

Nýsköpun & neytendur  
Innovation & Consumers

Vinnsla, virðisauki & eldi  
Value Chain, Processing  
& Aquaculture

Mælingar & miðlun  
Analysis & Consulting

Líftækni & lífefni  
Biotechnology & Biomolecules

Öryggi, umhverfi & erfðir  
Food Safety, Environment  
& Genetics



# Aukið verðmæti sjávarafurða með áherslu á nýtingu í mjöl og lýsisvinnslu til vörupróunar

**Magnús Valgeir Gíslason**  
**Sigurjón Arason**  
**Sindri Sigurðsson**

**Vinnsla, virðisauki og eldi**

**Skýrsla Matis 48-10**  
Desember 2010

ISSN 1670-7192

<i>Titill / Title</i>		<b>Aukið verðmæti sjávarafurða með áherslu á nýtingu í mjöl og lýsisvinnslu til vöruþróunar / Increasing value of seafood with an emphasis on products for use in fish meal and fish oil production to product development</b>	
<i>Höfundar / Authors</i>		Magnús Valgeir Gíslason <sup>1</sup> , Sigurjón Arason <sup>1</sup> , Sindri Sigurðsson <sup>2</sup> , <sup>1</sup> Matís, <sup>2</sup> Síldarvinnslan	
<i>Skýrsla / Report no.</i>	48-10	<i>Útgáfudagur / Date:</i>	Desember 2010
<i>Verknr. / project no.</i>	1837 og 1851		
<i>Styrktaraðilar / funding:</i>		Byggðastofnun, Þróunarsvið, Mótvægisstyrkur Matvælasviðs Vaxtasamnings Austurlands	
<i>Ágríp á íslensku:</i>		<p>Árið 2008 var gulldepla fyrst veidd í teljanlegu magni, gulldepla er mjög viðkvæm fyrir saltupptöku frá veiðum að vinnslu. Til að lækka saltinnihald í mjöli var soð úr vinnslunni sett í gegnum himnusíunarbúnað sem var settur upp eftir grófskilvindu. Þessi búnaður náði að lækka saltinnihald úr 11% niður í 4,5%. Himnusíunarbúnaður er dýr og mikill viðhaldskostnaður er við keyrslu á honum í ferlinu. Þess vegna var frekar ráðist í að breyta verklagi við veiðar, geymslu og löndun án þess að breyta framleiðsluferli við mjölvinnslu og þessi aðgerð hefur haft í för með sér að saltmagn í gulldeplumjöli hefur lækkað úr 10 – 12 % sem er of hátt, niður í 5 – 6 % .</p>	
<i>Lykilorð á íslensku:</i>		<i>Gulldepla, saltinnihald, himnusíun</i>	
<i>Summary in English:</i>		<p>Silvery lightfish was first caught 2008 near Iceland. Salt diffusion is a problem in silvery lightfish from catch to processing. To lower the salt content in fishmeal the stickwater was put through a membrane filter after coarse centrifuge, with this method the salt content was lowered from 11% down to 4,5%. The membrane filter system is expensive and maintenance cost is relatively high. These are the main reasons for changing procedure while catching, storing and landing without changing the fishmealprocess. This procedure has made salt content in silvery lightfish meal dropp from 10 – 12 % witch was to high down to 5 – 6 %.</p>	
<i>English keywords:</i>		<i>Silvery lightfish, salt content, membrane filter</i>	

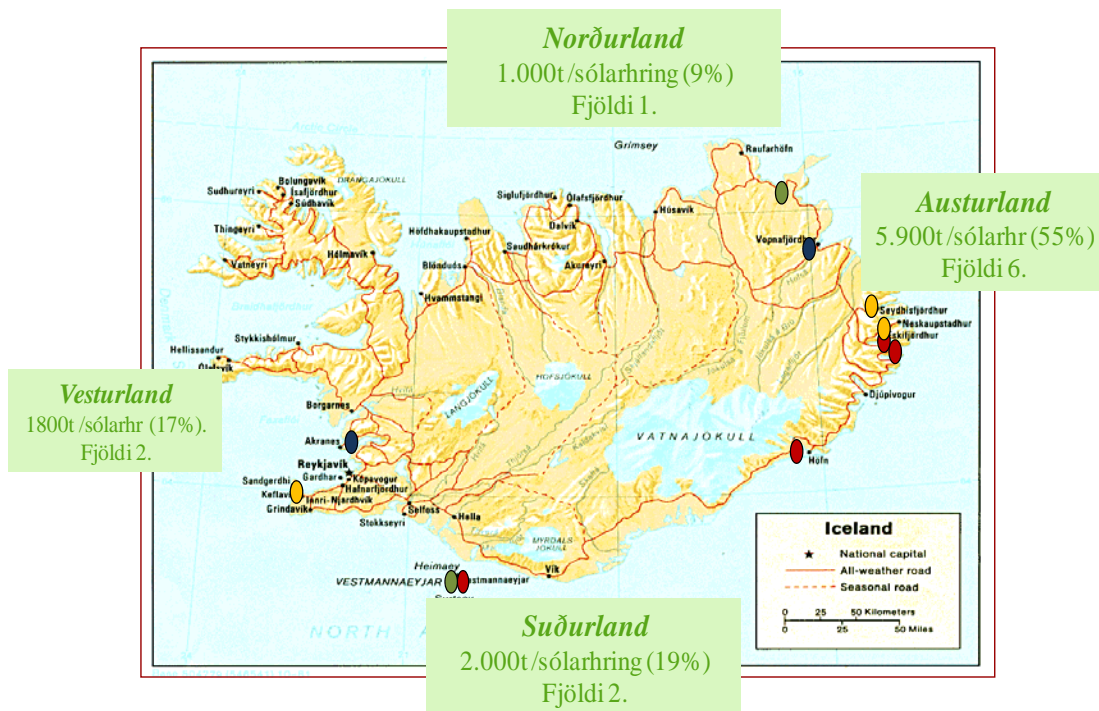
## Efnisyfirlit

1. Inngangur .....	1
2. Tilgangur, markmið og hráefnið .....	2
2.1 Hefðbundinn fiskmjölsframleiðsluferill .....	2
2.2 Breyting á framleiðsluferli .....	7
2.3 Gæðakröfur á fiskmjöli .....	7
2.4 Gulldepla .....	8
3. Massaflæði i fiskmjölsframleiðslu .....	8
4. Veiðar á gulldeplu .....	10
4.1 Veiðarfæri og meðferð afla .....	10
4.2 Kæling afla .....	11
4.3 Löndun .....	12
5. Himnusíun .....	12
3.1 Búnaðurinn .....	15
3.2 Tilraunir við hreinsun á salti .....	16
6. Þróun iðnaðarins til þess að lækka saltinnihald í mjöli .....	19
7. Ályktun.....	20
8. Heimildir .....	21

## 1. Inngangur

Ýmsar fisktegundir, sem ekki eru nýttar til manneldis, eru unnar í mjöl og lýsi. Rekja má upphaf vinnslu á mjöl og lýsi í þeirri mynd sem nú þekktist til upphafs 19. aldarinnar, en þá hófst vinnsla á lýsi úr síld í Norður-Evrópu og Norður-Ameríku. Lýsið var notað sem orkugjafi en mjöli sem af gekk var annað hvort hent eða það nýtt til áburðar. Fyrstu heimildir um mjöl- og lýsisvinnslu hérlendis eru frá 1910, en þá hófst síldarbræðsla á Siglufirði. Notast var við trékör sem voru fyllt af síld og þau síðan hituð með beinni gufun. Vökvasinn var pressaður frá með dúkappressu og lýsið hirt, en mjölið notað til áburðar.

Nú eru um 11 fiskmjölsverksmiðjur starfandi á Íslandi og eru þær flestar búnar fullkomnum vinnslulínum sem byggjast að miklu leyti á sjálfvirkni, sjá mynd 1.



Mynd 1: Fjöldi og staðsetning fiskmjölsverksmiðja á Íslandi.

Markmið þessa verkefnis er að auka verðmæti núverandi afurða með þróun aðferða til að minnka saltinnihald og innihald niðurbrotsefna í mjöli með áherslu á himnusíun.

## 2. Tilgangur, markmið og hráefnið

Megin tilgangurinn með framleiðslu á mjöli og lýsi er nýting á fisktegundum sem að öllu jöfnu eru ekki nýttar til manneldis. Mjölið er að langmestu leyti nýtt sem próteingjafi í dýrafóður, en lýsið er nýtt sem orkugjafi í fiskeldisfóðri. Aukning á fiskeldi víða um heim hefur haft í för með sér aukna eftirspurn eftir þessum afurðum, en einnig hafa einstakir markaðir vaxið mjög hratt, eins og t.d. markaðir fyrir gæludýrafóður.

Frá því um 1970 hefur loðna verið mikilvægasta hráefni Íslendinga hvað varðar vinnslu á mjöli og lýsi, en aðrar mikilvægar tegundir eru síld og kolmunn. Kolmunn, makrill, loðna og síld eru langmikilvægustu fisktegundirnar hvað varðar verðmæti þessara afurða, með um 95% hlutdeild í útflutningsverðmæti á mjöli og lýsi frá Íslandi.

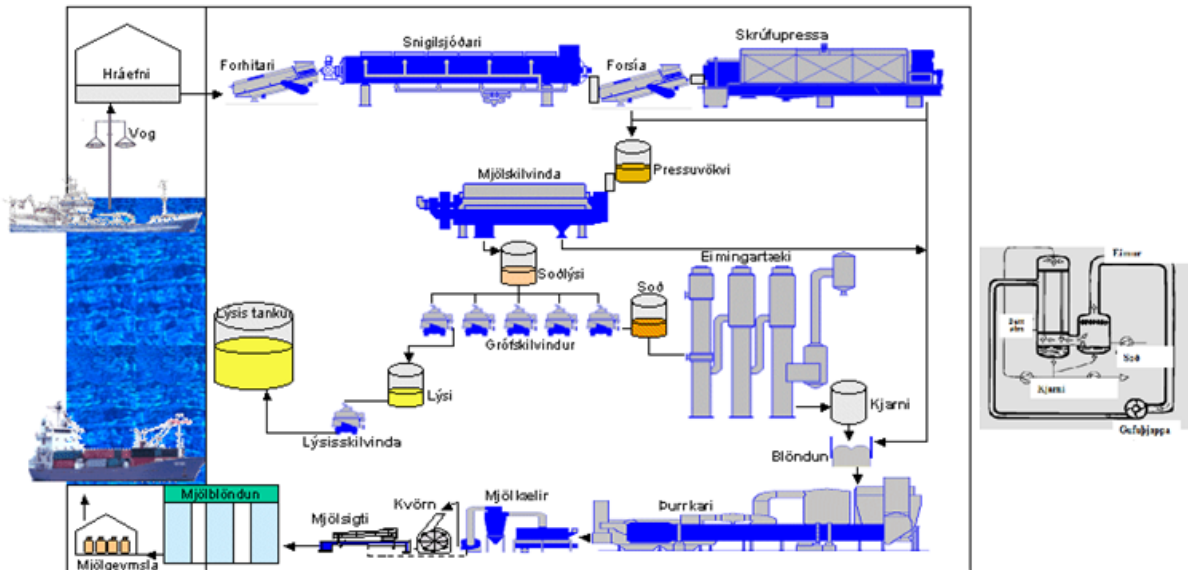
Skipta má fiskmjölsframleiðslu í tvo meginflokk. Hvítfiskmjölsframleiðsla styðst við magurt hráefni, s.s. kolmunna og aukahráefni sem til fellur við vinnslu á þorski, ýsu og ufsa. Feitfiskmjölsframleiðsla styðst aftur á móti við feitt hráefni, eins og síld, karfa og loðnu. Þessi tegund mjölframleiðslu er mun viðameiri en hvítfiskmjölsframleiðslan. Það fer síðan eftir því hvort viðkomandi fisktegund safnar fituforðanum í bók eða lifur hvort unnið er búklýsi eða lifrarlýsi. Síld, makrill og loðna safna fitu í bók (feitfiskur), en tegundir eins og spærlingur og kolmunn (magur fiskur) safna fitu í lifrina eins og venjan er hjá þorskfiskum. Þorskalýsi er unnið lýsi sem hefur verið brætt úr þorskalifur, en hún hefur verið hirt sérstaklega til þeirrar vinnslu.

Nýting á hráefni sem fellur til við fiskvinnslu hefur oft verið vandamál og valdið verulegri mengun í nágrenni slíkra vinnslustöðva. Á móti kemur að fiskmjölsverksmiðjur gegna mikilvægu hlutverki í fiskvinnslu, þar sem úrgangur eins og hryggir, roð og slóg, ásamt ýmsu öðru sem til fellur, er tilvalið hráefni fyrir þessar verksmiðjur. Með nýtingu þessa úrgangs sem annars væri hent er þannig stuðlað að aukinni verðmætasköpun, bættri umgengni og minni mengun.

### 2.1 Hefðbundinn fiskmjölsframleiðsluferill

Framleiðsla á fiskmjöli og lýsi er lotubundin en framleiðsluferlið sjálf er samfelld vinnsla. Fiskmjölsverksmiðjur eru þannig útbúnar að allur vinnsluferillinn er lokaður, allt frá uppskipun að pökkun mjöls í sekki eða dælingu lýsis í tanka. Einu undantekningarnar eru þar sem hægt er að opna rásina fyrir sýnatöku vegna framleiðslueftirlits. Hefðbundið gæðaeftirlit við framleiðslu á mjöli og lýsi er byggt á reglulegum sýnatökum fyrir og meðan á framleiðslu stendur en öllum framleiðsluaðilum er skylt að starfa samkvæmt innra eftirlitskerfi. Hitastigseftirlit er mikilvægur þáttur í framleiðsluferlinum. Til að koma í veg fyrir að örverur eins og *Salmonella* spp. finnist í mjöli er nauðsynlegt að allt efnið sé hitað í minnst 81 °C í vinnsluferlinum.

Við framleiðslu á fiskmjöli og lýsi eru þrír megin þættir fisksins aðskildir, vatn, þurrefni og olía. Vökvasinn er pressaður burt og úr honum er olían síðan unnin með skilvindutækni. Sá vökvi sem eftir er gufar að langmestu leyti upp áður en lokaafurð verður til.



Mynd 2: Vinnslurás í hefðbundinni fiskmjölsverksmiðju.

## Forhitun og sjóðari

Fyrsta vinnsluskrefið í framleiðslu á fiskmjöli, eftir dælingu úr skipi eða hráefnisgeymslu, er sjóðari og í mörgum tilfellum forhitun. Flestar verksmiðjur eru búnar forhitara sem forhitara hráefnið upp í 40 til 50 °C. Varminn í þessu skrefi er gjarnan afgangsvarmi frá eimíngartækjum en þannig næst um 100% varmanýting. Í sjóðaranum er hráefnið, ásamt blóðvatni, hitað í minnst 82 °C (algengt hitastig er 90-95 °C) og er hitanum haldið í um það bil 30 mínútur. Tilgangurinn með hituninni er að eyða hugsanlegum örverum eins og Salmonellu og öðrum bakteríum sem kunna að vera til staðar í hráefninu. Við hitunina afmyndast próteinin ásamt því sem frumuveggir eyðileggjast. Við þessa eðlissviptingu losnar um fitu og vatnsfasann sem auðveldar aðskilnað þeirra frá þurrefnisfasanum. Sjóðarinn samanstendur af láréttum sívalningi og snigli sem gengur eftir honum endilöngum og sér um að færa hráefnið áfram. Bæði sívalningurinn og snigillinn eru útbúnir með gufukápu og er hráefnið hitað með varmaskipti á milli yfirborðanna og hráefnisins. Sjóðarinn er nauðsynlegt skref á undan forsúningu og pressun.

## **Forsíun og pressa**

Tilgangurinn með forsíun er að sía burt sem mest af vökvanum frá soðna hráefninu áður en það fer í pressuna. Tvöföld skrúfutækni sér um að pressa og færa hráefnið eftir pressunni. Skrúfurnar liggja lárétt eftir pressunni og snúast á móti hver annarri. Pressuþrýstingurinn eykst eftir því sem hráefnið færir innar í pressuna þar sem skrúfurnar fara mjókkandi. Hráefnið er pressað á milli skrúfanna en vökvinn lekur niður í gengum sigtunarbúnað og í safntank, þar sem það blandast aftur þeim vökva sem síaðist burt í forsíunni. Þessi hluti kallast nú pressuvökvi. Pressaða hráefnið, sem nú kallast pressukaka, flyst áfram út úr pressunni í átt að þurrkara. Hefðbundið fituinnihald pressuköku er gjarnan um 4 til 5% og rakainnihald um 45 til 60% og afgangurinn er fitufrítt þurrefni sem er megin innihaldsefni mjölsins.

## **Mjölskilvinda**

Í forsíunni og pressunni skiptist megin straumurinn í tvo hluta, þ.e. pressuvökva og pressuköku. Hve mikið af föstum ögnum (uppleyst prótein, saltagnir og uppleystar agnir) og þykkni er í pressuvökvanum fer eftir hversu hráefnið var uppleyst þegar vinnslan hófst. Pressuvökvinn er gjarnan 70 til 80% og pressukakan 20 til 30% af heildarstrauminum sem kemur frá pressunni. Pressuvökvinn er hitaður í 95 til 98 °C áður en hann fer inn í mjölskilvinduna. Stærsti hluti fastra agna er skilinn frá pressuvökvanum í mjölskilvindunni.

Mjölskilvindan er byggð upp með tveimur láréttum tromlum sem hafa mismunandi þvermál. Fasta efnið festist á vegg þrengri tromlunnar en vökvinn pressast út í bilið milli tromlanna og þaðan áfram út úr skilvindunni í átt að gróf- og síðar fínskilvindum. Fasta efnið er síðan skafið af veggjum minni tromlunnar og flyst úr henni í átt að þurrkara. Meðalefnainnihald fasta efnisins er 2 til 4% fita og 60 til 70% raki, en afgangurinn er fitufrítt þurrefni. Eftir skiljuna kallast fasti hlutinn hrat en vökvafasinn kallast skilinn pressuvökvi eða soðlýsi.

## **Grófskilvindur**

Soðlýsinu frá mjölskilvindunum er safnað í tank og hitað í 95 til 98 °C áður en það fer í grófskiljun (soðskilvindu). Grófskilvindur eru gjarnan röð af skilvindum þar sem megnið af lýsinu er skilið frá soðinu. Efnainnihald soðsins er venjulega um 6 til 12% þurrefni (aðallega uppleyst prótein) og 0,5-1% fita. Soðið flyst að eimingartækjunum þar sem 60-80% vökvans er eimað burt en lýsisfasinn flyst í átt að lýsisskilvindum.

## **Fínskilvinda**

Áður en lýsinu er dælt í geymslutanka fer það í gegnum fínskiljun (lýsisskilvindu) þar sem leifar af óhreinindum og vatni eru síaðar frá. Eftir fínskiljun eru óhreinindi og vatnsleifar í lýsinu minni en 0,5%. Eftir fínskiljun flyst lýsið í geymslutanka og er tilbúið í dreifingu.

## **Gufunarskref (Eimingarskref)**

Soðfasinn, sem skilst burt í grófskiljunarferlinum, inniheldur talsvert af vítamínum og próteinum en þó ekki í sama magni og pressukakan. Allt að 60 til 80% af vatnsfasanum í soðinu er eimaður burt, en eftir stendur kjarni með um 55 til 75% vatnsinnihald og 2 til 4% fituinnihald. Kjarninn frá gufunartækjunum flyst að þurrkara þar sem hann blandast saman við pressukökuna áður en sjálft þurrkferlið hefst.

Gufunartækin eru gjarnan byggð upp sem þriggja þrepa kerfi, þar sem afgangsvarmi frá þrepinu á undan er nýttur til að hita upp næsta þrep og svo koll af kolli. Slíkt kerfi tryggir tvennt: Annars vegar verður varmanýtingin allt að 100%, þar sem afgangsvarmi frá seinasta þrepinu (í formi gufu) er nýttur til að forhita hráefni sem er á leið inn úr hráefnistönkum að sjóðaranum (forhitarinn) og hins vegar verður meðferð á hráefninu m.t.t. afmyndunar á próteinum eins og best verður kosið.

Hitastigið í fyrsta þrepinu, þar sem soðið kemur inn, er næsthæst en á því þrepi er vökvamagnið mest og virkar sem vörn fyrir próteinin í soðinu þannig að þau þola meiri hita. Með minnkandi vatnsmagni verða próteinin í soðinu viðkvæmari gagnvart hitun, þar sem vatnsinnihald soðsins fer minnkandi. Í næsta þrepinu (þriðja) fer hitastigið lækkandi og þar að auki er gjarnan haft lofttæmi á þessu þrepi. Í fyrsta þrepinu og síðasta þrepinu fyrir soðið er hæsta hitastigið enda er kraftgufa frá katli leidd inn í það þrep. Eimurinn frá fyrsta þrepinu er nýttur á öðru þrepi sem gufa og eimur frá öðru þrepinu er nýttur sem gufa á þriðja þrepinu og er þetta gert til að hámarka nýtingu varmans. Hráefnið sem flyst frá eimingartækjunum kallast kjarni.

## **Blöndun**

Áður en að þurrkaranum kemur á sér stað blöndun á straumunum þremur, kjarnanum frá gufunartækjunum, pressukökunni frá pressunni og hratinu frá mjölskilvindunni. Þessum straumum er blandað saman í blöndunarbúnaði, sem staðsettur er fyrir framan þurrkarann. Í sumum tilfellum er kjarnanum einnig blandað saman við hálfþurrkað mjölið.

## **Þurrkun**

Í fiskmjölsiðnaðinum eru notaðar eldþurrkarar, loftþurrkarar og gufuþurrkarar. Notkun á eldþurrkurum fer þó minnkandi, þar sem bæði loft og gufuþurrkarar skila auknum gæðum í lokaafurð ásamt því að vera hagkvæmari í rekstri með tilliti til umhverfismengunar, orkunotkunar og vinnslustjórnunar. Hér verður fjallað um þurrkun á mjöli í loftþurrkara.



Í nýrri afbrigðum loftþurrkara eru tvö þrep, forþurrkun og þurrkun. Í forþurrkanum, sem samanstendur af litlu rými með snúningsrótor, myndast aðstæður fyrir mikil og hröð loftskipti (allt að  $20\text{m}^3/\text{sek}$ ). Snerting pressukökunnar og þurrkloftsins verður mjög mikil og veldur hraðri uppgufun vatns úr pressukökunni. Pressukakan flyst yfir í aðalþurrkarann um  $80\text{ }^\circ\text{C}$  heit. Í loftþurrkun er hitað loft notað til þurrkunar og snúningstromla er meginhluti þurrkarans. Hér er í raun um óbeina loftþurrkun að ræða, þar sem hitagjafinn er ekki í beinni snertingu við þurrkloftið. Þurrkloftið er hitað í varmaskipti áður en því er hleypt í gegnum þurrkarann. Á ferð sinni eftir þurrkanum safnast óhreinindi í það.

Óhreint loft sem kemur úr þurrkanum er hreinsað í þvottaturni og þurrkað áður en því er hringrásað. Þetta er gert til að minnka loftskipti við umhverfið (verksmiðjurýmið). Einn meginkosturinn við þessa þurrkaðferð er að hægt er að brenna nær öllum eldsneytisgjöfum. Hægt er að stýra upphafshitastigi loftsins, allt eftir þeim kröfum sem gerðar eru til þurrkunarinnar.

Ferðatími mjölsins í gegnum þurrkarann er að meðaltali 10 mínútur, lofthitinn í upphafi er 300 til  $400\text{ }^\circ\text{C}$  og um 65 til  $75\text{ }^\circ\text{C}$  í lokin. Hitastig mjölsins er um  $10\text{ }^\circ\text{C}$  lægra en lofthitinn eða um 50 til  $60\text{ }^\circ\text{C}$ .

### **Mjölkaelir**

Strax á eftir þurrkanum er mjölkaelir. Þar sem mjölið, sem streymir úr þurrkanum, inniheldur mikla vatnsgufu er nauðsynlegt að kæla það hratt niður til að koma í veg fyrir þéttingu rakans í því. Köldu lofti er blásið eftir mjölstraumnum og er hitastig mjölsins eftir kælingu um 28 til  $30\text{ }^\circ\text{C}$ . Vatnsinnihald mjölsins lækkar um 1 til 2% við kælinguna. Loftið frá mjölkaelinum inniheldur mikið af illa lyktandi, rokgjörnum efnum og því er það leitt inn í lofthreinsikerfi verksmiðjanna. Við kælingu eykst floteiginleiki mjölsins, sem gerir meðhöndlun þess við kvörnun, sigtun og þökkun auðveldari.

### **Sigtun og kvörnun**

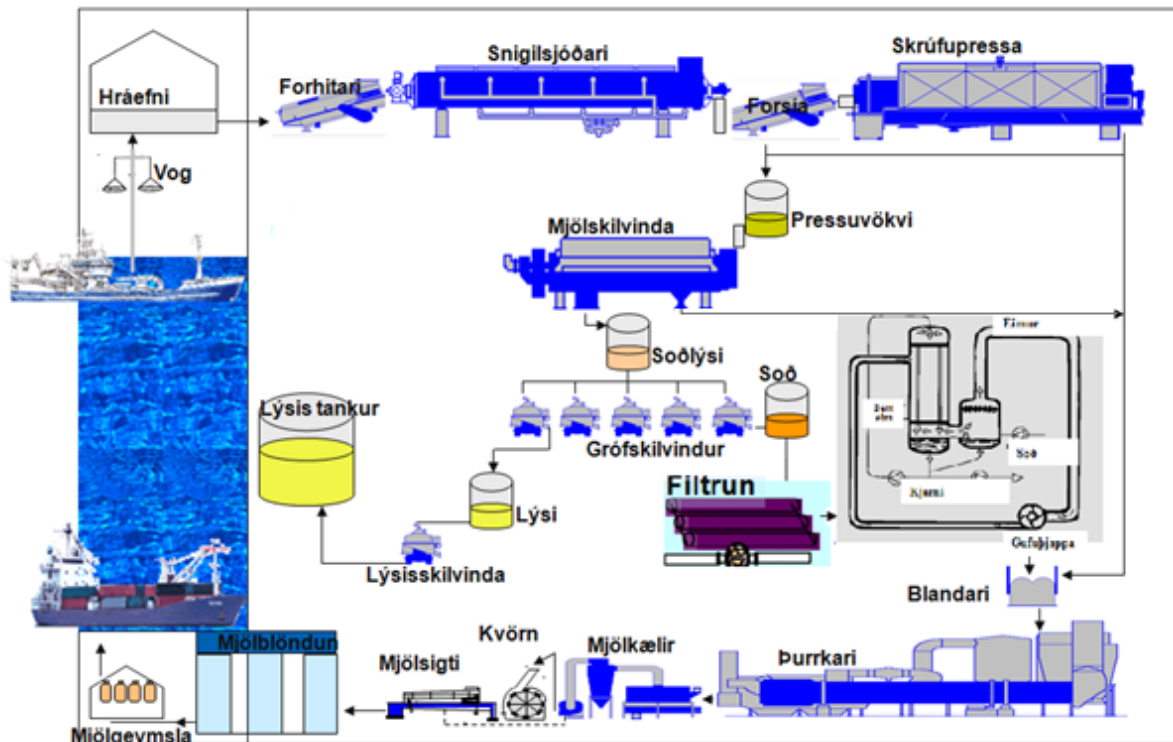
Vinnsluferillinn og hráefnið sem notað er ræður miklu um kornasamsetningu mjölsins eftir þurrkun. Áður en mjölið fer í gegnum kvörn er fínkornaði hluti þess sigtaður frá en grófkornaði hlutinn fer í kvörnun. Að lokinni kvörnun hefur framleiðslulotan einsleita kornastærð.

### **Blöndun og geymsla.**

Úr sigtun og kvörnun flyst mjölið í mjölblöndunartanka. Þar sem mjölvinnsla er lotubundin er nauðsynlegt að blanda saman mjöli, framleiddu á einum sólarhring, til að ná fram einsleitari afurð hvað varðar gæði.

## 2.2 Breyting á framleiðsluferli

Til að lækka saltinnihald í mjöli er hugmyndin að bæta inn himnusíun fyrir aftan lýsisskilvinduna. Þannig er hægt að skilja frá föst efni úr vökva áður en hann fer í gufunartækin, sjá mynd 3.



Mynd 3: Sýnir nýjan framleiðsluferil þar sem filtrun er á milli mjöliskilvindu og soðkjarnatækja.

Þar sem salt er einungis í vökva en ekki í fiskvöðva, er hægt að ná langmestum hluta þess í burtu með því að sía vökvann.

## 2.3 Gæðakröfur á fiskmjöli

Einn aðalþáttur í mati á gæðum fiskmjöls er magn reikulla köfnunarefnasambanda (TVN) ásamt næringarinnihaldi mjölsins.

Tafla 1: Sýnir gæðaflokkun á mjöli miðað við magn af TVN

Magn TVN (mgN/100g)	Gæðaflokkur mjöls
<50	LT mjöl
50 – 90	NSM mjöl
>90	Standard mjöl

Tafla 2: Sýnir gæðaflokkun á mjöli miðað við salthlutfall

Mesta magn salts í mjöli (%)	Gæðaflokkur mjöls
4,5	LT mjöl
4,5	NSM mjöl
3 – 3,5	Standard mjöl

Varðandi magn á salti í gulldeplumjöli sem framleitt er eins og mjöl úr öðru hráefni, þá er saltmagnið mun meira þar sem saltinnihald gulldeplu er hærra.

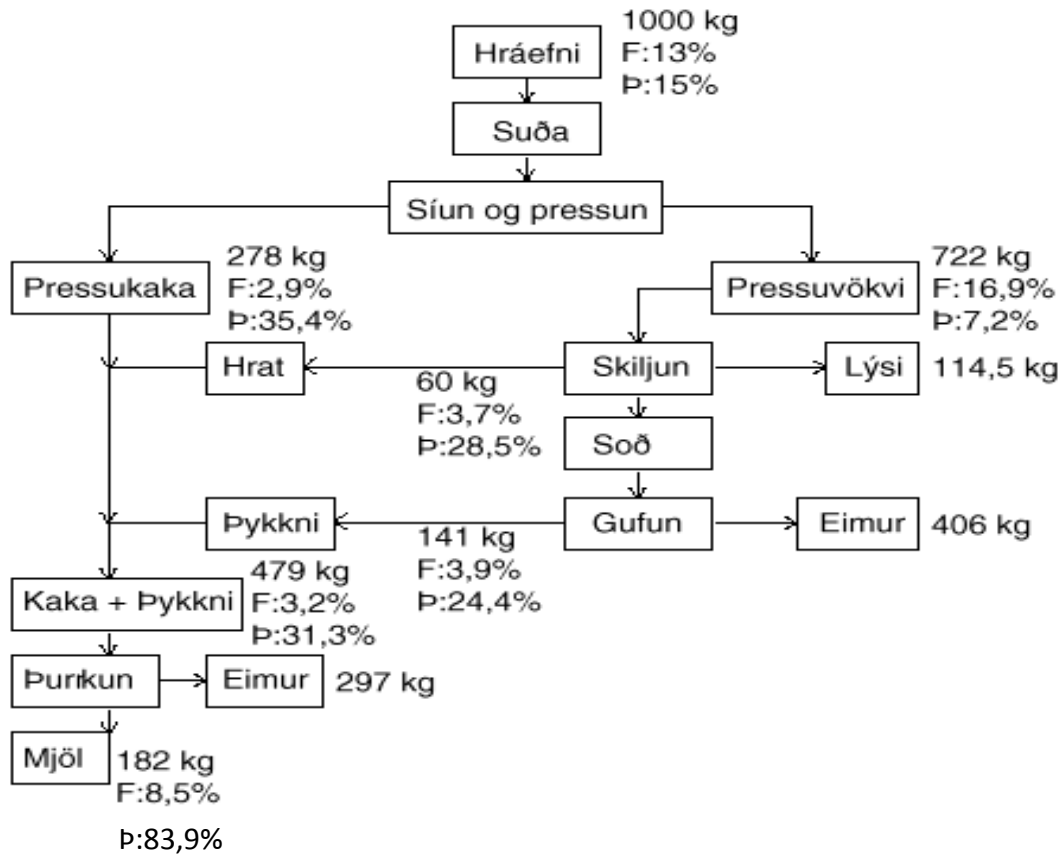
## 2.4 Gulldepla

Gulldepla er smár miðsjávarfiskur af silfurfiskaætt sem veiðist á 100 – 500 metra dýpi. Dýpið fer þó eftir tíma sólarhrings en hún er á minna dýpi yfir daginn. Fæða gulldeplunar eru helst svifdýr t.d krabbaflær og ljósáta, hinsvegar er gulldeplan svo sjálf fæða fyrir þorsk, ufsa og síld. Mælingar á efnainnihaldi sýna að vatnsinnihald sé um 64%, fita um 20% og prótein sé um 12,5%.

Huginn VE – 55 frá Vestmannaeyjum veiddi fyrst gulldeplu í teljanlegu magni í desember 2008. Í upphafi árs 2009 hófust tilraunarveiðar og var aflinn nýttur í fiskmjöl. Loðnubrestur var við landið og reynt var við hina nýju tegund og gefin voru út tilraunarveiðileyfi, en gulldeplan var ekki kvótasett. 17 íslensk uppsjávarveiðiskip lönduðu gulldeplu á vertíðinni og var aflinn mestur í febrúar og mars. Enn er litið á gulldepluveiðar sem aukabúgrein en það gæti breyst með aukinni gengd tegundarinnar við landið. Hægt er að veiða gulldeplu í flottroll en þá þarf sandsílapoki eða loðnupoki að vera í trollinu. Þó að nýting gulldeplustofnsins sé enn aukabúgrein í sjávarútveginum, þá eru uppi hugmyndir um nýtingu á gulldeplu til manneldis. Enn sem komið er hefur allur afli farið í fiskmjölsvinnslu, en helsta vandamálið hefur verið mikið saltinnihald í mjöli unnu úr gulldeplu. Orsökina fyrir miklu saltinnihaldi er að gulldepla er mjög viðkvæmt hráefni fyrir hnjaski við veiðar, geymslu og löndun. Helstu möguleikar eru frysting, niðursuða og nýting gulldeplu í próteinduft. Nýting gulldeplu í próteinduft er sérlega áhugaverð, þar sem markaður fyrir próteinduft er sívaxandi og verðmætaaukning mikil. Fiskprótein eru góð til vöðvauppbyggingar og myndu því seljast sem hágæða próteinduft. Niðursoðin gulldepla væri ekki ósvipuð niðursoðnum sardínum. Eins og áður hefur komið fram hefur allur gulldepluafli verið nýttur í fiskmjöl. Nýting til manneldis væri því mikil aukning í verðmætasköpun á gulldeplu.

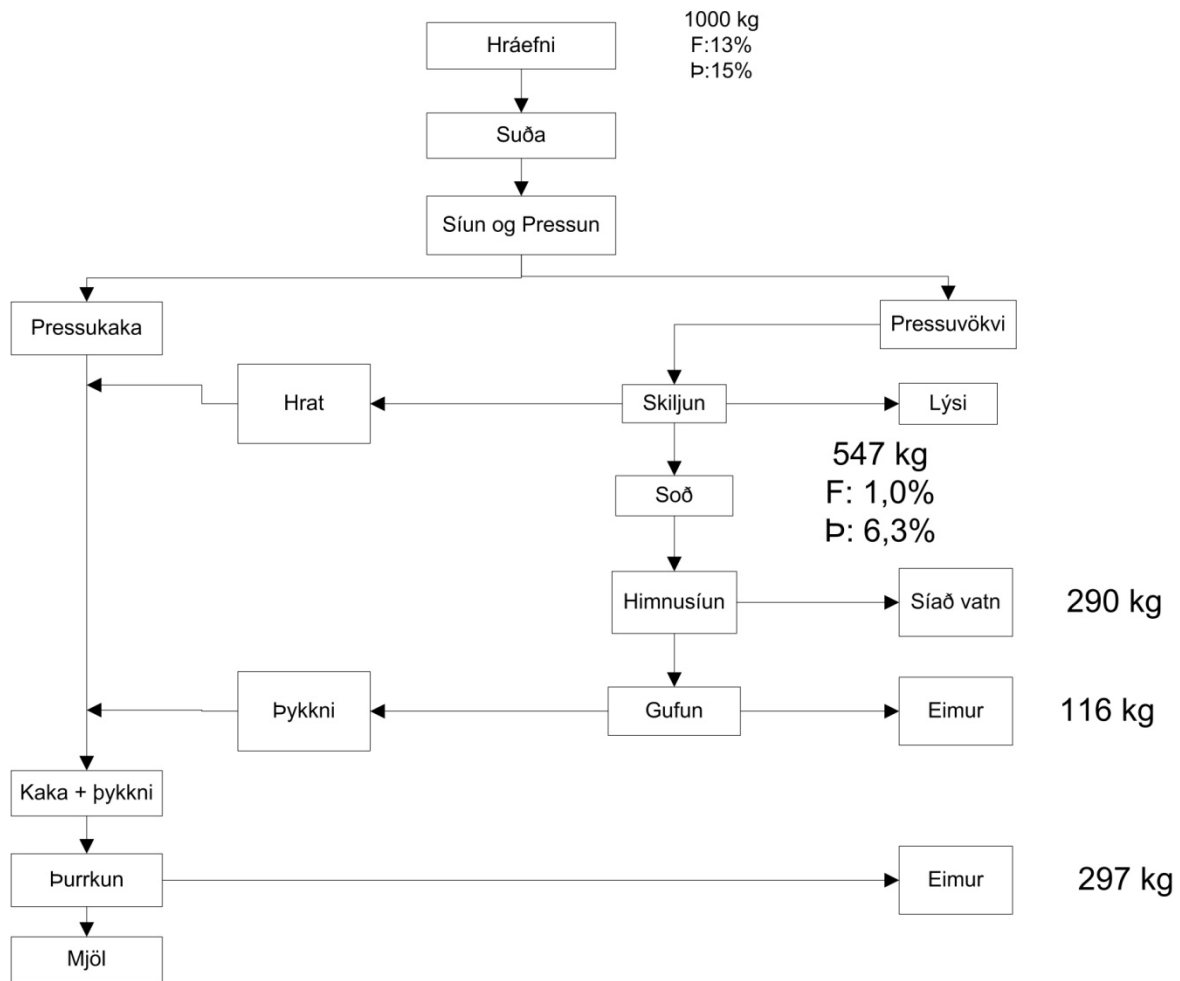
## 3. Massaflæði i fiskmjölsframleiðslu

Massajafnvægi byggist á því að magn efnis sem fer inn er jafnt magni efnis sem safnast fyrir og streymir út. Efni sem safnast fyrir er tap og er reynt að lágmarka það eins og kostur er. Framleiðsluferill á fiskmjöli er lokaður til að lágmarka töp, en óhjákvæmilega verða einhver töp. Dæmi um massavægi fyrir fiskmjölsframleiðslu er sýnt á mynd 4, en þar koma inn 1000 kg af hráefni og út koma 182 kg af mjöli, 115 kg af lýsi og 703 kg af eim. Magn mjöls, lýsis og eims eru háð efnasamsetningu hráefnis.



Mynd 4: Sýnir massaflæði í fiskmjölsverksmiðju þar sem loðna er í vinnslu.

Breyting verður á massaflæði eins og það er sýnt á mynd 4 þar sem hluti af eimi frá gufun færi út í himnusíun fyrir framan gufun.



Mynd 5: Sýnir massaflæði eins og á mynd 4 ásamt himnusíun.

## 4. veiðar á gulldeplu

Veiðar á gulldeplu hófust fyrir tveimur árum hér við land og skip sem stunda uppsjávarveiðar hafa aðallega veitt gulldeplu.

### 4.1 Veiðarfæri og meðferð afla

Gulldepla er veidd í flottroll en með sandsíla- eða loðnupoka, dýpið sem hún veiðist á fer eftir tíma sólarhrings. Mikilvægt er að toga ekki of lengi og heldur ekki of hratt, þar sem gulldeplan á það til að merjast í trollinu og tekur þá upp mikið salt. Þar að auki skiptir miklu máli að losa rólega úr trolli með dælu þannig að gulldeplan haldist heil, til að minnka saltupptöku. Ásamt því að toga og dæla varlega þarf að skilja sjó frá gulldeplunni áður en hún fer ofan í lest.

## 4.2 Kæling afla

Uppsjárvarskip íslenska flotans eru búin kælibúnaði um borð í lestum skipa. Hér á landi eru aðallega notaðar tvær megin gerðir af slíkum búnaði, CSW og RSW. Hvort kerfi fyrir sig hefur sína kosti og galla hvað varðar virkni, stofnkostnað og pláss um borð í skipum.

Til að halda magni af TVN í lágmarki þarf að kæla aflann hratt niður og hafa geymsluhitastig hans sem lægst. Ekki er hægt að kæla afla niður í 0 °C með fersku vatni, vegna þess að þá frýs vatnið. Til að ná svo lágu hitastig þarf að blanda ferskvatnið með sjó, en þar kemur upp annað vandamál. Þegar bætt er salti í kælivatnið eykst saltupptaka hráefnisins.

### Saltupptaka

Eins og fram hefur komið veður saltinnihald í mjöli að vera innann ákveðinna marka, sem þýðir að hráefnið má ekki fara yfir 0,4 til 0,5% saltinnihald. Af þessu sést að saltupptakan hefur mjög mikið að segja sérstaklega fyrir gulldeplu. Samkvæmt mælingum sem gerðar hafa verið kom það í ljós að saltinnihaldið var komið yfir mörkin á innan við sólahring þó að saltstyrkur sjóblöndu væri einungis 1%. Samkvæmt mælingum sem SSF gerði á loðnu var saltinnihaldið komið yfir mörkin á um 20 tímum m.v. 1,7% saltstyrk kælivatns. Sjór er með 3,5% saltstyrk og má gera ráð fyrir að í hreinum sjó sé saltupptakan mun hraðari.

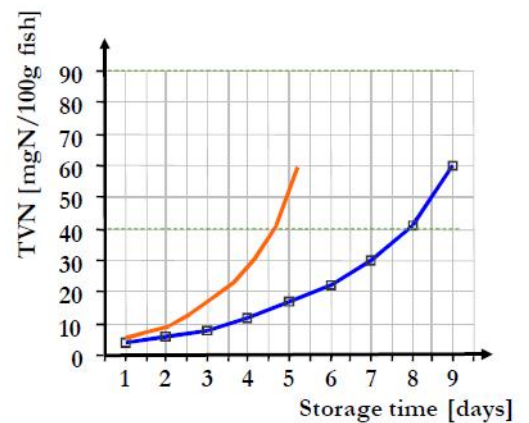
Í sambandi við tilraunir sem Torry gerði á síld sem geymd var í sjó sýndi það sig að síldin var komin yfir 0,4% saltinnihald á fyrsta degi. Saltinnihald á öðrum degi mældist um 0,6%. Þessar tilraunir gefa til kynna að síldin sé einnig viðkvæm fyrir saltupptöku eins og loðnan.

Af þessu sést að nauðsynlegt er að geyma uppsjárvarfisk í sjóblöndu sem er ekki saltari en 0,5 til 0,6%.

### Vatnsupptaka

Vatnsupptaka loðnu var mæld af RF og sýndi sig að hún var veruleg. Loðnan var geymd í sjó og var vatnsupptakan svo til línuleg á fyrstu fjórum dögum. Eftir geymslu í sjó í fjóra daga var vatnsupptakan orðin um 8%. Gera má ráð fyrir að loðna sem geymd er í sjó með minna saltinnihaldi taki inn meira vatn.

### TVN content



- Storage temperature 5°C

- Storage temperature 0°C

Mynd 6: Sýnir magn TVN sem fall af geymslutíma.

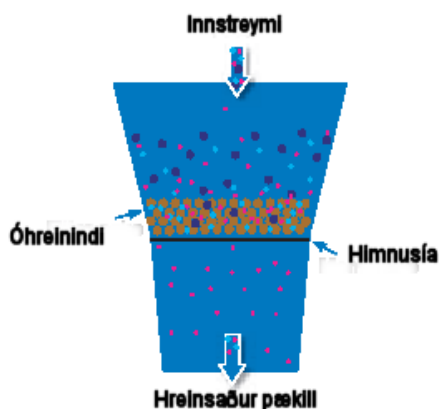
### 4.3 Löndun

Við löndun úr uppsjávarveiðiskipum er aflanum dælt uppúr tönkum skipsins með vacum dælum í hráefnistanka. Við dælingu þarf oft að bæta við vatni, en mikilvægt er að það vatn sé ferskt vatn en ekki sjór. Þar sem saltupptaka er mikil við dælingu þar sem fiskurinn getur orðið fyrir hnjaski og þannig á saltið auðveldara með að streyma inni opið holdið.

## 5. Himnusíun

Himnusíun (membrane filter) og aðferðir tengdar henni eru að verða heil vísindagrein út af fyrir sig. Vaxandi notkun á himnusíum í matvælaíðnaði hefur gefið af sér heilmikla reynslu og þekkingu sem síuframleiðendur hafa notað til þess að endurbæta framleiðslu sína. Í dag er svo komið að til eru himnusíur og aðferðir tengdar þeim til þess að sía svo að segja hvaða efni sem er úr vökva..

Síun getur verið áhugverður kostur, sé hugsað til þess að halda eðliseiginleikum lífrænna efna. Himnusíun notar litla orku miðað við eimun eða uppgufun og skemmir ekki efnin. Fjórar megingerðir himnusíunar eru til: reverse osmosis (RO), nanofiltration (NF), ultrafiltration (UF) og microfiltration (MF). Sumar aðferðir notast aðeins við eina skilju en aðrar við tvær eða fleiri. Aðferðin byggir á að halda eftir efnum sem eru stærri en göt himnunnar en hleypa þeim minni í gegn. Í crossflow síun er vökvanum dælt undir miklum þrýstingi á himnuna, þá sér flæðið um að sópa jafnóðum burtu ögnum og öðrum stífluvöldum. Þessi aðferð er frábrugðin venjulegri síun (dead end síun, sjá mynd 7) þar sem efnin sem eftir sitja safnast upp á himnunni og þurfa að fjarlægjast með öðrum aðferðum.



Mynd 7: Sýnir hvernig lokuð síun (dead end) safnar óhreindunum ofan í himnuna og stíflar hana að lokum.

**Himnuflæði** (Reverse osmosis (RO)), hleypir í gegnum sig á bilinu 0,0001-0,001µm og er gjarnan litið á þess aðferð sem afvötnun því að aðferðin heldur eftir nánast öllum efnum nema vatni. Mikinn þrýsting þarf til þess að yfirvinna himnuþrýsting þess sem eftir á að verða, 350-1500 psi.(24-103BAR)

**Nanósíun** (Nanofiltration (NF)) með gegnhleypni á bilinu 0,001-0,01µm, virkar á svipaðan hátt og RO en hleypir þó í gegnum sig jónum eins og t.d.  $H^+$   $NH_4^+$  NF þarf þrýsting upp að 350 psi (24BAR)

**Ultrasíun** (Ultrafiltration(UF)) með gegnumhleypni á bilinu 0,001-0,02 µm. Ultrafiltration heldur eftir stórum sameindum eins og prótein, fitusameindum, fjölsykrum o.s.frv. en hleypir í gegnum sig smærri efnasamböndum eins og pækli.UF þarf lágan þrýsting 45-150 psi (3-10BAR)

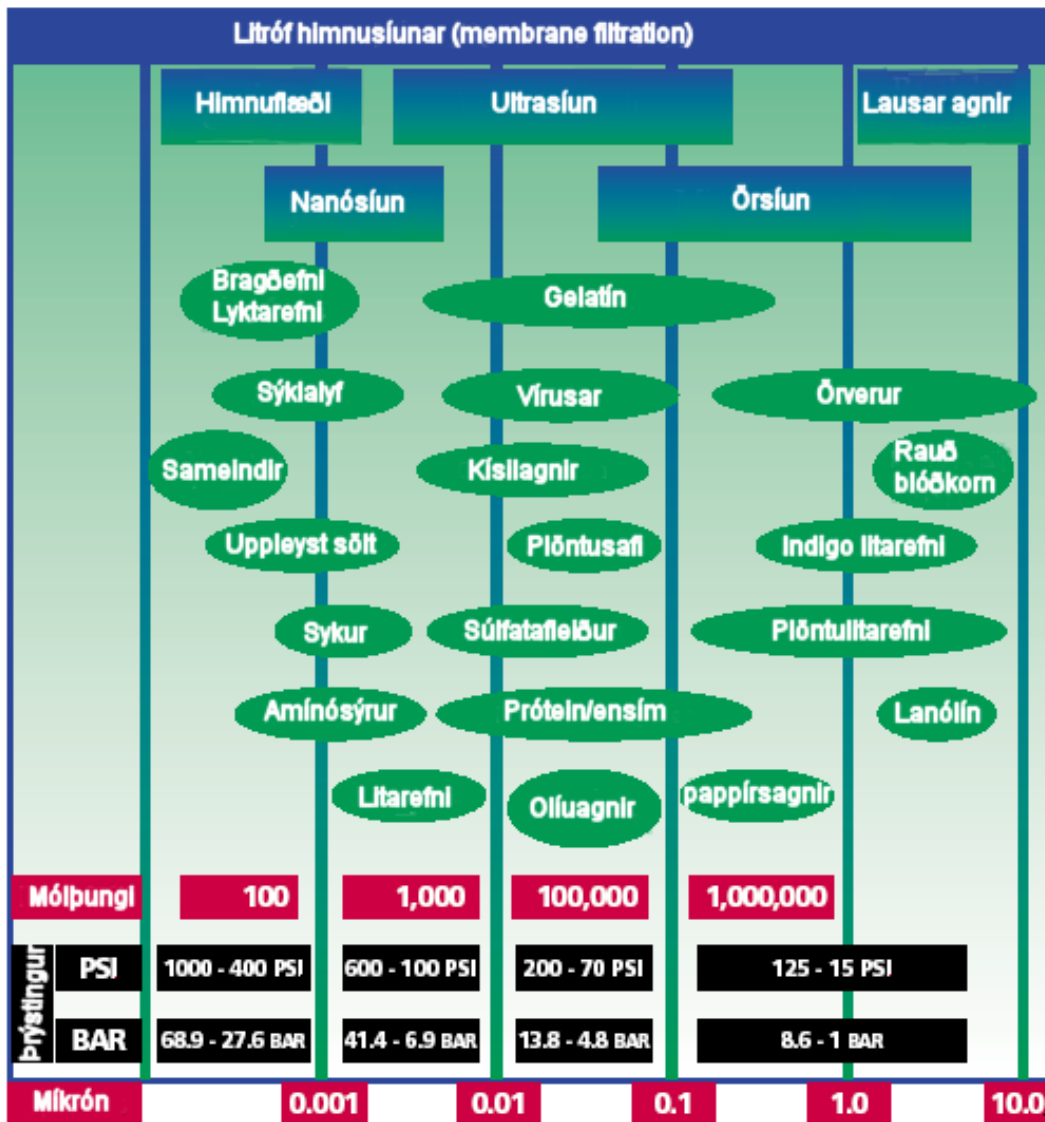
Himnusíun er notuð til skilja út prótein í matvæla- drykkja- og lífefnaiðnaði. Í matvæla- og drykkjaiðnaði hefur himnusíun verið notuð á ýmsum stigum framleiðslunnar eins og að: einangra, aðskilja, afsalta, endurnýta, útdraga og hreinsa. Himnusíun er notuð í ostagerð til þess að ná próteinum út úr mysunni, fjarlægja örverur og gró úr mjólkurvökvanum, skilja fitu frá vökva í framleiðslu á undanrennufti og hreinsa frárennslivatn þannig að aðeins renni hreint “kúavatn” í frárennslið. Í kaffivinnslu til þess að draga út bragðefni og til þess að styrkja kaffi fyrir framleiðslu á skyndikaffi. Lyfjaiðnaðurinn notar líka himnusíun til þess að ná fram nákvæmum aðskilnaði lífrænna efna eins og að skilja amínósýru, ensím, ger, insúlín ofl. frá próteinlausnum. Þar er oft um að ræða að prótein og ensím séu framleidd með gerjun og síurnar notaðar til þess að skilja nothæf efni frá gerjunarlausninni.<sup>1</sup>

Til þess að gefa nokkra hugmynd um hvað hægt er að gera með himnusíun og hverjir eru að nota hana er mynd 8 sett upp eins og litróf. Hægt er að lesa úr myndinni hvaða síuflokkur hentar hvaða efnaflokkum, hvaða gatastærð himnurnar þurfa að hafa og hvaða þrýstingi þarf að beita á hvern síuflokk.

---

<sup>1</sup> sbr. [www.geafiltration.com](http://www.geafiltration.com)





Mynd 8: Litróf himnusíunar og hin ýmsu efni sem hægt er að sía með himnusíun og hvaða holustærð himnunnar þurfa að hafa.

Kostir himnusíunnar eru lítill orkukostnaður, lítið pláss, nákvæm síun og mikill sveigjanleiki í meðhöndlun vökva með mismunandi seigju og efnainnihaldi. Himnusíunarkerfi er hægt að setja upp þannig að auðvelt er að auka eða minnka afkastagetu þess með því að bæta inn í eða loka fyrir hluta af virkinu. Sveigjanleikinn felst líka í að auðvelt er að skipta út og bæta inn aukasíubúnaði ef áherslur breytast í framleiðslunni og menn vilja sía annað hvort stærri eða smærri efni úr.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> sbr. [www.alfa-laval.com](http://www.alfa-laval.com)

Himnurnar sem eru notaðar gerðar úr annað hvort fjölliðum (polymeric) eða ólífrænum (inorganic) efnum, og er hönnun þeirra breytileg eftir því í hvað á að nota þær.

Af síum gerðum úr fjölliðum er hægt að nefna þrjár: **Spírallaga** síur eru þéttar, þannig að miklu yfirborð af himnu er komið fyrir á litlu svæði. Spírallaga himnusíur henta vel fyrir mikið vökvamagn með litlu hlutfalli uppleystra agna (suspended solid). Kostur þessara sía er að þær eru ódýrar bæði í innkaupum og þarfnast lítillar orku. Þessi gerð sía er til fyrir alla flokka himnusíunar, þ.e. himnuflæðis- nano- ultra- og örsíunar. **Hóklaga** síur eru sérstaklega gerðar fyrir vökva sem inniheldur hátt hlutfall lausra agna og stíflast ekki auðveldlega. **Holar þráðhinnur**, eru mjög þétt pakkaðar himnusíur hannaðar fyrir vökva með mjög lítið af uppleystum ögnum. (Björn,2004)

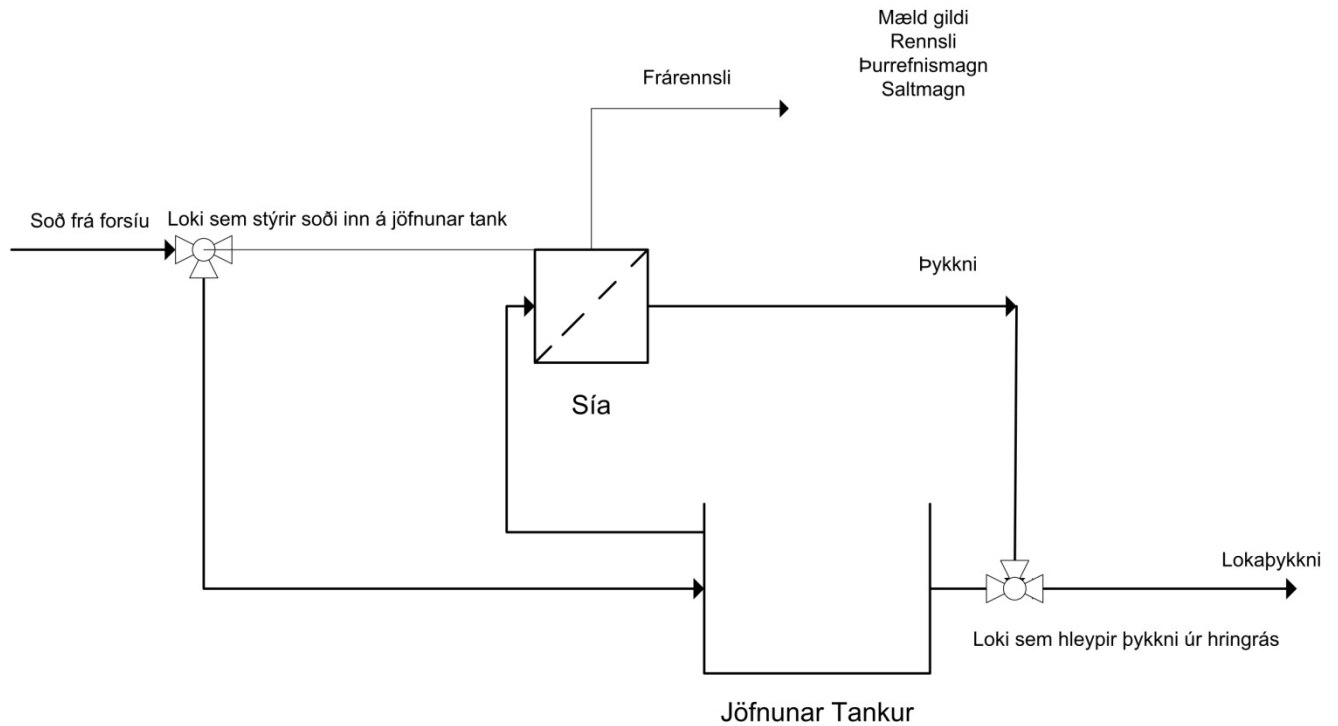
### 3.1 Búnaðurinn



Mynd 9: Síubúnaðurinn uppsettur á Suðárkróki.

Síubúnaðurinn er þannig uppbyggður að fyrst fer vökvinn í gegnum forsíun til að ná burt stærstu ögnunum úr vökvanum. Eftir forsíun er vökvanum hringkeyrt í gegnum síuna og hleypt úr kerfinu þegar þurrrefnis- og saltinnihald hafa náð réttum gildum. Þá fer þykknið í gufun áður en því er blandað við pressukökuna fyrir framan þurrkara.

Eftir prufukeyrslur þótti hentugast að setja upp forsiú fyrir framan kerfið þar sem sían átti það til að stíflast fljótt, þar sem hún er mjög fín eða 10 dalton.

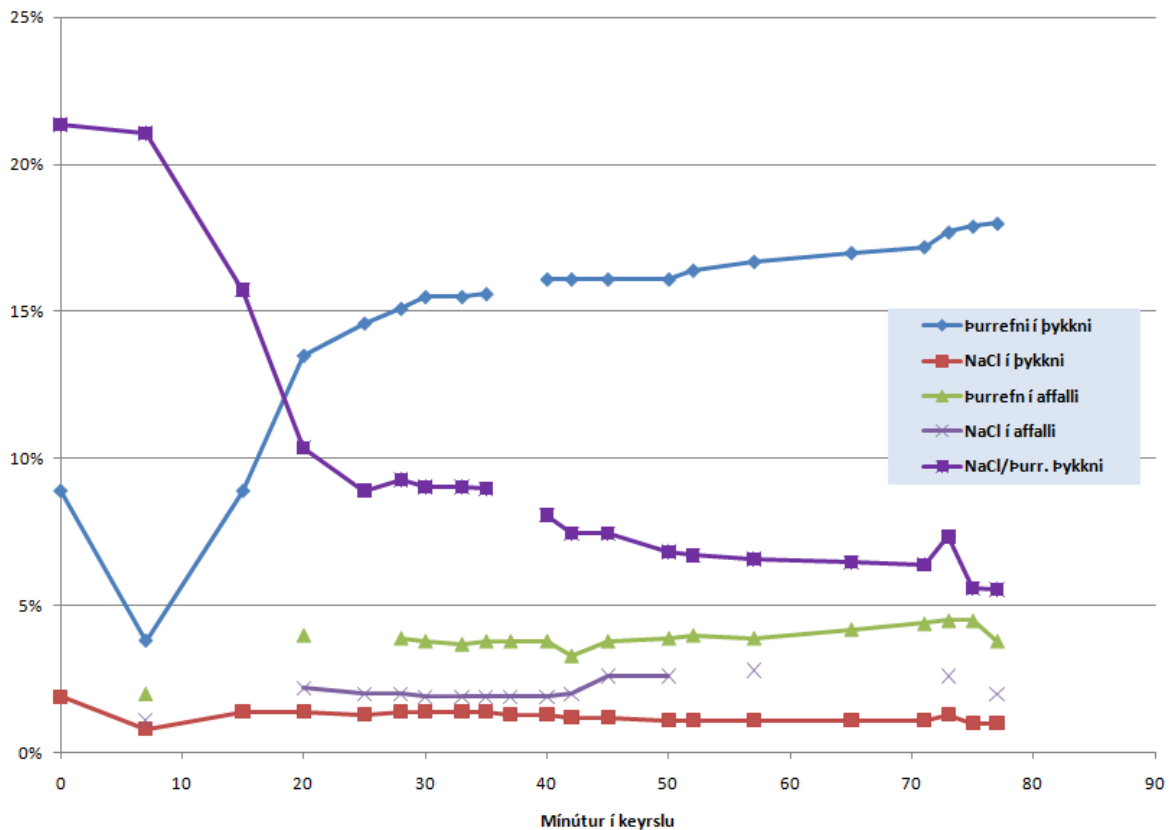


Mynd 10: Sýnir uppsetningu á síubúnaði.

### 3.2 Tilraunir við hreinsun á salti

Búnaðurinn var settur upp í aðstöðu Matís á Sauðárkróki og hráefni fengið frá fiskmjölsverksmiðjum Síldarvinnslunnar í Helguvík og HBGranda Akranesi. Soðinu var keyrt í gegnum síunarbúnaðinn og var síað soðið efnagreint hjá Matís. Eftirfarandi niðurstöður fengust út úr mismunandi keyrslum.

## Mæliniðurstöður



Mynd 11: Sýnir helstu niðurstöður efnamælinga eftir síun.

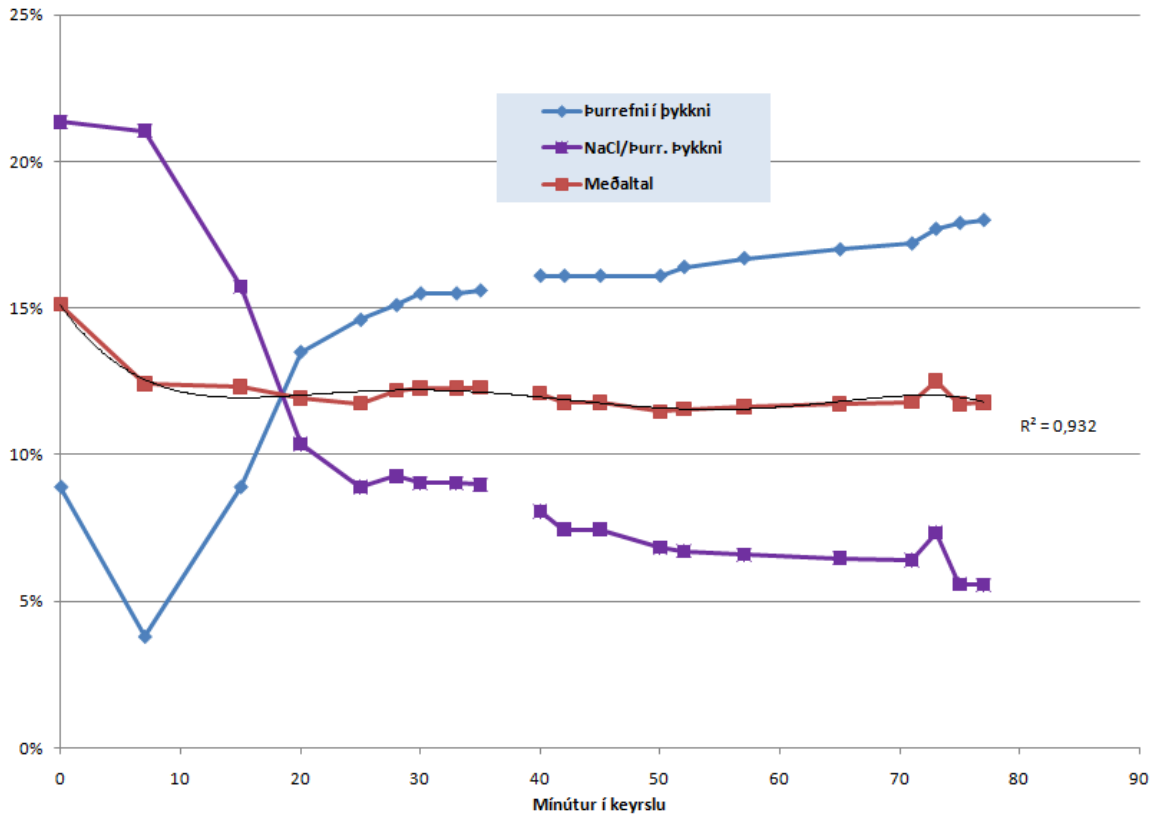
Helsta ályktunin sem draga má út frá mæliniðurstöðum og sést á mynd 11, er að lengri keyrslutími en 30 mínútur skilar lítilli virkni. Þurrfnisinnihald hækkar lítillega þrátt fyrir að keyrslutími sé rúmlega tvöfaldaður, ásamt því að saltinnihald lækkar hlutfallslega lítið. Miðað við þessar niðurstöður þá verður uppsetningin á þessari útfærslu þannig að dvalartími soðsins í síunarbúnaðinum verði um 30 mínútur.

Tafla 3: Sýnir magn þurrrefna og salts eftir keyrslutíma

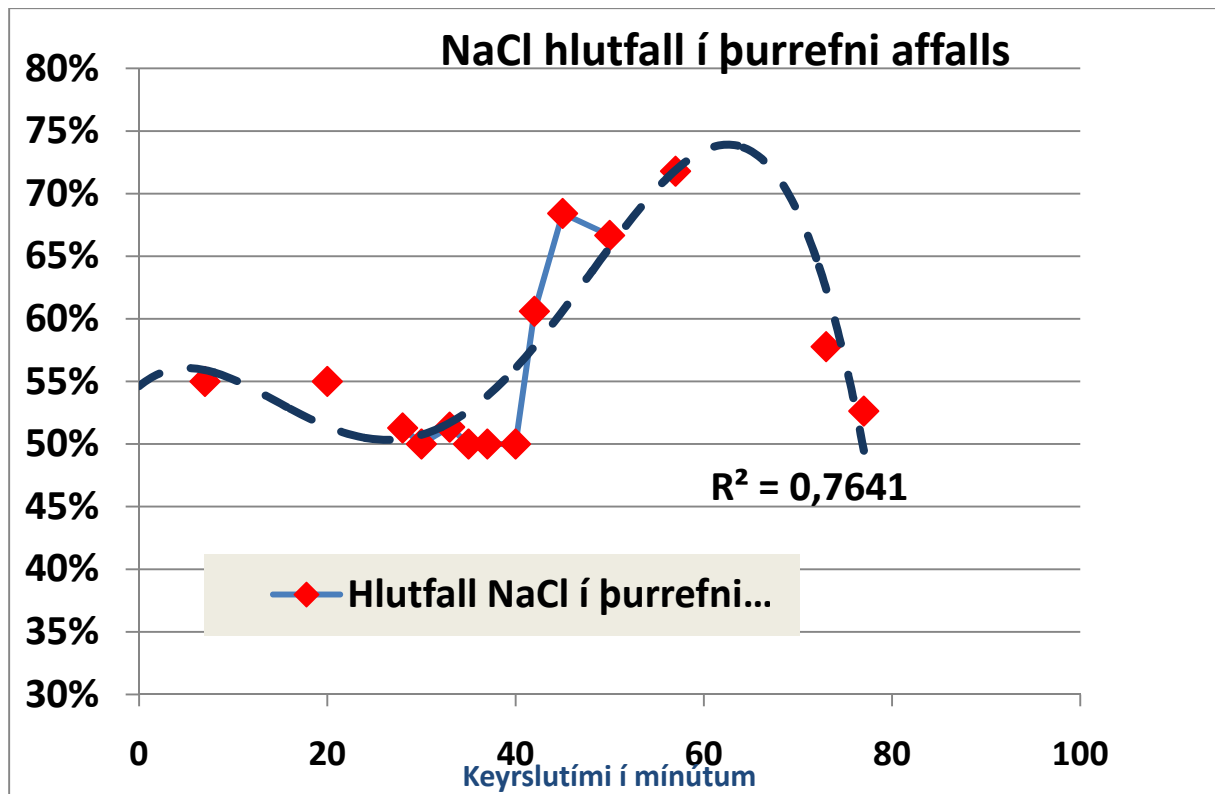
Keyrslutími (min)	Þurrrefni (%)	Salt (%)	Tap á þurrrefni (%)	Síað salt (% af upphaflegu saltmagni)
0	8,5	1,87	0	0
30	15,5	1,40	1,2	25
80	17,5	1,05	3,1	44

Tap á þurrrefni er það magn þurrrefnis sem mælt í vökva sem síast frá síunarbúnaði (affall). Síað salt sem hefur síast frá þykkni er hlutfall af upphaflegu saltmagni í soði. Miðað er við dvalartími vökvans sé 30 min í síunarbúnaðinum. Magn soðs sem fer í síunarbúnaðinn er 547 kg af heilarmagni gulldeplu miðað við 1000 kg af hráefni og fást 257 kg af lokabykkni sem síðan er leitt inn í soðkjarnatæki til frekari þykkingar og þaðan fást 141 kg af soðkjarna. Af þessu sést að fjarlæggt er 290 kg af vökva í síunarbúnaði og 116 kg af eim fjarlæggt í soðkjarnatækjunum.

### Heildarpurrefni í þykkni ásamt salthlutfalli og meðalgildis þurrefnis og salthlutfalls



Mynd 12: Sýnir efnainnihald miðað við keyrslutíma.



Mynd 13: Sýnir salthlutfall í þurrefni affalls miðað við keyrslutíma.

## 6. Þróun iðnaðarins til þess að lækka saltinnihald í mjöli

Til að bregðast við þessu aukna saltinnihaldi í mjöli þurfa menn að huga að breyttu verklagi til þess að lágmarka fjármagnskostnað. Helstu niðurstöður þessa verkþáttar voru að breyta verklagi við veiðar og löndun frekar en að fara út í miklar fjárfestingar á nýjum búnaði fyrir fiskmjölsverksmiðjur, þar sem kostnaður við uppsetningu á himnusíunarbúnaði væri í kringum 100 milljónir kr. meðan breytingar á verklagi kosta á bilinu 5 – 10 milljónir kr. Breytt verklag við veiðar var aðallega fólgið í því að stytta tog tíma til að koma í veg fyrir að fiskurinn myndi verða fyrir hnjaski í trollinu, ásamt því að dæla hægar úr trollinu. Einnig var notast við sjóskiljur til að koma í veg fyrir að sjór færi með um borð í kælitanka. Tekið var ferskt vatn með í tönkum úr landi til þess að draga úr saltupptöku hráefnis í kælitönkum. Stokkar í kælitönkum voru klæddir þannig að hráefni brotnaði ekki eins mikið niður. Einnig voru veiðiferðir styttaðar verulega til að tryggja að hráefnið sé ferskara við vinnslu og þannig verður fiskurinn heillegri og saltupptaka minni. Við löndun var notað ferskt vatn til að losa um hráefnið í lestinni áður en því var dælt í land. Með þessum breytingum hefur náðst sá árangur að saltinnihald hefur lækkað úr 10 – 12 % í mjöli niður í 5 – 6 %. Kaupendur mjöls hafa sæst á að leyfa þetta saltinnihald í mjöli úr gulldeplu. (Almar, 2010)

## 7. Ályktun

Sú ályktun sem draga má af þessum verkþætti er að breyta verklagi við veiðar, geymslu á hráefni og við löndun frekar en að fara út í miklar fjárfestingar og endurbætur á fiskmjölsverksmiðjum. Ef notast ætti við himnusíun þá er álitlegast að staðsetja hana fyrir framan soðkjarnatækin og hringkeyra soðinu í 30 mínútur til að hámarka afköst og nýtingu á þurrefni. Til þess að ná betri árangri er nauðsynlegt að setja forsíu fyrir framan til að koma í veg fyrir að sían stíflist ekki mjög fljótlega eftir gangsetningu.

## 8. Heimildir

Almar Sigurjónsson. 2010. HBGrandi, samtal.

Björn Brimar Hákonarson. 2004. Háskólinn á Akureyri Auðlindadeild. Flæðisöltun-Pækill.

Félag íslenskra fiskmjölsframleiðenda. Kælismiðjan Frost hf. Aukin gæði bræðsluhráefnis.