

## **Effekt av slaktestress, utblødningsgrad og rigor status ved saltetidspunkt på filetfarge, karotenoidinnhold, vitaminstatus og harskningsgrad i kaldrøykte laksefileter under lagring**

Sveinung Birkeland, Josefine Skaret, Stine Grimmer, Gjermund Vogt





Nofima er et næringsrettet forskningskonsern som sammen med akvakultur-, fiskeri- og matnæringen bygger kunnskap og løsninger som gir merverdi. Virksomheten er organisert i fire forretningsområder; Marin, Mat, Ingrediens og Marked, og har om lag 470 ansatte. Konsernet har hovedkontor i Tromsø og virksomhet i Ås, Stavanger, Bergen, Sunndalsøra og Averøy.

Hovedkontor Tromsø  
Muninbakken 9–13  
Postboks 6122  
NO-9291 Tromsø  
Tlf.: 77 62 90 00  
Faks: 77 62 91 00  
E-post: [nofima@nofima.no](mailto:nofima@nofima.no)

Internett: [www.nofima.no](http://www.nofima.no)

Nofima Mat arbeider med foredling av mat fra sjø og land: mat og helse, råvarekvalitet og prosessering, mattrygghet, industriell gastronomi, produktutvikling, forbrukerforskning, sensorikk og innovasjon. Vi er ca. 200 medarbeidere lokalisert på Ås og i Stavanger.

Nofima Mat skal bidra til verdiskaping, innovasjon og forbedret konkurransevne i næringsmiddelbedrifter, ved å levere fremragende forskning og rådgiving innen mat, matforedling og forbrukeradferd

Nofima Norconserv AS  
Nofima Mat  
Måltidets Hus  
Richard Johnsens gt 4  
Postboks 327  
NO-4002 Stavanger

Tlf.: 51 84 46 00  
Faks: 51 84 46 50  
E-post: [post.st@nofima.no](mailto:post.st@nofima.no)

Internett: [www.nofima.no](http://www.nofima.no)

# Rapport

 ISBN: 978-82-7251-832-4 (trykt)  
 ISBN: 978-82-7251-833-1 (pdf)

 Rapportnr:  
 46/2010

 Tilgjengelighet:  
 Åpen

<b>Tittel:</b> <b>Effekt av slaktestress, utblødningsgrad og rigor status ved saltetidspunkt på filetfarge, karotenoidinnhold, vitaminstatus og harskningsgrad i kaldrøykte laksefileter</b>	<b>Dato:</b> 20. desember 2010
<b>Forfatter(e):</b> Sveinung Birkeland <sup>1</sup> , Josefine Skaret <sup>2</sup> , Stine Grimmer <sup>2</sup> og Gjermund Vogt <sup>2</sup> <sup>1</sup> Nofima Norconserv AS <sup>2</sup> Nofima Mat Ås	<b>Antall sider og bilag:</b> 27
<b>Oppdragsgiver:</b> Fiskeri- og Havbruksnæringens Forskningsfond (FHF)	<b>Prosjektnr.:</b>  <b>Oppdragsgivers ref.:</b> Kristin Lauritzsen
<b>Tre stikkord:</b>	
<b>Sammendrag:</b> <p>Prosjektet er en videreføring av de tidligere FHF-finansierte prosjektene som omhandler bruk av pre rigor råstoff til produksjon av kaldrøykt laksefilet. Det har ikke i de tidligere prosjektene blitt fokusert på hvordan råstoffet har blitt behandlet før og under slakteprosessen, og hvilke effekter dette kan føre til mht. kvaliteten av prosesserte og røykte fileter. Faktorer å undersøke i denne sammenhengen er slaktestress og tilstedeværelsen av blod i filet før prosessering, siden disse faktorene kan ha betydning på kvalitetsparametere og oksidasjon under lagring i røykte fileter.</p> <p>På bakgrunn av dette ble det satt opp et industrielt forsøk der grupper av fisk med ulik grad av slaktestress og ulik grad av utblødning prosesseres (fileteres, saltet og røykes) enten pre eller post rigor. Effektene av disse faktorene undersøkes på filetfarge og sensorisk profil med hovedfokus å avsløre ulik grad av harskning, samt fettsyreprofil og nivåer av antatte antioksidanter som astaxanthin, E-vitamin og C-vitamin.</p> <p>Resultatene viser at de undersøkte design faktorene har minimal påvirkning på oksidasjon i de røykte produktene. Dette gjenspeiles i de lave nivåene av TBARS og sensorisk bedømt harsk smak og lukt samt de stabile nivåene av C og E vitamin i produktene. Den sensoriske profilen av røykte fileter fra de ulike produksjonsprotokollene er tilnærmet lik, og viser at de undersøkte nivåene av slaktestress, bløgging og rigor status ved saltetidspunktet har liten betydning for den sensoriske kvaliteten i røykte fileter. Røykte fileters overflatefarge (instrumentelt målt) er den responsen som synes å påvirkes mest av de undersøkte design faktorene, der det er rigor status ved saltetidspunktet som er den mest utslagsgivende faktoren for farge. Pre rigor saltede fileter har større innslag av lyshet men også høyere innslag av rødhet i filetoverflaten sammenlignet med post rigor saltede fileter. De undersøkte nivåene av slaktestress og bløgging hadde relativt liten effekt på røykte fileters instrumentelle farge. Bløgging hadde tydelig effekt på innholdet av total karotenoider i prøvene. Prøver fra ubløgget fisk hadde et lavere innhold av total karotenoider sammenlignet med prøver fra bløgget fisk. Dette indikerer at økte nivåer av blod i muskulaturen kan føre til en nedbrytning av karotenoidene i filetene under prosessering og lagring.</p>	



# Innhold

<b>1</b>	<b>Bakgrunn</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Materiale og metode</b> .....	<b>2</b>
2.1	Råstoff og uttak av fisk ved kommersielt slakteri .....	2
2.2	Sløyning og filetering.....	3
2.3	Salting .....	3
2.4	Kaldrøyking .....	3
2.5	Vakuumpakking.....	3
2.6	Målinger og analyser.....	4
2.6.1	pH måling .....	4
2.6.2	Blodparametere (I-STAT målinger) .....	4
2.6.3	Lengde, vekt og kondisjonsfaktor .....	4
2.6.4	Fargemåling (Digital Photo Imaging) .....	4
2.6.5	Tørrstoff .....	4
2.6.6	Konsentrasjon av astaxanthin og total karotenoider.....	5
2.6.7	Fettsyresammensetning .....	5
2.6.8	E- og C-vitamin.....	5
2.6.9	TBARS (Thiobarbituric acid reactive substances) .....	6
2.6.10	Sensorisk bedømmelse .....	6
2.6.11	Statistikk .....	7
<b>3</b>	<b>Resultater</b> .....	<b>8</b>
3.1	Rund fisk - muskel-pH og blodparametere.....	8
3.2	Sløyd fisk – lengde, vekt og kondisjonsfaktor .....	8
3.3	Filet - pH.....	9
3.4	Overflatefarge i røykte fileter etter lagring.....	10
3.5	Karotenoider.....	15
3.6	Fettsyresammensetning.....	17
3.7	C-vitamin, E-vitamin og TBARS .....	18
3.7	Sensorisk bedømmelse.....	23
<b>4</b>	<b>Oppsummering og konklusjon</b> .....	<b>26</b>



# 1 Bakgrunn

Prosjektet er en videreføring av de tidligere FHF-finansierte prosjektene som omhandler bruk av pre rigor råstoff til produksjon av kaldrøykt laksefilet. Tidligere prosjekter har undersøkt egnetheten av pre rigor filet til produksjon av røykt laks, definert egnede prosessbetingelser og undersøkt effektene av ulike prosessbetingelser på kvalitetsegenskapene i røykte fileter, der farge og retensjon av astaxanthin har vært spesielt fokusert. Det har ikke i de tidligere prosjektene blitt fokusert på hvordan råstoffet har blitt behandlet før og under slakteprosessen, og hvilke effekter dette kan føre til mht. kvaliteten av pre rigor prosesserte og røykte fileter. Naturlige faktorer å undersøke i denne sammenhengen er pre mortem slaktestress og tilstedeværelsen av blod i filet (utblødningsgrad) før sekundærprosessering, siden disse faktorene kan antas å ha betydning på kvalitetsparametere og oksidasjon under lagring i røykte fileter.

På bakgrunn av dette ble det satt opp et industrielt forsøk der grupper av fisk med ulik grad av slaktestress og ulik grad av utblødning sekundærprosesserer (fileteres, saltet og røyket) enten pre eller post rigor. Effektene av disse faktorene undersøkes på responsene filetfarge, sensorisk profil med hovedfokus å avsløre ulik grad av harskning, samt fettsyreprofil og nivåer av antatte antioksidanter som astaxanthin, E-vitamin og C-vitamin.

Forsøkene ble gjennomført i tett samarbeid med et lakseslakteri i Rogaland, som velvillig lot personell fra Nofima bruke deres lokalteter til prøveuttak og gjennomføringen av forsøket.

Prosjektet er fullfinansiert av Fiskeri- og Havbruksnæringens Forskningsfond (FHF) der Kristin Lauritzsen (Norske Sjømatbedrifters Landsforening, NSL) har vært prosjektkoordinator. Sveinung Birkeland (Nofima Norconserv AS) har vært prosjektleder og faglig ansvarlig for prosjektet. Stine Grimmer, Gjermund Vogt og Josefine Skaret (Nofima Mat AS) har vært prosjektdeltakere, og ansvarlig for gjennomføringen av definerte deler av prosjektplanen. Nofima Norconserv AS har hatt ansvaret for det praktiske arbeidet med slakting av fisk og blodparameteranalyser, sekundærprosessering av fisken samt registrering av pH, digital bildeanalyse av fargeegenskaper, og analyser av total karotenoider, astaxanthin og isomersammensetning. Nofima Mat AS har hatt ansvaret for analyser av fettsyresammensetning, C- og E-vitamin, TBARS og sensorisk bedømmelse av produktene.

## 2 Materiale og metode

### 2.1 Råstoff og uttak av fisk ved kommersielt slakteri

Laks (n=77) ble tatt ut ved et lokalt slakteri, og transportert som rund fisk på is til Nofima Norconserv AS. Fisken ble tatt ut ved ulike steder i den kommersielle produksjonen, og ble antatt å representere to ulike forsøksgrupper av laks mht. stressnivå. Fisken ankom Nofima Norconserv AS ca. 6 timer etter avlivning.

Gruppen med antatt lavt stressnivå (L) ble tatt ut direkte fra en ventemær, der graden av trenging var så liten som praktisk mulig, og umiddelbart avlivet med et slag i hodet. Gruppen med antatt høyt stressnivå (H) ble tatt ut etter at de hadde gjennomgått høyt trengingsnivå i ventemær, pumping i vakuumpumpe (50 m) og elektrobedøving. Fisken ble avlivet med et slag i hodet etter elektrobedøving.

Fisk fra de to stressgruppene (L og H) ble deretter fordelt på to undergrupper, en gruppe som ble kommersielt utblødd i isvann (bløgget, B) og en som ikke ble utblødd i det hele tatt (ubløgget, U). Fisken ble etter bløgging (B) eller direkte etter avliving uten bløgging (U) pakket i isoporkasser med is. Disse gruppene ble igjen fordelt på to undergrupper som skulle prosesseres (fileteres og saltet) enten pre rigor (PRE) eller post rigor (POST) med etterfølgende kaldrøyking.

Forsøksoppsettet (2x2x2) blir da som følger:

<b>Design faktorer</b>	<b>Nivåer</b>
Stressnivå	Lavt, Høyt
Utblødning	Ubløgget, Bløgget
Rigor status	Pre rigor, post rigor

Dette forsøket fører til at vi har 8 forskjellige forsøksgrupper på filetnivå (Tabell 1).

*Tabell 1 Ulike behandlinger som de 8 forsøksgruppene har blitt utsatt for.*

<b>Kode forsøksgruppe</b>	<b>Stressnivå</b>	<b>Utblødning</b>	<b>Rigor status ved saltetidspunkt</b>	<b>Antall fisk (n)</b>
L-U-PRE	lavt	ubløgget	pre	10
H-U-PRE	høyt	ubløgget	pre	10
L-U-POST	lavt	ubløgget	post	9
H-U-POST	høyt	ubløgget	post	10
L-B-PRE	lavt	bløgget	pre	10
H-B-PRE	høyt	bløgget	pre	9
L-B-POST	lavt	bløgget	post	10
H-B-POST	høyt	bløgget	post	9



Responsene som analyseres i forsøket er:

- Blodparametere ( $\text{HCO}_3^-$ , glukose,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , laktat,  $\text{pCO}_2$ ,  $\text{pO}_2$ , hematokritt, pH)
- pH i muskel/filet
- Overflatefarge ( $L^*a^*b^*$ , Lyshet/rødhet/gulhet)
- Innholdet av karotenoider i muskel (astaxanthin og astaxanthin isomerer, lutein, zeaxanthin og canthaxanthin)
- Fettsyresammensetning i muskel (flerumettede fettsyrer)
- C-vitamin og E-vitamin
- TBARS
- Sensorisk bedømmelse av kvalitet (utseende/farge, lukt, smak og tekstur)

## 2.2 Sløyning og filetering

Umiddelbart etter ankomst ved Nofima Norconserv AS ble all fisken sløyd og vasket. Individene som skulle prosesseres pre rigor ble filetert maskinelt og trimmet manuelt. Fisken som skulle prosesseres post rigor ble lagret i isoporkasser med is på kjølerom i 3 dager før filetering og prosessering.

## 2.3 Salting

Filetene ble injeksjonssaltet (25 % saltlake, ca. 10-12°C) i pre- eller post-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.

## 2.4 Kaldrøyking

Røykeprogrammet som ble brukt inneholdt 5 tørke- og 4 røykesekvenser, der prosessen starter med en 60 min tørkesekvens, etterfulgt av 4 alternerende røyke- og tørkesekvenser a henholdsvis 50 og 10 minutter. Total prosesstid er 300 minutter. Gjennomsnittlig temperatur (°C) og luftfuktighet (RH%) for henholdsvis pre rigor og post rigor fileter var på  $20 \pm 2$  °C /  $83 \pm 4$  % og  $20 \pm 2$  °C /  $86 \pm 7$  %. Temperaturen under prosessering ble logget (n=10) hvert 30 s og RH % lest av hvert 15 minutt.

## 2.5 Vakuumpakking

Etter røyking ble filetene satt ved romtemperatur (ca. 15°C) i 30-45 minutter før vakuumpakking ved 99 % vakuum (Poser: PA/PE 90  $\mu$ ). Filetene ble kjølelagret i 22 dager før prøveuttak. Temperaturen ble logget (n=2) hvert 5 minutt gjennom hele lagringstiden. En logger var plassert øverst i kjøleskapet (temp =  $10 \pm 0.5$  °C) og en logger var plassert nederst i skapet (temp =  $9 \pm 0.3$  °C).

## 2.6 Målinger og analyser

### 2.6.1 pH måling

pH ble målt med et portabelt pH-meter (Mettler Toledo SevenGo pro™). På rund fisk (på anlegget) ble pH målt i nakkeregionen og på rå og røykte fileter ble pH målt i fremre del av loin.

### 2.6.2 Blodparametere (i-STAT målinger)

Etter avliving ble blod ekstrahert fra en blodåre i halen og blodet ble analysert med en i-STAT® 300 Portable Clinical Analyzer (i-STAT, Abbott, Princeton, NY, USA). Instrumentet ble brukt sammen med CG8+ and CG4+ engangskassetter. Blodet ble automatisk oppvarmet til 37°C og analysert for natrium (Na<sup>+</sup>), kalium (K<sup>+</sup>), kalsium (Ca<sup>2+</sup>), pH, hematokritt (Hct), hemoglobin (Hb), glukose (Glu), laktat (Laktat) og partialtrykket til blodgassene karbondioksid (pCO<sub>2</sub>), oksygen (pO<sub>2</sub>) og bikarbonat (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Partialtrykket til pO<sub>2</sub>, pCO<sub>2</sub> og pH ble korrigert for sjøvannstemperaturen.

### 2.6.3 Lengde, vekt og kondisjonsfaktor

Lengde (cm) og vekt (g) av råstoffet ble registrert etter sløyning. Lengde ble registrert ved å bruke et målebrett og vekt ble ved veiing på laboratorievækt. Kondisjonsfaktoren (sløyd fisk) ble beregnet etter følgende formel:

$$\text{Kondisjonsfaktor} = \frac{\text{Vekt} \cdot 100}{\text{Lengde}^3}$$

der vekt oppgis i g og lengde i cm.

### 2.6.4 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 akse (a\*>0 = rød og a\*<0 = grønn) og b\* beskriver intensiteten av farge på gul-blå akse (b\*>0 = gul og b\*<0 = blå).

### 2.6.5 Tørrstoff

Homogenisert prøve (ca. 2.5 g) ble tørket (105 °C, 24 timer) til stabil vekt, og tørrstoffinnholdet bestemt gravimetrisk (ISO 6496 1983)<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> ISO 6496:1983. Animal feeding stuffs – Determination of moisture content.

## 2.6.6 Konsentrasjon av astaxanthin og total karotenoider

Karotenoidene, astaxanthin, idoxanthin og lutein, i homogeniserte prøver (ca. 1 g) ble ekstrahert etter en modifisert metode av Bligh og Dyer (1959)<sup>2</sup>. Analysene ble utført på en Luna 5 $\mu$  CN 100A, 250\* 4.6 mm, Phenomenex®, USA, High Performance Liquid Chromatography (HPLC) kolonne. Karotenoidene ble detektert ved 470 nm med heksan:aceton (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 NaBH<sub>4</sub> 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 karotenoider ble bestemt fra HPLC-kromatogrammene som summen av astaxanthin, idoxanthin og lutein.

## 2.6.7 Fettsyresammensetning

Mengde fettsyrer i laksefilet ble utført på samme fisk som ble analysert ved sensorisk panel. Filetbitene (ryggloin) ble homogenisert og ekstrahert etter en modifisert metode av Bligh og Dyer (1959)<sup>1</sup>. Mengde homogenat var ca 0,5 gram. Fettsyrene ble derivatisert med metanolsk saltsyre før de ble analysert som fettsyremetylestere på en Agilent 6890 med flammeionisasjonsdetektor. Fettsyrene ble separert på en SGE BPX70 kolonne (60mm-0.25 mm id-0.25 micron filmtykkelse). Fettsyrene ble identifisert mot en ekstern standard (68 D, Nu Check Prep. Inc) som prosentvis fettsyresammensetning.

## 2.6.8 E- og C-vitamin

### *Vitamin E*

Filetbitene (ryggloin) ble homogenisert og ekstrahert for fri vitamin E med heptan/etylacetat, 90/10 inneholdende 40  $\mu$ g/ml BHT. Ekstraktet ble etter sentrifugering injisert på en HP 1050 LC utstyrt med en Kromasil (silica) 250 x 4,6 mm kolonne pakket med 5  $\mu$ m normal fase silica gel materiale. Vitamin E isomerer eluert med en n-heptan/ethylacetat/eddiksyregradient og detektert med en Shimadzu FR-551 fluorescence detektor. Alfa-, gamma- og delta-tokoferol ble detektert. Summen av disse tocoferolisomerene utgjør det som vi kaller total vitamin E i landdyr og fisk.

### *Vitamin C*

Vitamin C ble bestemt som total askorbat ved hjelp av HPLC. 5 gram iskaldt homogenat ble tilsatt 10 ml 6% iskald meta-fosforsyre-2mM EDTA og homogenisert i 30 sekunder. Homogenatet ble så sentrifugert ved 20.000 G og supernatanten dekantert fra. 100 mikroliter supernatant ble så tilsatt 50  $\mu$ l Trizma-TCEP og blandet før henstand i 20 minutter i mørke. Deretter ble 350  $\mu$ l OPA-EDTA tilsatt og prøven injisert på en Agilent 1100 LC system og separert som ionepar på en Chromolith revers fase (C18) kolonne og detektert med UV absorbans ved 264 nm i en Agilent Diodearray detektor. Askorbinsyremålingene baserer seg på å måle L-ascorbinsyre og dehydroascorbinsyre. Summen av disse regnes som total ascorbinsyre. Mekanistisk sett er dehydroascorbinsyre en oksidert form av ascorbinsyre men har i kroppen lik virkning som L-ascorbinsyre.

<sup>2</sup> Bligh, E.G., Dyer, W.J. 1959. A rapid method for total lipid extraction and purification. Can. J. Biochem. Physiol. 37:911-917.

### 2.6.9 TBARS (Thiobarbituric acid reactive substances)

En av de mest brukte metodene for måling av harskning i komplekse matrikser er TBARS (Thiobarbituric acid reactive substances). Metoden har vist seg å korrelere godt med den sensoriske opplevelsen av produktet. Metoden er basert på at enkelte harskningsprodukter (malonaldehyd) reagerer med tiobarbitursyre (TBA) og gir et fargeomslag. Resultatene uttrykkes som mg malonaldehyd pr kg produkt. TBARS i laksefilet ble utført på samme fisk som ble analysert ved sensorisk panel. Filetbitene (ryggloin, duplikater av hver prøve) ble homogenisert og ekstrahert for deretter bestemmelse av thiobarbitursyre reaktive komponenter. For ekstraksjon ble 10 g filet homogenisert (15 000 rpm, 30 sek, 20°C) sammen med 30 ml 7.5% vannløsning av trichloroacetic acid in en Bühler homogenisator Type H04 (7400 Tübingen, Germany). Etter filtrering ble 5 ml ekstrakt blandet med 5 ml 0.02M vannløsning av TBA, inkubert i vannbad ved 100°C i 35 min og deretter avkjølt i 10 min i kaldt vann). Absorbansen til den resulterende løsningen ble målt ved 532 nm ved bruk av Ultraspec 3000 (Pharmacia Biotech, Cambridge, U.K.) mot en blank prøve bestående av 5 ml destillert vann og 5 ml TBA reagens. Resultatene ble kalkulert ut fra en 1,1,3,3-tetraethoxypropane (TEP) basert standard kurve.

### 2.6.10 Sensorisk bedømmelse

Et panel bestående av 9 personer som er godt trent i å bedømme fisk for intensitet av forskjellige egenskaper, bedømte 96 fileter røkelaks (6 fileter fra 16 ulike grupper). Panelet ble delt i to slik at hvert panel bedømte 48 prøver (3 fileter fra hver av de 16 gruppene). Disse 16 røkelaksprøvene med forskjellig parameter ble også bedømt ved hjelp av andre objektive analysemetoder. Den sensoriske metoden som er benyttet er et beskrivende test (ISO 6564:1985E), og det sensoriske laboratoriet er akkreditert for gjennomføring av metoden. Sensorisk beskrivende test er en anerkjent, vitenskaplig målemetode hvor produkter blir målt ved hjelp av menneskets sanser, dvs beskrevet for egenskaper og intensitet av hver egenskap.

Røkelaksen ankom fersk, og ble så fryst ned direkte etter ankomst ved - 40°C for å kunne bedømme røkelaks lagret i ulik tid samtidig uten å innføre ytterligere lagringseffekter. Røkelaksen ble tint over natt på kjølerom. Ved oppskjæring ble først skinnen fjernet, så ble midtstykket på røkelaksen skåret i ca 4-5 mm tykke skiver til hver dommer. Skivene ble skåret for hånd. Dommerne fikk servert to skiver per prøve i et plastbeger (testet for fravær av lukt og smak) med lokk over. Prøvene ble servert romtemperert og randomisert for variant, dommer og gjentak.

I alt 22 sensoriske egenskaper ble benyttet og fisken ble bedømt for utseende, lukt, smak og tekstur. Egenskapene ble bedømt på en skala fra 1-9 hvor 1 er ingen intensitet og 9 er tydelig intensitet.

Egenskapene som ble bedømt var:

- lukt: syrlig, sjø, røyk, metall, harsk
- utseende (farge): fargetone, fargestyrke, hvithet
- smak: syrlig, sjø, røyk, salt, bitter, metall, harsk
- tekstur: hardhet, saftighet, mørhet, fethet, klebrighet, grovhet, astringens

### **2.6.11 Statistikk**

Data fra blodanalyser, digital fargemåling, total karotenoider og astaxanthin ble analysert med ANOVA General Linear Modelling og en-veis ANOVA (MINITAB® Version 15, Minitab Ltd., Brandon Court, Coventry, UK).

Data fra sensorisk bedømmelse ble analysert ved hjelp av flere forskjellige variansanalysemodeller. Beregningene ble gjort i SAS versjon 9.1 fra SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. I alle modellene ble dommereffekten og eventuelle samspill hvor den inngår, betraktet som tilfeldig ("random"). I dette forsøket var i tillegg dommereffekten hierarkisk ("nested") under delpanel; paneleffekten og samspill hvor den inngikk ble også betraktet som tilfeldig.

### 3 Resultater

#### 3.1 Rund fisk - muskel-pH og blodparametere

Muskel-pH og blodparameter i rund fisk (tilfeldig utvalgte fisk, pH målt i nakkeregionen) umiddelbart etter avlaving på anlegget var signifikant forskjellig ( $P < 0.001$ ) i de to overordnede gruppene "HØYT STRESSNIVÅ" og "LAVT STRESSNIVÅ" og var på henholdsvis  $6.7 \pm 0.16$  ( $n=11$ ) og  $6.9 \pm 0.11$  ( $n=22$ ). Dette indikerer at de to gruppene har gjennomgått ulik grad av stress før avlaving.

Tabell 2 viser blodparameter målt i de samme to gruppene umiddelbart etter avlaving. "HØYT STRESSNIVÅ"-gruppen hadde signifikant lavere pH og  $pO_2$ , og signifikant høyere  $pCO_2$ ,  $HCO_3^-$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ , Hct og laktat sammenlignet med "LAVT STRESSNIVÅ"-gruppen.

Bloddataene viser at fisken i gruppen "LAVT STRESSNIVÅ" var relativt ustresset med normale verdier i forhold til natrium ( $Na^+$ ), hematokritt (Hct), blod pH og laktat. Imidlertid gjennom trenging, pumping og elektrobedøving (gruppen "HØYT STRESSNIVÅ") har fisken en signifikant økning av de primære og sekundære stressresponser ved at blodglukosen (Glu) stiger, natrium ( $Na^+$ ) akkumuleres og høyere hematokritt (Hct) verdier finnes i blodet. Fisken i denne gruppen viser også klare tegn til økt fysisk aktivitet ved pH fall,  $CO_2$  akkumulering og en økning av kalsium ( $K^+$ ) i blodet i tillegg til anaerob forbrenning gjennom lavere  $O_2$  nivåer ( $pO_2$ ) og betydelig laktatopphopning (Laktat).

Tabell 2 Blodparametere målt med i-STAT umiddelbart etter avlaving i de to gruppene "HØYT STRESSNIVÅ" og "LAVT STRESSNIVÅ". Antall  $n$  varierer fra 8 til 21 for de ulike responsene i de to gruppene.

Gruppe <sup>1</sup>	mmol/L						mmHg			
	$HCO_3^-$	Glu	$Na^+$	$K^+$	$Ca^{2+}$	Laktat	$pCO_2$	$pO_2$	Hct (%)	pH
"LAVT"	$9.6 \pm 3.2$	$4.1 - 0.3$	$155.9 \pm 1.8$	$4.7 \pm 1.4$	$1.5 \pm 0.1$	$1.0 \pm 0.8$	$5.0 \pm 1.5$	$15.9 \pm 4.8$	$29.0 \pm 4.2$	$7.7 \pm 0.1$
"HØYT"	$10.6 \pm 1.1$	$4.5 - 0.4$	$167.8 \pm 3.8$	$4.5 \pm 0.8$	$1.8 \pm 0.1$	$5.1 \pm 1.0$	$8.2 \pm 1.3$	$7.0 \pm 2.7$	$33.6 \pm 3.5$	$7.5 \pm 0.04$
<i>P-verdi</i>	<i>0.331</i>	<i>&lt;0.05</i>	<i>&lt;0.001</i>	<i>0.646</i>	<i>&lt;0.001</i>	<i>&lt;0.001</i>	<i>&lt;0.001</i>	<i>&lt;0.001</i>	<i>0.023</i>	<i>&lt;0.001</i>

<sup>1</sup>Gjennomsnittene fra de ulike stress gruppene ("LAVT", "HØYT") ble rangert med en-veis ANOVA. P-verdier  $< 0.05$  viser at det er signifikante forskjeller mellom gruppene.

#### 3.2 Sløyd fisk – lengde, vekt og kondisjonsfaktor

Råstoffets ( $n=77$ ) lengde (cm), vekt (g) og kondisjonsfaktor var på henholdsvis  $69 \pm 3$  cm,  $3478 \pm 591$  g og  $1.06 \pm 0.10$ . Undersøkelser av de overordnede designgruppene "PRE" vs. "POST", "HØYT STRESSNIVÅ" vs. "LAVT STRESSNIVÅ", og "BLØGGET" vs. "UBLØGGET" viste at det ikke var signifikante forskjeller i disse variablene for fisk som ble fordelt til de

forskjellige gruppene En gjennomsnittlig kondisjonsfaktor på 1.06 viser at fisken hadde god kondisjon.

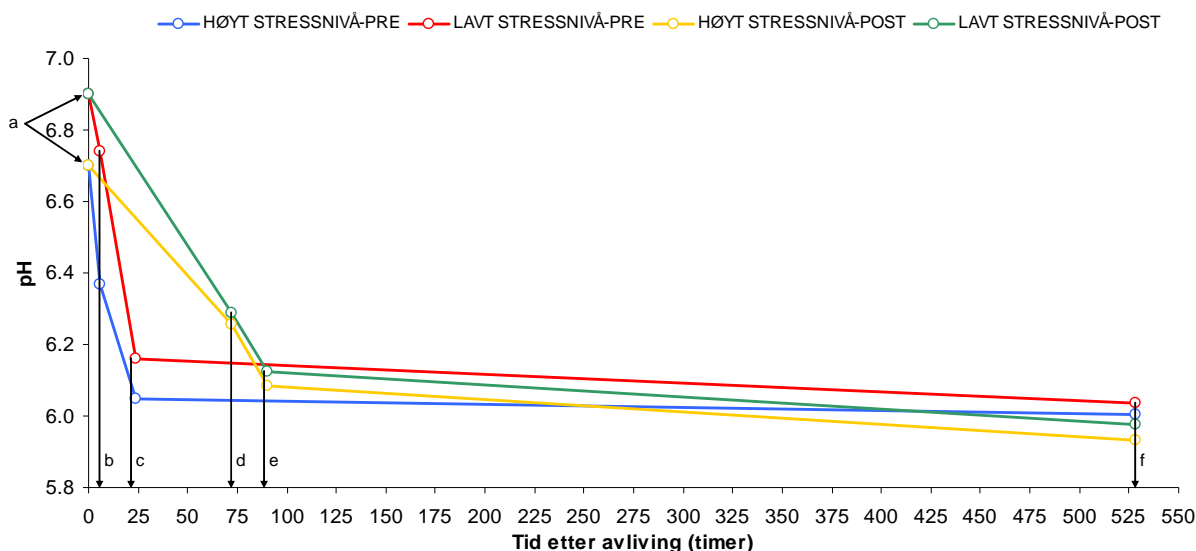
### 3.3 Filet - pH

Figur 1 viser pH-forløpet i muskelen fra avlivingsstidspunktet (rund fisk), til etter filetering (rå filet), etter røyking (saltet og røykt filet) og etter lagring (saltet, røykt og lagret filet) for pre- og post rigor prosessert råstoff fra "HØYT STRESSNIVÅ" og "LAVT STRESSNIVÅ" gruppene. Gruppene "BLØGGET" og "UBLØGGET" ble slått sammen innenfor hver stress-gruppe siden utblødningsgrad ikke hadde signifikant effekt på pH.

Punktene indikert med piler og tilhørende bokstav (a-f) i figuren indikerer hvor i prosessen (ved hvilken tid etter avliving, timer/døgn) pH målingene ble utført og tilhørende tid (timer) etter avliving for "PRE" og "POST" gruppene.

- a = pH i muskel umiddelbart etter avliving for både "PRE" og "POST" gruppene (tid = 0 timer).
- b = pH i muskel etter filetering for "PRE" gruppene (tid = 6 timer)
- c = pH i muskel etter salting og kaldrøyking + lagring over natt for "PRE" gruppene (tid = 24 timer)
- d = pH i muskel etter filetering for "POST" gruppene (tid = 72 timer/3 døgn)
- e = pH i muskel etter salting og kaldrøyking + lagring over natt for "POST" gruppene (tid = 90 t/3.75 døgn)
- f = pH i muskel etter lagring av ferdig produkt i vakuum for både "PRE" og "POST" gruppene (tid = 528 timer/22 døgn)

Forskjellene i pH som observeres ved tid 0 mellom gruppene med lavt- og høyt stressnivå, minker noe gjennom det undersøkte tidsintervallet men etter 22 døgn t har fortsatt filetene fra gruppen "HØYT STRESSNIVÅ" en lavere pH sammenlignet med fileter fra gruppen "LAVT STRESSNIVÅ" i både "POST" og "PRE" gruppen. pH i muskelen etter 22 døgn varierte mellom 5.98 og 6.04 for de fire variantene.



Figur 1 pH-forløpet i muskelen fra avlivingstidspunktet (rund fisk), til etter filetering (rå filet), etter røyking (saltet og røykt filet) og etter lagring (saltet, røykt og lagret filet) for pre- og post rigor prosessert råstoff fra "HØYT STRESSNIVÅ" og "LAVT STRESSNIVÅ" gruppene.

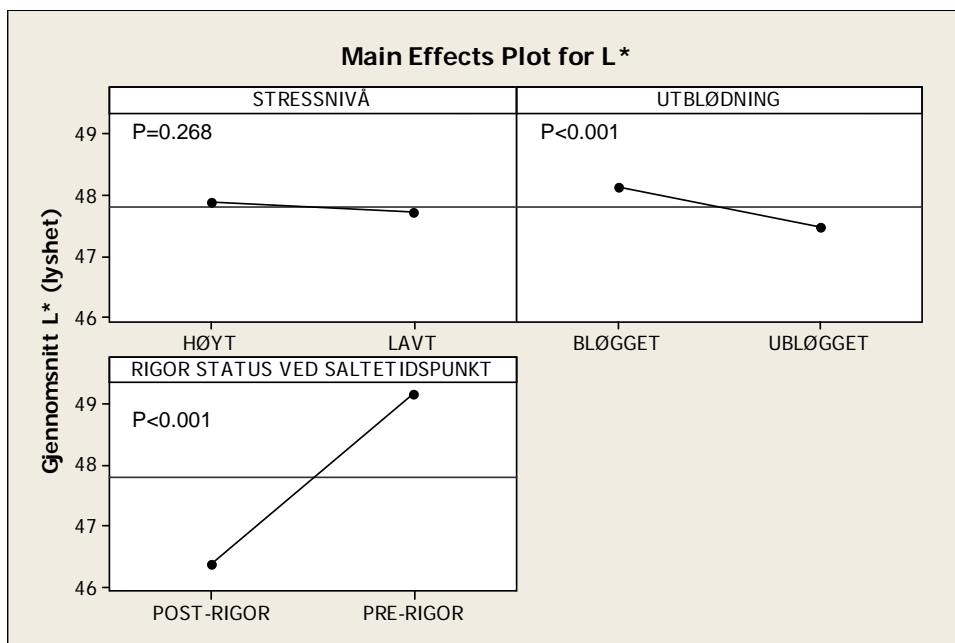
### 3.4 Overflatefarge i røykte fileter etter lagring

Figur 2 viser den overordnede påvirkningen/hovedeffektene av designfaktorene "STRESSNIVÅ", "UTBLØDNING" og "RIGOR STATUS VED SALTETIDSPUNKT" på innslaget av lyshet ( $L^*$ ) i overflatefargen i røykte og lagrede (22 dager, 9-10 °C) fileter.

Bløgging fører til at de røykte filetene har et signifikant større ( $P < 0.001$ ) innslag av lyshet i filetfargen sammenlignet med fileter som ikke har blitt bløgget før prosessering. Bløggede fileter har en gjennomsnittlig  $L^*$ -verdi på  $48 \pm 1$  og ubløggede fileter en verdi på  $47 \pm 1$ . Selv om forskjellen er statistisk signifikant forskjellig, er den absolutte forskjellen i fargeverdi relativt liten (ca. 1 fargeenhet), og vil sannsynligvis ikke ha stor betydning for den opplevde fargen. Fileter som ble saltet mens de ennå var pre rigor ( $L^* = 49 \pm 1$ ) har etter røyking og lagring et signifikant høyere ( $P < 0.001$ ) innslag av lyshet i filetfargen sammenlignet med post rigor ( $L^* = 46 \pm 1$ ) prosesserte fileter. Det ble ikke observert noen signifikante effekter av slaktestress på filetenes lyshet.

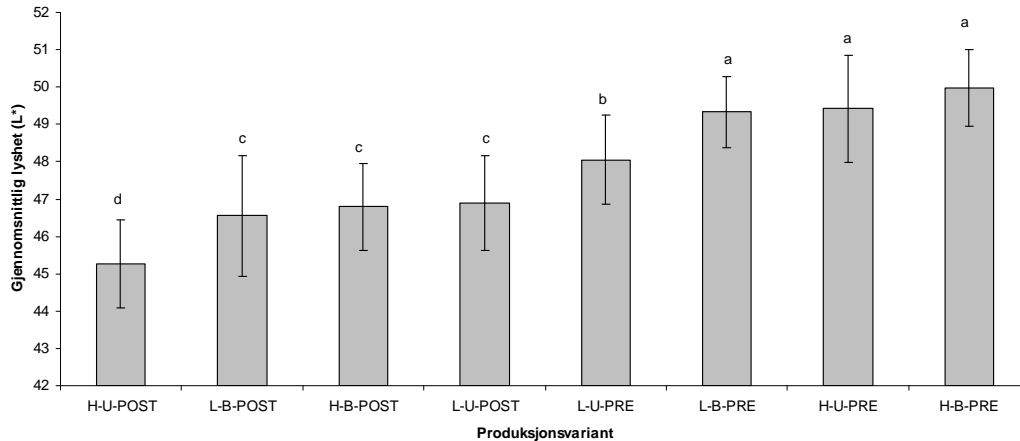
Dette viser at fileter som blir saltet som pre rigor råstoff får et høyere innslag av lyset i overflatefargen sammenlignet med fileter som saltes post rigor. Slaktestress og utblødning har relativt liten påvirkning på filetenes lyshet.





Figur 2 Hovedeffekter av designfaktorene "STRESSNIVÅ", "UTBLØDNING" og "RIGOR STATUS VED SALTETIDSPUNKT" på filetens gjennomsnittlige overflatefarge (lyshet, L\*) etter 22 dagers lagring i vakuum ved 9-10 °C.

Lyshet (L\*) i de ulike produksjonsvariantene er vist i Figur 3. Av figuren kan man se igjen de observerte hovedeffektene; dvs. at pre rigor fileter er lysere sammenlignet med post rigor fileter og til dels også at fileter fra "UBLØGGET"-gruppen er mindre lyse sammenlignet med fileter fra "BLØGGET"-gruppen. Filetene som gir den lyseste fargen etter produksjon er de som har kombinasjonen av høyt stressnivå+bløgget+pre rigor ved saltetidspunktet (H-B-PRE, L\*=50±1), mens de minst lyse filetene etter produksjon er de filetene som har kombinasjonen høyt stressnivå+ubløgget+post rigor ved saltetidspunkt (H-U-POST, L\*=45±1)



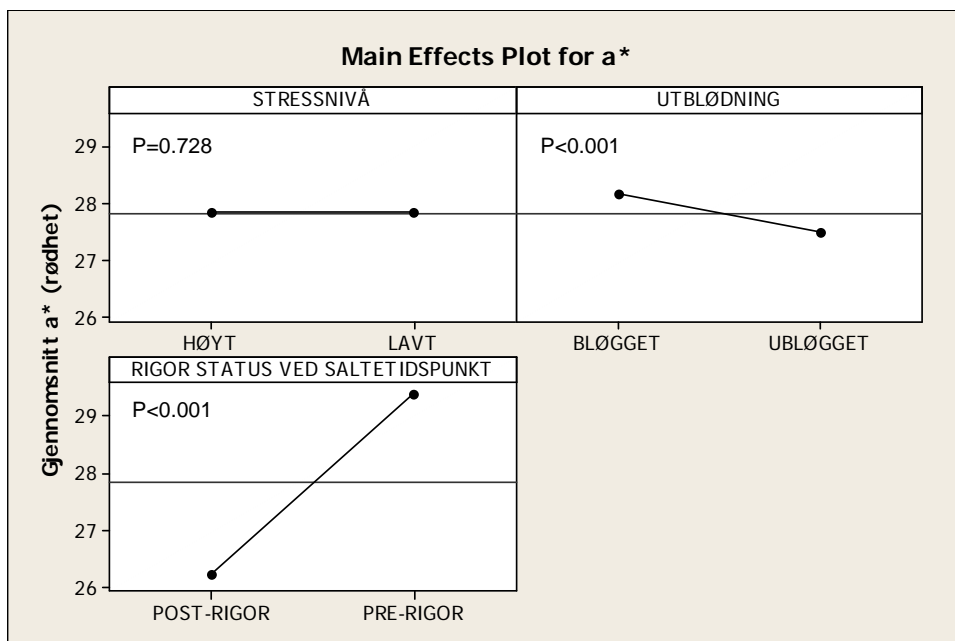
**Figur 3** Gjennomsnittlig lyshet ( $L^*$ ) i overflaten av røykte og lagrede fileter fra de åtte ulike produksjonsvariantene. H=høyt stressnivå, L=lavt stressnivå, U=ubløgget, B=bløgget, PRE=pre rigor ved saltetidspunkt og POST=post rigor ved saltetidspunkt. Søylar med ulik bokstav (a, b, c, d) er signifikant forskjellig fra hverandre.

Hovedeffektene av de undersøkte faktorene på innslaget av rødhet ( $a^*$ ) i røykte fileters gjennomsnittsfarge er vist i Figur 4. Bløgging fører til at røykte fileter får et signifikant høyere ( $P < 0.001$ ) innslag av rød farge i filetene sammenlignet med hvis man ikke bløgger fisken før filetering. Fileter fra bløgget fisk har en gjennomsnittlig rødhet på  $28 \pm 1$  og fileter fra ubløgget fisk en rødhet på  $27 \pm 1$ . Selv om forskjellen er statistisk signifikant forskjellig, er den absolutte forskjellen i fargeverdi relativt liten (ca. 1 fargeenhet), og vil sannsynligvis ikke ha stor betydning for den opplevde fargen.

Røykte fileter som var pre rigor ved saltetidspunktet ( $29 \pm 1$ ) har et signifikant høyere ( $P < 0.001$ ) innslag av rødhet i overflatefargen sammenlignet med fileter som ble saltet når de var post rigor ( $26 \pm 1$ ).

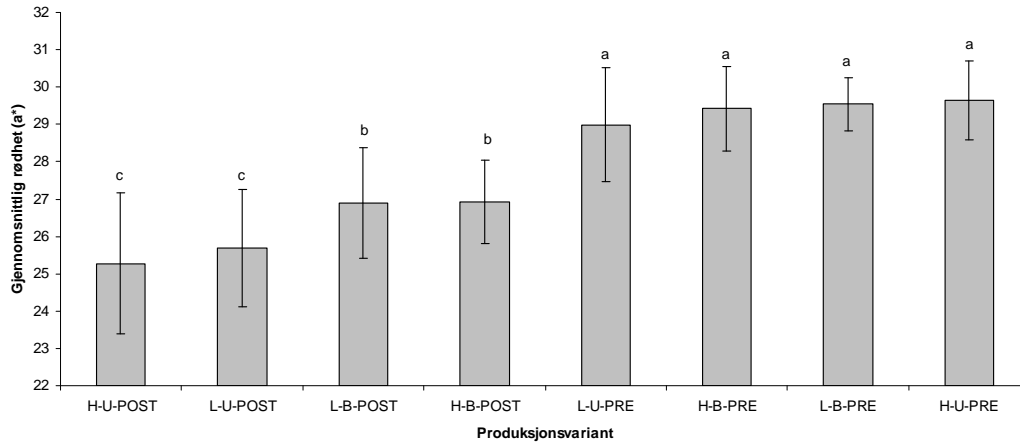
Pre mortem stressnivå hadde ingen signifikant effekt på innslaget av rød farge i røykte fileter.

Dette viser at rigor status ved saltetidspunktet er den av de undersøkte faktorene som har størst påvirkning på rødheten av filetene. Stressnivå og utblødning påvirker rødheten av røykte fileter lite.



Figur 4 Hovedeffekter av designfaktorene "STRESSNIVÅ", "UTBLØDNING" og "RIGOR STATUS VED SALTETIDSPUNKT" på filetenes gjennomsnittlige overflatefarge (rødhet,  $a^*$ ) etter 22 dagers lagring i vakuum ved 9-10 °C.

Rødhet ( $a^*$ ) i de ulike produksjonsvariantene er vist i Figur 5. Av figuren kan man se igjen de observerte hovedeffektene; dvs. at pre rigor fileter er rødere sammenlignet med post rigor fileter og til dels også at fileter fra "UBLØGGET"-gruppen er mindre røde sammenlignet med fileter fra "BLØGGET"-gruppen. Filetene som gir den rødeste fargen etter produksjon er de som har kombinasjonen høyt stressnivå+ubløgget+pre rigor ved saltetidspunkt (H-U-PRE,  $a^*=30\pm 1$ ) og lavt stressnivå+bløgget+pre rigor ved saltetidspunkt (L-B-PRE,  $a^*=30\pm 1$ ), mens de minst røde filetene etter produksjon er de filetene som har kombinasjonen høyt stressnivå+ubløgget+post rigor ved saltetidspunkt (H-U-POST,  $a^*=25\pm 2$ ).

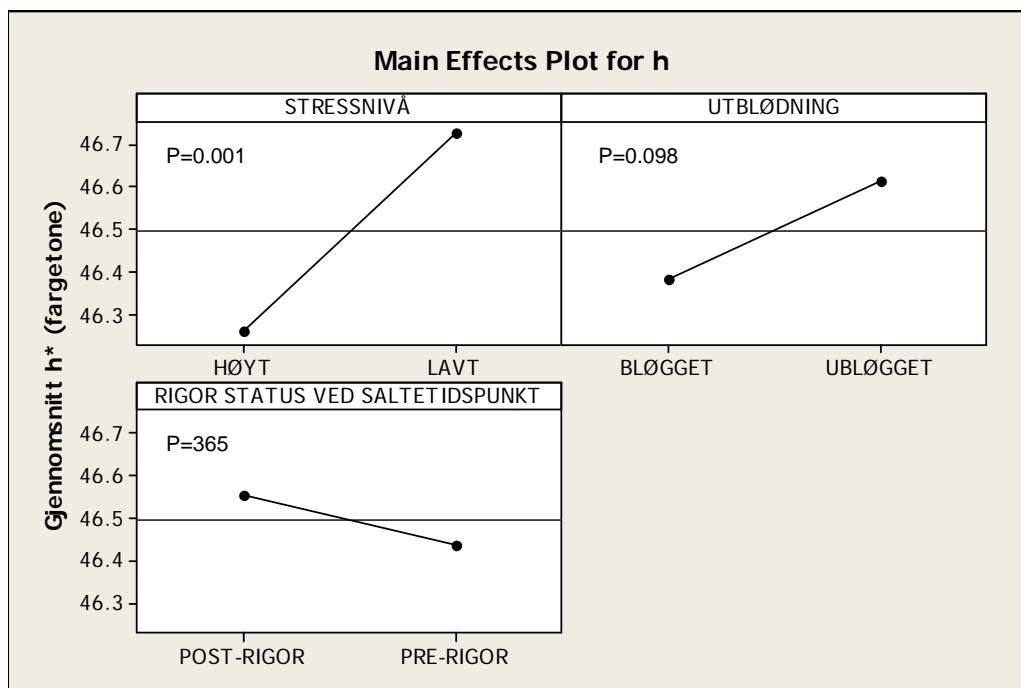


**Figur 5** Gjennomsnittlig lyshet ( $L^*$ ) i overflaten av røykte og lagrede fileter fra de åtte ulike produksjonsvariantene. H=høyt stressnivå, L=lavt stressnivå, U=ubløgget, B=bløgget, PRE=pre rigor ved saltetidspunkt og POST=post rigor ved saltetidspunkt. Søylar med ulik bokstav (a, b, c, d) er signifikant forskjellig fra hverandre.

Røykte fileters fargetone ( $h^*$ ) er vist i Figur 6. For laksefileter finner man vanligvis  $h^*$ -verdier i området mellom 25 og 90, som tilsvarer en farge i intervallet fra henholdsvis mørk rød (ca. 25), via orange (ca. 45) til gul (ca. 90). Fargetone er den verdien som man antar beskriver fargen best i forhold til den fargen som en forbruker opplever visuelt når de ser på produktet.

Pre morten stressnivå påvirker fargetonen signifikant ( $P < 0.001$ ), der lavt stressnivå før avlivning fører til at røykte fileter har en mer gul fargetone sammenlignet med fileter som stammer fra fisk som ble utsatt for høyt stressnivå før avlivning. Selv om denne forskjellen fremstår som signifikant, er den absolutte forskjellen i fargeverdi liten (0.4 enheter), og vil sannsynligvis bety mindre i forhold til visuelt opplevd farge.

Dette viser at de undersøkte faktorene har liten betydning for produktets fargetone ( $h^*$ , "opplevd farge")



Figur 6 Hovedeffekter av designfaktorene "STRESSNIVÅ", "UTBLØDNING" og "RIGOR STATUS VED SALTETIDSPUNKT" på filetens gjennomsnittlige overflatefarge (fargetone,  $h^*$ ) etter 22 dagers lagring i vakuum ved 9-10 °C.

Det ble ikke observert noen signifikante forskjeller i fargetone i de røykte filetene mellom de ulike produksjonsvariantene.  $h^*$ -verdien i de 8 ulike variantene varierte mellom  $46 \pm 1$  til  $47 \pm 1$ .

### 3.5 Karotenoider

Det ble undersøkt konsentrasjonen (mg/kg tørrstoff) av total karotenoider i 2 samleprøver ( $n=2$  fileter) fra de ulike variantene. Begrepet total karotenoider inneholder summen av alle karotenoider som ble detektert på det instrumentelle analysesystemet som ble anvendt på prøvene fra forsøket. Total astaxanthin utgjør gjennomsnittlig  $97 \pm 0.9$  % av total karotenoider i prøvene, der isomerene All-*E* astaxanthin, 9-*cis* astaxanthin og 13-*cis* astaxanthin utgjør henholdsvis  $92 \pm 0.9$  %,  $1 \pm 0.2$  % og  $7 \pm 0.9$  % av denne fraksjonen. Andre detekterbare karotenoider som inngår i begrepet total karotenoider er lutein, zeaxanthin og canthaxanthin, der lutein dominerer denne fraksjonen med et innhold på omtrent 90 %.

Korrelasjonskoeffisienten (Pearson's) mellom total astaxanthin og total karotenoider i prøvene er på  $r=0.992$  ( $P<0.001$ ), som viser at total karotenoider og total astaxanthin er positivt lineært korrelert med hverandre. Dermed kan total karotenoider brukes som et mål på innholdet av astaxanthin og tilhørende isomerer i prøvene.

Hovedeffektene av slaktestress, bløgging og rigor status ved saltetidspunktet på konsentrasjonen av total karotenoider i prøvene etter 1 og 22 dagers lagring er vist i Tabell 3.

Det ble ikke funnet noen signifikant forskjell i konsentrasjonen av total karotenoider i prøvene som funksjon av de undersøkte nivåene av slaktestress. Det ble heller ikke funnet noen signifikant effekt av lagringstid på prøver fra de ulikt stressede fiskene.

Bløgging hadde tydelig effekt på innholdet av total karotenoider i prøvene. Prøver fra ubløgget fisk hadde et signifikant lavere innhold av total karotenoider sammenlignet med prøver fra bløgget fisk etter både 1 dags (P=0.043) og 22 dagers (P=0.002) lagring. Samtidig ble det observert en trend (P=0.064) mot at prøver fra ubløgget fisk hadde et lavere innhold av total karotenoider etter 22 dagers lagring sammenlignet med etter 1 dags lagring. Dette indikerer at økte nivåer av blod i muskulaturen kan føre til en nedbrytning av karotenoidene i filetene under prosessering og lagring.

Total karotenoider var signifikant høyere (P=0.035) i prøver fra fileter som ble saltet post rigor, sammenlignet med prøver fra fileter som ble saltet pre rigor ved uttak etter 1 dags lagring. Etter 22 dagers lagring var det ingen signifikante forskjeller mellom post og pre rigor prosessert filet med hensynt til total karotenoider. For post rigor prosessert råstoff ble det også observert en signifikant nedgang (P=0.048) i total karotenoider gjennom lagringstiden, noe som ikke ble funnet for pre rigor prosessert filet. Årsakene til disse forskjellene er vanskelige å forklare.

Generelt sett er det viktig å ta med i betraktningen at forskjellene i total karotenoid, selv om de er statistisk signifikante, er relativt små og utgjør omlag 7-9 %.

*Tabell 3 Effekt av slaktestress, bløgging, rigor status ved saltetidspunktet og lagringstid på innholdet av total karotenoider (mg/kg tørrstoff) i samleprøver av filetene.*

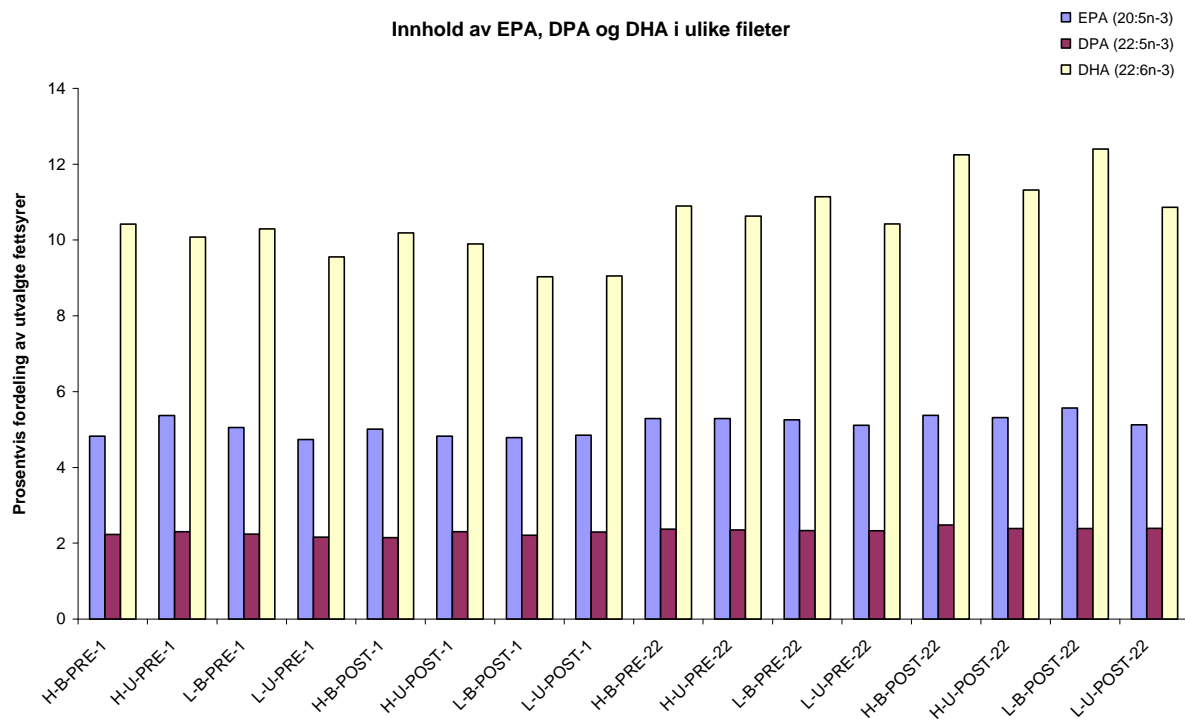
	Total karotenoider (mg/kg tørrstoff)		Effekt av lagring (P-verdi) <sup>1</sup>
	Lagring 1 dag	Lagring 22 dager	
<b>Nivå slaktestress</b>			
Lavt (n=8)	16.1±1.5	15.0±1.1	0.111
Høyt (n=8)	15.4±0.5	15.0±1.1	0.355
<i>Effekt av slaktestress (P-verdi)<sup>1</sup></i>	0.299	0.883	
<b>Bløgging</b>			
Bløgget (n=8)	16.3±0.9	15.7±0.8	0.192
Ubløgget (n=8)	15.2±1.1	14.3±0.8	0.064
<i>Effekt av bløgging (P-verdi)<sup>1</sup></i>	<b>0.043</b>	<b>0.002</b>	
<b>Rigor status ved saltetidspunkt</b>			
Pre (n=8)	15.2±1.1	14.9±0.7	0.562
Post (n=8)	16.3±0.8	15.1±1.4	<b>0.048</b>
<i>Effekt av rigor status (P-verdi)<sup>1</sup></i>	<b>0.035</b>	0.762	

<sup>1</sup>P-verdier <0.05 viser at det er signifikante forskjeller (en-veis ANOVA) mellom nivåene innenfor hver designfaktor og mellom ulike lagringstider.

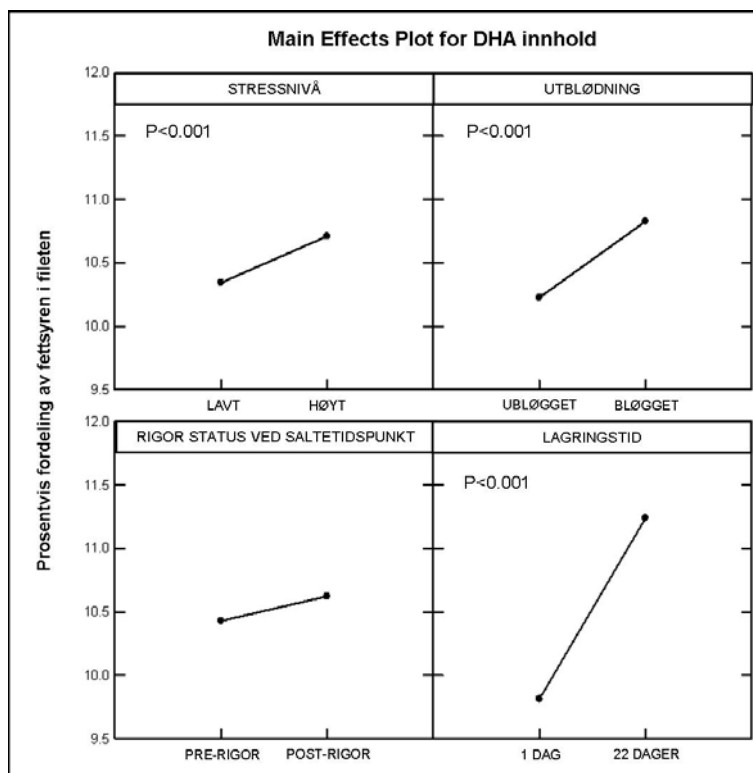
Det ble funnet små endringer i sammensetningen (%) av astaxanthin isomerene All-*E* astaxanthin, 9-*cis* astaxanthin og 13-*cis* astaxanthin som funksjon av lagringstid. Dette indikerer at det pågår kjemiske prosesser i produktet under lagring som påvirker astaxanthinet i muskelen. Det ble ikke funnet noen systematisk effekt av de undersøkte faktorene slaktstress, bløgging og rigor status ved saltetidspunktet på sammensetningen av isomerene.

### 3.6 Fettsyresammensetning

Mengden flerumettede fettsyrer ble målt i fileter fra alle de ulike produksjonsvariantene utsatt for ulik lagringstid (1 dag lagring og 22 dagers lagring) (Figur 7). Dersom en finner en direkte nedbrytning av flerumettede fettsyrer som eicosapentaensyre (EPA), docosapentaensyre (DPA) og docosapentaensyre (DHA) vil en forvente en meget oksidert smak på produktene. Normalt sett vil en oksidasjon bli verifisert med sensorisk panel eller andre oksidasjonsmålingsmetoder lenge før en får en signifikant nedgang i flerumettet fett. Det ble funnet en forskjell i mengde flerumettede fettsyrer i filetene avhengig av behandlingen filetene var utsatt for (Figur 7 og Figur 8).



**Figur 7** Prosentvis fordeling av EPA (20:5n-3), DPA (22:5n-3) og DHA (22:6n-3) i fileter fra åtte ulike produksjonsvarianter etter 1 dag lagring og 22 dagers lagring. H=høyt stressnivå, L=lavt stressnivå, U=ubløgget, B=bløgget, PRE=pre rigor ved saltetidspunkt og POST=post rigor ved saltetidspunkt.



Figur 8 Hovedeffekter av designfaktorene "STRESSNIVÅ", "UTBLØDNING", "RIGOR STATUS VED SALTETIDSPUNKT" og "LAGRINGSTID" på innhold av DHA i filetene.

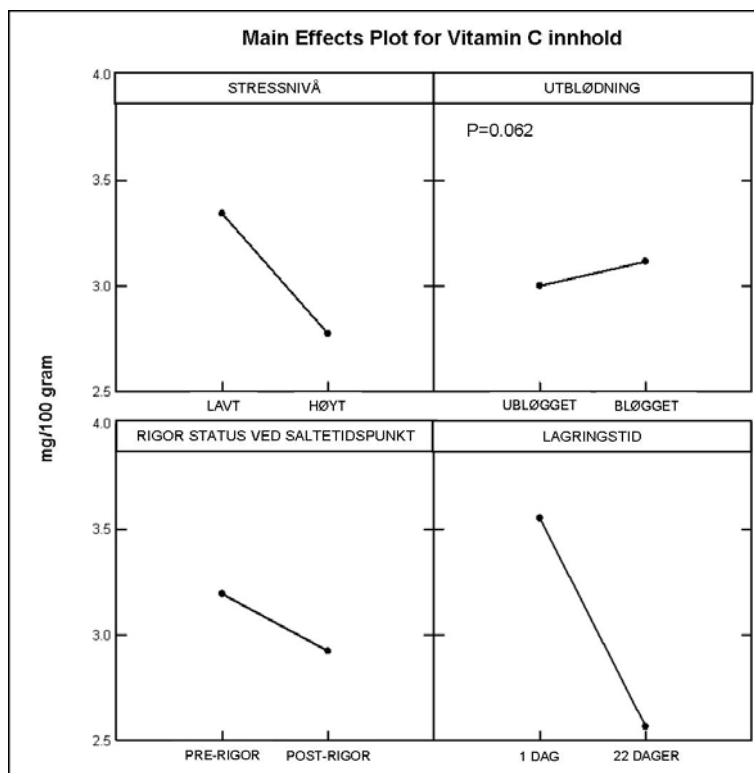
Filet fra stresset fisk hadde et signifikant høyere innhold av DHA og EPA enn filet fra ustresset fisk (kun DHA er vist i figur 8). Videre hadde filet fra bløgget fisk et signifikant høyere innhold av DHA enn filet fra ubløgget fisk. Største effekten hadde imidlertid lagringstiden til fileten. Det ble funnet at DHA, DPA og EPA hadde signifikant høyere konsentrasjon etter 22 dagers lagring (kun DHA er vist i Figur 8). Det ble også funnet samspillseffekter mellom lagringstid og pre-post for DHA ( $P < 0.001$ ), og mellom uttak og utblødning for EPA og DPA ( $P < 0.001$ ).

### 3.7 C-vitamin, E-vitamin og TBARS

#### Vitamin C

Innholdet av vitamin C i fileter fra de ulike produksjonsvariantene er vist i Figur 9 og Figur 10. Vitamin C analysen måler innholdet av L-askorbinsyre (L-asc.) og dehydroaskorbinsyre (dehydroasc.) i filetene. Summen av disse syrene regnes som total askorbinsyre (tot-asc.).

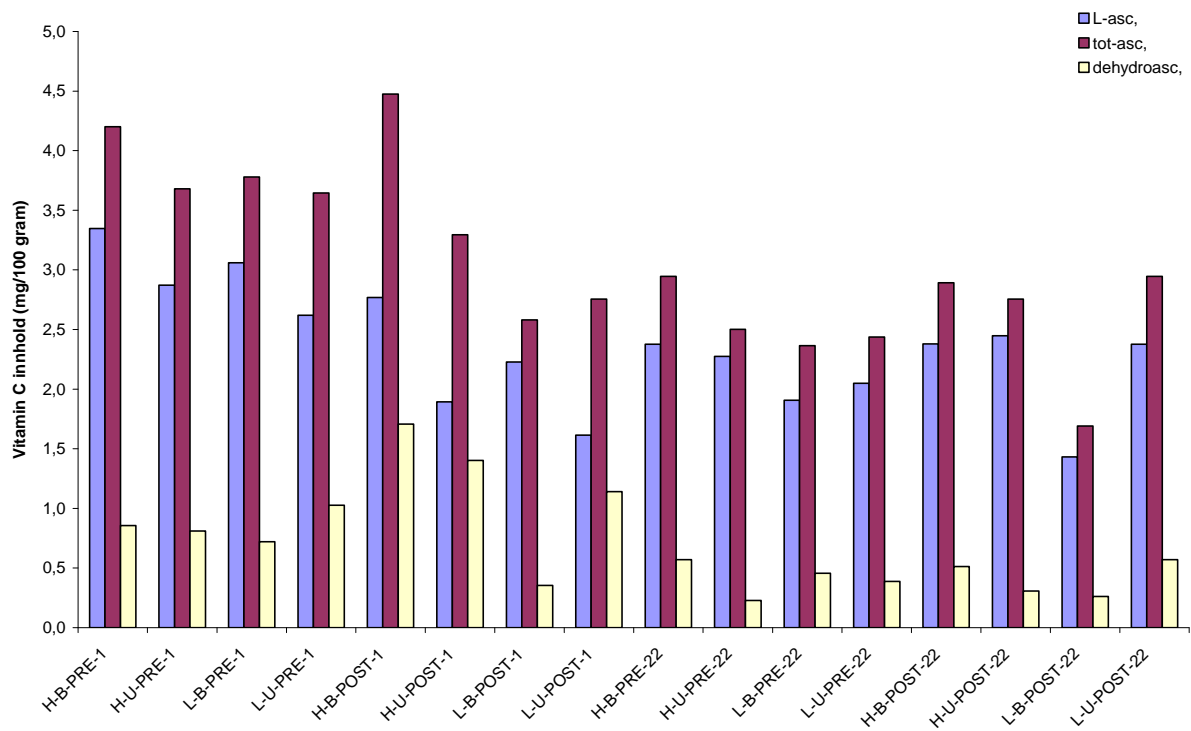




Figur 9 Hovedeffekter av designfaktorene "STRESSNIVÅ", "UTBLØDNING", "RIGOR STATUS VED SALTETIDSPUNKT" og "LAGRINGSTID" på innhold av Vitamin C (total askorbinsyre) i filetene.

Vitamin C analysene viste at filetekstraktene hadde en sterk UV absorbans ved 250 nm som dels skygget over absorbansen til askorbinsyre ved 264 nm. Dette førte til usikkerhet i analysen. Årsaken til denne interferensen vites ikke, men muligens kan behandlingen (røykingen) virke inn på resultatene. Fersk laksefilet har ikke denne karakteristiske toppen ved 264 nm.

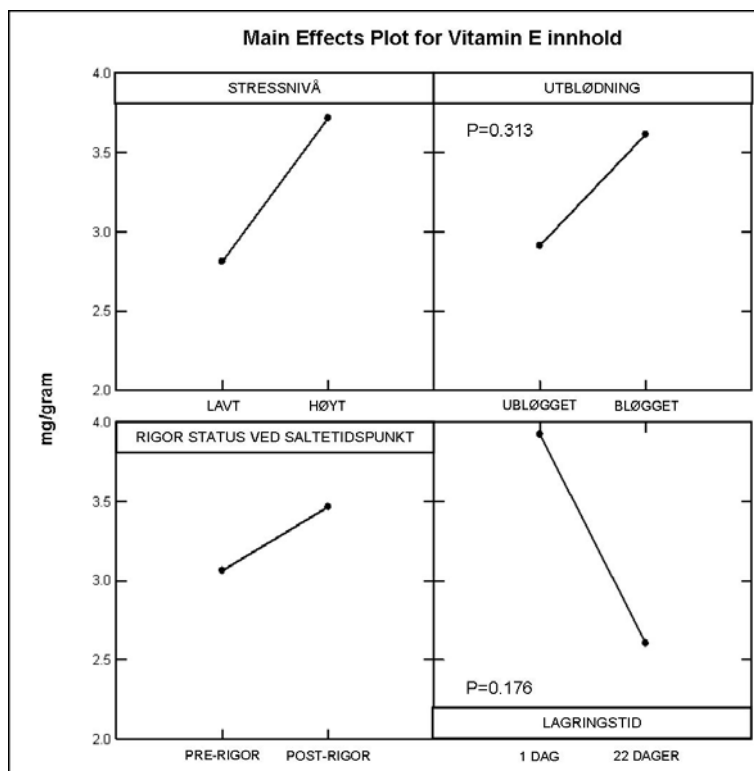
Det ble ikke funnet signifikante forskjeller i vitamin C innholdet mellom de ulike produksjonsvariantene (Figur 9). Derimot er det en trend at innholdet av Vitamin C synker i filetene mellom 1 dag lagring og 22 dagers lagring (Figur 9). Det er også en svak trend at fileter fra bløgget fisk har et høyere Vitamin C innhold enn fileter fra ubløgget fisk. Denne trenden er tydeligst på stresset fisk (Figur 10).



Figur 10 Vitamin C innhold i fileter fra de ulike produksjonsvarianter etter 1 dag lagring og 22 dagers lagring. H=høyt stressnivå, L=lavt stressnivå, U=ubløget, B=bløget, PRE=pre rigor ved saltetidspunkt og POST=post rigor ved saltetidspunkt.

#### Vitamin E

Effekten av de ulike behandlingene (STRESSNIVÅ, UTBLØDNING, RIGOR STATUS VED SALTETIDSPUNKT og LAGRINGSTID) på innholdet av Vitamin E i fileter er vist i Figur 11. Det ble ikke observert noen signifikante forskjeller i Vitamin E innholdet mellom behandlingene, men det var en trend at innholdet av Vitamin E i filetene synker noe mellom 1 dag lagring og 22 dagers lagring (Figur 11).

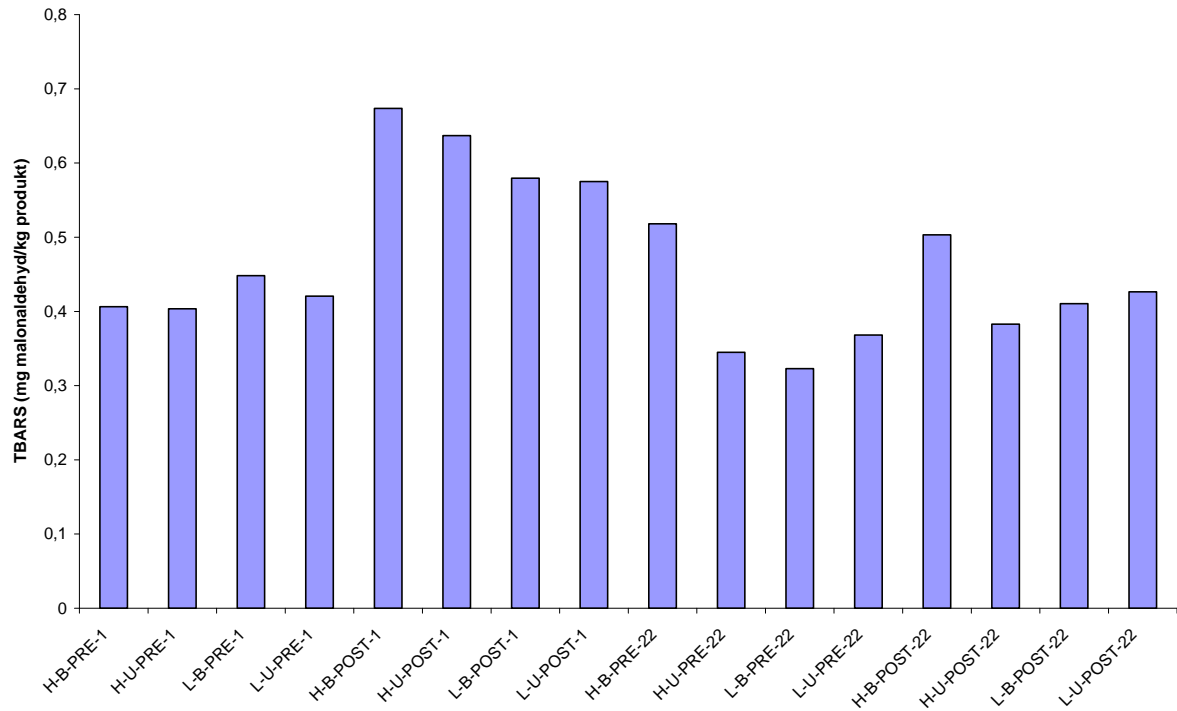


Figur 11 Hovedeffekter av designfaktorene "STRESSNIVÅ", "UTBLØDNING", "RIGOR STATUS VED SALTETIDSPUNKT" og "LAGRINGSTID" på innhold av Vitamin E (alfa-tocoferol vist) i filetene.

### TBARS

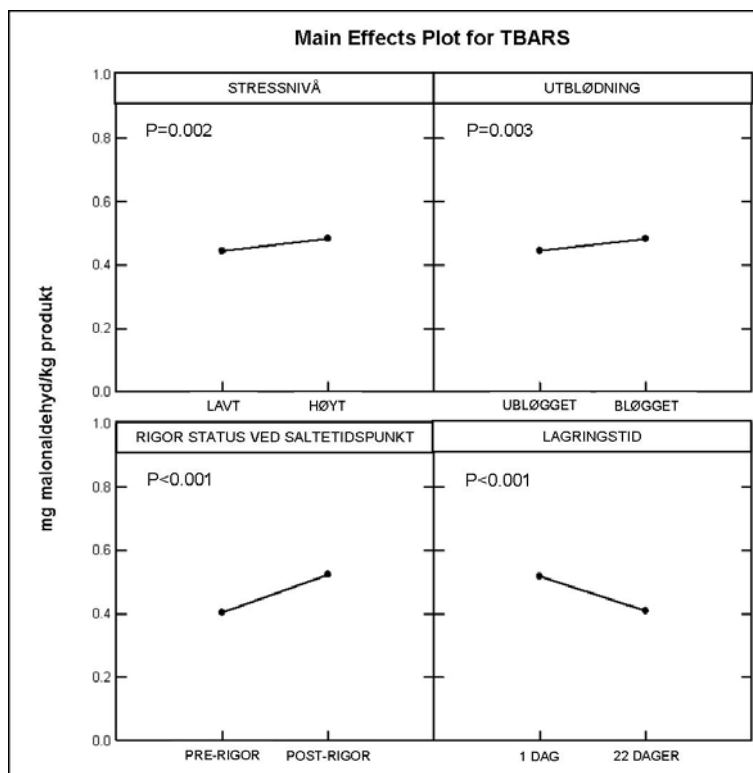
TBARS er en av de mest brukte metodene til å måle harkning i komplekse matrikser. Metoden baserer seg på at harskningsproduktet malonaldehyd reagerer med tiobarbitursyre, og resultatene uttrykkes som mg malonaldehyd pr kg produkt. Det er vist at TBARS målinger korrelerer godt med den sensoriske opplevelsen av produktet. Normalt sett vil TBARS verdien overstige 1 før en kan kjenne en harsksmak på smakssvake produkter.

Effekten av de ulike behandlingene (STRESSNIVÅ, UTBLØDNING, RIGOR STATUS VED SALTETIDSPUNKT og LAGRINGSTID) på TBARS målingen av filetene er vist i Figur 12 og Figur 13. Ingen av prøvene kan karakteriseres som oksiderte da ingen av filetene fra de ulike produksjonsvariantene hadde en TBARS verdi på over 1 (Figur 12).



Figur 12 TBARS i fileter fra de ulike produksjonsvarianter etter 1 dag lagring og 22 dagers lagring. H=høyt stressnivå, L=lavt stressnivå, U=ubløgget, B=bløgget, PRE=pre rigor ved saltetidspunkt og POST=post rigor ved saltetidspunkt.

Analyse av effekten av de ulike behandlingene av fisken på TBARS innholdet i filetene (Figur 13) viser at det er en signifikant forskjell i innholdet av TBARS mellom pre- og post-rigor prosessert filet og mellom 1 dag lagring og 22 dagers lagring. Men disse forskjellene er såpass små at de i praksis ikke har noen betydning. Det er ellers ingen signifikante forskjeller mellom de ulike behandlingene, men det er en trend at stresset fisk er litt mer oksidert enn ustresset fisk ( $P=0.002$ ) og at bløgget fisk er litt mer oksidert enn ubløgget fisk ( $P=0.003$ ). Dette samsvarer med at fileten fra bløgget fisk har et signifikant høyere innhold av DHA enn fileten fra ubløgget fisk.

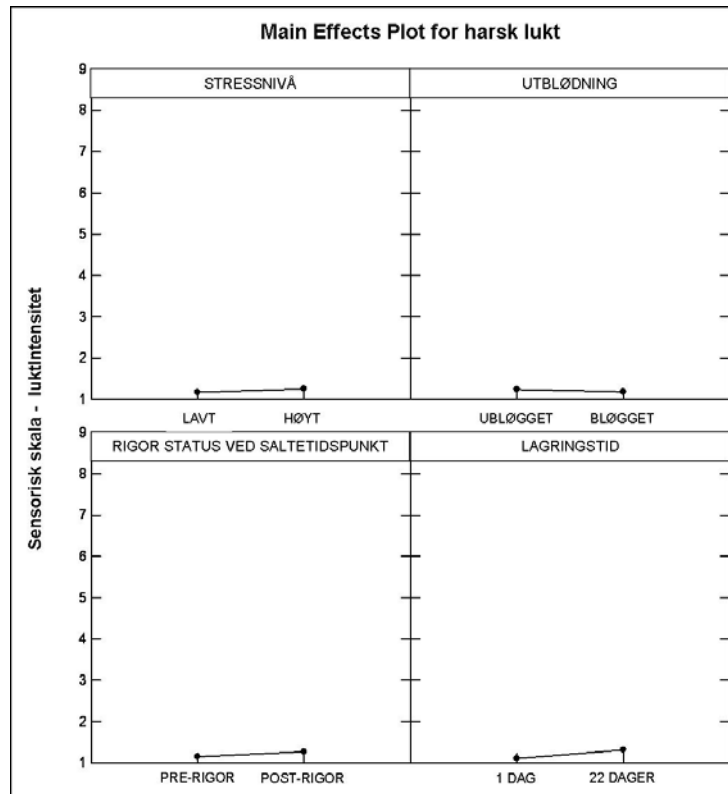


Figur 13 Hovedeffekter av designfaktorene "STRESSNIVÅ", "UTBLØDNING", "RIGOR STATUS VED SALTETIDSPUNKT" og "LAGRINGSTID" på TBARS nivået i filetene.

### 3.7 Sensorisk bedømmelse

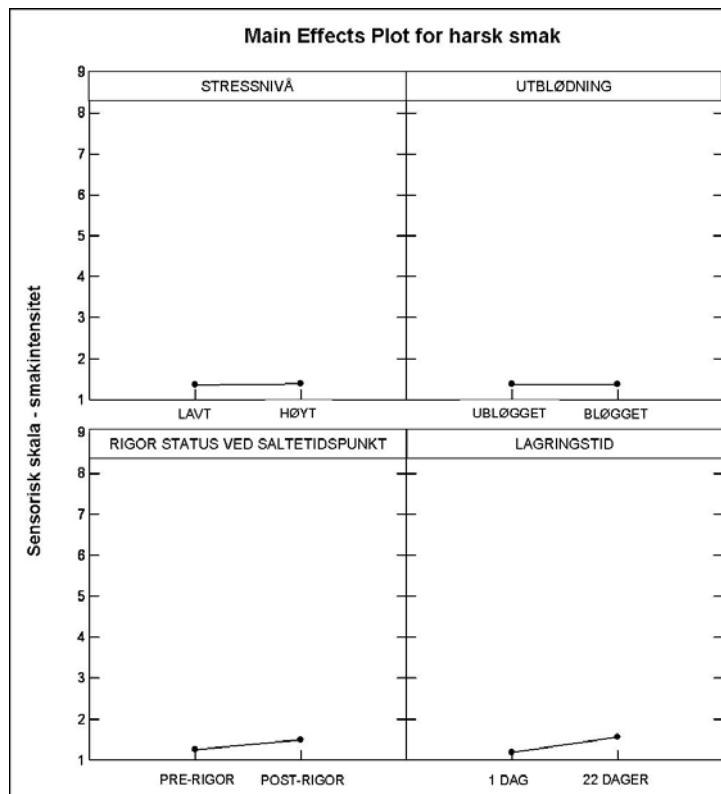
Fileter fra de ulike behandlingene (STRESSNIVÅ, UTBLØDNING, RIGOR STATUS VED SALTETIDSPUNKT og LAGRINGSTID) ble bedømt for utseende, lukt, smak og tekstur av et sensorisk panel som er godt trent i å bedømme fisk. Egenskapene ble bedømt på en skala fra 1-9 hvor 1 er ingen intensitet og 9 er tydelig intensitet.

Effekten av behandlingene (STRESSNIVÅ, UTBLØDNING, RIGOR STATUS VED SALTETIDSPUNKT og LAGRINGSTID) på den sensoriske egenskapen harsk lukt er vist i Figur 14. Det er tilnærmet ikke noen effekt av de ulike behandlingene på harsk lukt – heller ikke i produkter som har blitt lagret i 22 dager ved 9-10 °C. Generelt så ser man at scoren for harsk lukt er lav ( $\leq 1.5$ ), noe som viser at lite sensorisk detekterbare flyktige harskningsprodukter har blitt dannet i de røykte filetene.



Figur 14 Hovedeffekter av designfaktorene "STRESSNIVÅ", "UTBLØDNING", "RIGOR STATUS VED SALTETIDSPUNKT" og "LAGRINGSTID" på harsk lukt i filetene ved sensorisk bedømmelse av prøvene.

Effekten av behandlingene (STRESSNIVÅ, UTBLØDNING, RIGOR STATUS VED SALTETIDSPUNKT og LAGRINGSTID) på den sensoriske egenskapen harsk smak er vist i Figur 15. Også her er det tilnærmet ikke noen effekt av de ulike behandlingene på harsk smak – heller ikke i produkter som har blitt lagret i 22 dager ved 9-10 °C. Tilsvarende som for harsk lukt er scoren for harsk smak lav ( $\leq 1.5$ ), det vil si at lite sensorisk detekterbare harskningsprodukter har blitt dannet i de røykte filetene.



Figur 15 Hovedeffekter av designfaktorene "STRESSNIVÅ", "UTBLØDNING", "RIGOR STATUS VED SALTETIDSPUNKT" og "LAGRINGSTID" på harsk smak i filetene ved sensorisk bedømmelse av prøvene.

Ved å se på hovedeffekten av ustresset vs. stresset laks, ubløgget vs. bløgget, pre rigor vs. post rigor status ved saltetidspunkt kan man ikke se at det har hatt noen betydning for andre sensoriske egenskaper slik som syrlig lukt, sjøluke, fargetone, fargestyrke, hvithet, syrlig smak, sjøsmak, klebrighet og grovhet, der forskjellene i gjennomsnittlig sensorisk score mellom de ulike variantene var på  $\leq 1$ -score enhet (resultatene er ikke vist). Lagringstid (1 dag versus 22 dager) hadde betydning for egenskapene fargetone, syrlig smak, sjøsmak og grovhet, men ikke for de andre undersøkte egenskapene (resultatene er ikke vist). Panelet fant at fargetonen er mer rød i fileter lagret i 22 dager enn i fileter lagret i 1 dag, mens fileter lagret i 1 dag har en mer grov tekstur enn fileter lagret i 22 dager. Syrlig smak er definert til å være en frisk syrlig smak som ikke skal forveksles med sur smak. Sjøsmak er definert som frisk sjøsmak med fravær av gammel/ufrisk tang eller forråtnelse av noe slag. Sjø og syrlig er altså positive egenskaper i beskrivelse av røkelaks selv om røyklukt og smak kan kamuflere disse egenskapene til en viss grad. Disse positive beskrivelsene er tydeligst i fileter lagret i 1 dag selv om forskjellene er relativt små (resultatene er ikke vist).

## 4 Oppsummering og konklusjon

- Grad av utblødning og rigor status ved saltetidspunktet påvirker både lyshet og rødhet av røykte fileter.
- Fileter fra fisk som har blitt bløgget og fileter som saltes når de er pre rigor har en lysere men også rødere farge sammenlignet med fileter fra fisk som ikke bløgges og fileter som saltes når de er post rigor. Slaktestress hadde ingen signifikant effekt på lysheten og rødheten av røykte fileter.
- Ved å se på røykte fileters fargetone, som anses å være det instrumentelle målet som best beskriver den fargen som oppfattes visuelt, så ser man at lavt stressnivå under slakteprosessen fører til at filetene får et noe høyere innslag av gul farge i overflaten sammenlignet med fileter fra fisk som har opplevd høyere stressnivå under slakteprosessen. De absolutte forskjellene er veldig små (0.8 %), og kan antas å ikke ha stor betydning for den visuelle fargen av produktene. Det var ingen signifikante effekter av grad av utblødning og rigor status ved saltetidspunktet på fargetone.
- Produksjonsprotokollen som ga henholdsvis lavest og høyest lyshet av røykte fileter var protokollene; "HØYT STRESSNIVÅ-UBLØGGET-POST RIGOR" og "HØYT STRESSNIVÅ-BLØGGET-PRE RIGOR"
- Produksjonsprotokollen som ga henholdsvis lavest og høyest rødhet av røykte fileter var protokollene; "HØYT STRESSNIVÅ-UBLØGGET-POST RIGOR" og "HØYT STRESSNIVÅ-UBLØGGET-PRE RIGOR".
- Det ble ikke funnet noen betydelig forskjell i konsentrasjonen av total karotenoider i prøvene som funksjon av de undersøkte nivåene av slaktestress. Det ble heller ikke funnet noen signifikant effekt av lagringstid på prøver fra de ulikt stressede fiskene.
- Bløgging hadde tydelig effekt på innholdet av total karotenoider i prøvene. Prøver fra ubløgget fisk hadde et lavere innhold av total karotenoider sammenlignet med prøver fra bløgget fisk etter både 1 dags og 22 dagers lagring. Dette indikerer at økte nivåer av blod i muskulaturen kan føre til en nedbrytning av karotenoidene i filetene under prosessering og lagring.
- Bløgging fører til en økning i innholdet av flerumettede fettsyrer i muskelen. Dette kan skyldes at fettsyrene i blodet kan være mer mettede og en bløgging da vil føre til høyere innhold av flerumettede fettsyrer i plasma.
- Det ble ikke funnet noen effekter av slaktestress, utblødning og rigor status ved saltetidspunktet på innholdet av vitamin C og E i de ulikt behandlede og røykte filetene. En trend mot redusert innhold av vitamin C ble observert gjennom lagringsperioden, noe som kan være en effekt av påbegynt oksidasjon.
- Innholdet av TBARS (mål på oksidasjon) var signifikant høyere i fileter som ble saltet post rigor sammenlignet med fileter saltet pre rigor, samt at fileter fra fisk som ble utsatt



før høyt slaktstress hadde en tendens for noe høyere nivåer av TBARS sammenlignet med fileter fra fisk utsatt for lavere slaktstress. Generelt var innholdet av TBARS gjennomgående lavt i alle røykte fileter, og på bakgrunn av disse målingene kan ikke filetene karakteriseres som oksiderte.

- Det ble ikke funnet noen signifikante effekter av de undersøkte designfaktorene på sensorisk bedømmelse av harsk smak eller harsk lukt. Heller ikke på andre sentrale sensoriske egenskaper som beskriver smak, tekstur og farge ble det funnet signifikante forskjeller mellom de ulikt behandlede røykte filetene. Små sensoriske forandringer ble observert gjennom lagringstiden.
- På bakgrunn av dette forsøket kan man konkludere med at de undersøkte designfaktorene har minimal påvirkning på oksidasjon i de røykte produktene. Dette gjenspeiles i de lave nivåene av TBARS og sensorisk bedømt harsk smak og lukt samt de stabile nivåene av C og E vitamin i produktene. Generelt sett så har lagringstid liten effekt på disse responsene.
- Den sensoriske profilen av røykte fileter fra de ulike produksjonsprotokollene er tilnærmet lik, og viser at de undersøkte nivåene av slaktstress, bløgging og rigor status ved saltetidspunktet har liten betydning for den sensoriske kvaliteten i røykte fileter.
- Røykte fileters overflatefarge (målt instrumentelt) er den responsen som synes å påvirkes mest av de undersøkte designfaktorene, der det er rigor status ved saltetidspunktet som er den mest utslagsgivende faktoren for farge. Pre rigor saltede fileter har større innslag av lyshet men også høyere innslag av rødhet i filetoverflaten sammenlignet med post rigor saltede fileter. De undersøkte nivåene av slaktstress og bløgging hadde relativt liten effekt på røykte fileters instrumentelle farge.



