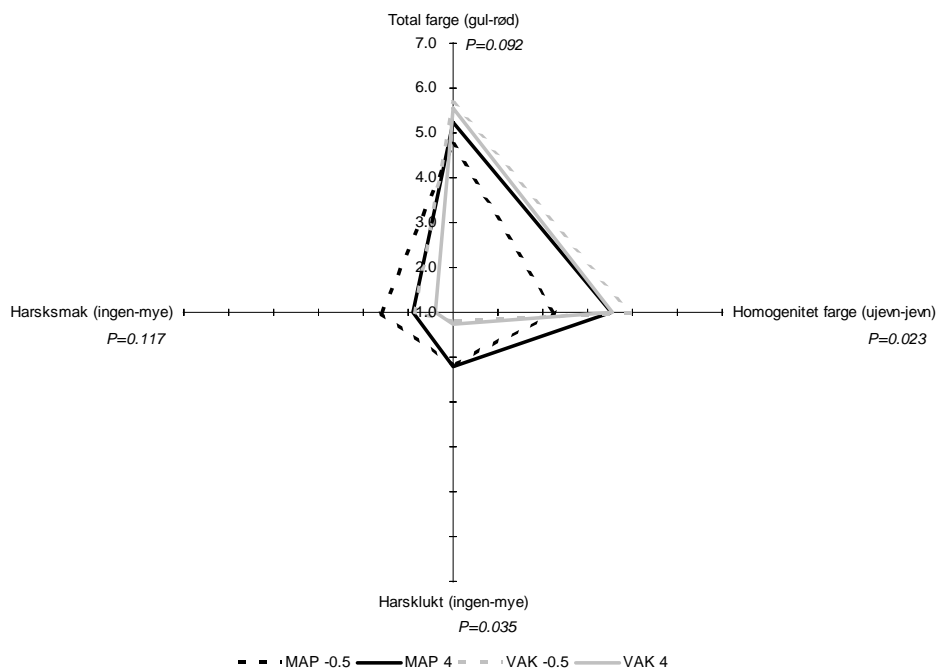
Tabell 3 Effekter av pakkemetode (MAP vs. vakuum), lagringstemperatur (-0.5 °C vs. 1°C) og lagringstid (32 og 52 dager) på sensoriske egenskaper i røykt laks. Gjennomsnitt ± standardavvik (n=20) er vist i tabellen¹.

	Total farge (gul-rød)	Homogenitet farge (ujevn-jevn)	Røyklukt (svak-sterk)	Harsklukt (ingen-mye)	Røyksmak (svak-sterk)	Saltsmak (svak-sterk)	Harsksmak (ingen-mye)
Pakkemetode							
MAP	5.2±0.6	4.0±0.9	6.6±0.9	1.9±0.8	5.4±1.2	4.2±0.8	2.2±0.9
Vakuum	5.6±0.6	5.1±1.2	6.8±0.6	1.2±0.3	5.7±0.8	4.2±1.0	1.5±0.7
<i>P-verdi</i>	0.034	0.003	0.367	<0.001	0.296	0.838	0.006
Lagringstemperatur (C°)							
-0.5	5.3±0.7	4.3±1.4	6.8±0.9	1.5±0.7	5.4±1.2	4.1±0.9	1.9±0.9
4	5.6±0.6	4.8±0.9	6.7±0.7	1.6±0.6	5.7±0.8	4.3±0.9	1.8±0.8
<i>P-verdi</i>	0.075	0.102	0.762	0.444	0.476	0.563	0.622
Lagringstid (dager)							
34	5.6±0.6	4.8±1.3	6.7±0.7	1.4±0.5	5.5±0.8	4.3±0.8	1.7±0.8
52	5.3±0.6	4.3±1.0	6.8±0.8	1.7±0.8	5.6±1.2	4.1±1.0	1.9±0.8
<i>P-verdi</i>	0.127	0.161	0.601	0.089	0.933	0.670	0.386

¹Gjennomsnittene ble rangert med balansert variansanalyse (Balanced ANOVA).

Videre undersøkelser av de sensoriske responsene, som kom ut som signifikante etter variansanalysen (Tabell 3), på protokollnivå (MAP -0.5°C, MAP 4°C, VAK -0.5°C og VAK 4°C) etter 52 dagers lagring er vist i Figur 3. Det var signifikante forskjeller i responsene homogenitet farge og harsklukt mellom de ulike protokollene. Protokollen MAP -0.5°C hadde signifikant (P=0.023) mindre homogen farge sammenlignet med de tre andre protokollene. De to protokollene hvor MA-pakking ble anvendt som pakkemetode (MAP -0.5°C og MAP 4°C) hadde en signifikant (P=0.035) høyere innslag av harsklukt sammenlignet med protokollene der vakuum ble anvendt som pakkemetode (VAK -0.5°C og VAK 4°C, sensorisk score; 1.2). Et tilsvarende mønster ble observert etter 34 dagers lagring.

Det ble funnet en signifikant sammenheng/korrelasjon mellom den sensoriske responsen som beskriver total farge av porsjonene og responsen som beskriver harsksmak, der korrelasjonskoeffisienten (Pearsons) var -0.575 og P=0.008. Dette indikerer at det er en sammenheng mellom porsjonenes farge og grad av harsk smak, der økende score for harsk smak sammenfaller med redusert score for total farge (dvs. mindre rød farge).



Figur 3 Sensorisk vurdering av sensoriske responser som beskriver farge og harskning i porsjoner av røykt laks fra de 4 ulike protokollene (MAP -0.5°C, MAP 4°C, VAK -0.5°C og VAK 4°C).

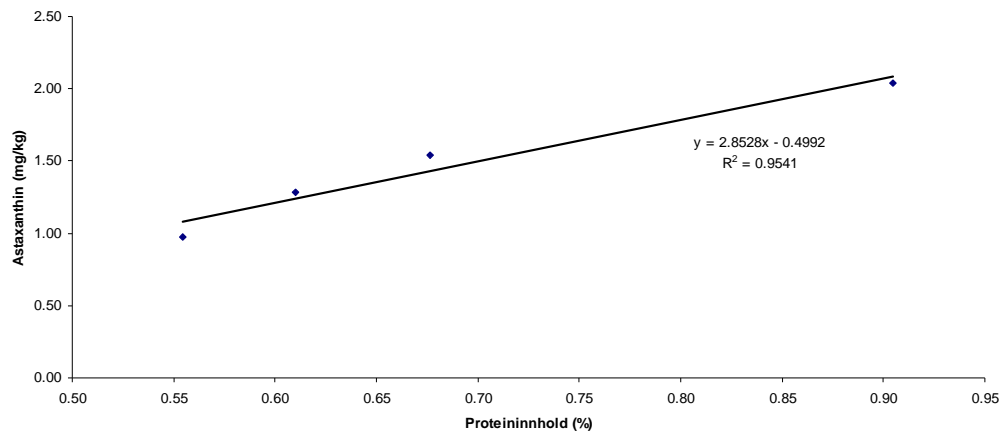
3.6 Undersøkelse av væskeslippet under lagring

Etter 52 dagers lagring, ble væskeslippet i pakningene (MAP og vakuum) samlet opp som samleprøver fra de ulike protokollene, og analysert for tørrstoff-, fett- og proteininnhold (%) i tillegg til konsentrasjon av astaxanthin (mg/kg) (Tabell 4). Resultatene viser at avrenningen ikke inneholder vann (100 % tørrstoff) og at hovedandelen av tørrstoffet er fett (ca. 89-99 %). En liten fraksjon (0.6-0.9 %) av totalt protein ble også funnet i væskeslippet. Den manglende andelen som varierer fra 0.5-10 % i massebalansen fett + protein = tørrstoff kan være forårsaket av en viss måleusikkerhet i analysemetodene samt bestående av en askefraksjon som ikke ble målt. Det ble funnet relativt høye konsentrasjoner av astaxanthin (1.0-2.0 mg/kg) i avrenningsvæsken, som delvis kan være med på å forklare de observerte endringene i farge under lagring av porsjonene.

Tabell 4 Innhold av tørrstoff, fett, protein (%) og astaxanthin (mg/kg) i væskeslippet etter 52 dagers lagring av porsjonene fra de ulike protokollene.

Protokoll	Tørrstoffinnhold (%)	Fettinnhold (%)	Proteininnhold (%)	Astaxanthin (mg/kg)
MAP -0.5°C	100	89	0.61	1.3
MAP 4°C	100	92	0.55	1.0
VAK -0.5°C	100	99	0.68	1.5
VAK 4°C	100	92	0.90	2.0

Hvis man plotter innholdet av protein mot innholdet av astaxanthin i væskeslippet, ser man at det er en klar lineær sammenheng ($R^2=0.95$) mellom disse verdiene (Figur 4).



Figur 4 Sammenheng mellom proteininnholdet (%) og innholdet av astaxanthin (mg/kg) i væskeslippet fra røykte porsjoner etter 52 dagers lagring.

Ved bruk av SDS-PAGE ble det funnet indikasjoner på at væskeslippet fra prøvene pakket i vakuum inneholder proteinene myosin, aktin og tropomyosin mens dette ikke ble funnet i prøvene som var pakket i MA.

3.7 Effekt av designfaktorene på innholdet av carotenoider i porsjonene

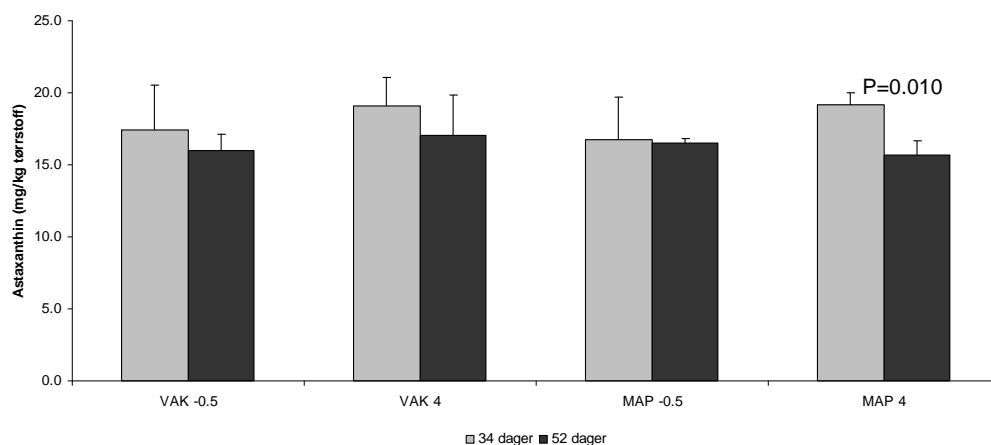
Effekten av designfaktorene på innholdet av total carotenoid (astaxanthin+idoxanthin+lutein) og astaxanthin (mg/kg tørrstoff) i de røykte porsjonene er vist i Tabell 5. Det var ingen signifikant effekt av anvendt pakkemetode (MAP vs. vakuum) eller lagringstemperatur (-0.5°C vs. 4°C) på innholdet av astaxanthin eller total carotenoid (mg/kg tørrstoff). Økende lagringstid, fra 34 dager til 52 dager fører til en signifikant nedgang ($P=0.035$) i innholdet av astaxanthin og en trend ($P=0.066$) til en nedgang i innholdet av total carotenoid. Det var ingen signifikant effekt av designfaktorene på innholdet (mg/kg tørrvekt) av idoxanthin og lutein (data ikke vist).

Tabell 5 Hovedeffekter¹ av designfaktorene pakkemetode, lagringstemperatur og lagringstid på innholdet av total carotenoid (astaxanthin+idoxanthin+lutein) og astaxanthin (mg/kg tørrstoff) i røykte porsjoner av laks.

	mg/kg tørrstoff	
	Total carotenoid	Astaxanthin
Pakkemetode		
MAP	18.4±0.6	17.0±0.6
Vakuum	18.7±0.6	17.4±0.6
<i>P-verdi</i>	0.690	0.650
Lagringstemperatur (°C)		
-0.5	18.0±0.6	16.7±0.6
4	19.1±0.6	17.8±0.6
<i>P-verdi</i>	0.188	0.187
Lagringstid (dager)		
34	19.3±0.6	18.1±0.6
52	17.7±0.6	16.3±0.6
<i>P-verdi</i>	0.066	0.035

¹ANOVA, General Linear Modelling (GLM). Gjennomsnittene ble rangert med Tukeys Pairwise Comparison Test.

Ved å undersøke de ulike protokollene individuelt (MAP -0.5°C, MAP 4°C, VAK -0.5°C og VAK 4°C) kan man finne forskjeller i innholdet av astaxanthin mellom protokollene og effekten av lagringstid for hver protokoll. Dette er vist i Figur 5. Det var ingen signifikante forskjeller ($P=0.240-0.898$) i innholdet av astaxanthin (mg/kg tørrstoff) mellom de ulike protokollene inne hver lagringstid. For protokollen MAP 4°C ble det observert en signifikant nedgang ($P=0.010$) i innholdet av astaxanthin fra 34 til 52 dagers lagring, ellers var det ingen signifikante forskjeller mellom 34 og 52 dagers lagring for de øvrige protokollene.



Figur 5 Innhold av astaxanthin (mg/kg tørrstoff) i de ulike prosessprotokollene ved ulik lagringstid (34 og 52 dager). Gjennomsnittene ble rangert med Tukeys Pairwise Comparison Test (enveis-ANOVA).

4 Oppsummering

Væskeslipp/drypptap under lagring av de røykte porsjonene ble påvirket av hvilken pakkemetode som brukes, lagringstemperaturen og lagringstiden. MA-pakking fører til et lavere drypptap sammenlignet med vakuum, lavere lagringstemperatur fører til et lavere drypptap sammenlignet med høyere temperatur, og økende lagringstid fører til et økende drypptap.

Porsjonenes overflatefarge ble påvirket av hvilken pakkemetode som ble brukt, samt at fargen endret seg ved økende lagringstid. Ved bruk av MAP ble det funnet at de røykte porsjonene fremstår som noe mer lyse (L^*), røde (a^*) og gule (b^*) sammenlignet med bruk av vakuum. Fargetonen (h^*), som ofte regnes som et mål på den fargen som man visuelt oppfatter, var ikke forskjellig mellom de ulikt pakke de produktene. Lagringstemperatur påvirket ikke porsjonenes overflatefarge. Økende lagringstid førte til at porsjonene ble mer lyse (L^*) og mindre gule (b^* og h^*).

Den sensoriske vurderingen av porsjonene avslørte at bruk av MAP førte til at fargefordelingen/homogeniteten av farge ble redusert sammenlignet med bruk av vakuumpakking, samt at porsjoner pakket i vakuum ble bedømt å være noe rødere sammenlignet med MA-pakke de porsjoner. Årsaken til det avvikende resultatet m.h.t. rødfarge ved bruk av sensorikk i forhold til digital billedbehandling er at sistnevnte bestemmer fargen i overflaten mens sensorikk vurderer i hovedsak snittflate i mindre terninger fra porsjonene. Bruk av MAP førte til et høyere innslag av harsksmak og harsklukt sammenlignet med bruk av vakuum, mens de undersøkte lagringstemperaturer og lagringstider ikke ble funnet å gi signifikante forskjeller på responsene som beskriver harskhet. Her er det viktig å understreke at alle produktene ble vurdert å ha lite innslag av harskhet (lav score) og var av relativt god kvalitet.

Det ble funne lite effekter av de undersøkte designfaktorene på innholdet (mg/kg tørrstoff) av astaxanthin og total carotenoid i de røykte porsjonene, men økende lagringstid fra 34 til 52 dager førte til en signifikant nedgang i innholdet av astaxanthin. Det ble også funnet at væskeslippen under lagring av porsjonene stort sett består av fett og at det inneholder til dels store mengder astaxanthin (opp til 2.0 mg/kg). Dette tapet av astaxanthin fra muskelen kan være med på å endre fargeegenskapene til de røykte porsjonene under lagring.

5 Referanser

Bligh, E.G. & Dyer, W.J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 3, 911-917.

ISO 6496 (1983). *Determination of Moisture and other Volatile Matter Content*. Genf, Switzerland: The International Organization for Standardization.

Lowry, O.H.; Rosenbrough, N.J.; Farr, A.L.; Randall, R.J. (1951). Protein Measurement with the Folin Phenol Reagent. *The Journal of Biological Chemistry*, 265-275.

