



Verðmætaaukning í íslensku fiskeldi

Gunnar Þórðarson

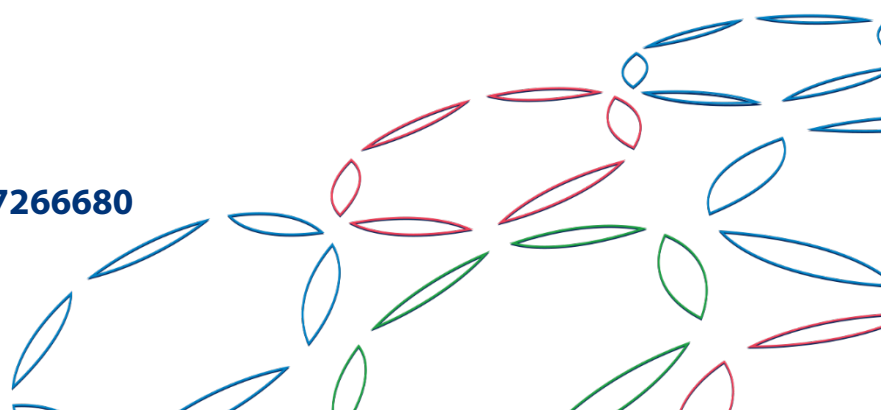
Sigurjón Arason

Skýrsla Matis 25-22

Október 2022

ISSN 1670-7192

DOI 10.5281/zenodo.7266680



Titill / Title	Verðmætaaukning í Íslensku fiskeldi/ Value creation in Icelandic aquaculture		
Höfundar / Authors	Gunnar Þórðarson og Sigurjón Arason		
Skýrsla / Report no.	25-22	Útgáfudagur / Date:	Okt. 2022
Verknr. / Project no.	62470		
Styrktaraðilar /Funding:	AVS rannsóknarsjóður í sjávarútvegi / Matvælasjóður (ANR R 18 026-17)		
Ágríp á íslensku:	<p>Í þessari skýrslu er greint frá framgangi og helstu niðurstöðum rannsóknar- og nýsköpunarverkefnisins „Verðmætasköpun í íslensku fiskeldi“ sem að hluta var fjármagnað af AVS rannsóknarsjóði í sjávarútvegi/Matvælasjóði. Í þessu verkefni var leitast við að lækka kostnað og auka verðmæti við meltuframléiðslu úr hliðarstraumum fiskeldis, þar sem einkum var horft til þess að lækka flutningskostnað, með því að vinna meltuna meira, taka úr henni lýsi og vatn, sem minnkar umfang og vigt við flutning og gefur tækifæri á að vinna hana í dýrari afurðir.</p> <p>Laxeldi við Ísland er í örur vexti og ef allar áætlanir ganga eftir mun eldi á laxi í sjó vera komið upp í 90 þúsund tonn innan fárra ára. Hliðarstraumar sem til falla gætu því orðið yfir 20 þúsund tonn á ári. Þá er ótalið landeldi á Íslandi, en miklar áætlanir eru í gangi í Ölfusi, Vestmannaeyjum og Reykjanesi, þar sem rætt er um framleiðslu á yfir 100 þúsund tonnum af laxi.</p> <p>Hliðarstraumum í fiskeldi er að mestu skipt í tvo flokka, þ.e. K2 sem er sjálfdauður fiskur sem drepst í kvíum, og K3 sem er slóg sem fellur til við slátrun, auk hausa, hryggja og afskurðar sem fellur til við fullvinnslu. Ekki má vinna hráefni frá K2 til manneldis né í fóður fyrir dýr sem ræktuð eru til manneldis, og því þarf að líta til markaða fyrir gælu- eða loðdýr. K3 getur hins vegar farið til framleiðslu til manneldis eða í fóður dýra sem neytt er af mönnum.</p> <p>Með auknu fiskeldi má búast við mikilli aukningu af hliðarhráefni á næstu árum og því mikilvægt að finna leiðir til að tryggja umhverfisvænar vinnsluleiðir og samtímis að bæta verðmætasköpun við vinnslu þessa hliðarstrauma. Í þessu verkefni var í fyrstu litið til framleiðslu á mjöli og lýsi úr þessum hliðarstraumum, en slík vinnsla stóð ekki undir kostnaði. En helsta ástæða þess var hár flutningskostnaður á hráefninu, sem er að mestu leiti vatn, og eins vegna erfiðleika á geymslu vegna fljótvirkra skemmdaferla.</p> <p>Því var litið til framleiðslu á meltu og skoðaðir möguleikar á að bæta verðmætasköpun og lækkun kostnaðar, sérstaklega við flutning. Melta er verðlítill afurð, en með því að vinna hana frekar, taka lýsi úr henni og síðan eima 60% af vatninu væri hægt að auka verðmæti og lækka kostnað við flutninga á markað.</p> <p>Niðurstöður verkefnisins benda til að vel sé hægt að vinna meltu á hagkvæman hátt úr hliðarstraumum fiskeldis hér á landi og jafnvel skapa umtalsverð verðmæti með því að vinna meltuna frekar í lokaafurðir.</p>		
Lykilorð á íslensku:	Melta, prótein, mjöl, lýsi, slóg, hliðar hráefni, K2 og K3		

<p><i>Summary in English:</i></p>	<p>This report reviews progress and reports on main results in the research and innovation project “Value creation in Icelandic aquaculture” which was partly funded by the AVS research fund (later Matvælasjóður). The project’s objective was to explore options for reducing cost and increasing value in Icelandic aquaculture by producing ensilage from side-streams that currently are of little or no value. The focus was on reducing transportation cost, by processing the ensilage e.g., by removing water and oil.</p> <p>Salmon farming in sea cages is growing very fast in Iceland and is expected to reach an excess of 90 thousand tons within few years. Side-streams from such an operation is likely to be around 20 thousand tonnes. In addition, there are at least four companies planning to start land-based aquaculture in near future with production capabilities more than 100 thousand tonnes.</p> <p>Side-streams from aquaculture are mainly of three types i.e., side-streams from processing such as heads, frames, and cut-offs, so called category 2 (K2) materials that are fish that for various reasons die in the cages, and category 3 (K3) materials that consist mainly of viscera (intestines) and blood. K2 materials are not allowed to be used for human consumption, nor can they be used to feed animals that will be used for human consumption. The main markets for K2 materials are therefor as feed for animals that are not raised for food production, such as fur-animals (minks) and pets. K3 materials can however be used for human consumption, though with some restrictions.</p> <p>Increasing aquaculture in Iceland will produce increased side-streams, and it is therefore important to develop solutions that lead to environmentally responsible production alternatives. These solutions do also have to be economically viable, and better yet profitable.</p> <p>This project did at first focus on production of fishmeal and fish oil as a solution, but that approach did not prove to be economically viable. The main reason was high transportation cost, challenges associated with storage and quality of the raw materials. The project did therefore shift focus to ensilage production and possible added value processing of the ensilage. Raw ensilage has little value that has high water content. By removing water and oil it is possible to significantly increase the value and reducing transportation cost.</p> <p>The results of the project suggest that it is possible to produce ensilage from aquaculture side-streams in Iceland and creating significant added value by further processing the ensilage into final products.</p>
<p><i>English keywords:</i></p>	<p><i>Ensilage, silage, protein, fishmeal, fish-oil, side product, K2 and K3</i></p>

EFNISYFIRLIT

1	Inngangur	1
2	Viðgangsefni rannsóknar	2
3	Framkvæmd Rannsóknar	7
	3.1 Mjöl og lýsi	7
	3.2 Melta	8
	3.3 Efnasamsetning og eiginleikar hliðarhráefnis	9
4	Niðurstöður og umræður	10
	4.1 Mjöl og lýsi	10
	4.2 Melta	13
	4.2.1 Melta úr K3	14
	4.2.2 Melta úr K2	16
5	Umræður	18
6	Ályktanir	20
7	Þakkarorð	20
8	Heimildaskrá	21
9	Viðaukar	22
	9.1 Viðauki I: Þarfagreining, bestun vinnsluferla, geymslu og flutningsleiða (Verkpáttaskýrsla VP2)	22
	9.2 Viðauki II: Efnasamsetning og eiginleikar hliðarhráefnis í laxeldi (Verkpáttaskýrsla VP3.1) ...	24
	9.3 Viðauki III: Skilgreiningar á afurðum og eiginleikum framleiddum úr hliðarhráefni sem fellur til við slátrun og vinnslu (Verkpáttaskýrsla VP4.1)	28
	9.4 Viðauki IV: Skilgreiningar á afurðum (Verkpáttaskýrsla VP4.2).....	36

1 INNGANGUR

Það eru einkum þrjár tegundir af hliðarstraumum sem falla til við framleiðslu á eldislaxi; hráefni sem fellur til við fullvinnslu (bein, hausar, afskurður o.s.fr.), svo kallað K2 hráefni sem er sjálf dauður lax sem veiddur er upp úr eldiskvíum og K3 sem eru hliðarhráefni frá slátrun og slægingu (slóg og blóð). Um verulegt magn er að ræða og hafa þessi hráefni fram að þessu ekki skilað neinum verulegum verðmætum hér á landi, heldur skapað þess í stað kostnað og óþægindi fyrir atvinnugreinina. Í dag stendur vinnsla á K2 ekki undir kostnaði, en K3 skila einhverjum tekjum. Það eru hins vegar til nokkur dæmi hér á landi þar sem reynt hefur verið að skapa verðmæti úr þessum hráefnum. Það var til dæmis reynt að vinna K3 í mjöl og lýsi í verksmiðju í Borganesi fyrir nokkrum árum, en þeirri framleiðslu var hætt þar sem reksturinn stóð ekki undir sér. Í framhaldi var farið í að vinna K2 og K3 í meltu, til að lækka kostnað, þó ekki standi sú framleiðsla undir kostnaði í dag.

Melta er fljótandi blanda þeirra lífrænu efna sem áður voru í föstu ástandi í formi fiskinnyfla, hliðarstrauma frá fiskvinnslu, aukaafli eða smáfisks. Ensím eða lífhvatar hráefna eru látin brjóta fiskefnin niður í grunneiningar sínar við lágt sýrustig, en það er fengið með því að blanda sýrum saman við umrætt hráefni eftir hökkun og láta blönduna meltast síðan við stýrðar aðstæður.

Í þessari skýrslu er greint frá framgangi og helstu niðurstöðum rannsóknar- og nýsköpunarverkefnisins „*Verðmætasköpun í íslensku fiskeldi*“ sem að hluta var fjármagnað af AVS rannsóknasjóði í sjávarútvegi/Matvælasjóði. Í verkefninu var leitað leiða til að lækka kostnað og auka verðmæti við meltuframleiðslu úr hliðarstraumum fiskeldis, þar sem einkum var horft til þess að lækka flutningskostnað með því að vinna meltuna meira, taka úr henni lýsi og vatn, sem minnkar umfang og vigt við flutning og gefur tækifæri á að vinna hana í dýrari afurðir. Laxeldi á Íslandi í dag er dreift um Austurland og Vestfirði, auk þess sem umfangsmikið landeldi er í undirbúningi á a.m.k. þremur stöðum á Suðurlandi, og því mikilvægt að finna lausnir til að safna saman og flytja hliðarhráefnin frá eldi og slátrun til áframvinnslu, en töluverðan tækjabúnað þarf til þess.

Verkefnið hefur verið unnið í nánu samstarfi við Atvinnuvega- og nýsköpunarráðuneytið (og síðar Matvælaráðuneytið) sem hefur gefið Matvælastofnun (MAST) fyrirmæli um að aðlagða íslenska regluverkið um nýtingu og förgun að hliðarstraumum fiskeldis í samræmi við það norska. Beðið er birtingar nýrrar reglugerðar um efnið og þá mun ekkert verða til fyrirstöðu að nýta hliðarstrauma frá fiskeldi í auknum mæli í verðmætar afurðir, á borð við matvæli, fóður o.fl..

2 VIÐGANGSEFNI RANNSÓKNAR

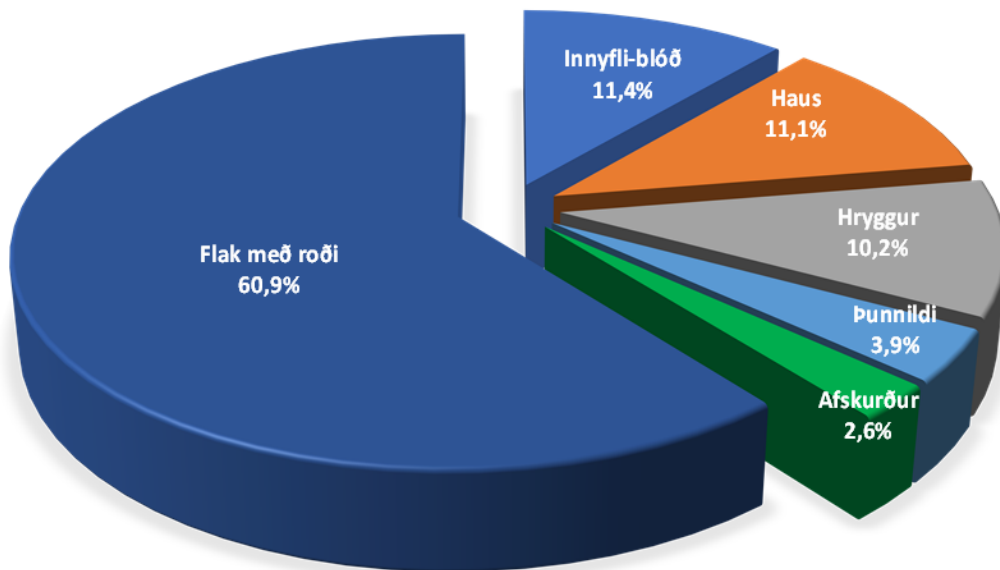
Lax er einn af mikilvægustu eldisfisktegundum í heiminum. Eftirspurn eftir honum hefur verið vaxandi undanfarin ár og markaðshorfur eru mjög góðar. Laxeldi er nú í miklum vexti á Íslandi, en laxeldi hefur verið stundað hér frá því fyrir 1980, þó með nokkrum hléum. Sú framleiðsluaukning sem orðið hefur undanfarin sex ár hefur verið drifin áfram af uppbyggingu sjókvíaeldisins á Vestfjörðum og Austfjörðum. Þá hefur lax verið alinn í landsstöðvum á norðurlandi og á Suðurnesjum með góðum árangri um árabíl. Einungis er heimilt að ala laxfiska í sjókvíum á Vestfjörðum, Austfjörðum og í Eyjafirði og er sú ráðstöfun sett vegna hugsanlegra óhappa eða slyasleppinga úr kvíum og þannig stuðla að verndun villtra laxastofna. Þó að vaxtarmöguleikar laxeldisins á Íslandi séu nokkuð takmarkaðir standa vonir til að framleiðslan verði um 120 þúsund tonn fyrir árið 2030 (Agnarsson, Arason, Kristinsson, & Haraldsson, 2021). Árið 2021 voru framleidd um 46,5 þúsund tonn af óslægðum laxi hér á landi og flutt út 32,5 þúsund tonn af laxaafurðum. Voru útflutningsverðmæti afurðanna 30 milljarðar króna. Stærstu framleiðendur á eldislaxi í sjókvíum eru Arnarlax, Fiskeldi Austfjarða, Arctic Fish og Laxar fiskeldi. Auk þess er ein landeldisstöð sem hefur framleitt umtalsvert magn af eldislaxi en það er eldisstöð Samherja í Öxarfirði (www.lf.is).

Í dag er eldislax framleiddur hér á landi mest fluttur út kældur og slægður með haus. Mælingar sýna að magn hliðarhráefnis slíkrar vinnslu getur numið um 11% af heildarþyngd og er stærsti hlutinn slóg og blóð. Frekari fullvinnsla, t.d. flakavinnsla, skilar til viðbótar við slógið um 28% af hliðarhráefni miðað við framleiðslu á flökum með roði og um 33% við framleiðslu á roðlausum flökum: haus með klumbu, afskurður, roð og hryggur (mynd 1). Lax upp úr kví, slægður með haus, hefur undanfarið verið seldur á um 75-100 NOK/kg á þessu ári eða um 1.000-1.400 ISK/kg¹. Ef allt hliðarhráefni væri nýtt þá myndi verðmætasköpun í fiskeldi að líkum aukast töluvert, þar sem vel er borgað fyrir hágæða hráefni sem er ætlaðar til vinnslu t.d. á bætiefnum, gæludýrafóðri og matvælum.

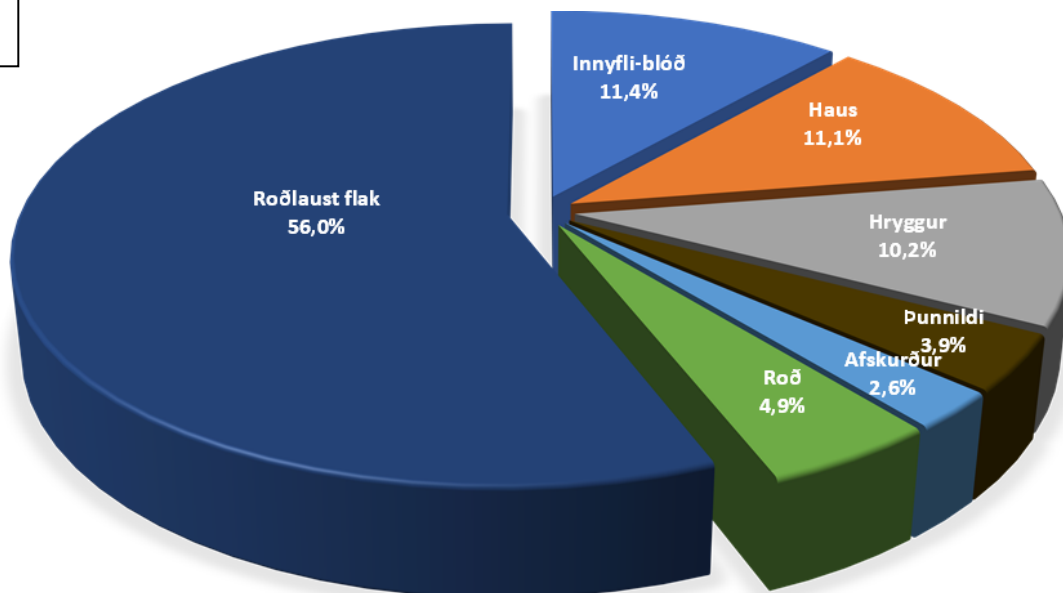
Í dag munar mest um hliðarafurðir úr K2 og K3; það fyrrnefnda er sjálfdaður fiskur sem tekin er upp úr eldiskvíum, og síðarnefndi hópurinn er hliðaaufurð frá slátrun og slægingu. Um verulegt magn er að ræða sem fellur til við eldi og vinnslu á laxi á Íslandi.

¹ <https://fisk.no/oppdrett/7615-eksportpris-kr-75-23-for-fersk-laks-i-veke-31>

A)



B)



Mynd 1: Vinnslunýting við framleiðslu á A) roðlausum flökum og B) flökum með roði. Tölurnar miðast við vinnslu á óslægðum laxi

Verkefnið var samstarfsverkefni Matís, Arctic Protein, Héðins vélsmiðju og Arnarlax. Við upphaf verkefnisins var horft til verksmiðju Arctic Protein í Borgarnesi sem framleiddi lýsi og mjöl úr hliðarhráefni frá sláturhúsi Arnarlax á Bíldudal með vélbúnaði frá Héðni. Tekin voru sýni úr framleiðslu Arctic Protein og þau efnagreind og gerðar ýmsar mælingar á afurðum, sem er fyrsta skrefið til að þróa leiðir til framleiðslu á verðmætari afurð². Við upphaf verkefnisins var í gildi reglugerð sem bannaði sölu á afurðum til manneldis úr slógi fiska og því þurfti að markaðsetja allt lýsi úr framleiðslunni til dýrafóðurs. Árið 2019 var þeirri reglugerð breytt og er því hægt að nýta þessar afurðir til manneldis.

² Sjá Viðauka I-IV

Að auka verðmæti sjávarafurða er eitt helsta sóknarfæri íslensks sjávarútvegs. Með breyttu viðhorfi hefur fullnýting á afla aukist mikið enda er hráefni sem áður var fargað, víða nýtt í dag. Kostnaður í tengslum við förgun hliðarstrauma („úrgangs“) hefur aukist undanfarin ár og unnið hefur verið að því að finna leiðir til þess að nýta hliðarhráefni í verðmætar afurðir. Áhersla hefur verið lögð á að vinna slógið í söluhæfa vöru, en lágt verð og hár kostnaður við vinnslu og flutning hefur staðið í vegi fyrir því. Slóginu hefur því oft verið fargað eða urðað sem er óásættanleg lausn. Ríkisstjórn Íslands hefur einsett sér að nýta betur allt það lífræna efni sem til fellur hér á landi og hefur því lagt bann við urðun lífræns og lífbrjótanlegs úrgangs frá og með upphafi árs 2023 (Stjórnarráð Íslands, 2022). Með lífbrjótanlegum úrgangi er átt við allan úrgang sem brotnað getur niður fyrir tilstilli örvera. Ljóst er að þetta bann mun hafa mikil áhrif á hvernig farið verður með hliðarstrauma fiskeldis hér á landi í nánustu framtíð.

Arctic Protein hóf samstarf við Héðinn hf árið 2015 um að þróa og aðlaga sérhannaða fiskmjölsverksmiðju frá Héðni (HPP 300) til þess að vinna mjöl og lýsi úr hliðarhráefni frá laxeldi. En Héðinn hefur undanfarin ár þróað vinnsluferla til að framleiða mjöl og lýsi úr hráefni sem fellur til í fiskvinnslu bæði á sjó og í landi. Arctic Protein framleiddi í nokkur ár, með þessum vélabúnaði frá Héðni, hágæða laxamjöl og laxaolíu sem notuð var sem íblöndunarefni í gæludýrafóður í Bandaríkjunum. Arctic Protein notaði bæði laxaslóg og afskurð af laxi og einnig afskurð frá bleikjuvinnslu í þessa framleiðslu. Ekki reyndist hins vegar rekstrargrundvöllur fyrir lýsis- og mjölframleiðslu Arctic Protein í Borgarnesi og þar spilaði inn í hár flutningskostnaður á hráefni frá Vestfjörðum, sér í lagi þar sem vatnsinnihald hliðarhráefnisins er hátt.

Í verkefninu var einnig horft til þess að mikið magn fellur til af sjálfdaudum laxi við eldið, svokallað K2 hráefni, sem þarf að losna við á umhverfisvænan hátt. Ekki má nýta það hráefni til manneldis né til framleiðslu á fóðri sem ætlað er dýrum sem nýtt eru til manneldis. Það er því mikil áskorun að finna leiðir til að lágmarka kostnað við förgun þessara hliðarstrauma eða til að skapa verðmæti úr þeim.

Mikið magn leggst til af K2 og K3 á Íslandi í dag og á næstu árum verður mikil aukning á framboði á þessu hráefni. Árið 2021 féllu til um 4.800 tonn af K2, um 4.400 tonn af K3 og um 1.400 tonn af hliðarstraumum frá fullvinnslu á laxi (hryggur, hausar og afskurður). Á töflu 1 sést hvernig þróunin hefur verið frá 2019 og hvernig þróunin getur orðið til 2025. Mikilvægt að finna leiðir til að tryggja umhverfisvænar vinnsluleiðir og samtímis að bæta verðmætasköpun við vinnslu þessara hliðarstrauma. Til viðbótar við þessar tölur mun bætast við hliðarhráefni sem fellur til við framhaldsvinnslu á laxi, en árið 2025 gæti þetta magn orðið um 5.000 tonn.

Tafla 1: Framleiðsla frá sjóeldisfyrirtækjum í laxi frá 2019 og áætlun frá 2022 til 2025, framleiðslu og áætlun á K2 og K3 á sama tímabili

Ár	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Arctic Fish	3.300	7.400	11.500	10.600	13.000	15.000	24.000
Arnarlax	9.942	11.300	11.400	16.000	20.000	31.000	33.000
Búlandstindur	8.000	9.000	15.000	10.000	7.000	20.000	30.000
Samtals	23.261	27.700	37.900	36.600	40.000	66.000	87.000
K2	1.310	3.301	4.390	5.100	4.000	6.600	8.700
K3	2.043	3.083	4.813	2.100	4.400	7.260	9.570

Það var fljótlega ljóst að mjöl og lýsisframleiðsla myndi ekki duga til að takast á við allt þetta magn hliðarafurða og einnig vegna kostnaðar og erfiðleika við flutning á hráefni um langan veg, en laxeldi er dreift víðsvegar um landið, sérstaklega þó á Austfjörðum og Vestfjörðum. Þegar þessar niðurstöður lágu fyrir var því ákveðið að skoða möguleika á framleiðslu á meltu og lagt mat á leiðir til að lækka flutningskostnað hennar með því að minnka vatnið í henni og í framhaldi að finna henni farveg í verðmætari framleiðslu í framtíðinni.

Melta er fljótandi blanda þeirra lífrænu efna sem áður voru í föstu ástandi í formi fiskinnýfla, hliðarstrauma frá fiskvinnslu, aukaafli eða smáfisks. Ensím eða lífhvatar hráefna eru látin brjóta fiskefnin niður í grunneiningar sínar við lágt sýrustig, en það er fengið með því að blanda sýrum saman við umrætt hráefni eftir hökkun og láta blönduna meltast síðan. Nauðsynlegt er að hræra í blöndunni meðan á meltun stendur, en hún gengur skiljanlega sérlega hratt ef innýfli eru til staðar. Líkja má henni við meltingu í meltingafærum dýra og manna. Meltun gengur einnig þótt engin innýfli séu, en hún er þá hægfara því lítið er af hvötum í öðrum líffærum en innýflum. Hægt er að hraða niðurbrotinu með því að bæta ensímum út í blönduna og einnig er hægt að fá markvissara niðurbrot með því að nota sérsniðin ensím og þannig er hægt að framleiða afurðir með ákveðna efnis- og eðliseiginleika, þá er afurðin kölluð hýdrólýsat. Ýmsar aðgerðir er hægt að beita til aðskilnaðar og eru þær bæði gerðar fyrir og eftir meltun eins og t.d. lækkun fituinnihalds með skilvindum og beinaaðskilnaður á eftir meltun. Unnt er að stöðva niðurbrot amínósýra að vild með upphitun meltunnar. Melta og hýdrólýsat er hægt að nýta í framhaldsvinnslu í framleiðslu á mismunandi afurðaflokkum en einfaldast er að nota meltu til fóðurgerðar, og er hún þá seld á grundvelli fóðurgildis. Stundum skipta einnig aðrir eiginleikar máli eins og bindimáttur fyrir þurr laxafóður. Amínósýrur eru verðmætasti hluti meltu. Fita er orkugjafi, en hún er viðkvæm fyrir oxun og því er reynt að fjarlægja sem mest af henni við fyrsta tækifæri, með skilvindum. Stundum eru sett þrávarnarefni saman við meltu til að verja fitu gegn oxun.

Ýmsar sýrur má nota til meltugerðar. Þær hvata eða flýta niðurbroti og vökvamyndun fastra efna líffæra fisks en ensím eru til staðar í fiskefninu sjálfu. Mest hefur verið notuð maurasýra við framleiðslu á meltu. Það er vegna þess að hún er fremur hættulítill í meðförum, ódýr, lífræn og útbreidd í landbúnaði til annarra nota (súrhey). Auk þess er hún nokkur trygging fyrir því að sýrustig verði ekki of lágt, en það veldur skemmdum á mikilvægum amínósýrum (tryptófan) og eykur hættu á meiri tæringu á

vinnslubúnaði og geymsluílátum. Maurasýra er enn fremur ekki eittraður eða neikvæður þáttur í meltu svo fremi að rétt magn sé notað af henni, en það ræðst af endanlegri vinnslu og afurð. Sýrustig verður þó að vera nægilega lágt til að hindra að mestu vöxt gerla- og myglugróðurs og tryggja nægilegt niðurbrot próteina. Sýrustig er þannig valið sem málamiðlun eða um 4,2 en pH-gildið getur verið á bilinu 3,5-4,5 en má ekki fara yfir 4.5. Setja verður næga sýru vegna umframþarfar til að mæta kalki og beinum sem geta verið í hakkaðri blöndu eða hráefni til vinnslu. Allt að 3% maurasýra hæfir fyrir beinaríkt hráefni en allt að 2% fyrir feitan smáfisk eins og loðnu. Hitastig í framleiðslu skiptir ekki öllu máli en almenn regla er sú, að geymsla við lágan hita t.d. 5°C þarfnast lengri meltunartíma en hár, en hátt innihald innýfla hraðar niðurbroti. Efnasamsetning meltu er að mestu hin sama og í hráefninu sem er notað, nema einhver aðskilnaður efna hafi verið gerður fyrir eða eftir hökkun og meltun. Sem dæmi má nefna lækku fitu í meltu með skilvindu eftir meltun eða lifur hefur verið tekin úr slógi fyrir meltun. Innihald próteins í meltum er oftast á bilinu 12-18% en fita getur verið mjög mismikil, en það ræðst af hráefninu. Vatn er oftast á bilinu 60-80% og endurspeglar samsetningu hráefnis. Fita í feitfiski í horuðu ástandi er oft mjög lág eða alveg niður í 3%. Hægt er að þykkja meltu með gufun og lækka vatnsinnihaldið niður í 60-50% og fæst þá meltuþykkni. Þykknið er dælanlegt og auðveldar allan flutning á meltu langar leiðir. Með framleiðslu á meltuþykkni sparast kostnaður við flutninga ásamt því að ef nota á hana saman við þurrfóður er hægt að takmarka vatn í einstökum fóðurliðum fyrir framleiðslu á fóðurrpillum, (Bjarnason & Arason, 1997).

Á framkvæmdatíma verkefnisins voru sett upp kvarnir og síló til að hakka sjálfdaudan lax á Vestfjörðum og fyrir austan. Á Vestfjörðum er eitt sláturhús, hjá Arnarlaxi á Bíldudal, og þar var settur upp búnaður til að vinna meltu úr slógi sem fellur til eftir slátrun. Á Austfjörðum er einnig eitt sláturhús, Búlandstindur á Djúpavogi, og þar hefur verið sett upp meltu framleiðsla fyrir slóg (K3). Jafnframt falla til hliðarstraumar frá fullvinnslu á laxi og silungi á Vestfjörðum og Suðurlandi sem er að mestu hakkað niður í dýrafóður; söluverð á því hráefni er um 25 – 30 kr/kg. Hafin er bygging sláturhúss í Bolungarvík sem mun taka til starfa snemma árs 2023 og samningar um sláturhús á Patreksfirði hafa verið undirritaðir og munu framkvæmdi hefjast fljótlega. Á báðum stöðum verður byggð aðstaða fyrir meltuframleiðslu.

3 FRAMKVÆMD RANNSÓKNAR

Starfsmenn Matís heimsóttu Arctic Protein í Borgarnesi í upphafi verkefnisins til að yfirfara framleiðsluferla og niðurstöður sýnatöku sem þegar höfðu verið teknar til rannsókna. Síðan var frekari sýnataka skipulögð, þar sem sýni voru tekin til rannsókna á rannsóknarstofu Matís á Vínlandsleið³. Til að auka verðmætasköpun í verksmiðju Arctic Prótein var sótt um leyfi til að framleiða lýsi til manneldis, en MAST hafði ekki gefið leyfi fyrir því að afurðir úr slógi væru framleiddar til manneldis. Þetta stangaðist á við reglur í Noregi, en þar í landi er þetta leyft. Eftir gott samstarf við Atvinnuvega- og nýsköpunarráðuneytið var gengið frá samningi við MAST um að samræma íslenskt regluverk að því norska.

Mikil vinna var síðan lögð í að aðlaga búnað og breyta verkferlum til að bæta söfnun á slógi og auka gæði hráefnis. Nýr búnaður var settur upp hjá Arnarlaxi á Bíldudal til að ná meira vatni úr slóginu fyrir flutning. Slóg hafði verið flutt í 660 ltr kerjum með stórum plastpoka í, þetta var erfitt í meðhöndlun og mikill kostnaður við alla meðhöndlun.

3.1 Mjöl og lýsi

Arctic Protein og Arnarlax hafa í sameiningu frá árinu 2016 leitast eftir því að ná sem mestum gæðum út úr laxaslógi til að auka verðmætasköpun og losna við kostnað við förgun. Dreigið var úr vatnsmagni í slógi, til að draga úr þyngd og þar með flutningskostnaði, ásamt því að mikið vatnsmagn eykur skemmdaferla verulega.

Til að draga úr vatnsmagni var slógið keyrt í gegnum tromlu í sláturhúsi Arnarlax, sem síar vatnið frá fasta efni slógsins. Slóginu var dælt úr vinnslurás Arnarlax í lokaða 1.000 litra IBC-tanku (Intermediate Bulk Containers) sem síðar voru fluttir til Arctic Protein í Borgarnesi (Mynd 2). Mun auðveldara var að vinna hráefnið eftir að vatnstromlunni var komið upp hjá Arnarlax og flutningsmáti færðist úr fiskikerjum í lokaða tanku. Minni fita er í mjölinu og gæði mjölsins og olíunnar urðu meiri.



Mynd 2: 1000 ltr. IBC tankur notaður fyrir slóg

³ Viðauki I

IBC tankarnir eru alveg lokaðir og tryggja þannig bestu gæði hráefnis og þ.a.l. afurða. Slóginu var ekið með kældum flutningsbílum frá Bíldudal strax eftir slátrun og var það komið inn í vinnslurás Arctic Protein ekki seinna en sólahring frá slátrun. Slóginu var því alltaf haldið kældu, allt frá slátrun á Bíldudal yfir í vinnslu í Borgarnesi. Komið var fyrir vakúmdælubúnaði í vinnsluhúsnæði Arctic Protein til þess að hægt væri að dæla upp úr IBC tönkunum og í hráefnisker sem matar síðan fiskmjölsverksmiðjuna með hráefni.

Eftirfarandi Verkbáttaskýrslur voru gerðar vegna framleiðslu á mjöl og lýsi:

1. Þarfagreining á tækjabúnaði og vinnsluferlum við söfnun og forvinnslu hráefnis (VP2).
2. Efnasamsetning og eiginleikar hliðarhráefnis í laxeldi (VP31)
3. Skilgreining á afurðum og eiginleikum hliðarafurða
4. Skilgreining á afurðum (VP 4.2)⁴

3.2 Melta

Eins og fram hefur komið fyrr í þessari skýrslu fellur til töluvert magn hér á landi af bæði K2 (sjálfdauður lax úr kvíum) og K3 (slóg og afskurður af laxi) úr eldislaxi. Fyrir afurðir unnar úr K2 er takmörkuð nýting í boði, þar sem ekki má nota afurðir úr þessari vinnslu til manneldis, né til eldis dýra sem nota á til manneldis. Eingöngu er hægt að nota K2 til fóðurgerðar fyrir loð- eða gæludýr eða til áburðar. Eitt af vandamálum við nýtingu á K2 er að framboð á hráefninu er mjög óreglulegt, þegar eldið siglir lygna sjó þá fellur til sáralítið af sjálfdauðum fiski, en svo getur eitthvað komið upp á, t.d. óveður eða þörungur, og þá getur lagst til mikið magn á skömmum tíma. Þar sem hráefnisframboð er með svo stopulum hætti er erfitt að réttlæta fjárfestingu í dýrum tækjabúnaði eða vinnslulínunum.

Af áðurnefndum ástæðu má leiða líkur að því að K2 verði að nýta í meltugerð sem fer á áður talda markaði, en þeir markaðir bjóða upp á takmarkaða virðiaukningu, en hér þarf að þróa nýja ferla með tengingu við markaði. Búlandstindur setti upp búnað og vinnsluferil til meltugerðar úr K2 í samstarfi við Norska fyrirtækið Hordafor (<http://www.hordafor.no/>) sem er jafnframt þeirra helsti kaupandi á meltunni. Hluti af vinnslulínunni er hakkavél sem sett hefur verið fyrir framan meltunartank og þaðan dælt yfir í geymslutanka, þannig að hægt er að taka við laxi í heilu lagi, en venjulega er hann hakkaður strax og hann er tekinn upp úr kví.

Í 13. grein Evrópureglugerðar er settur rammi sem gildir um notkun og förgun á K2. Listinn er ekki alveg tæmandi þar sem i) liðurinn gefur undanþágur fyrir því að megi vinna afurð úr K2 ef hægt er að sýna fram á örugga vinnslu, öruggt efni eða örugga lokaafurð (EC).

Til að hámarka afrakstur við nýtingu á því hráefni sem fellur til við laxavinnslu er mjög mikilvægt að hráefnið sé sem ferkast og því mikilvægt að vinna hráefnið eins fljótt og auðið er. Olía úr laxaslógi getur verið allt að 20% af hráefninu en verðmæti olíunnar er mjög háð ferskleika hráefnis. Tryggja þarf að TVN gildið fari ekki yfir 60, því þá er afurðin að mestu leyti ónothæf. Reynslan sýnir að þetta gerist

⁴ Viðauki II

reglulega á prömmunum áður en K2 hráefni er unnið í meltu og ef um meltuvinnslu er að ræða þá er mikilvægt að halda pH-gildinu fyrir neðan 4,5 eða a.m.k. á bilinu 4-4,2 sem stöðvar þar með skemmdarferla. Fyrirtækin eru rukkuð meira fyrir losun á efni sem fer yfir þessi mörk, þar sem erfiðara er að koma því hráefni í framleiðslu.

3.3 Efnasamsetning og eiginleikar hliðarhráefnis

Afurðir og hliðarstraumar frá vinnslu eldislax hjá Arnarlaxi hf. voru settar í efnagreiningu og eftirfarandi hráefni var efnagreint: flak (hnakki og stirtla/sporður), slóg (óhitað og hitað) 85°C, haus og hryggur⁵. Eftirfarandi efnamælingar voru gerðar: Vatn, fita, greining á einstökum fitusýrum og fríar fitusýrur (FFA).

Í vinnsluferli fiskmjölsverksmiðjunnar í Borgarnesi voru sýni tekin eftir mjölskilvindu á leið í þurrkun og að viðbættum sýnum af mjöli og lýsi til efnamælinga. Niðurstöður úr mælingum á lýsi hjálpuðu til að fá MAST til að samþykka lýsisafurðirnar úr þessum ferli til manneldis (food-grade stimpil). Eftir viðræður við Atvinnu- og Nýsköpunarráðuneytið sem beitti sér í málinu við MAST var reglugerðum breytt í lok nóvember 2019 á þann veg að framleiða mætti lýsi til manneldis úr slógi fiska.

Ferlum var breytt þannig að hráefninu var safnað í 1000 ltr tanka til flutnings og það flutt daglega til Borgarnes, en áður gat hráefnið verið tveggja til þriggja daga gamalt fyrir vinnslu, og þessi aðgerð jók gæði framleiðslunnar. Reynslan við mjöl/lýsis verksmiðju Arctic Protein í Borgarnesi var að starfsmannahald reyndist meira en búist var við og vinnslukostnaður því of hár. Þess vegna var ákveðið að kanna hvort ekki mætti koma upp meltubúnaði á þeim stöðum sem hráefnið fellur til, jafnframt því að kanna hvort það mætti vinna meltuna eitthvað frekar fyrir flutning. Hægt er að nýta slíka meltu beint til fóðurgerðar eða í vinnslu annarra afurða og allur vinnslu- og flutningkostnaður er umtalsvert minni.

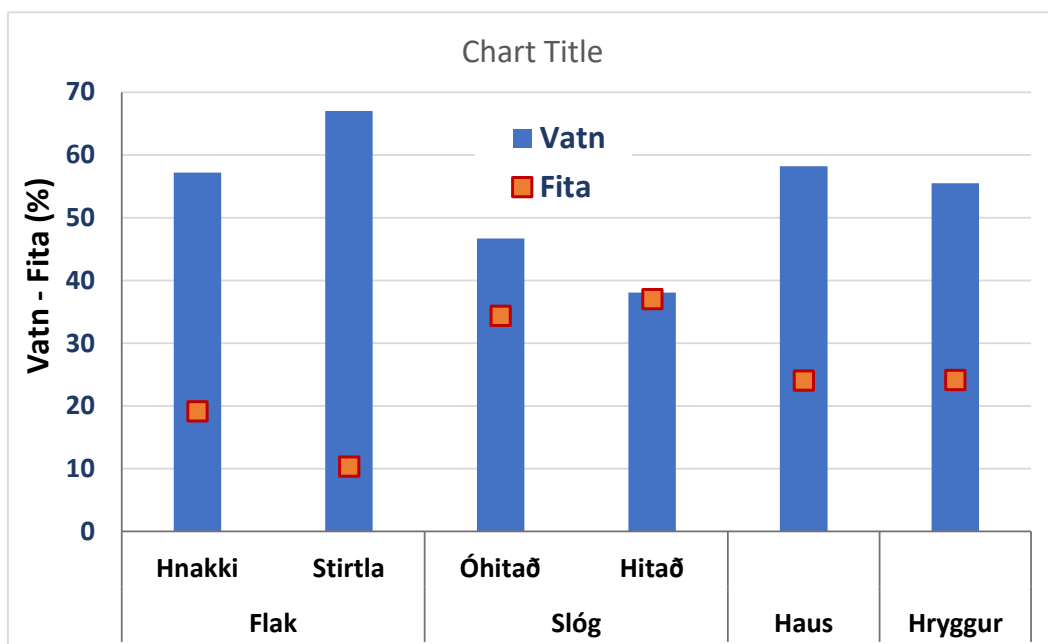
⁵ Viðauki III

4 NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐUR

Í kaflanum fjallað um framleiðslumöguleikar á mjöl og lýsi annars vegar, og framleiðslu á meltu hins vegar.

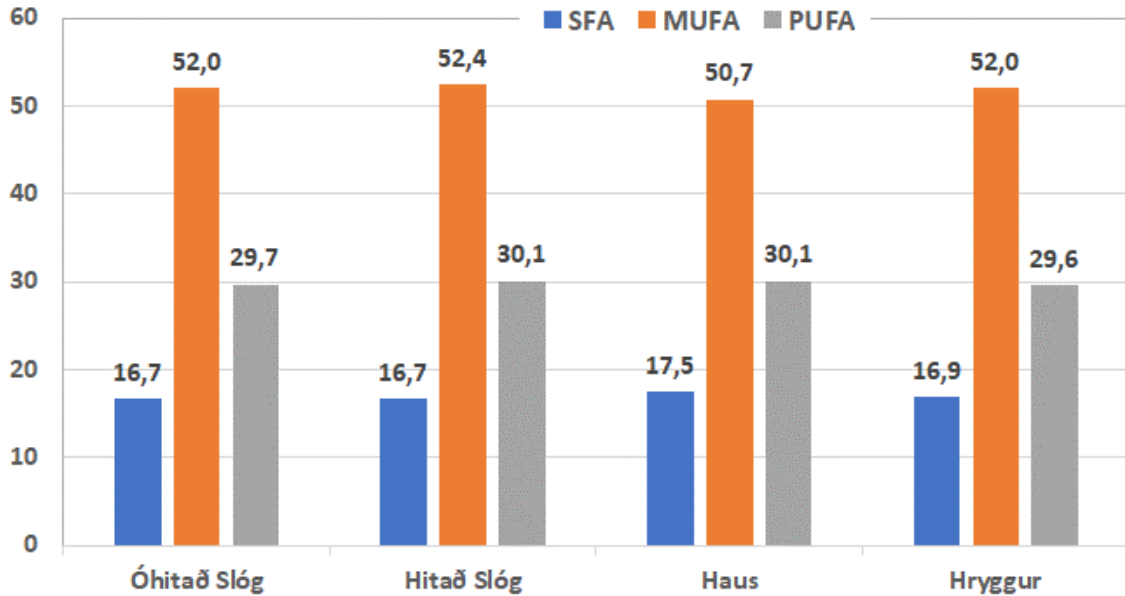
4.1 Mjöl og lýsi

Sýni af hráefni voru tekin í verksmiðju Arctic Protein í Borgarnesi. Vatnsinnihald hráefna var á bilinu 46,7-67,0% (Mynd 3) en hitað slóg innihélt um 38% vatn. Fituinnihald var um 35% í slógi, um 25% í hausum og hryggjum og í laxaflaki var fita breytileg eða um 20% í hnakkanum og um 10% í stirtlu.



Mynd 3 Hlutfall vatns og fitu í hnakka og stirtlu, hitað og óhitað slóg, haus og hrygg.

Magn fjölmættaðra fitusýra er svipað í slógi, haus og hrygg eða 29,7% til 31,1% (Mynd 4). Sama má segja að magn einómættaðra fitusýra í sömu hráefnum, sem var um 52% að undanskildum hausum sem var um 50,7%. Magn mettaðra fitusýra reyndist vera um 17% í öllum hópunum.



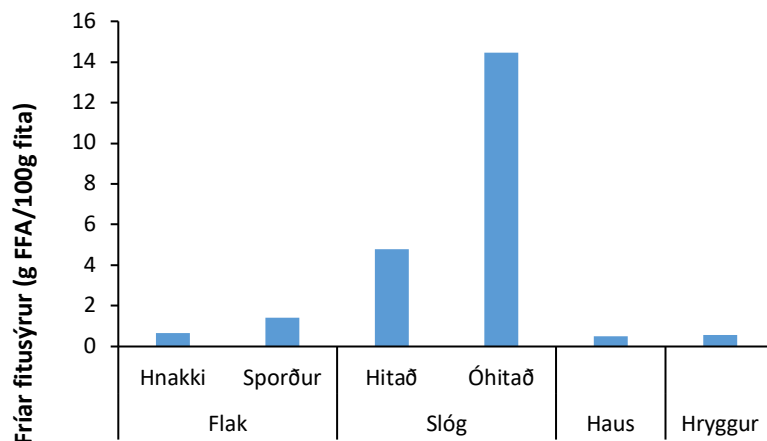
Mynd 4. Fitusýruinnihald í hituðu og óhituðu slógi, haus og hrygg
 (PUFA=fjölómettaðar fitusýrur; MUFA=einómettaðar fitusýrur; SFA=mettaðar fitusýrur).

Fitusýrusamsetning í hliðstraumunum er keimlík, eins og sjá má í Töflu 2. Magn eicosapentanoic sýru (EPA) reyndist vera á bilinu 2,4-2,8% í hráefninu, og var mest í haus eða 2,8%. Magn deicosa hexanoic sýru var á bilinu 3,8 til 4,5%, og var mest í haus eða 4,5%. Ljóst er að hausinn er verðmætur af þessum omega-3 fitusýrum sem hafa góð áhrif gegn hjarta og æðasjúkdómum.

Tafla 2: Fitusýrugreining á slógi (hitað/óhitað), haus og hrygg

	Haus	Hryggur	Slóg - óhitað	Slóg - hitað
C14:0	2,1	2,1	2,1	2,2
C16:0	9,0	8,5	8,2	8,2
C16:1n7	2,2	2,2	2,3	2,3
C16:2n4	0,1	0,1	0,1	0,1
C16:3n4	0,2	0,2	0,2	0,2
C17:0	0,1			
C17:1	0,1	0,1	0,1	0,1
C18:0	2,3	2,1	2,4	2,4
C18:1n9	40,8	42,0	42,5	42,0
C18:1n7	2,8	2,7	2,7	2,7
C18:2n6	13,7	14,3	14,2	14,2
C18:3n6	0,1	0,1	0,1	0,1
C18:3n3	5,5	5,6	5,4	5,5
C18:4n3	0,7	0,7	0,7	0,7
C20:0	0,3	0,3	0,3	0,3
C20:1n11+9	4,2	4,2	4,2	4,2
C20:2	0,9	0,9	0,9	1,0
C20:3n6	0,2	0,1	0,2	0,3
C20:3n3	0,4	0,4	0,4	0,4
C20:4n6	0,8	0,8	0,8	0,8
C20:5n3 (EPA)	2,8	2,4	2,5	2,6
C22:0	2,9	3,0	2,7	2,7
C22:1n11+9	0,4	0,4	0,4	0,4
C22:2	0,1	0,1	0,1	0,1
C22:4n6	0,1			
C22:6n3 (DHA)	4,5	3,8	4,0	4,2
C24:0	1,0	0,9	1,0	1,1
C24:1n9	0,3	0,3	0,3	0,3

Magn frírra fitusýra (ffa) var mælt í flakaafurðum hnakka með um 0,7 g FFA/100g fita og 1,4 í stirtlunni. Hærra innihald ffa í stirtlu rímar vel við mikla ensímvirkni í þeim hluta flaksins. Mesta innihald ffa er í óhituðu slógi eða 14,4 eins og sjá má á Mynd 5. Í haus og hrygg er magnið á bilinu 0,5-0,6. Við hitun á slógi stöðvast eða hægist á ensímvirkni (lipase) og sést það vel á innihaldi ffa í óhitaða slóginu.



Mynd 5. Magn frírra fitusýra (g FFA/100g fita) í flaki, haus, slógi (óhitað/hitað) og hrygg.

Frá næringarlegu sjónarmiði inniheldur lax hátt hlutfall af verðmætum fjölómettuðum fitusýrum eins og EPA og DHA, ásamt próteinum, sem endurspeglast í hliðarafurðum. Sérstaklega er hátt fituinnihald í slóginu og hausnum. Hryggurinn inniheldur kalk, fosfór og önnur steinefni. Blóð laxfiska telur allt að 4% af þyngd fisksins og er ríkt af fosfólípíðum, fjölómettuðum fitusýrum, hemóglóbíni (blóðrauða), steinefnum ofl.

Aminósýrusamsetning próteina í laxi til fiskimjölsframleiðslu hentar vel í dýrafóður, og ekki síst til manneðis ef horft er á kröfur á magni aminósýra (Salmon by-products).

Prótein í Atlandshafslaxi hafa meiri vatnsheldni en eggjahvítuprótein og soyja prótein þykkni, sem væri hentugt í kjötafurðir og sýna hentugri eðliseiginleika. Eiginleiki til að bindast fitu er líka betri en fyrir egg albumin og soyjaprótein, sem segir til um góða bindieiginleika í ýmsar afurðir.

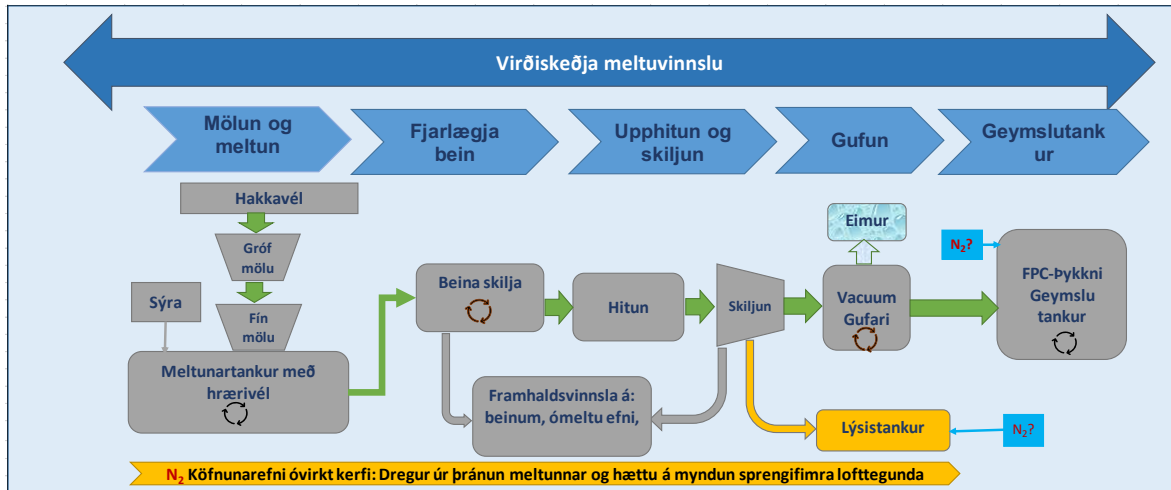
4.2 Melta

Meltuvinnsla hentar vel við nýtingu á hliðarahráefni frá eldi og vinnslu lax. Hliðarahráefni flokkast upp í tvo aðalflokka það er

- Heill fiskur sem drepst í kvíum eða flutningum. Fiskurinn drepst m.a. vegna sjúkdóma, sára, náttúrulegra affalla á eldistímanum. Dauður fiskur fellur til botns í eldiskvíum og er hreinsaður upp reglulega. Þetta hráefni flokkast í K2 og samkvæmt Evrópureglugerðum má aðeins nota þetta hráefni í áburð eða fóður sem er fyrir dýr eða fiska og ekki eru alin til manneðis.
- Hráefni sem fellur til við vinnslu á laxi og er það slóg, blóð, hausar, hryggir, afskurður o.fl. Miklir möguleikar eru fyrir hendi að nýta þetta hráefni sem inniheldur prótein, lýsi, vítamín, steinefni o.fl. í vinnslu á verðmætum afurðum til manneðis og fóðurgerðar. Þetta hráefni flokkast í K3

Melta hefur verið unnin úr K3 við sláturhús Arnarlax á Bíldudal síðan 2020. K2 hefur verið hakkað í pramma við kvíar og framleitt í meltu. Um einfalda framleiðslu er að ræða þar sem hvorki er lýsi skilið frá né vatn fjarlægð til að minka umfang og þyngd fyrir flutninga á markað.

Á mynd 6 er teikning af meltuframleiðslu sem unnin er alla leið í meltuþykkni þar sem gert er ráð fyrir skiljun á lýsi og þykkingu á meltu í gufara undir lofttæmi. Í dag er aðeins fyrsta stig framleiðslunnar unnið, mölun og meltun með maurasýru. Til að auka verðmæti framleiðslu og lækka kostnað við flutning væri hægt að fjarlægja bein, síðan er meltan hituð á réttum tíma til að fá staðlaða hrámeltu og lýsið skilið frá í skilvundu. Úr K3 væri framleitt verðmætt lýsi sem nota má til manneldis eða í fóður fyrir alidýr, en ávinningur við aðskilnað olíu eykur einnig geymslupól.

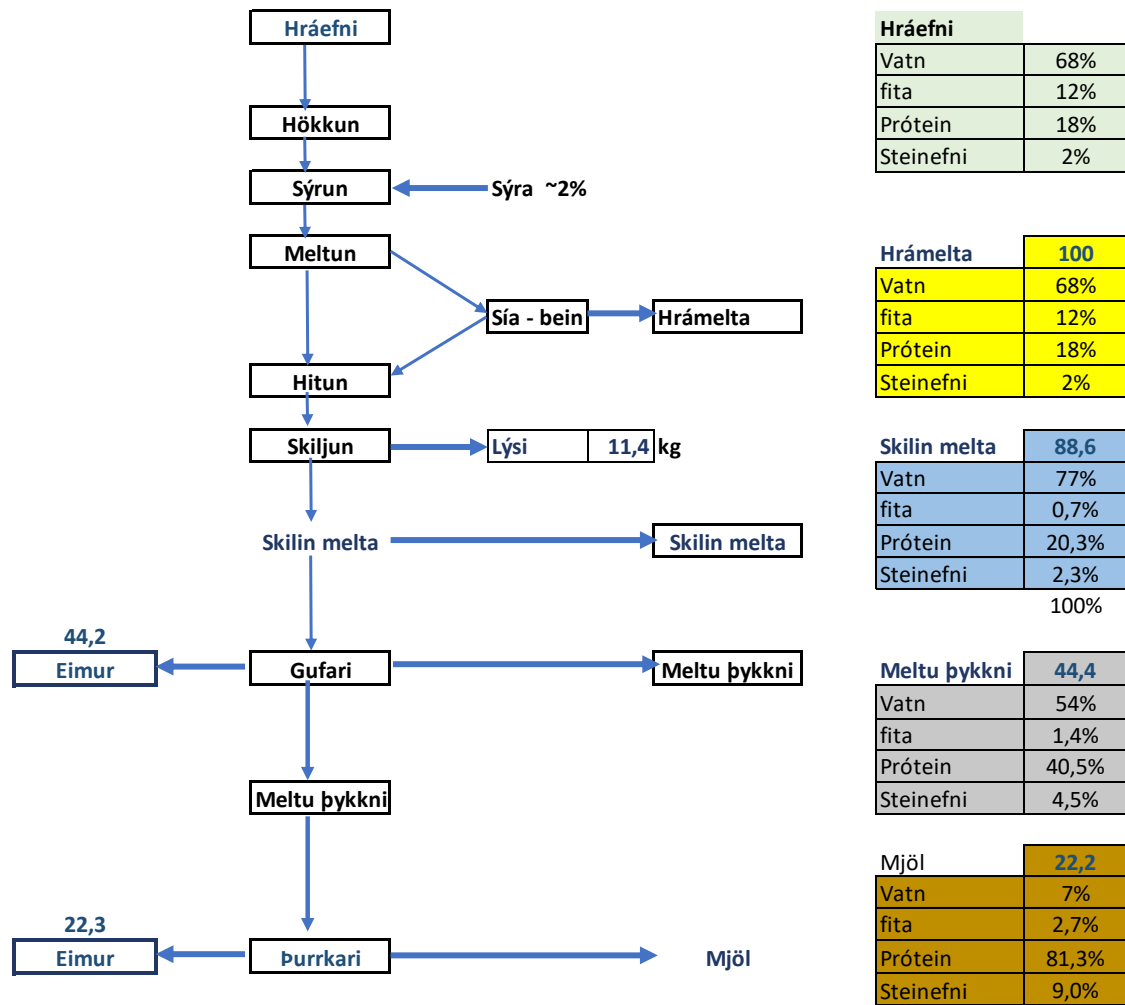


Mynd 6 Framleiðsluferli fyrir meltuvinnslu – með lýsisskilnaði og þykkingu

Ekki er ljóst hvað hægt væri að nota lýsi úr K2, en það er a.m.k. ljóst að hægt væri að nýta það til fóðurgerðar fyrir loð- eða gæludýra fóður. Þegar olían hefur verið skilin frá er meltan sett í gufara sem getur tekið allt að helminginn af vatninu úr meltunni, og þannig sparað mikið í flutningskostnað, en melta er ódýr afurð og flutnings-/geymslukostnaður er veruleg hindrun í nýtingu og áframvinnslu. Hugsanlegt er að nýta fullunna meltu beint til fóðurgerðar og sleppa þar með dýru framleiðsluferli með því að framleiða fyrst mjöl úr henni sem síðar væri nýtt til fóðurgerðar.

4.2.1 Melta úr K3

Til að auka verðmæti og lágmarka kostnað við meltuframleiðslu úr slógi (K3) er hægt að vinna meltuna meira. Hægt er að stjórna niðurbrot próteina með að stilla meltunartímanum og stoppa ferlið með hitun og fjarlægja lýsi. Þannig er hægt að fá afurðir með sérsniðnum próteinum og tryggja að afurðirnar verði með rétt gæði fyrir ákveðna markaði. Hugsanlegur vinnsluferill og massavægi fyrir framleiðslu á meltuafurðum er sýndur á mynd 7. Þegar hráefnið hefur brotnað niður þá er hægt að framleiða meltuþykkni þar sem þurrefni er um 46% og umfang þykknis er um 44% af hrámeltunni og um 11% af lýsi fæst úr þessu hráefni. Hægt er að framleiða mjöl úr meltunni og fengist þá um 22% mjöl úr þessu hráefni með um 81% próteininnihaldi. Þessi vinnsluleið er fyrsta skrefið í að auka verðmæti hráefnisins sem fellur til við eldi og vinnslu lax. Meltuþykkni yrði kallað prótein hýdrólýsat ef ensínum er bætt við meltuna til að flýta fyrir niðurbroti laxa hliðarhráefnis og til að ná fram sérhæfðari afurðum.



Mynd 7 Vinnsluferill og massavægi fyrir meltuafurð úr hliðarhráefnis K3 frá eldi og vinnslu á lax

Hitunin í vinnsluferlinu er til að stöðva ensímvirknina og auðvelda lýsisaðskilnað. Þannig er hægt að framleiða sérsniðin prótein með ákveðnum eðliseiginleikum fyrir framleiðslu á afurðum fyrir sérhæfða markaði.

Við að meta verðmæti þessara afurða er stuðst við markaðsverð fiskmjöls og fisklýsis, sem er grunnur fyrir marksverði slíkra afurða, þá fást niðurstöður sem eru sýndar í töflu 3.

Tafla 3: Verðmæti afurða miðað við vinnsluferil í mynd 8, úr 10 þúsund tonna hráefni, eða 50 tonnum á dag í 200 daga

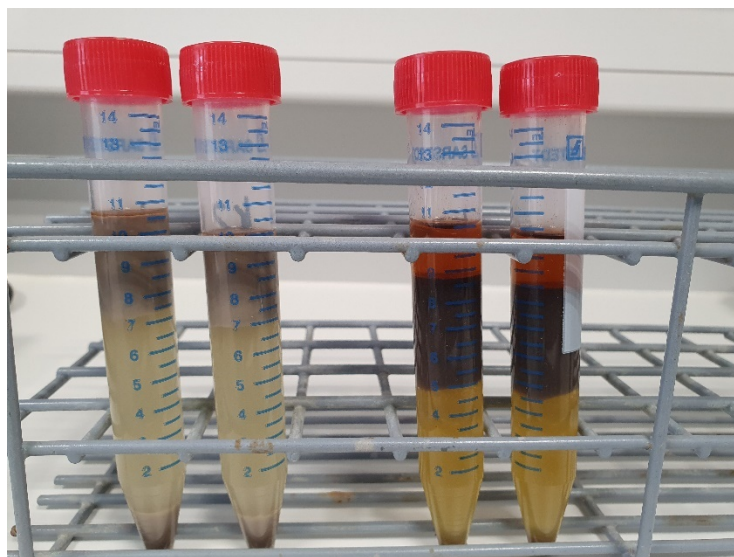
	Verð (\$/kg)	Verðmæti (millj. ISK/ár)
Hrámelta	0,68	853
Lýsi	1,95	342
Skilin melta	0,51	637
Meltuþykkni	1,02	796
Duft	2,05	860

Það er trúlega hægt að fá hærra verð fyrir þessar afurðir þar sem auðveldara er að framleiða afurðir með ákveðnum efnis- og eðliseiginleikum sem uppfylla þarfir markaðarins. Það dregur verulega úr geymslu- og flutningskostnaði við að framleiða þykkni eða duft úr meltu, en þessar afurðir hafa um það bil jafnmikið prótein á hvern rúmmetri. Rúmeðlisþyngd þykkisins er um 1,15 tonn/m³ og duftsins er um 0,55 tonn/m³ og þess vegna er próteininnihaldið um 450-500 á hvern rúmmetra.

4.2.2 Melta úr K2

Nýting á heilum fiski sem drepst í kvíum eða í flutningum hentar vel í meltuvinnslu. Samkvæmt Evrópureglugerðum má aðeins nota þessa hliðarstrauma í framleiðslu á afurðum í áburð eða fóður sem er fyrir dýr eða fiska, og ekki eru alin til manneldis. Meltuvinnsla sem er lýst í kaflanum hér að framan hentar einnig fyrir þetta hráefni. Reglugerðaverkið í kringum þetta hráefni er í endurskoðun og trúlega verður því breytt þannig að nýtingin verði auðveldari og hægt að framleiða verðmætar afurðir. Verðmætin gætu orðið svipuð og sýnd eru í töflu 3 og jafnvel meiri, en það ræðst af reglugerðverki í kringum nýtingu á þessu verðmæta hráefni.

Sýni voru tekin af meltu framleiddri úr K2 og K3 og voru þau skilin í glasaskilvindu og sést niðurstaðan á mynd 8 og mæld hlutföll fasaskiptinga eru sýnd í töflu KK.



Mynd 8: Sýni af meltu voru sett í skilvindu og sést fasaskipting sýnanna í Olía – Emulsion – Vatnsfasi – Botnall

Tafla 4: Niðurstöður á mælingu fasaskiptinga með glasaskilvindu á sýnum úr K2 og K3 eru mæld með málbandi

Hráefnisflokkur	Fasaskipting			
	Olía	Emulsion	Vatnsfasi	Botnall
K2 (meðaltal)	1%	30%	65%	5%
K3 (meðaltal)	13%	37%	49%	1%

Í afurðaflokknum K3 er meira af náttúrulegum ensímum úr innyflum fisksins og þess vegna fáum við betri aðskilnað á milli fasanna í glasaskilvindu. Sýrustig getur haft áhrif á þennan skilnað en í þessum sýnum var það pH=3,4 fyrir K2 og pH=3,5 fyrir hráefnisflokkinn K3. Þetta sýrustig er of lágt, en oftast er miðað við 4-4,2, þegar notaðar eru lífrænar sýrur, en fyrir ólífrænar sýrur er þetta lága sýrustig nauðsynlegt.

5 UMRÆÐUR

Möguleg nýting á þessum hráefnisstraumum eru fjölmargar og til að ná fram hagkvæmustu leiðinni þarf að gera ferlagreiningu, kostnaðarmat og markaðskönnun. Það finnast niðurstöður úr fjölmörgum rannsóknum á þessu sviði sem mun nýtast við þróunina. Markmið með þessu verkefni var að kanna þær leiðir sem koma helst til greina og koma með niðurstöður sem er fljótlegt að koma upp og virka fyrir ört vaxandi atvinnugrein. Fiskmjölsvinnsla er einn valkostur sem kemur til greina, en vinnslukostnaðurinn er háður afköstum og markaðsverðið er háð gæðum hráefnisins. Hráefnið fellur til dreift um landið og erfitt að geyma og flytja það án þess að rýra gæðin og einnig er það kostnaðar samt.

Melta er leið sem Norðmenn hafa nýtt sér til söfnunar, geymslu, flutninga og vinnslu, enda er hægt að staðsetja litlar stöðvar sem framleiða hrámeltu og auðvelda söfnun á hráefni frá laxeldisstöðvum dreifðum um landið. Hægt er þannig að koma upp stórrí söfnunar og vinnslu aðstöðu fyrir framhaldsvinnslu á meltu í fjölbreyttar afurðir og stærðin býður upp á vöruþróun og auðveldar markaðsstarf.

Eins og sést í töflu 5 þá er umtalsverð verðmætaaukning sem næst fram með aukinni vinnslu, en erfitt getur hins vegar verið að átta sig á markaðsvirði þessara afurða þar sem m.a. gæði skipta máli. Við að meta verðmæti meltuafurða var reynt að leggja sérmat á ákveðna markaðsmöguleika og sett inn í töfluna.

Tafla 5: Verð og verðmæti fiskmjölsgrunns, unnið úr hrámeltu og miðað við 10 þúsund tonn af hrámeltu.

	Verð og verðmæti fiskmjölsgrunnur		Verðmæti sérmat
	(\$/kg)	(millj. ISK/ár)	(millj. ISK/ár)
Hrámelta	0,68	853	180
Lýsi	1,95	342	342
Skilin melta og lýsi	0,51	979	1.011
Meltuþykkni og lýsi	1,02	979	1.138
Duft og lýsi	2,05	979	1.202

Með góðri ferlastýringu er auðvelt að framleiða sérhæfð prótein með ákveðna eiginleika. Einnig er hægt að bæta ensímum eða ensímböndu (tailor made enzyme) til að fá meiri sérhæfingu í vinnslu á próteinböndu með sérsniðnum eiginleikum.

- Með því að nota gufara, sem gufar við undirþrýsting, til að fjarlægja vatn úr meltunni, sparast mikil orka miðað við að nota þurrkara við mjölvinnslu. Um tvisvar til fimm sinnum meiri orka er notuð til þurrkunnar. Melta þar sem búið er að fjarlægja um 60% af vatninu (meltu þykkni) er með allt að jafn mikið próteininnihald og mjöl á rúmmálseiningu. Eðlisþyngd mjöls er um 0,50 – 0,55, en er 1,10 – 1,20 fyrir þykkni. Þessi vinnsluleið hefur þann kost að geta unnið með óstaðlað hráefni og framleitt einsleita afurð sem er hægt að stilla af eftir þörfum kaupenda og framleiða afurðir eftir óskum kaupenda og neytenda. Hægt væri að vinna allt árið og þar af

leiðandi þurfa afköstin ekki að vera mikil. Þessi vinnsluferill býður upp á mikla sjálfvirkni og þess vegna þarf ekki mikinn mannskap í verksmiðjuna. Einnig væri hægt að nota þennan feril án sýruíblöndunar og þá með að blanda sérsniðnum ensímum í hráefnið og fengist þá afurð (prótein hýdrólýsöt) sem hentar til manneldis, en hægt er að vinna úr K3 til manneldisframleiðslu.

6 ÁLYKTANIR

Þykking á hrámeltunni með gufun er gerð við undirþrýsting við hitastig um 30-50°C, sem fer mjög vel með próteinin og kemur í veg fyrir að vinnslan valdi skemmdum á þeim. Hitastig við 100°C eins í þurrkun rýrir gæði próteina og þar með framleiðslunnar.

Meltuþykkni gæti hentað beint til fóðurgerðar. Þannig mætti sleppa orkufreku og kostnaðarsömu vinnsluþrepi, ásamt því að spara kolefnisspor. Afurðin yrði því umhverfisvænni.

Hér er verið að velta upp mikilvægum möguleikum í nýtingu á K2 og K3 sem hingað til hafa skilað kostnaði fyrir fiskeldið og gæti snúið því yfir í verðmætasköpun. Til að koma þessum hugmyndum lengra er nauðsynlegt fyrir rannsóknarsamfélagið að vinna þétt með fiskeldisfyrirtækjum og yfirvöldum sem skapa regluverkið.

- Þykkingin er framkvæmd við undirþrýsting og gufunin á sér stað við 30-50°C og þess vegna eru eiginleikar próteina ekki eyðilagðir. En við þurrkun er hluti af þessum eiginleikum rýrðir vegna hás uppgufunarhita í þurrkaranum.
- Í framtíðinni væri hægt að hugsa sér að nýta þykkni beint í fóðurframleiðsluna og sleppa þurrkunarþrepinu sem er kostnaðarsamt (stofnkostnaðar er hár og einnig rekstrakostnaður) og ekki umhverfisvænt. Þannig væri hægt draga úr verulega sótspori við þessa vinnslu og fóðrið yrði umhverfisvænna.

Til komast lengra er mikilvægt að þróa þessar hugmyndir í samtarfi við greinina og rannsóknasamfélagið. Einnig er mikilvægt að stjórnvöld og eftirlitsstofnanir komi að málinu til að tryggja að regluverkið gangi í takt við þarfir og kröfur allra hagaðila.

7 ÞAKKARORÐ

Skýrsluhöfundar vilja þakka samstarfsaðilum verkefnisins fyrir mikilvægt innlegg. Þar ber helst að nefna eftirfarandi fyrirtæki:

- Arctic Protein
- Héðinn
- Arnarlax
- Búlandstind

Verkefnið tók lengri tíma en gert var ráð fyrir, enda var gerð stefnubreyting frá mjölvinnslu úr K3 í að nota meltu. Þátttakendum er sérstaklega þakkað fyrir það úthald og þrautseigju sem þeir hafa sýnt og haldið ótrauðir áfram, þrátt fyrir óvissu sem af þessu skapaðist.

Einnig vilja skýrsluhöfundar þakka AVS rannsóknarsjóði í sjávarútvegi fyrir að taka þátt í fjármögnun verkefnisins.

8 HEIMILDASKRÁ

Agnarsson, S., Arason, S., Kristinsson, H., & Haraldsson, G. (2021). *Staða og horfur íslenskum sjávarútvegi og fiskeldi*. Reykjavík+: Stjórnarráð Íslands: Atvinnuvega- og nýsköpunarráðuneytið .

Bjarnason, J., & Arason, S. (1997). *Meltuframleiðsla*. Reykjavík: Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins.

EC. (10. 2 2022). 1069/2009. Sótt frá <https://eur-lex.europa.eu/>: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R1069&from=EN>

Stjórnarráð Íslands. (2. 10 2022). *F. Úrgangur og sóun*. Sótt frá <https://www.stjornarradid.is/>: <https://www.stjornarradid.is/verkefni/umhverfi-og-natturuvernd/loftslagsmal/adgerdaaetlun-i-loftslagsmalum/adgerdirnar/loftslagsskyrslastok/?itemid=c958ac20-8632-11ea-9459-005056bc530c>

9 VIÐAUKAR

9.1 Viðauki I: Þarfagreining, bestun vinnsluferla, geymslu og flutningsleiða (Verkpáttaskýrsla VP2)

Verkpáttaskýrsla (VP2)

Þarfagreining á tækjabúnaði og vinnsluferlum við söfnun og forvinnslu hráefnis. (V2.1)

Bestun vinnsluferla við söfnun hráefnis í sláturhúsi (V2.2)

Prufukeyrslur tækjabúnaðar við forvinnslu hráefnis (V2.3)

Bestun geymslu- og flutningsleiða (V2.4)



Reykjavík 27. desember 2018

Ásbjörn Jónsson, Víðir Örn Guðmundsson

Þarfagreining á tækjabúnaði og vinnsluferlum við söfnun og forvinnslu hráefnis (V2.1)

Arctic Protein hóf samstarf við Héðinn hf árið 2015, en Héðinn hefur undanfarin ár þróað vélar til að vinna mjöl og lýsi úr hráefni sem fellur til í fiskvinnslu bæði á sjó og í landi. Í september 2015 hófu Arctic Protein og Héðinn samstarf þar sem markmiðið var að þróa og aðlaga próteinvél frá Héðni (HPP 300) til þess að vinna mjöl og lýsi úr laxaslógi frá laxeldi. Arctic Protein framleiðir í dag með vélabúnað frá Héðni, hágæða laxamjöl og laxaolíu sem notað er sem íblöndunarefni í gæludýrafóður í Bandaríkjunum. Arctic Protein notar bæði laxaslóg, afskurð af laxi sem og afskurð af bleikju í framleiðslu sína á Laxamjöl og Laxaolíu.

Bestun vinnsluferla við söfnun hráefnis í slátruhúsi (V2.2)

Arctic Protein og Arnarlax hafa í sameiningu frá árinu 2016 leitast eftir því að ná sem mestum gæðum út úr laxaslóginu til þess að Arctic Protein hafi hag á því að vinna það og um leið losa Arnarlax undan skildum að farga því. Unnið var lengi vel í því að draga úr vatnsmagni í slógi, vegna þess að slógið var mjög fljótt að skemmast og erfitt var að vinna úr því. Í dag er vatnsmagn í slóginu lítið sem ekki neitt eftir að komið var upp tromlu í slátruhúsi Arnarlax sem síar vatnið frá slóginu. Slóginu er dælt úr vinnslurás Arnarlax í lokaða IBC tanka sem síðar eru fluttir til Arctic Protein. Slógið kemur nú heillegt og ferskt inn í vinnslurás Arctic Protein.

Prufukeyrslur tækjabúnaðar við forvinnslu hráefnis (V2.3)

Mun auðveldara var að vinna hráefnið eftir að vatnstromlunni var komið upp hjá Arnarlax sem og flutningsmáti var breyttur úr fiskikörum í lokaða tanka. Minni fita er í mjölinu og gæði þess sem og olíunnar eru miklu meiri.

Bestun geymslu- og flutningsleiða (V2.4)

Allt frá stofnun Arnarlax og Arctic Protein hafa verið vangaveltur um hvernig best væri að flytja hráefnið á milli Bíldudals og til Borgarnesar. Allt frá upphafi var laxaslóginu komið fyrir í tröllapoka og sent í 300L fiskikörum til Arctic Protein frá Arnarlax. Nú hefur þessu verið breytt þannig að slóginu er dælt beint úr vinnslurás Arnarlax í 1000L IBC tanka. Tankarnir eru alveg lokaðir og tryggja þannig bestu gæði hráefnis og þ.a.l afurða. Slóginu er keyrt með kældum flutningsbílum frá Bíldudal strax eftir slátrun og er það komið inn í vinnslurás Arctic Protein ekki seinna en sólahring frá slátrun. Slóginu er því alltaf haldið kældu, allt frá slátrun á Bíldudal yfir í vinnslu í Borgarnesi. Komið var fyrir vacuumdælubúnaði í vinnsluhúsnæði Arctic Protein til þess að hægt væri að dæla upp úr IBC tönkunum og í hráefniskar sem matar síðan próteinverksmiðjuna með hráefni.

9.2 Viðauki II: Efnasamsetning og eigileikar hliðarhráefnis í laxeldi (Verkpáttaskýrsla VP3.1)

Verkpáttaskýrsla (VP3.1)

Efnasamsetning og eiginleikar hliðarhráefnis í laxeldi



Reykjavík 9 maí 2018

Sigurjón Arason

Framkvæmd

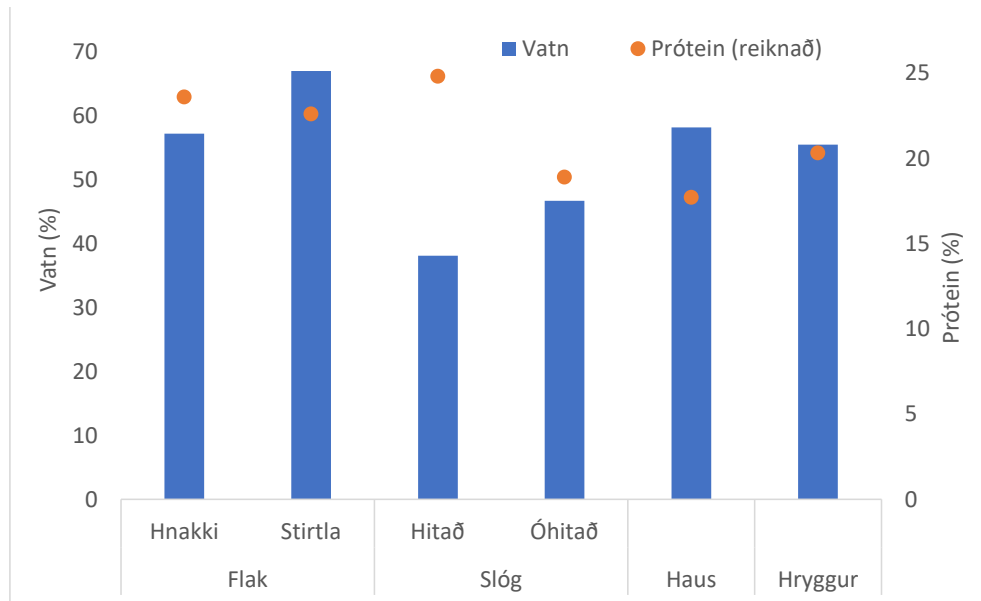
Gerðar voru efnamælingar á eldislaxi hjá Arnarlaxi hf. Það hráefni sem var efnagreint var eftirfarandi:

- Flak (hnakki og sporður)
- Slóg (óhitað og hitað) 85°C
- Haus
- Hryggur

Eftirfarandi efnamælingar voru gerðar: Vatn, fita, greining á einstökum fitusýrum, magn próteins var reiknað, fjölómattaðar fitusýrur (PUFA), einómattaðar fitusýrur (MUFA), mettaðar fitusýrur (SFA) og fríar fitusýrur (FFA).Ekki bein í haus og hrygg.

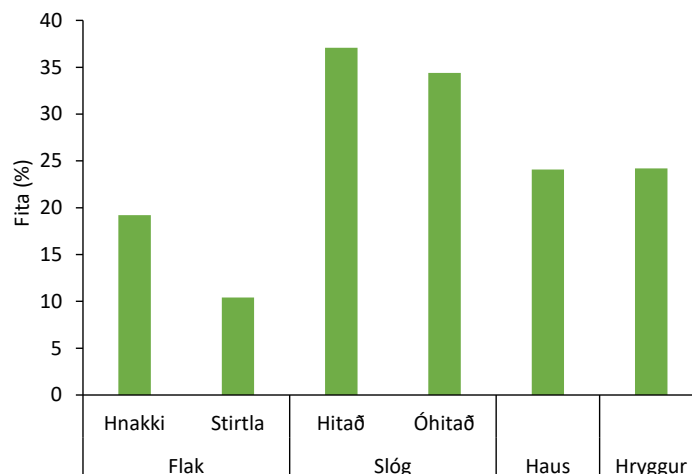
Niðurstöður

Vatnsinnihald hráefna var á bilinu 46,7-67% (Mynd 1). Hitað slóg innihélt hins vegar rúmlega 38% vatn. Reiknað próteininnihald var um 25% í hituðu slógi en annars á bilinu 17,7-23,6% í öðru hráefni.



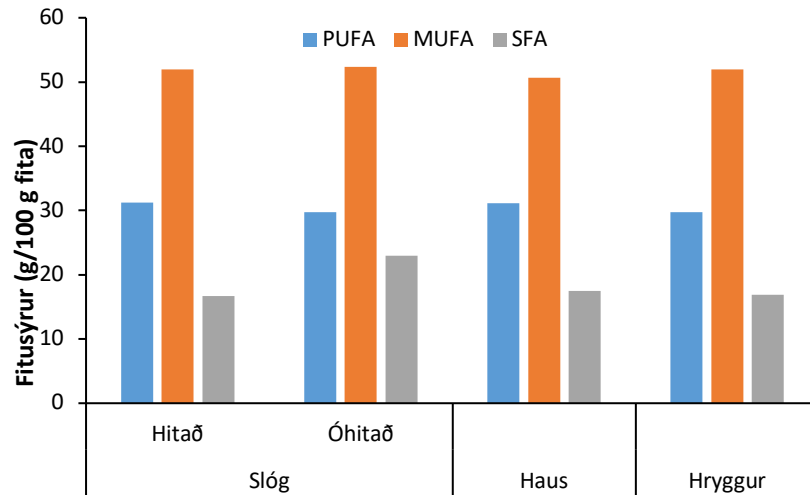
Mynd 9. Efnasamsetning á slógi, flökum, haus og hrygg. Prótein reiknað út frá vatni og fitu

Fituinnihald var minnst í sporði eða um 10% (Mynd 2). Í haus og hrygg var fituinnihald svipað eða um 24%. Í slógi var fituinnihald 34,4% í óhituðu slógi og 37,1% í hituðu slógi.



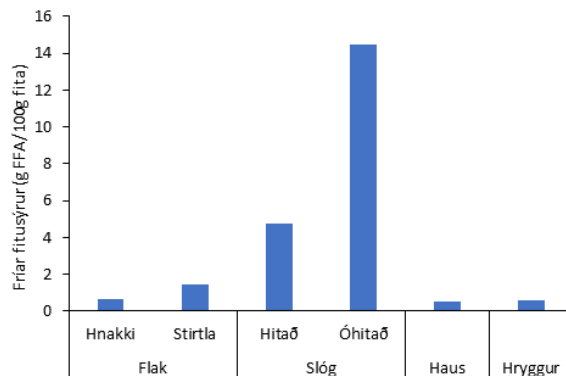
Mynd 10. Fituinnihald í flökum, slógi, haus og hrygg.

Magn fjölómattaðra fitusýra er svipað í slógi, haus og hrygg eða 29,% til 31,1% (Mynd 3). Sama má segja að magn einómattaðra fitusýra í sömu hráefnum er svipað eða á bilinu 50,7% til 52,4%. Magn mettaðra fitusýra reyndist vera mest í óhituðu slógi eða 23%.



Mynd 11. Fitusýruinnihald í slógi, haus og hrygg (PUFA=fjölómattaðar fitusýrur; MUFA=einómattaðar fitusýrur; SFA=mettaðar fitusýrur).

Magn frírra fitusýra er mest í óhituðu slógi eða 14,4% (Mynd 4). Í hnakka, haus og hrygg er magnið á bilinu 0,5-0,66%.



Mynd 12. Magn frírra fitusýra í flaki, haus, slógi (óhitað/hitað) og hrygg.

Fitusýrusamsetning í óhituðu og hituðu slógi er keimlík, með þeirri undantekningu að mettaða fitusýran Tricosylic sýra (C23:0) greinist ekki í hituðu slógi og ekki heldur í haus eða hrygg (Tafla 1). Magn eicosapentanoic sýru (EPA) reyndist vera á bilinu 2,4-2,8% í hráefninu, og var mest í haus eða 2,8%. Magn deicosa hexanoic sýru var á bilinu 3,8 til 4,5%, og var mest í haus eða 4,5%. Ljóst er að hausinn er verðmætur af þessum omega-3 fitusýrum sem hafa góð áhrif gegn hjarta og æðasjúkdómum.

Tafla 6. Fitusýrugreining á slógi (hitað/óhitað), haus og hrygg.

Fitusýra	Slóg (hitað) (%)	Slóg (óhitað) (%)	Haus (%)	Hryggur (%)
C14:0	2,2	2,1	2,1	2,1
C16:0	8,2	8,2	9,0	8,5
C16:1n7	2,3	2,3	2,2	2,2
C16:2n4	0,1	0,1	0,1	0,1
C16:3n4	0,2	0,2	0,2	0,2
C17:0			0,1	
C17:1	0,1	0,1	0,1	0,1
C18:0	2,4	2,4	2,3	2,1
C18:1n9	42,0	42,5	40,8	42
C18:1n7	2,7	2,7	2,8	2,7
C18:2n6	14,2	14,2	13,7	14,3
C18:3n6	0,1	0,1	0,1	0,1
C18:3n3	5,5	5,4	5,5	5,6
C18:4n3	0,7	0,7	0,7	0,7
C20:0	0,3	0,3	0,3	0,3
C20:1n11+9	4,2	4,2	4,2	4,2
C20:2	1,0	0,9	0,9	0,9
C20:3n6	0,3	0,2	0,2	0,1
C20:3n3	0,4	0,4	0,4	0,4
C20:4n6	0,8	0,8	0,8	0,8
C20:5n3 (EPA)	2,6	2,5	2,8	2,4
C22:0	2,7	2,7	2,9	3,0
C22:1n11+9	0,4	0,4	0,4	0,4
C22:2	0,1	0,1	0,1	0,1
C22:4n6			0,1	
C24:0	1,1	1,0	1,0	0,9
C226n3 (DHA)	4,2	4,0	4,5	3,8
C24:1n9	0,3	0,3	0,3	0,3
SFA	16,7	16,7	17,5	16,9
MUFA	52,0	52,4	50,7	52,0
PUFA	31,2	29,7	31,1	29,7

SFA=saturated fatty acids; MUFA=monounsaturated fatty acids; PUFA=polyunsaturated fatty acids.

Frá næringarlegu sjónarmiði inniheldur lax hátt hlutfall af hollum fjölmettuðum fitusýrum eins og EPA og DHA, ásamt próteinum, sem endurspeglast í hliðarafurðum. En hlutfallið er mun lægra, bæði í fitu og próteinum, miðað við uppsjávarfisk. Sérstaklega er mikil fita í slóginu og hausnum.

Hryggurinn inniheldur kalk, fosfór og önnur steinefni sem væri rétt að athuga.

Blóð laxfiska telur allt að 5% af þyngd fisksins og er ríkt af fósólípíðum, fjölmettuðum fitusýrum, hemóglóbíní (blóðrauða), steinefnum ofl.

Amínósýrusamsetning próteina í laxi til fiskimjolsframleiðslu hentar vel í dýrafóðri, og ekki síst til manneldis ef horft er á kröfur á magni amínósýra (Salmon by-products).

Prótein í Atlandshafslaxi hafa meiri vatnsheldni en eggjahvítuprótein og soyja prótein þykkni, sem væri hentugt í kjötafurðir og sýna hentugri eðliseiginleika.

Eiginleiki til að bindast fitu er líka betri en fyrir egg albumin og soyjaprótein, sem segir til um góða bindieiginleika í ýmsar afurðir.

9.3 Viðauki III: Skilgreiningar á afurðum og eiginleikum framleiddum úr hliðarhráefni sem fellur til við slátrun og vinnslu (Verkþáttaskýrsla VP4.1)

Skilgreining á afurðum og eiginleikum framleiddum úr hliðarhráefni sem fellur til við slátrun og vinnslu.

Oddvar Ottesen, Jón Árnason, Birgir Örn Smáráson, Nonna Zhuravleva og Rannveig Björnsdóttir (2016). Skýrsla Matís 15-16.

The majority of by-products is used for meal, ensilage and feed for fur-bearing animals. Only 10% is used for more high-value products, such as human food, health food and biochemical.

Technology for utilization of blood from warm-blooded animals as food and feed ingredients are already developed. The blood is separated in red hemoglobin and a colourless plasma and sold separately to various food applications. Dried blood from warm blooded animals is well known in the feed/food market. It has a good protein composition with favourable amino acids. As with warm-blooded animals, plasma of fish blood may be used in the food industry as water binders and as a gelating ingredient in the feed/food. Haemoglobin meal, is the red part of the separated blood. It may be used as iron enrichment in food like bread, blood sausages, black pudding etc. Traditional blood products from warm blooded animals has to be dried at high temperature. The proteins denaturize and often get a bitter taste. It has been suggested that the pet food industry might be willing to pay a significantly higher price for dried fish blood as compared to traditional dried blood products (RUBIN report 167). If it is possible to separate plasma from red blood cells, the salmon blood may be used in different, more advanced fish products, whereas the red phase may be used as an iron enrichment in dietary supplements.

Blood

In Norway, Iceland and Russia, there are large slaughterhouses for farmed fish, mainly salmonids. In salmon and trout, blood is around 3.5 and 4.0% (of live-weight) of the fish. This is available and an interesting raw material for further processing and development. However, with the present slaughtering technology, it is only possible collect up to two percent of the fish's weight as blood. With an annual production of farmed fish in Norway of 1.300.000 tons (2015), about 26.000 tons (2%) of salmon blood may be available. Salmon blood contains approximately 10 - 12,5% protein and 0,8% fat with a high content of omega-3 fatty acids (Kjølås, F.H. and Storror 2005). Blood plasma separated from salmon blood coagulate rather quickly after bleeding. Separate blood plasma of salmon blood gives weaker gels

by heating compared with plasma from warm-blooded animals, however the red phase is forming strong gels. Previous projects have reported large difficulties in collecting and drying fish blood as properties of fish blood was very different as compared to blood of warm blooded animals. Vital Marine, in collaboration with Marine Harvest and Core Competence, did not manage to separate blood plasma and hemoglobin in salmon blood and concluded that utilization of salmon blood must be based on gently dried whole blood (RUBIN-report 151, 188). Large scale separation of salmon blood in plasma and red phase have not been conducted, and methods for collection and separation of blood components are not developed. Thus, plasma and hemoglobin products of salmon, have not been tested by the feed/food industry.

There are two possible ways to approach the problem of collecting fish blood at slaughter houses, namely “dry bleeding” during bleeding and slaughtering of the fish, or by separating fish blood component from the process water after the bleeding. However, the latter may impose several problems related to different types of “pollution” of the process water, e.g. salt, fish faces and fish scales. When using a dry bleeding method at the slaughterhouses, it is possible to collect the blood of salmon during slaughtering. Blood from whitefish from fishery are also a potential raw material, but it would be a difficult task to find methods and equipment for this purpose. However, future prizes on this resource may be incentives to develop methods and equipment that will make it economically feasible to collect blood from wild fish. The collection and processing of salmon blood is a complex task as the blood coagulates even at low temperatures. The addition of an anticoagulant solution to the blood immediately after bleeding may prevent this. The blood can then be fixated or separated in plasma and blood cells, for example by using membrane technology or centrifugation equipment, or by dry, or freezing the blood or plasma within coagulation starts. The coagulation time may be increased by lowering the temperature of the fish. This will extend the time allowed for bleeding and improve the efficacy of bleeding, especially in the summer months with higher seawater temperatures. Trials have shown that under temperature near 0°C, the blood will coagulate within approximately 33 minutes, while at 10°C the blood will coagulate within 10 minutes (Tobiassen et al. 2015). A somewhat longer time before coagulation of blood during slaughtering process was reported by Olsen et al. (2006), with up to ca 60 minutes at temperatures close to zero.

A Norwegian company, SeaSide AS, 6200 Stranda, has developed a salmon slaughter production line based on dry bleeding and individual handling of each salmon during the bleeding process. During the bleeding the fish is positioned head down, and the bled blood is pumped to a separate tank. Minimum bleeding-time is set to 4 minutes. This system may be a new possibility for a profitable collection of fish blood from fish slaughter houses in Nordic countries. Pre-treatment according to protocol, cooling and storing under controlled environment is very important. For fish blood, it is very important that coagulation is avoided after slaughtering. Chilling the fish before slaughtering and maintain very low

temperature after the fish is bled will probably improve the fish fillet quality, increase the bleeding and postpone the coagulation time up to one hour (Olsen et al 2006). Future work need to have focus on developing technology at traditional salmon/trout slaughter houses to facilitate collection of fish blood, avoid coagulation, and to separate plasma and blood cells.

Tafla 7. Efnasamsetning á blóði bleikju.

	Whole blood (%)	Plasma (%)	Cells (%)	Skimmed blood Freeze dried (%)
Water	86,4	92,7	78,7	3
DM	13,6	7,3	21,3	97
Protein	10,5	4,2	18,6	70
Lipid	2,1	1,4	0,4	10
Ash	0,9	0,9	1,0	10
Rest	0,1	0,8	1,4	8
As in DM				
Protein	77	58	87,1	72
Lipid	15,3	19	1,8	10
Ash	6,8	12,4	4,7	10
Rest	0,9	10,5	6,4	8

Ottesen ofl. (2016).

Heimildir

Rubin report 167 (2008). Internasjonal markeds- og industrianalyse for biomarine ingredienser. Oppdatering oktober 2008. Prosjektnummer 4639. Utførende institusjoner, Core Competence Gränsvägen 18B, SE-236 33 Höllviken, Sverige, Hartmark Consulting AS P.b. 20 Skøyen, 0212 Oslo.

Kjøllås, F.H. og Storrø (2005), I. Fiskeblod en uutnyttet ressurs. Norsk Fiskeoppdrett 11a, November 2005.

Rubin report 151. Lakseblod som ingrediens i næringsmidler. Pilotforsøk separasjon og tørking. Vital Marin AS 2008.

Rubin report 188. Lakseblod som ingrediens i petfood. Tørking i pilotskala med bevaring av koaguleringssevne (2010) Vital Marine AS, P.b. 66, 6201 Stranda Jørund Hagen, Core Competence, Gränsvägen 18B, SE-236 33 H.

Tobiassen, Torbjørn, Stein H. Olsen, Karsten Heia, Tor H. Evensen, Ragnhild A. Svalheim, Leif Akse, Kjell Midling (2015). Fremtidens slakteprosess for laksefisk, (oral presentasjon in Norwegian) FHF arbeidsmøte 7 januar 2015.

Olsen, S.H., Sørensen, N.K., Stormo, S.K., Ellevoll, E.O., 2006. Effect of slaughter methods on blood spotting and residual blood in fillets of Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture 258, 462–469.

Lilja Magnúsdóttir, Sæmundur Elíasson, Birgir Örn Smárason, Jón Örn Pálsson og Sölvi Sólbergsson (2016). Skýrsla Matís 12-16.

Um er að ræða fisk sem drepst í kvíum eftir flutning, vegna sára, eða vegna náttúrulegra affalla á eldistímanum. Slíkur fiskur fellur til botns í eldiskvínni og er hreinsaður upp reglulega. Þessi fiskur er flokkaður sem úrgangsflokkur II samkvæmt Evrópureglugerðum (Sjávarútvegs- og landbúnaðarráðuneytið, 2010) og má aðeins nota í áburð eða fóður fyrir loðdýr, en ekki fyrir dýr eða fiska sem alin eru til manneldis. Ákveðnir annmarkar eru þó á nýtingu þessa hráefnis fyrir loðdýr þar sem t.d. minkur étur ekki fóður nema að hráefni þess sé svo til nýtt þegar það er sett í fóðrið og því ekki hægt að nýta fisk sem byrjaður er að skemmast í fóður fyrir minkinn. Í dag er þetta hráefni sett í frystigám og síðan flutt til urðunar á viðurkenndan urðunarstað með tilheyrandi kostnaði fyrir eldisfyrirtækið. Í Noregi er þessi fiskur settur í maurasýru og þannig búin til melta sem síðan er notuð sem svínafóður og til orkuframleiðslu svo sem lífgas og fleira (Olafsen, Richardsen, Nystøyl, Strandheim, & Kosmo, 2014).

Heimildir

Olafsen, T., Richardsen, R., Nystøyl, R., Strandheim, G. og Kosmo, J.P. (2014). Analyse marint restråstoff 2013. Trondheim: SINTEF Fiskeri og havbruk AS.

Olafsen, T., Richardsen, R., Nystøyl, R., Strandheim, G., & Kosmo, J. P. (2014). Analyse marint restråstoff 2013. Trondheim: SINTEF Fiskeri og havbruk AS.

Rasa Slizyte, Katariina Rommi, Revilija Mozuraityte, Peter Eck, Kathrine Five and Tusid Rustad (2016). Bioactivities of fish protein hydrolysate from defatted salmon backbones. Biotechnology Reports 11: 99-109.

One third of Norwegian farmed salmon (370 600 ton from total 1 370 500 ton) was considered as rest raw materials in 2015. Viscera and trimmings accounted for about 40% of the rest raw materials, while heads and backbones made up about 8% each [1].

Protein hydrolysates rich in bioactive compounds represent promising ingredients for food and industrial applications. Fish protein hydrolysates (FPH) have been reported to exhibit good functional [2,3] and nutritional properties [3,4].

The main aim of this work was to screen for bioactivities in bulk hydrolysates obtained from defatted salmon backbones. The hydrolysis of thermally defatted salmon backbones yielded fish protein hydrolysates with bioactive properties.

Heimildir

R. Richardsen, R. Nystøyl, G. Strandheim, A. Viken, *Analyse marint restråstoff*, 2014: *Analyse av tilgang og anvendelse for marint restråstoff i Norge*, SINTEF Fisheries and Aquaculture, Trondheim, 2015 (Report no. A 26863).

H.G. Kristinsson, *Aquatic food protein hydrolysates*, in: F. Shahidi (Ed.), *Maximising the Value of Marine By-Products*, Woodhead Publishing Ltd, 2007.

F. Shahidi, X.Q. Han, J. Synowiecki, *Production and characteristics of protein hydrolysates from capelin (Mallotus villosus)*, *Food Chem.* 53 (1995) 285–293.

R. Slizyte, E. Dauksas, E. Falch, I. Storro, T. Rustad, *Characteristics of protein fractions generated from hydrolysed cod (Gadus morhua) by-products*, *Process Biochem.* 40 (2005) 2021–2033.

Tone Aspervik (2016). Fish protein hydrolysates based on Atlantic salmon by-products.

The world fisheries and fish farming industries generate large amounts of by-products after the primary processing of fish to edible products. In Norway alone, this accounted for almost 900,000 tons in 2014. Based on present industrial practice, most of the byproducts are either discarded or used in the manufacture of low-value commodity products such as fish silage, fishmeal and oil. By-product material from the primary filleting process, such as heads and backbones, contain high-quality food grade proteins with a great potential for value creation. The production of water-soluble protein hydrolysates using exogenous proteases may give an increased valorization of the byproducts for human consumption and offers a mild and efficient processing approach without prejudicing the nutritional value.

The main objective of this study has been to produce FPHs based on Atlantic salmon (*Salmo salar*) head and backbone products with low bitter taste, good surface-active properties and high nutritional value. The hydrolytic and cost efficiency of five commercial endopeptidases (Alcalase 2.4L, Corolase 7089, Neutrase 0.8L, Promod 671L and Protex 7L) have been evaluated and compared in the hydrolysis of the salmon were assessed based on generic descriptive analysis by a trained sensory panel. The hydrolysate surface-active properties were evaluated based on critical micelle concentration (CMC) using ¹H NMR. Nutritional properties have been evaluated based on calculations of protein efficiency ratio (PER), amino acid score (AAS), digestible indispensable AAS (DIAAS) and protein digestibility corrected (PDCAAS) using FAO recommendations of indispensable amino acids for small children (six months to three years).

substrate, based on the pH-STAT method. The sensory properties of the hydrolysates

Margareth Opheim, Rasa Slizytė, Hallgeir Sterten, Fiona Provan, Eivind Larssen, Nils Petter Kjos. (2015). Hydrolysis of AS rest raw materials-Effect of raw material and processing on composition, nutr. Value and pot. Bioactive peptides in the hydrolysates, Process Biochemistry.

As viscera are a major constituent of rest raw material from aquaculture (salmon farming), it is of great importance to consider viscerain order to increase sustainability and to exploit valuable marine proteins and oils. In 2011, about 50% of the rest raw material from aquaculture in Norway was minced and acidified to reach a pH < 4 to produce a semisolid fluid called salmon-silage [2]. Most of the salmon-silage is used as a raw material in animal feed production [1], and is considered to be a valuable source

of protein. It is, however, possible to increase the value of salmon rest raw material by more gentle processes than silage production, e.g., controlled enzymatic hydrolysis, thus allowing protein, oils, and minerals to be extracted to supply the market with higher value products with desirable features.

The enzymatic hydrolysis process is achieved by the activity of enzymes at certain temperatures for a defined time. Many factors influence the properties and constituents of the final hydrolysate, e.g., composition and variation of raw materials, specificity, activity and concentration of endogenous and added enzymes, pH, temperature, and time. During the hydrolyzing process, the proteins become more soluble due to cleavage of the peptide bonds between the amino acids, generating peptides with a smaller molecular size and with more ionizable amino and carboxyl groups, which probably contribute to the solubility [3]. After hydrolysis, by using phase separation, it is possible to obtain an oil fraction, possibly an emulsion phase, a protein-rich aqueous phase (hereinafter referred to as the hydrolysate), and an insoluble sludge fraction.

Viscera are traditionally considered as a low-value raw material due to high enzymatic activity [12,13] and variable intestinal content and seasonal variations in wild-caught fish [14]. Many of these challenges can be solved or diminished in farmed Atlantic salmon that are slaughtered after fasting and under controlled and hygienic conditions. Together, this makes it possible to utilize fresh rest raw material directly after filleting, and to get the desired stability and composition needed for further controlled processing and for the final products.

Many of the earlier studies of salmon hydrolysates have used rest raw materials without viscera [15–18]. However, hydrolysates from viscera-containing rest raw material have been studied from other species, including pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) [14], cod (*Gadus morhua*) [19–21], yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) [22], sturgeon (*Acipenser persicus*) [23], herring (*Clupea harengus*) [24], and sardinella (*Sardinella aurita*) [25] with different aims for the final products.

The nutritional value of hydrolysates can be evaluated by protein content and amino acid composition—however, the molecular size of the peptides, content of free amino acids, and amount of bioactive motifs are important factors for defining the intended application of the hydrolysate. Generally, the goal is to obtain a hydrolysate that is rich in protein with a peptide size <10 kDa, is rich in essential amino acids, and at the same time has a low content of lipids and ash. The number and type of bioactive motifs, with expected bioactivity, may play a crucial role in some applications of protein hydrolysates and other important components, such as taurine and anserine, may be important. The main aim of this study was to evaluate the composition, nutritional value, and potential bioactive peptides of different hydrolysates produced from viscera-containing salmon rest raw material that was processed with different enzymes and pre-treatments. A further goal was to compare laboratory and industrial-scale production of hydrolysates with respect to the above-mentioned parameters.

Table 8. Proximate composition of Atlantic salmon rest raw material. Values given as % of wet material. Mean values \pm SD. n=2.

Raw material	Viscera (V)	Head (H)	Frame (F)	VHF
Dry material	60 \pm 8	39 \pm 4	42 \pm 2	50 \pm 6
Crude protein	8 \pm 2	13 \pm 1	15 \pm 1	11 \pm 2
Ash	1 \pm 0	4 \pm 1	4 \pm 1	3 \pm 1
Lipids	44 \pm 9	22 \pm 2	27 \pm 1	34 \pm 1

Sjá einnig töflu 2 í sama riti. Um samsetningu eftir vatnsrof.

Conclusion

Hydrolysates from farmed Atlantic salmon rest raw material contain high levels of proteins, with high nutritional value, and a number of bioactive motifs. However, the present work shows that the hydrolysing process increases the possibilities for refinement and further usage of viscera-containing rest raw material from Atlantic salmon. It is possible, to some extent, to design the size of peptides formed, amino acid composition, and potential bioactive peptides by combining different raw material, enzymes, and pre-treatments.

Heimildir

Olafsen, T, Richardsen, R, Nystöyl, R, Strandheim G, Kosmo JP. (2014). Analyse marint restrastoff, SINTEF Fisheries and Aquaculture.

RUBIN. Varestrømanalyse for 2011. In: Årsrapport for RUBIN 2011. RUBIN;2012.[3] Panyam Panyam D, Kilara A. Enhancing the functionality of food proteins by enzymatic modification. Trends Food Sci Technol 1996;7:120–5.

Marit Selbekk Liaklev (2017). Protein powder for human consumption. Norwegian University of Science and Technology.

Elena Shumilina, Rasa Slizyte, Revilija Mozuraityte, Anastasiya Dykyy, Timo A. Stein, Alexander Dikiy (2016). Quality changes of salmon by-products during storage; Assessment and quantification by NMR. Food chemistry 211; 803-811.

Viscera and trimmings account for about 50% of the salmon by-products, while heads and backbones make for about 7 and 8%, respectively. (Olafsen, Richardsen, Nystöyl, Strandheim, & Kosmo, 2014). material contains valuable high-quality protein, fatty acids, vitamins, and minerals, among others. The market for products with nutritional and health beneficial ingredients is growing. Fish proteins and hydrolysates can supply the increasing demand for animal-derived proteins and can also be used as valuable nutritional ingredients in different products and diet formulations (FAO, 2014). The utilization of fish by-products may become an important industry: heads and backbones left after filleting can be used as raw materials for the production of sausages, cakes, gelatin, sauces and viscera can be used as a potential source of protein hydrolysates (FAO, 2014). However, the fast decomposition of fish by-products may become a challenge for their successful market penetration. With prolonged storage time and increased temperature, freshness and quality of by-products irreversibly decrease and

hygienic regulations may restrict their use due to food safety and quality issues. Consequently, accurate qualitative and quantitative monitoring of these changes is important for further by-products processing and utilization.

Seafood by-products contain a number of high-added value metabolites. However, their composition and concentration may change during storage. Therefore, accurate qualitative and quantitative monitoring of molecular changes in fish raw material is very relevant for further by-products processing and utilization. The quantification of such metabolites can be used as a decision making tool for future choices of high-added value product sources.

Conclusion

In this investigation it was shown that extracts of salmon heads, backbones and viscera contain important bioactive metabolites. It was established that salmon by-products could be stored for up to seven days at 4 °C without any significant changes in the concentrations of the main metabolites and the formation of harmful compounds. Storage at 10 °C shortens this period until three days due to a faster formation of undesirable degradation compounds, such as biogenic amines. Mincing of heads reduces their storage time (in terms of TMA formation) by 2–3 days. The formation of undesirable metabolites was correlated with the freshness indicators Ki and H-values. Our data indicate that the H-value can be used as a more suitable indicator of by-products freshness than the Ki. This study further extends the applicability of NMR spectroscopy for fish by-products analysis.

Heimildir

Olafsen, T., Richardsen, R., Nystøyl, R., Strandheim, G., & Kosmo, J. P. (2014). Analyse marint restråstoff. In SINTEF Fiskeri og havbruk AS.

FAO (2007). *Salmon by-products*.

By-products are parts of the fish that are removed before the fish reaches the final consumer in order to improve their keeping qualities, reduce the shipping weight or increase the value of the main fish product. They include blood, viscera, heads, bones, skin, trimmings and fins. From a nutritional or food safety point of view, there are important quantities of fats and proteins, which could be used for human nutrition, but are not because of logistical or technological barriers. Therefore, they are mainly used in animal feeds.

When the fish is properly handled and sent to the processing plants to obtain all the range of salmon products – whole gutted fish, headed and gutted weight of fish in kilograms (HG), fillets, steaks, loins, etc. and after that all the possibilities of value addition – a number of byproducts remain that could be handled in order to get more value out of them. This is where the plant should continue the processing line following all the requirements for a food product because normally after the most valuable product is obtained, the rest continues along a downgraded path becoming suitable only for feed purposes. Another valuable product, in terms of its components, is the blood from the slaughtered fish, which usually undergoes water treatment at the end of the process, with only a few industries having developed methods to collect it.

This is still under discussion, but for the moment it means a high quantity of omega 3 is available in all salmon flesh products.

9.4 Viðauki IV: Skilgreiningar á afurðum (Verkpáttaskýrsla VP4.2)



Verkpáttaskýrsla (VP4.2)

Skilgreining á afurðum (product spec.)

Reykjavík 21.1 2019

Víðir Örn Guðmundsson, Artic Protein

Ásbjörn Jónsson, Matis

ATERIAL SAFETY DATA SHEET

Salmon meal for feeding purposes



1. Identification

Product Name: Icelandic salmon fishmeal. Made from salmon raw material.

Manufacturer: Arctic Protein
Sólbakki 4, 310 Borgarnes. Iceland
00354-6945809
vidir@arcticprotein.is

2) Product Composition & quality:

Min 66% crude protein
<8% moisture
<16% fat
8-14% ash
PV <12
Salmonella: Not detected
Enterobacteria: <10

3) Hazards identification:

According to the evaluative data available, no classification is required.

Note: 1000 PPM Toco Pet IPR added. Supplied by **N1 HF.**

Dalvegur 10-14 Kópavogur – Iceland
Tel. +354 440-1000

4) First aid:

In case of excessive contact with Skin:

Wash off with plenty of water, Remove contaminated clothing. Prolonged contact with the meal may cause allergic skin reaction to some people.

In case of excessive inhalation:

Fresh air, may obstruct respiration

In case of excessive eye contact:

Rinse out with plenty of water with the eyelid held wide open.

In case of excessive swallowing:

Consult doctor if feeling unwell. If large amounts are swallowed, protein poisoning may occur.

5) Fire fighting measures:

Suitable extinguishing equipment:

Powder, foam, spray water

Special risks:

Development of hazardous combustion gases or vapours possible in the unlikely event of fire. The following may develop in the event of fire; nitrogen oxides

Special protective equipment for fire fighting:

Do not stay in dangerous zone without self-contained breathing tools.

- 6) Accidental release measures:** *Procedures for cleaning / absorption:*
Take up dry. Clean up effected area.
- 7) Handling & Storage:** To be stored in a dry cool and dark place.
preferably below 20 degrees centigrade. Avoid contact with potential sources of ignition.
If stored under inexpedient conditions, self-ignition may happen.
- 8) Exposure controls / Personal protection:**
Personal protective equipment:
Respiratory protection required when dusts are generated.
Eye protection: Not required
Hand protection: Not required
- 9) Physical & Chemical properties:**
- | | |
|----------------------------|-----------------------------|
| Form: | Meal / powder |
| Colour: | light brown |
| Odour: | Fishy |
| PH value | 5.5-7 |
| Solubility in water: | 10-35% of the product |
| Glowing temperature (5 mm) | > 390°C |
| Moisture: | < 10% |
| Density | 450 – 650 kg/m ³ |
- 10) Stability & reactivity:** *Conditions to be avoided:*
Direct sun (rancidity)
Water in the meal.
Substances to be avoided:
Oxidising agent, Chlorine
If stored under the recommended conditions, the shelf life is 24 months.
- 11) Toxicological information:** No toxic effects are to be expected when the product is handled appropriately.
- 12) Ecological information:** No ecological problems are to be expected when the products are handled used appropriate care and attention.
- 13) Disposal considerations:** *Product:*
We recommend that you contact either the Proper authorities in charge or approved waste disposal Companies, which will advise you of how to dispose of Special waste.
Packaging:
Disposal in compliance with the official regulations. Handle Contaminated packaging in the same way as the substance Itself. If not officially specified differently, noncontaminated packaging can be treated as household waste.

14) Transport information: DOT shipping requirements of fishmeal in bulk by vessel.
(water craft for use on water)

15) Regulatory: Labelling in accordance with EU directives

Although the information and recommendations set forth herein (hereinafter "information") are represented in good faith and believed to be correct as of the date hereof, ARCTIC PROTEIN makes no representations as to the completeness or accuracy thereof, information is supplied upon the condition that the persons receiving same will make their own determination and judgement as to its suitability for their purposes prior to use. In no event will ARCTIC PROTEIN be responsible for damages of any nature whatsoever resulting from the use of reliance upon information. No representations or warranties, either express or implied, of merchantability, fitness for a particular purpose or of any other nature are made hereunder with respect to information or the product to which information refers.

Víðir Örn Guðmundsson

Production manager

Sólbakki 4, 310 Borgarnes. Iceland

MATERIAL DATA SAFETY SHEET

Crude Salmon oil for feeding purposes



1. Identification

Product Name: Salmon Oil
Manufacturer: Arctic Protein
Sólbakki 4, 310 Borgarnes. Iceland
00354-6945809
vidir@arcticprotein.is

2) Composition:

100% crude Salmon oil.
Note: 1000 PPM TocoPet IPR added. Supplied by
N1 HF.
Dalvegur 10-14 Kópavogur – Iceland
Tel. +354 440-1000

3) Quality:

Chemical	
FFA	>3%
Water	< 0,1
Impurities	< 0,1
Ansidine	>5
Peroxide	>5meq/O2
Antioxydant	TOCO-PET IPR – 1000ppm
Microbiological	
Salmonella	Not detected
Enterobacteria	< 10

4) Hazards identification: According to the evaluative data available, no classification is required. Non dangerous product.

5) First aid:

In case of excessive contact with Skin:
Wash off with plenty of water, remove contaminated clothing.

In case of excessive inhalation:
Fresh air.

In case of excessive eye contact:
Rinse out with plenty of water with the eyelid held wide open.

In case of excessive swallowing:
Consult doctor if feeling unwell.

6) Fire fighting measures: Use foam or carbon dioxide (CO2)

7) Accidental release measures: Clean with water and ordinary detergents.

8) Handling & Storage: Store in a cool place. Protect against light, avoid exposure to sunlight and oxygen. If possible store under nitrogen atmosphere. Avoid contact with potential sources of ignition. If stored under inexpedient conditions, self-ignition may happen.

9) Exposure controls / Personal protection: Equipment for respiratory protection is not required under normal conditions of use provided with appropriate ventilation.

10) Physical & Chemical properties:

Form:	Fluid
Colour:	Light Red
Odour:	Fishy
Flash point:	330 °C (open cup)
Density:	920 g/l
Solubility:	Soluble in organic solvents
Vapor pressure:	0,05 mmHg (30 SC)

- 11) Stability & reactivity:** *Conditions to be avoided:*
 Direct sun (rancidity)
 Agitation of the oil (rancidity)
- Substances to be avoided:*
 Oxidising agent, Chlorine
- If stored under the recommended conditions, the shelf life is 24 months.
- 12) Toxicological information:** No toxic effects are to be expected when the product is handled appropriately.
- 13) Ecological information:** *Degradability:* Easily eliminable.
- No ecological problems are to be expected when the products are handled used appropriate care and attention.
- 14) Disposal considerations:** Residues or products: Eliminate by approved company
 Packaging: Follow current legal dispositions
- 15) Transport information:** Non dangerous product for transport.
- 16) Regulatory:** None

Although the information and recommendations set forth herein (hereinafter "information") are represented in good faith and believed to be correct as of the date hereof, ARCTIC PROTEIN makes no representations as to the completeness or accuracy thereof, information is supplied upon the condition that the persons receiving same will make their own determination and judgement as to its suitability for their purposes prior to use. In no event will ARCTIC PROTEIN be responsible for damages of any nature whatsoever resulting from the use of reliance upon information. No representations or warranties, either express or implied, of merchantability, fitness for a particular purpose or of any other nature are made hereunder with respect to information or the product to which information refers.

Víðir Örn Guðmundsson

Production manager

Sólbakki 4, 310 Borgarnes. Iceland