

Nýsköpun & neytendur
Innovation & Consumers

Vinnsla, virðisaukning & eldi
Value Chain, Processing
& Aquaculture

Mælingar & miðlun
Analysis & Consulting

Líftækni & lífefni
Biotechnology & Biomolecules

Öryggi, umhverfi & erfðir
Food Safety, Environment
& Genetics



Breytileiki í fituinnihaldi og eiginleikum þorsks eftir árstíma

Kristín Anna Þórarinsdóttir
Helga Gunnlaugsdóttir,
Jónas R. Viðarsson
Sigurjón Arason

Vinnsla, virðisaukning og eldi

Skýrsla Matís 12-12
Mars 2012

ISSN 1670-7192

Report summary

<i>Titill / Title</i>	Breytileiki í fituinnihaldi og eiginleikum þorsks eftir árstíma / Seasonal variation of fatty acid composition of cod flesh		
<i>Höfundar / Authors</i>	Kristín Anna Þórarinsdóttir, Helga Gunnlaugsdóttir, Jónas R. Viðarsson, Sigurjón Arason		
<i>Skýrsla / Report no.</i>	12-12	<i>Útgáfudagur / Date:</i>	Mars 2012
<i>Verknr. / project no.</i>	2001-1999		
<i>Styrktaraðilar / funding:</i>	Verkefnasjóður Sjávarútvegsins		
<i>Ágríp á íslensku:</i>	<p>Í skýrslunni eru teknar saman niðurstöður mælinga á efnainnihaldi lifrar og þorskvöðva eftir árstíma og veiðislóð. Niðurstöður benda til þess að árstíðabundnar sveiflur í fituinnihaldi vöðva séu tiltölulega litlar. Öðru máli gegnir um lifur, fituinnihald hennar reyndist lægst síðari hluta vetrar og að vori. Á sama tíma var vatnsinnihald hæst.</p> <p>Breytingar í efnasamsetningu lifrar voru taldar tengjast þeim sveiflum sem verða í hegðunarmynstri og líkamsstarfsemi fisksins í kringum hrygningu.</p>		
<i>Lykilorð á íslensku:</i>	<i>Þorskur, fituinnihald, árstíðasveiflur</i>		
<i>Summary in English:</i>	<p>The report summarizes the results from measurements on chemical composition of liver and muscle of cod as affected by fishing grounds and seasonal variation. The results indicate that seasonal fluctuations in fat content of the muscle are relatively low. On the contrary, fat and water content in liver, varied with season. The fat content was lowest late winter and in spring. At the same time, the highest water content in liver was observed.</p> <p>These changes were explained by changes in behaviour and physiological functional of the fish in relation to the reproductive cycle.</p>		
<i>English keywords:</i>	<i>Cod, fat content, seasonal variation</i>		

EFNISYFIRLIT

1	ÞORSKUR	1
1.1	HRÁEFNI	1
	<i>Efnainnihald</i>	1
	<i>Árstími</i>	3
	<i>Veiðisvæði</i>	5
	<i>Markmið verkefnisins</i>	7
2	EFNI OG AÐFERÐIR	8
2.1	UPPLÝSINGAR UM SÝNI	8
2.2	TÖLFRÆÐILEG ÚRVINNSLA	10
3	NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐA	11
4	ÞAKKIR	16
5	HEIMILDASKRÁ	17

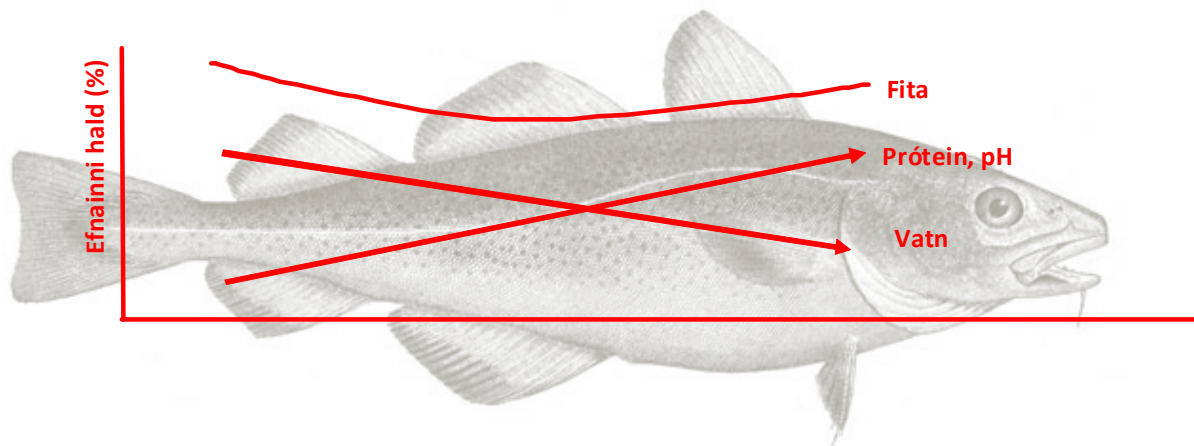
1 ÞORSKUR

1.1 Hráefni

Ástand hráefnis hefur afgerandi þýðingu fyrir nýtingu og gæði þorskafurða. Ýmsir líffræðilegir þættir geta valdið sveiflum í ástandi og efnasamsetningu fisks, m.a. aldur, næringarástand sjávar, veiðislóð og árstíð. Að sumri loknu er fiskurinn í góðu ásigkomulagi og holdið þétt en eftir hrygningu eða ef fæðuframboð er ekki nægilegt, er vöðvinn mjúkur og vatnskenndur. Sveiflur geta verið mismiklar eftir stærð fisksins, og hvort hann hafi náð kynþroska. Gera má ráð fyrir að þær aukist eftir því sem að fiskurinn er stærri/eldri. Einnig er hráefnið mismunandi eftir því hvar fiskurinn veiðist, t.a.m. vegna breytileika í umhverfisþáttum, aðgengi að fæðu og eiginleikum eftir stofnum. Hlýnun sjávar undanfarna áratugi, getur haft áhrif á fiskigengd hér við land, þær tegundir sem þorskurinn nærast á og hvert hann leitar eftir æti.

Efnainnihald

Þorskur er flokkaður sem magur fiskur (<1% fituinnihald) en hann safnar fituforða fyrst og fremst í lifur (Ackman, 1967). Hlutfall fitu í þorskvöðva er að jafnaði 0,1-0,8%, vatnsinnihald um 78-83% og próteininnihald um 16-20%. Vatnsinnihald er misjafnt eftir því um hvaða hluta flaksins er að ræða, það lækkar frá sporði að haus, en próteininnihald hækkar (Mynd 1).



Mynd 1. Breytileiki í efnasamsetningu þorsks eftir mismunandi hlutum fisksins (frá sporði að haus).

Fita er venjulega hærri í þunnildum en í öðrum hlutum flaksins. Fituinnihald í sporði er heldur herra en í miðju flaks og hnakkastykki. Hlutfall af dökkum vöðva er hlutfallslega herra í sporðinum og þar sem dökkur vöðvi er fituríkari og járnríkari en ljós vöðvi, er hætta á þrúnun meiri í sporði en annars

staðar (Dambergs, 1963; Fraser, Mannan, & Dyer, 1961). Ljósá vöðvanum í sporðinum virðist einnig hættara við þrúnun sem bendir til þess að eiginleikar fitunnar eða aðrir áhrifaþættir séu frábrugðnir því sem gerist í öðrum hlutum fiskflaksins (Castell & MacLean, 1964; Dambergs, 1964).

Hlutfall fjölómættaðra fitusýra í fiskfitu er hátt sem gerir hana viðkvæma fyrir þrúnun. Við vinnslu eykst aðgengi súrefnis að vöðvanum sem hraðar þrúnun. Sérstaklega í söltuðum afurðum þar sem salt hefur hvetjandi áhrif á þau efnahvörf sem valda þrúnun. Þau efnasambönd sem myndast eru hluti af einkennandi verkunarbragði saltfisks. Fari hún yfir ákveðin mörk, verða áhrifin neikvæð, sérstaklega m.t.t. útlits, sem lýsir sér í því að fiskurinn verður gulleitur á yfirborði (saltfiskgula). Gulnun, vegna þrúnunar getur einnig komið fram í frystum og þurrkuðum afurðum.

Vöðvinn inniheldur efnasambönd og ensím sem geta aukið þrúnun (pro-oxidants) en einnig efni sem draga úr þrúnun (anti-oxidants). Hvatar að þrúnun eru t.d. járn, kopar, sink, og prótein sem innihalda járn (hemoglobin, myoglobin), ásamt ákveðnum ensímum. Efni sem til staðar eru í ferskum vöðva og draga úr þrúnun eru t.d. tocopherol, ascorbate, fenólsambönd og Q-10.

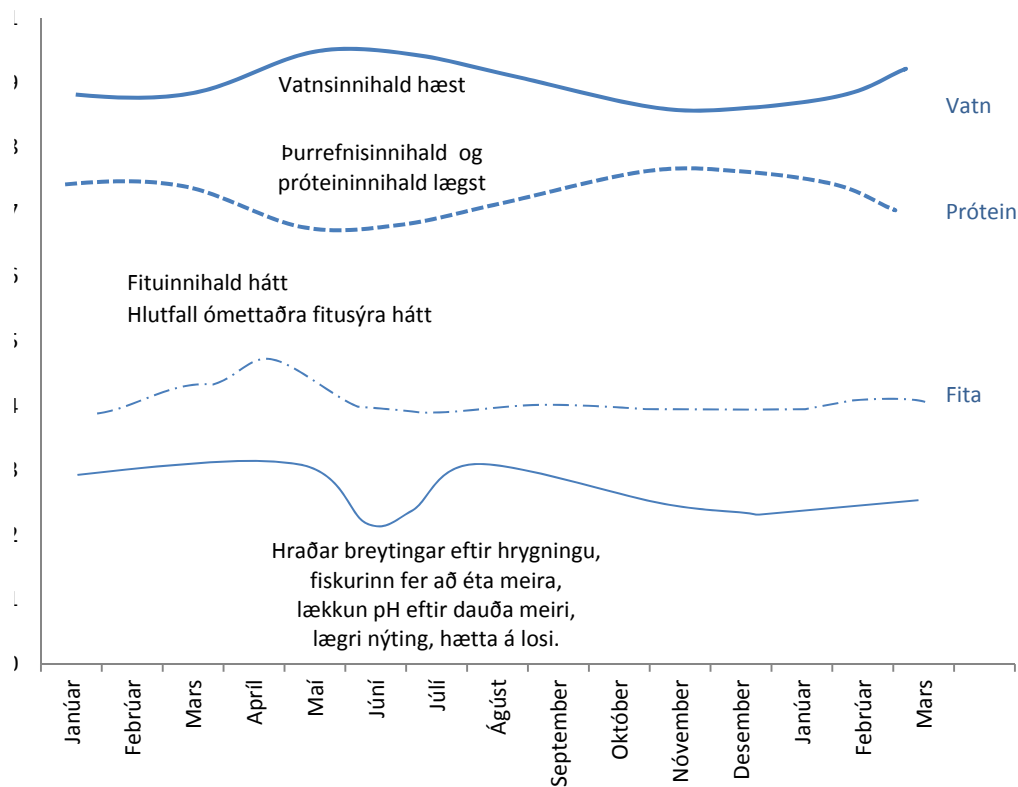
Tafla 1. Þættir sem eru til staðar í fiskvöðva og hvetja eða hindra oxun (Rósa Jónsdóttir o.fl. 2008).

Hvarfefni fyrir oxun	Hvatar	Hindrar / Andoxunarefni
Ómettaðar fitusýrur	Málmur (Fe/Cu)	Fitusæknir þráhindrar (lipophilic antioxidants) <ul style="list-style-type: none"> Fenólsambönd A-tocopherol Carotenoids
Prótein	Prótein sem innihalda járn (Hemoglobin, myoglobin)	Vatnssæknir þráhindrar (hydrophilic antioxidants) <ul style="list-style-type: none"> Fenólsambönd Glutathione C-vítamín (ascorbate) Peptíð, fjölvítamín <ul style="list-style-type: none"> Carnosine (β-alanyl-L-histidine) Anserine (β-alanyl-L-histidine) Ophidine (β-alanyl-L-histidine) Fríar amínósýrur (histidine) Þvagsýra (urea)
Súrefni	Ensím, t.d. lipoxygenasi (LOX)	Þráhindraensím <ul style="list-style-type: none"> Superoxide dismutase Glutathione peroxidase o.fl. Geta fjarlægt virka súrefnisradikala, vetnisperoxíð og fituperoxíð. <p>Q-10 (ubiquinone)</p>

Árstími

Sveiflur í ástandi og efnasamsetningu vöðvans eru árstímabundnar vegna breytileika í fæðuframboði og hegðun fiskisins, einkum í tengslum við hrygningu. Árstíðabundnar sveiflur í fitumagni þorskavöðva eru þó mun lægri en í feitum fiskum, t.a.m. getur fituinnihald í makrílvöðva sveiflast um 25 prósentustig eftir árstíma.

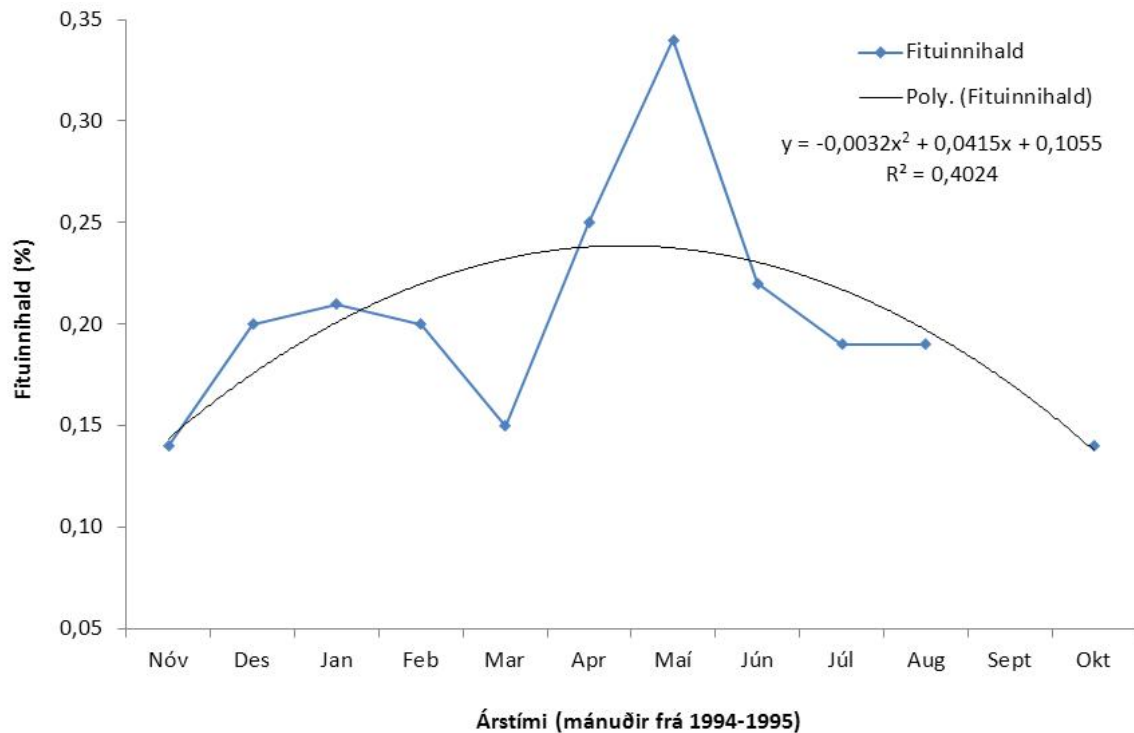
Rannsóknir á fituinnihaldi í vöðva þorsks sem veiddur var út af Suðausturlandi, sýndu að hlutfall fitu var hærra síðla vetrar (apríl) en á öðrum árstímum (júní, nóvember). Árstíðabundnar sveiflur í fituinnihaldi sporðs hafa þó verið taldar óverulegar. Hlutfall fjölómettra fitusýra sem einkum er hætt við þránun, er hæst yfir þann tíma þegar fiskurinn er feitastur. Hlutfall mettaðra fitusýra hefur reynst hærra á haustin en á öðrum árstíma (EU-project “Utilisation and stabilisation of by-products from cod species” (QLK1-CT2000-01017)).



Mynd 2. Breytileiki í efnasamsetningu þorsks eftir árstíma.

Sólveig Ingólfssdóttir (1998) vann meistaranámsverkefni þar sem lagt var mat á breytileika í eiginleikum og efnasamsetningu þorsks sem veiddur var út af Reykjanesskaga. Fituinnihald vöðva fór frá um 0,15% að hausti til, í um 0,35% seinnihluta vetrar (ákvörðun á fituinnihaldi skv. Soxhlet aðferð) (Ingólfssdóttir, Stefánsson, & Kristbergsson, 1998). Í EU-verkefni sem Matís var þátttakandi í og unnið var upp úr síðustu aldamótum, kom það sama í ljós, þ.e. fituinnihald var hæst seinnihluta vetrar

(apríl) (EU-project “Utilisation and stabilisation of by-products from cod species” (QLK1-CT2000-01017)). Árstíðabundnar sveiflur í fituinnihald voru einnig í samræmi við fyrri rannsóknir á Kanadískum þorski (Botta, Kennedy, & Squires, 1987; Castell & Bishop, 1973; Damberg, 1964).

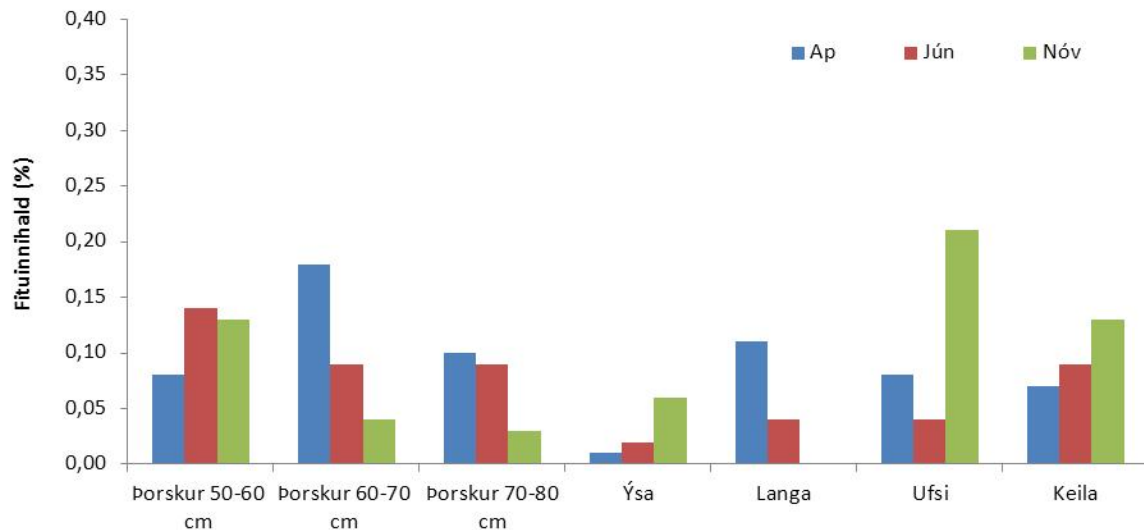


Mynd 3. Árstíðabundin breytileiki í fituinnihaldi (Soxhlet-útdráttur) þorskvöðva (2-3 kg fiskur) Sólveig Ingólfssdóttir, 1998).

Árstíðabundnar sveiflur í efnasamsetningu fisks geta einnig verið háðar stærð og aldri fisksins. Í rannsóknum sem framkvæmdar voru um síðustu aldamót kom í ljós að fituinnihald í 50-60 cm / 1-1,5 kg fiski var lægra í apríl en í júní og nóvember. Hins vegar var fituinnihald í stærri fiski (60-70 cm / 2-2,5 kg and 70-80cm / 3-4 kg) lægra að hausti til en á vorin. Hlutfall fjölómetra fitusýra var hæst yfir þann tíma þegar fiskurinn var feitastur. Hlutfall mettaðra fitusýra var hærra á haustin en á öðrum árstíma (EU-project “Utilisation and stabilisation of by-products from cod species” (QLK1-CT2000-01017)).

Þránun er almennt talin byrja í himnubundinni fitu þar sem hlutfall fjölómattaðra fitusýru er hátt. Magn náttúrulegra efnasambanda í vöðvanum sem dregið geta úr þránun, hefur einnig áhrif. Magnið hefur reynst mest á sumrin/haustin á meðan hlutfall ómettaðrar fitu er hæst þegar fiskurinn er feitastur á veturna (Ackman 1967; Castell 1964; Margrét Bragadóttir 2001). Þránun af völdum kopars virðist vera hraðari í fiski sem veiddur er yfir vetrarmánuðina samanborið við fisk sem veiddur er að

sumri til. Munurinn virtist fyrst og fremst liggja í því hversu fljótt þránunin kom fram en ekki hversu mikil hún varð við geymslu afurða (Castell and Maclean, 1963). Talið er að stöðugleiki fitu sé ekki háður sveiflum í fituinnihaldi, þ.e. þeim hluta fitu í vöðva sem flokkaður er sem forðafita (þríglyseríð) (Undeland, Hultin, & Richards, 2002; Vareltzis, Adamopoulos, & Hultin, 2011).

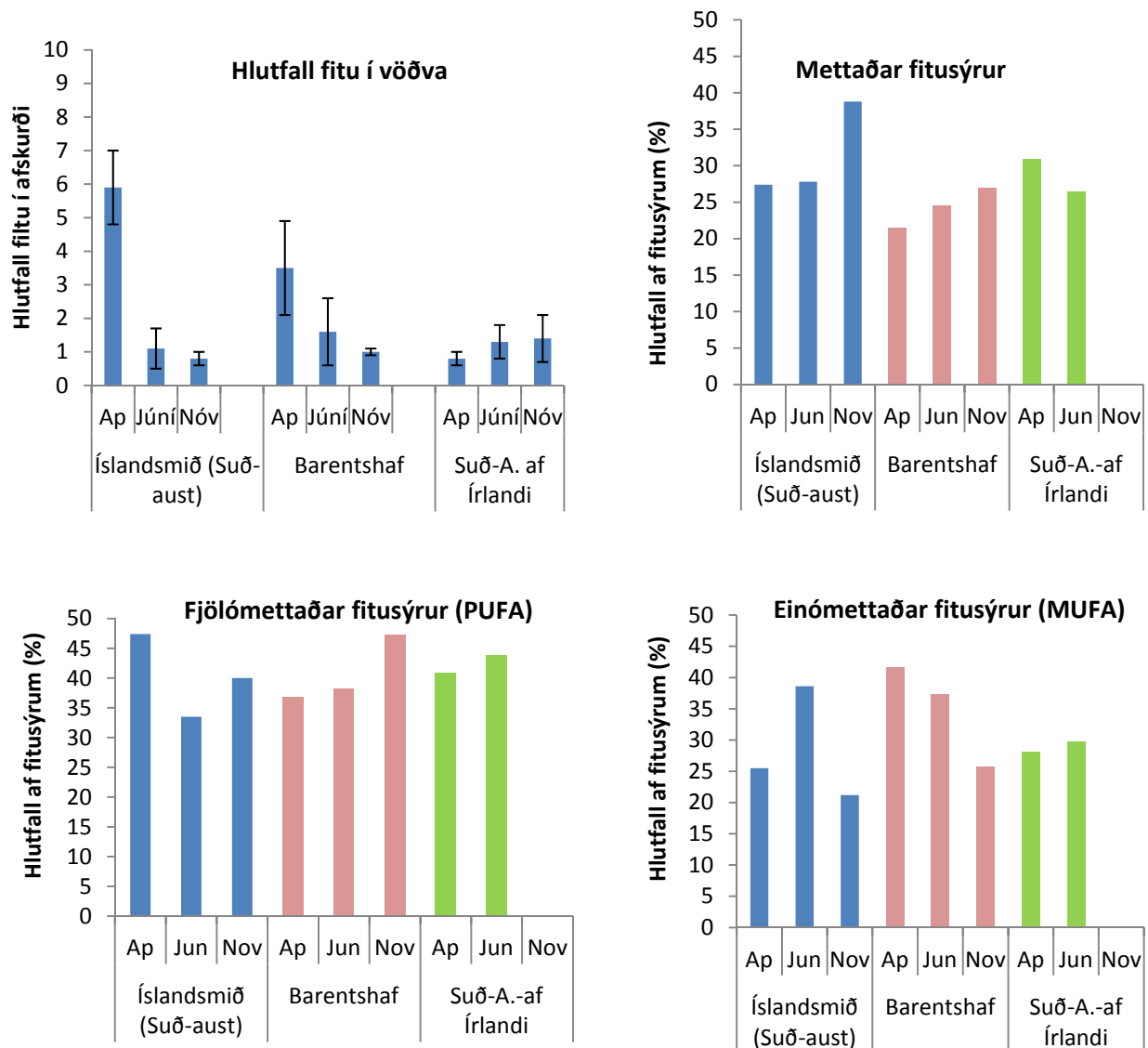


Mynd 4. Árstíðabundin breytileiki (apríl, júní, nóvember), í fituinnihald (Soxhlet-útdrætti) þorsklaka, sem unnin voru úr misstórum þorski (50-60, 60-70 og 70-80 cm þorski, auk annarra þorskfisktegunda. Mælingar voru gerðar á safnsýnum (þorskur, ufsi, langa (n=14-16); keila og ýsa (n=20-21). (Heimild: EU-project “Utilisation and stabilisation of by-products from cod species” (QLK1-CT2000-01017)).

Veiðisvæði

Eiginleikar og efnasamsetning vöðvans er mismunandi eftir því hvar fiskurinn er veiddur. Skoskar rannsóknir hafa sýnt fram á breytileika í efnainnihaldi þorsks eftir árstíma, veiðisvæðum og eftir mismunandi hlutum fisksins (sporður, mið-, og hnakkastykki). Fiskur sem veiddist á Færeyjabanka var til að mynda feitari en þorskur af Aberdeenbanka, fyrst og fremst vegna þess að magn fosfólípíða var hærra (Love, 1980). Skemmdareinkenni komu sterkar fram í fiski (við -30°C) af Færeyjarbanka samanborið við Faroe Plateau, Aberdeen Bank, SE Iceland, NW Iceland. Það var talið stafa af hærra fituinnihaldi og þar með meiri þránun. Bragðgæði frystra afurða reyndust einnig mismunandi eftir því hvar fiskurinn var veiddur. Samanburður á þorskum sem veiddir voru í Norður-Atlantshafi og geymdir í stuttan tíma í frysti, leiddi í ljós að bragðgæði þorsks af Færeyjarbanka reyndust lakari en af öðrum miðum. Það var skýrt með því að fituinnihald, einkum magn fosfólípíða, var hærra í þeim fiski og þránun því meiri (Love 1975). Því getur komið fram munur á áferð og skemmdarferlum í fiski eftir veiðislóð.

Í evrópsku rannsóknaverkefni (EU-project “Utilisation and stabilisation of by-products from cod species” (QLK1-CT2000-01017)) sem unnið var um aldamótin 1999-2000, voru mælingar gerðar á þorski sem veiddur var í Barentshafi, á Íslandsmiðum (út af Suðausturlandi) og út af Suðausturströnd Írlands. Fituinnihald afskurðs (þunnildi og hold í kringum beingarð) var breytilegt milli veiðisvæða. Mestur munur á milli árstíða kom fram í fiski af Íslandsmiðum þar sem hlutfall fitu var hæst í apríl. Fitusýrusamsetning var einnig mismunandi eftir veiðisvæðum, að því undanskildu að ekki var marktækur munur í hlutfalli mettaðra fitusýra að sumri til.



Mynd 1. Unnið úr gögnum sem birt voru í eftirfarandi grein: Falch E, Rustad T, Jonsdottir R, Shaw NB, Dumay J, Berge JP, Arason S, Kerry JP, Sandbakk M & Aursand M. 2006. Geographical and seasonal differences in lipid composition and relative weight of by-products from gadiform species. *Journal of Food Composition and Analysis* 19(6-7):727-736.

Markmið verkefnisins

Guluvandamál hafa aukist undanfarin ár en ekki eru til í dag niðurstöður sem geta sagt til um hvort sveiflur í fituinnihaldi eða stöðugleiki fitunnar hafi aukist frá því sem áður var. Mikið af þeim rannsóknum sem framkvæmdar hafa verið, eru orðnar 30-50 ára gamlar. Mikilvægt er að gera mælingar til að kanna hvort þessar upplýsingar séu enn fullgildar í ljósi breytinga á náttúrufari og hafsvæðum við hlýnun jarðar. Þær niðurstöður sem fjallað er um í skýrslunni eru liður í því að uppfæra núverandi gögn. Tekinn var hluti af þeim sýnum í fitumælingar á vöðva fisks sem mældir voru í verkefninu „Grandskoðum þann gula frá miðum í maga“ (Helga Gunnlaugsdóttir, Jónas R. Viðarsson, Ásta M. Ásmundsdóttir, Cecilia Garate, Hrönn Jörundsdóttir, Ingibjörg G. Jónsdóttir, et al., 2010). Markmið þess verkefnis voru að safna upplýsingum um efnasamsetningu, vinnslueiginleika og verðmæti þorsks í virðisreikjunni. Sem dæmi um gögn sem safnað var má nefna:

- Aldur fisks, lengd, þyngd og holdafarstuðull.
- Vinnslueiginleika s.s. flakanýtingu, los og magn orma.
- Lifrarstuðull og fituinnihald lifrar, auk vatnsinnihalds og vatnsheldni fisksvöðva.

Helstu niðurstöður rannsóknarinnar voru eftirfarandi:

- Ekki reyndist mikill munur í holdafari þorsks eftir árstíma, en holdastuðullinn var þó aðeins hærrí í desember heldur en í kringum hrygningartímam (febrúar-maí) þegar hann var lægstur. Ekkert samband fannst milli holdafars fisks og fituinnihalds lifrar.
- Jákvætt samband var milli lifrarstuðuls og fituinnihalds lifrar ($R^2 = 0,55$). Sambandið var þó ekki línulegt heldur hækkaði fituinnihaldið hratt við lágan lifrarstuðul en minna eftir því sem lifrarstuðullinn hækkaði. Sömuleiðis hækkaði fituinnihald lifrar með lengd og aldri bæði hjá hægum og hrygnum.
- Fituinnihald lifrar, þyngd fisks eða holdastuðull gáfu ekki neinar afgerandi vísbendingar um flakanýtingu. Sömuleiðis höfðu vatnsinnihald og vatnsheldni flaka lítil sem engin áhrif á vinnslunýtingu eða los.
- Munur var á flakanýtingu milli einstakra veiðiferða, sá munur virðist að einhverju leiti háður kynþroska fisksins og er samkvæmt fyrirliggjandi gögnum lægst á kynþroskastigi 4 (þ.e.a.s fiskur í hrygningu eða hrygndur). Rétt er þó að benda á að talsvert ójafnvægi er í gagnasafninu varðandi dreifingu kynþroska í einstakra veiðiferðum og tiltölulega fá sýni eru af fiski af kynþroskastigum 3 og 4 samanborið við kynþroskastig 1 og 2.
- Ekkert tölfræðilega marktækt samband var milli styrks járns (Fe), selens (Se), blýs (Pb) eða og kyns, aldurs eða kynþroska.

2 EFNI OG AÐFERÐIR

2.1 Upplýsingar um sýni

Til mælinga í þessu verkefni voru notuð vöðvasýni sem til voru úr verkefninu „Grandskoðum þann gula“ sem styrkt var af AVS. Í því verkefni voru skráðar ítarlegar upplýsingar um hvern fisk sem tekinn var til mælinga. Tafla 2 sýnir upplýsingar um þær veiðiferðir í verkefninu. Þau sýni sem tekin voru til mælinga hér, voru úr veiðiferð nr. 4, 6, 7, 8, 10, 11 og 12. Fiskurinn var veiddur árið 2007 (4), 2008 (6, 7, 8, 10) og 2009 (11, 12) (Tafla 3).

Tafla 2. Sýnatökur fyrir vinnslumælingar í framleiðsluferli frosinna þorskflaka (Heimild: (Helga Gunnlaugsdóttir, et al., 2010).

Ár	Veiðiferð nr.	Mánuður	Skip	Sýni	Veiðisvaði
2007	1	Ágúst	Sturlaugur H. Böðv. AK	30 fiskar og lifrar	66°37' -24°46'
	2	September	Sturlaugur H. Böðv. AK	30 fiskar og lifrar	63°13,691' -24°14,528'
	3	Október	Bjarni Sæmundsson RE	30 fiskar og lifrar*	66°52,96'-24°30,72' & 67°02,14' -23°53,48'
	4	Desember	Hringur SH	30 fiskar og lifrar	65°23'-24°58'
	5	Mars	Hringur SH	30 fiskar og lifrar	64°34' - 23°55' V
	6	Mars	Páll Pálsson ÍS	30 fiskar og lifrar*	66°16,04' N - 23°10,39' V
2008	7	Maí	Helgi SH	30 fiskar og lifrar	65°43' N - 24°54' V
	8	Ágúst	Hringur SH	30 fiskar og lifrar	64°33,929' N 24°41,08' V
	9	September	Helgi SH	30 fiskar og lifrar	66°57'N -21°27'W
	10	Október	Bjarni Sæmundsson RE	30 fiskar og lifrar*	66°16,40' N - 25°07,91' V
	11	Desember	Hringur SH	30 fiskar og lifrar	64°50,45' - 24°26,80'
2009	12	Febrúar	Helgi SH	30 fiskar og lifrar	64°34' N -23°44' V
	13	Mars	Hafró-Rall	30 fiskar og lifrar*	65°47,16' N - 25°17,63' V

* Í togararöllum var safnað 30 fiskum og lifrum úr þeim fiski af Vesturmiðum, þessi fiskur fór í gegnum hefðbundna fiskvinnslu, auk þess voru tekin 20 lifrarsýni til viðbótar. Hnitin sem gefin eru upp í töflunni eiga við um fiskana af Vesturmiðum sem fóru í gegnum fiskvinnsluna. Fiskur af Suðvestur-, Norðaustur- og Suðausturmiðum fór ekki í fiskvinnslu heldur var eingöngu mæld; lengd & þyngd fyrir slægingu, slægð þyngd, aldur, kyn, kynþroski, þyngd lifrar, vatn- og fituinnihald lifrar.

Tafla 3. Veiðitúrar, veiðisvæði, veiðitími, ásamt fjölda fiska eftir kyni sem notaðir voru til mælinga.

Veiðiferð	Veiðisvæði	Reitur	Mánuður	kk	kvk
4	Breiðafj.	524	Des '07	9	16
6	Vestfirðir	623	Mars '08	10	12
7	Breiðafj.	524	Maí '08	19	11
8	Faxaflói	424	Ág '08	15	16
10	Vestfirðir	625	Okt '08	5	7
11	Faxaflói	424	Des '09	10	18
12	Faxaflói	423	Feb '09	14	16

Mynd 5, gefur yfirlit um staðsetningu reita þar sem fiskur var veiddur, eftir veiðiferðum. Í þessu verkefni voru tekin til greininga sýni úr veiðiferðum, 4, 6, 7, 8, 10, 11 og 12.



Mynd 5. Sýnataka þorsks eftir veiðisvæðum, litaðir reitir sýna nr. veiðitúra sem nánar er lýst í töflu 1. (Heimild: (Helga Gunnlaugsdóttir, et al., 2010).

Hlutfall fitu í vöðva (%) var mælt eftir útdrátt fitu með Soxhlet aðferð (AOCS-Ba-3-38, 1997, 1998). Þannig nást non-polar fitusameindir (trí-, tví- og einglyseríð og sterolar). Þegar talað er um fitu er oftast átt við tríglyseríð, sem er geymsluform fitunnar. Tengsl á milli fituinnihalds og annarra þátta sem þegar voru mældir í verkefninu „Grandskoðum þann gula“ voru metnir. Þættir sem teknir voru inn í greiningu með fituinnihaldi, voru árstími við veiði, lengd fisks, þungi fisks, aldur, kynþroski, vatnsinnihald í vöðva, fitu- og vatnsinnihald í lifur, hlutfall lifrar af slægðum fiski, holdfarsstuðull og vatnsheldni vöðva.

2.2 Tölfræðileg úrvinnsla

Höfuðþáttgreining (Principal component analysis, PCA) var unnin með Unscrambler X 10.0.1 (Camo Software AS, Oslo, Norway). Eftirfarandi stillingar voru notaðar við úrvinnslu gagnanna:

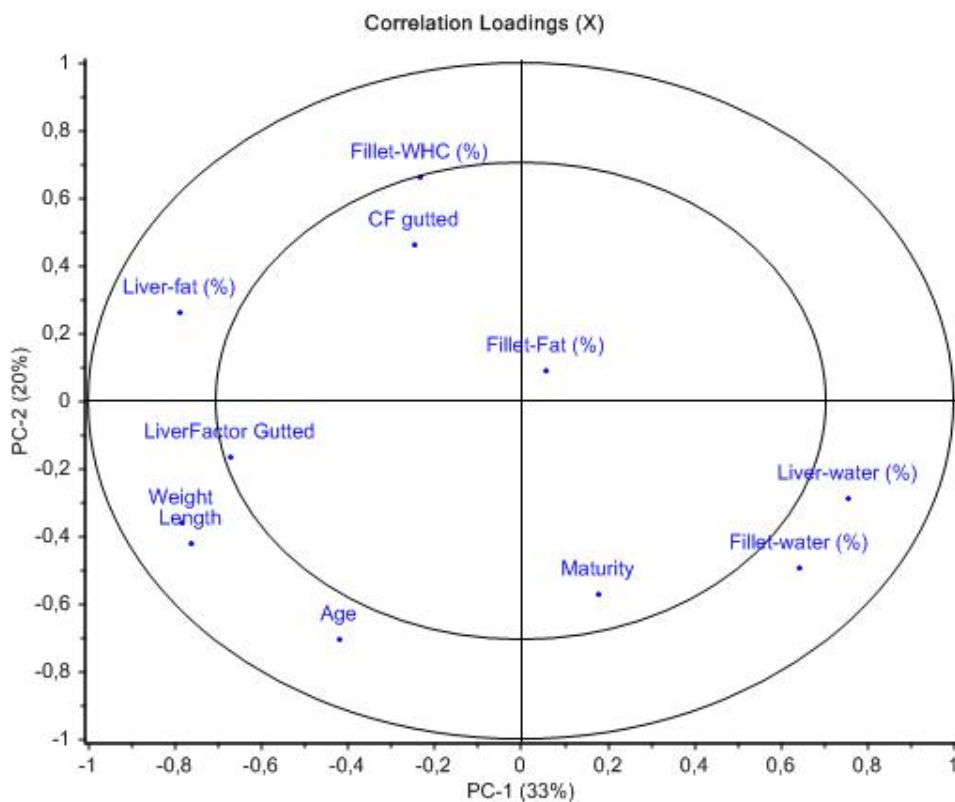
Weights: All 1/stdev

Validation method: Cross validation (full)

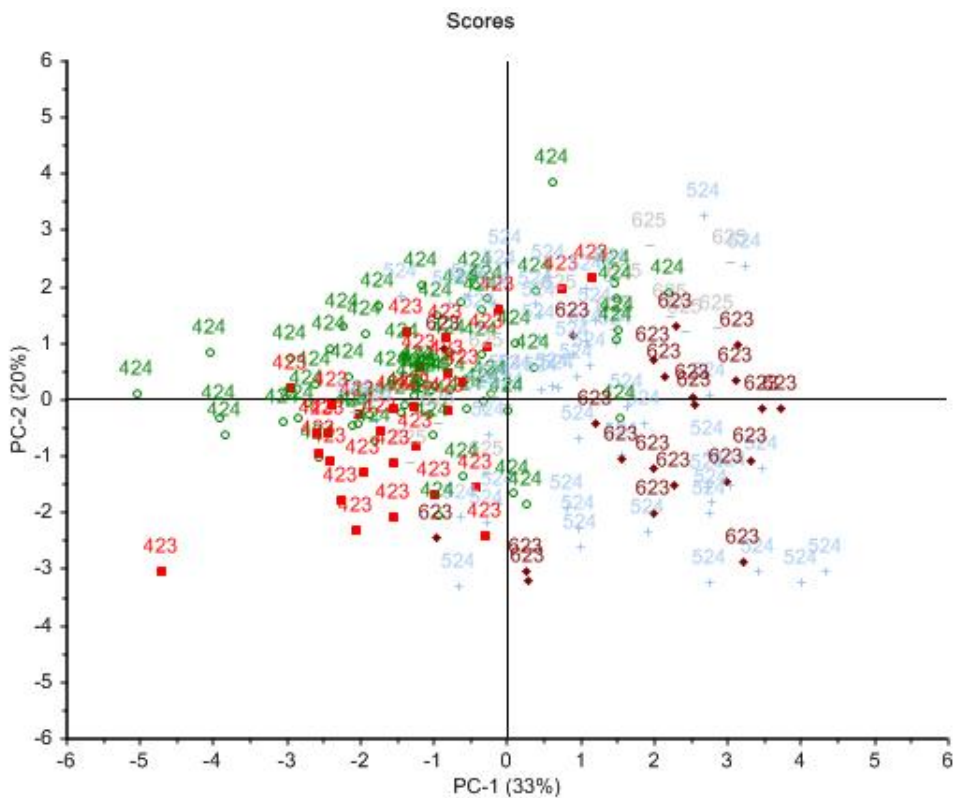
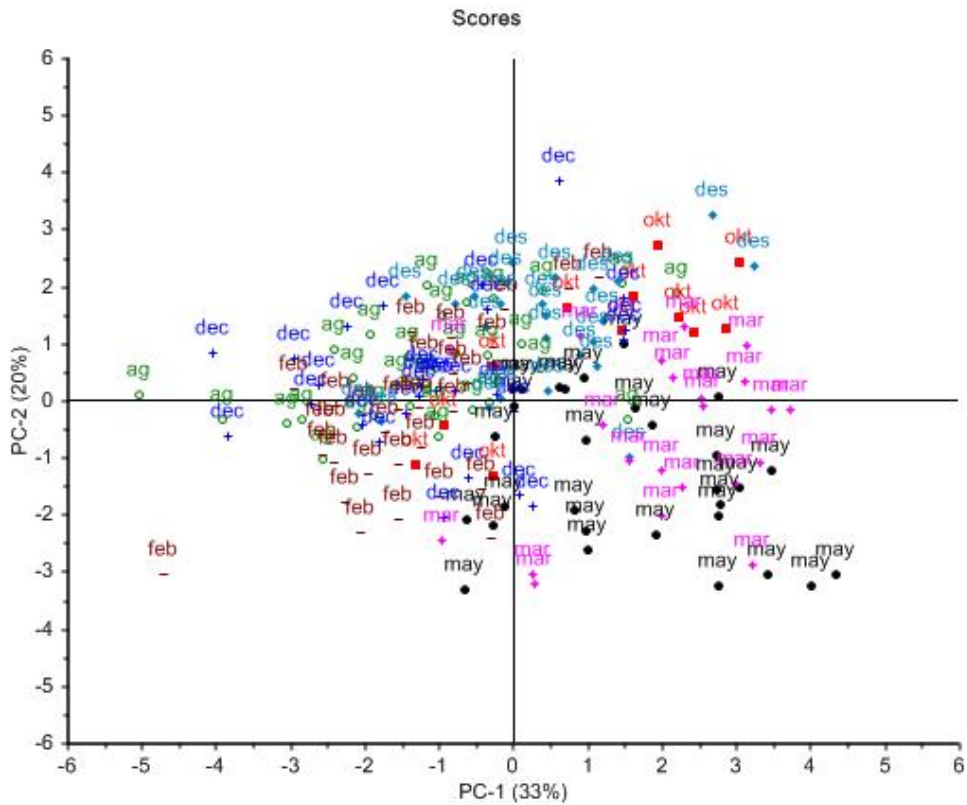
Þessi aðferð gengur út á að meta hvaða mæliþættir valda mestum breytileika á milli sýna og hvaða sýni eru lík/ólík. Röðun sýna í margvíðu rúmi er skoðuð en staðsetning þeirra er ákvörðuð út frá þeim gildum sem fást fyrir mældar breytur. Þar sem þéttni gagnanna er mest, eru dregnir ákveðnir ásar eða vektorar. Sá ás sem gögn hafa mesta fylgni við er skilgreindur sem fyrsti höfuðþátturinn (P1) og skýrir mestan breytileika í gagnasafninu. Notuð eru myndrit þar sem fram kemur röðun hópa (scores-plot) annars vegar og hins vegar röðun mældra breyta (loadings-plot). Þeir hópar sem raðast saman eru líkir og að sama skapi fylgni á milli þeirra breyta sem raðast saman. Þegar myndritin eru skoðuð sést einnig hvaða breytur valda mestri aðgreiningu á milli hópa.

3 NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐA

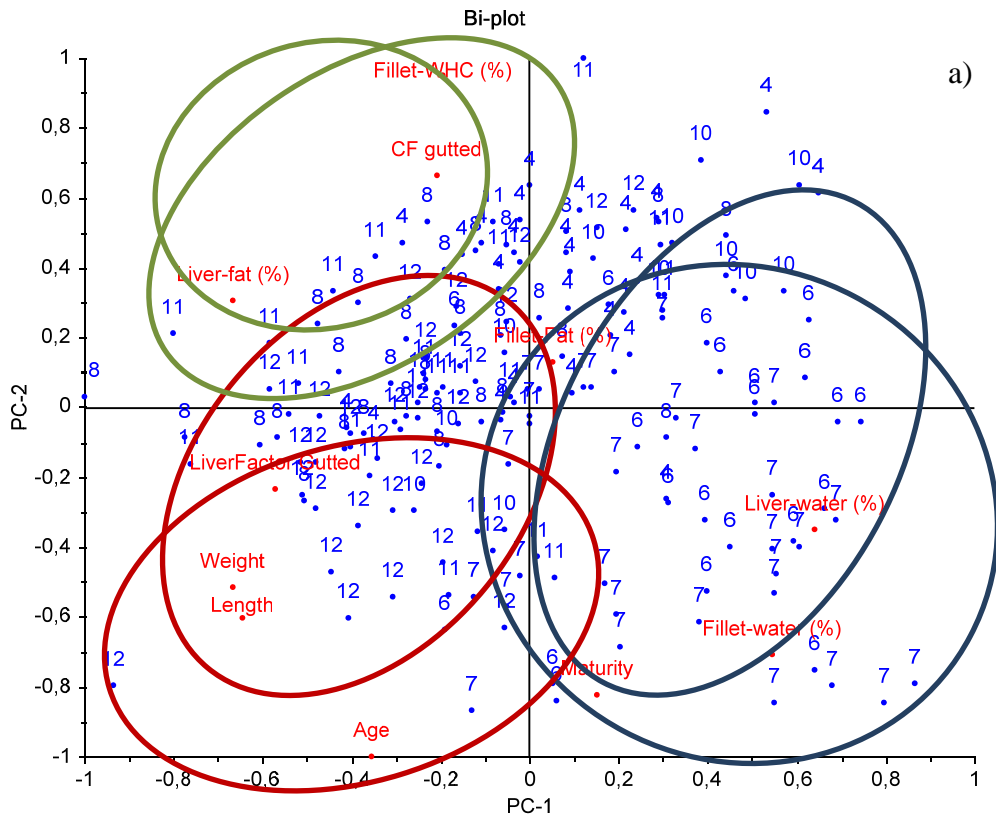
Höfuðþáttagreining (PCA) sýndi að meginbreytileiki á milli sýna, lá í vatnsinnihaldi vöðva og lifrar, fituinnihaldi lifrar og hlutfallslegri þyngd lifrar af slægðum fiski (PC-1 útskýrði 33%) (Mynd 7 og Mynd 8). Tilhneiging var til hærra vatnsinnihalds í þeim fiski sem veiddur var í mars og maí (Mynd 7). Á sama tíma voru fituinnihald lifrar og lifrarstuðull lægst. Breytileiki í gögnum tengdist einnig stærð og þyngd fiska en almennt var fiskur sem veiddur var í Faxaflóa (veiðiferðir 8, 11, 12: reitir 423 og 424) lengri og þyngri en frá öðrum svæðum (Mynd 7). Þegar fiskur sem veiddur var í Faxaflóa, var skoðaður eftir árstíðum (ág '08, feb '09 og des'09) kom helst fram munur í fitu- og vatnsinnihaldi lifrar, auk lifrarstuðuls. Niðurstöður benda til þess að stærð lifrar og fitumagn sé hæst í febrúar og vatnsinnihald lifrar lægst. Það er í samræmi við fyrri rannsóknir sem fjallað var um í inngangi þar sem fram hefur komið að fiskur sé feitari fyrstu mánuði ársins en á öðrum árstíma. Fituinnihald í flökum mældist almennt mjög lágt og og því vegur mælióvissa (+/-0,1) vegur tiltölulega mikið þegar breytileika á milli sýna er skoðaður (Tafla 4). Eins og sjá mátti í niðurstöðum höfuðþáttagreiningar hafði magn fitu í flökum lítil áhrif m.t.t. breytileika í gögnum.



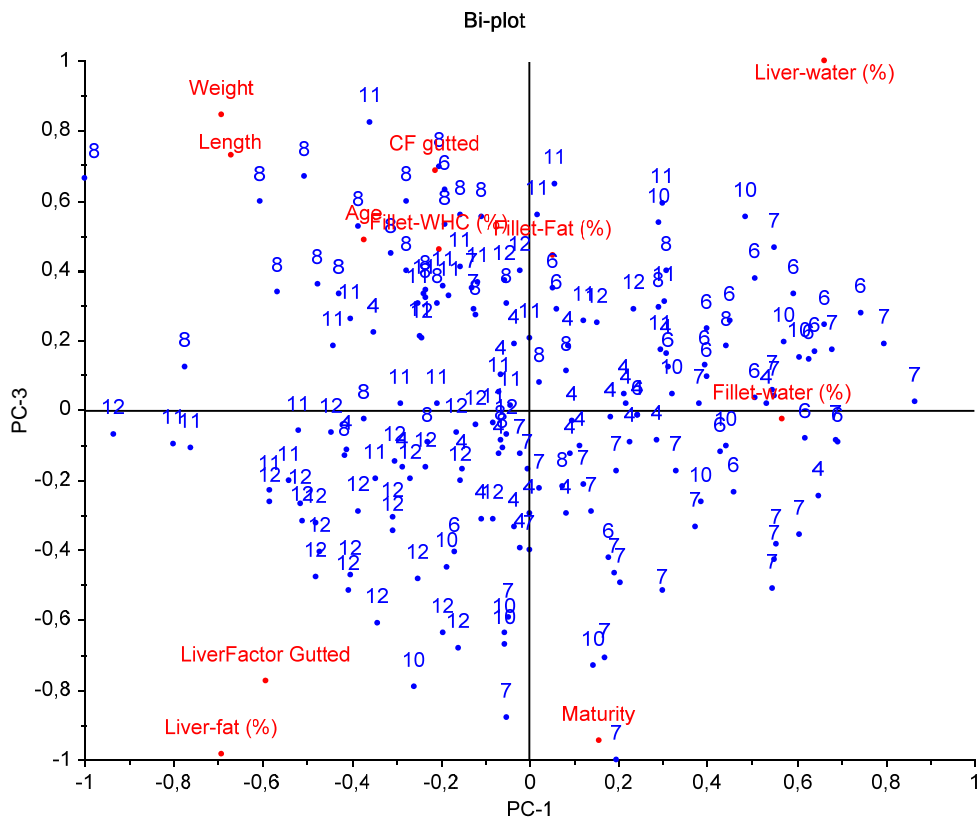
Mynd 6. Niðurstöður höfuðþáttagreiningar sem sýna breytileika í gögnum eftir eftir mældum breytum. Hringir sýna mörk fyrir þá þær breytur sem skýra 50% (innri hringur) og 100% (ytri hringur) af breytileika í gögnunum.



Mynd 7. Niðurstöður höfuðþáttgreiningar sem sýna breytileika í gögnum eftir árstíma (des = des'07 og dec = des'08) (efri mynd) og veiðireitum (neðri mynd).



a)



Mynd 8. Biplot úr höfuðþáttgreiningu sem sýna breytaleika í gagnasafna eftir mældum breytum og veiðiferðum: a) PC-1 (33%) vs. PC-2 (20%); b) PC-1 (33%) vs. PC-3 (13%).

Tafla 4. Niðurstöður mælinga (meðaltal ± staðalfrávik) eftir veiðisvæðum og árstíma.

Veiðiferð	Veiðisvæði	Reitur	Mán- uður	n	Lengd (cm)	Aldur (ár)	Kyn- þroski	Þyngd (kg)	Lifrar- stuðull	CF óslægður	CF slægður	Lifur vatns- innihald (%)	Lifur fitu- innihald (%)	Flök vatns- innihald (%)	Flök fita (%)	Flök WHC (%)
Meðaltal																
4	Breiðafj.	524	Des '07	25	60,8	4,0	1,9	2,1	3,5	0,9	0,8	36,3	48,4	81,9	0,05	70,1
6	Vestfirðir	623	Mars '08	22	56,4	5,6	1,9	2,0	3,1	1,0	0,8	55,3	29,4	83,6	0,06	63,6
7	Breiðafj.	524	Mai '08	30	61,3	5,3	3,9	2,0	3,4	0,8	0,7	47,8	39,6	83,2	0,10	64,2
8	Faxaflói	424	Ág '08	31	70,7	5,8	1,0	3,4	4,7	0,9	0,8	35,7	53,5	82,0	0,10	71,9
10	Vestfirðir	625	Okt '08	12	60,9	4,8	2,1	2,2	6,6	0,9	0,8	*		82,5	0,12	68,9
11	Faxaflói	424	Des '09	28	73,1	5,1	1,5	3,6	5,1	0,9	0,8	37,8	52,8	81,9	0,09	70,6
12	Faxaflói	423	Feb '09	30	69,5	5,9	2,4	3,1	7,7	0,9	0,7	25,2	62,3	82,2	0,08	69,3
Stdev.																
4	Breiðafj.	524	Des '07	25	8,4	1,1	0,3	0,8	1,5	0,1	0,1	10,2	12,9	0,5	0,04	3,1
6	Vestfirðir	623	Mars '08	22	9,2	1,4	0,8	1,2	1,6	0,1	0,1	12,5	15,3	0,7	0,06	4,7
7	Breiðafj.	524	Mai '08	30	8,5	0,9	0,3	1,0	2,0	0,1	0,1	16,9	20,5	1,0	0,04	4,2
8	Faxaflói	424	Ág '08	31	10,7	0,9	1,4	1,3	4,0	0,1	0,1	*	11,9	0,7	0,10	4,0
10	Vestfirðir	625	Okt '08	12	7,5	1,0	0,0	1,4	3,0	0,1	0,1	8,9		0,7	0,08	4,9
11	Faxaflói	424	Des '09	28	8,6	0,8	0,5	1,0	3,4	0,1	0,1	19,4	19,8	0,9	0,10	5,3
12	Faxaflói	423	Feb '09	30	7,0	0,7	0,9	1,1	3,2	0,1	0,1	13,4	15,3	0,7	0,05	5,4

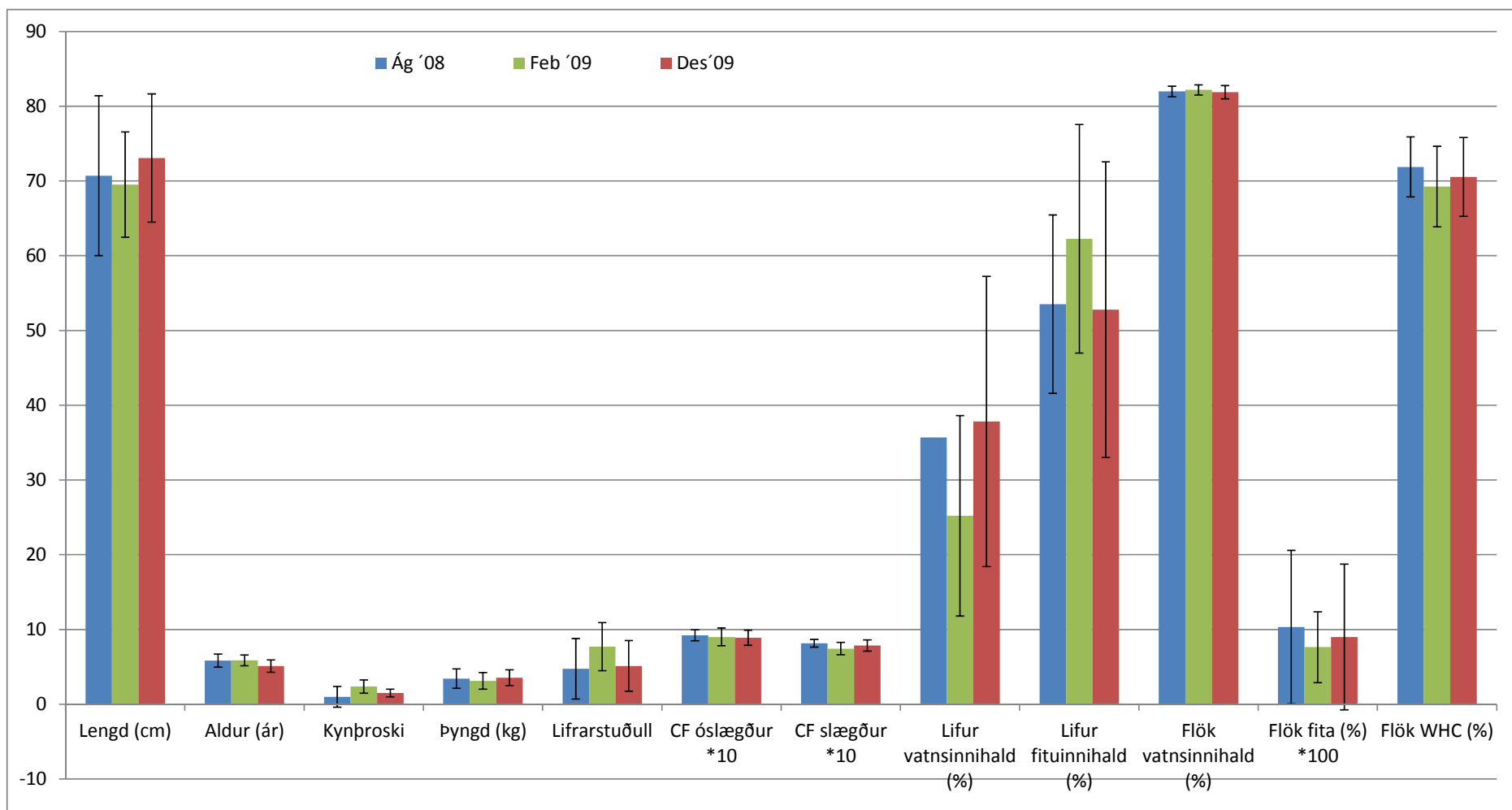
*Ekki mælt.

Lifrarstuðull var reiknaður sem hlutfall milli þyngdar lifrar í grömmum (l/w) og þyngdar slægðs þorsks í grömmum (w) * 100.

Kynþroskastigin eru skilgreind á eftirfarandi hátt: 1 = ókynþroska, 2 = kynþroska, 3 = rennandi, 4 = hrygningu lokið, 5 = ógreinanlegt.

Holdastuðull (CF) var reiknaður sem $Fultons\ K = w / l^3 * 100$, þar sem w er þyngd slægðs þorsks í grömmum og l er lengd þorsks í cm. Holdastuðullinn lýsir ástandi fisksins þannig að þyngri fiskur af ákveðinni lengd sé í betra ástandi en léttari fiskur af sömu lengd.

Fituinnihald var ákvarðað eftir útdrátt með Soxhlet-aðferð.



Mynd 9. Niðurstöður mælinga fyrir fisk sem veiddur var í Faxaflóa (reitir 423 og 424), bent er á að ástandsstuðlar eru margfaldaðir með 10 og fituinnihald í flökum með 100 til að gildi verði greinilegri á myndinni.

4 ÞAKKIR

Höfundar þakka Verkefnasjóði sjávarútvegsins fyrir veittan styrk í verkefninu.

5 HEIMILDASKRÁ

- Ackman, R. G. (1967). The influence of lipids on fish quality. *International Journal of Food Science & Technology*, 2(2), 169-181.
- AOCS-Ba-3-38. (1997). *Application note Tecator no. AN 301*.
- AOCS-Ba-3-38. (1998). *Official method (Soxhlet)* (5th ed.). Champaign, IL, USA: American Oil Chemists Society.
- Botta, J. R., Kennedy, K., & Squires, B. E. (1987). Effect of method of catching and time of season on the composition of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Journal of Food Science*, 52(4), 922-924, 927.
- Castell, C. H., & Bishop, D. M. (1973). Effect of season on salt-extractable protein in muscle from trawler-caught cod and on its stability during frozen storage. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 30(2), 157-160.
- Castell, C. H., & MacLean, J. (1964). Rancidity in lean fish muscle. II. Anatomical and seasonal variations. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 21(6), 1361-1369.
- Damberg, N. (1963). Extractives of fish muscle. 3. Amounts, sectional distribution and variations of fat, water-solubles, protein and moisture in cod (*Gadus morhua* L.) fillets. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 20(4), 703-709.
- Damberg, N. (1964). Extractives of fish muscle. 4. Seasonal variations of fat, water solubles, protein and water in cod (*Gadus morhua* L.) fillets. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 21(4), 703-709.
- Fraser, D., Mannan, A., & Dyer, W. (1961). Proximate composition of Canadian Atlantic fish. III. Sectional differences in the flesh of a species of *Chondrostei*, one of *Chimaerae*, and of some miscellaneous teleosts. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 18, 893-905.
- Helga Gunnlaugsdóttir, Jónas R. Viðarsson, Ásta M. Ásmundsdóttir, Cecilia Garate, Hrönn Jörundsdóttir, Ingibjörg G. Jónsdóttir, Sigurjón Arason, Vordís Baldursdóttir, Þorsteinn Sigurðsson, & Margeirsson, S. (2010). Grandskoðum þann gula frá miðum í maga - rannsókn á þáttum sem hafa áhrif á verðmæti þorskafla. In *Skýrsla Matís 31-10*. Reykjavík: Matís ehf.
- Ingólfssdóttir, S., Stefánsson, G., & Kristbergsson, K. (1998). Seasonal variations in physicochemical and textural properties of North Atlantic cod (*Gadus morhua*) mince. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 7(3), 39-61.
- Undeland, I., Hultin, H. O., & Richards, M. P. (2002). Added triacylglycerols do not hasten hemoglobin-mediated lipid oxidation in washed minced cod muscle. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(23), 6847-6853.
- Vareltzis, P., Adamopoulos, K. G., & Hultin, H. O. (2011). Interactions between Hemoglobin and Cod Muscle Constituents following Treatment at Extreme pH Values. *Journal of Food Science*, 76(7), 1003-C1009.