

Fjölómettaðar fitusýrur í hrognum sjávarfiska

Hólmfríður Sveinsdóttir, V. Edda Benediktsdóttir og Ágústa Guðmundsdóttir

Raunvísindastofnun Háskólans

Vefútgáfa: 19. október 2006

Ágrip – Margskonar viðbótarhræfni úr sjávarfangi fellur til hér á landi og er megnið af því notað í ódýrt dýrafóður á forni fiskimjöls og lýsis. Hugsanlega mætti nýta viðbótarhræfni á borð við hrogn, bein og roð til framleiðslu á verðmætum lífefnum eins og lípíðum, ensímum og öðrum próteinum til notkunar í iðnaði. Markmið verkefnisins var að kanna fitusýrusamsetningu lípíða í hrognum loðnu (*Mallotus villosus*) og þorsks (*Gadus morhua*). Þetta var gert til að fá hugmynd um fýsileika þess að einangra og framleiða verðmæt lípíð úr hrognum sem ekki nýtast beint til manneldis. Fosfólípíð (PL) úr hrognum sjávarfiska, sem jafnan eru auðug af n-3 fjölómettuðum fitusýrum (FÓFS), mætti til dæmis nota sem fæðubótarefni eða til áframhaldandi vinnslu og framleiðslu á lípósómum. Fitusýrusamsetning var mæld í heildarlípíðum (HL), heildarfosfólípíðum (PL) og fosfatidylkólíni (PC) úr loðnu- og þorskhrognum. Að auki voru þríglýseríð (TG) greind í þorskhrognum. Fitusýrur voru greindar með gasgreini sem metylesterar eftir útdrátt lípíða, þunnlagsskiljun, og methyltengingu. Niðurstöðurnar sýndu að hlutfallslegt magn n-3 FÓFS í þorskhrognum var um 42,5% í HL, 41% í PL, 48% í PC, en nokkuð lægra, 23%, í TG. Í loðnuhrognum voru n-3 FÓFS 48% í HL, 45% í PL og 46% í PC. n-6 FÓFS í PC voru aðeins 2,5% í þorskhrognum og 1% í loðnuhrognum, en í HL og PL voru þær 3-4% í þorskhrognum og um 1,5% í loðnuhrognum. Í báðum fisktegundunum voru einómettaðar fitusýrur um 20-22% í HL og álíka í PL en 17-18% í PC hrognanna. Einómettaðar fitusýrur voru hinsvegar um 42% í TG úr þorskhrognum. Mettaðar fitusýrur voru u.þ.b. 25% í HL, PL og PC í hrognum beggja fisktegunda en í TG úr þorskhrognum voru þær um 20%. Niðurstöðurnar gefa til kynna að loðnuhrogn, sem eru ódýrari, aðgengilegri, og innihalda meira af n-3 FÓFS en þorskhrogn, séu fýsileg sem hræfni fyrir vinnslu n-3 FÓFS ríkra PL og jafnvel lípósóma. Niðurstöðurnar sýna einnig að magn n-3 FÓFS í heildarlípíðum hrognna loðnu og þorsks eru með því hæsta sem þekktist í algengum fiskafurðum og eru því líklegt að hrogn henti vel til vinnslu á n-3 FÓFS ríkum vörum til notkunar í markfæði og/eða fæðubótarefni.

1. Inngangur

Með auknum rannsóknum á sjávarlífverum hefur athygli manna beinst að þeim möguleikum sem fólgnir eru í nýtingu lífefna sem þessar lífverur innihalda. Meginmarkmið rannsóknarinnar var að kanna fýsileika þess að vinna fosfólípíð (PL) úr hrognum sjávarfiska. Við almenna fiskvinnslu fellur til mikið af viðbótarafurðum eins og beinum, þunnildum, roði, hrognum og innyflum sem vinna má úr hágæðavörur. Sem eggfrumur eru hrogn auðug af mikilvægum næringarefnum svo sem fitum, próteinum, steinefnum og vítamínunum. Það gæti því verið vænlegur kostur að vinna slík efni úr hrognum sem ekki nýtast beint til manneldis og öðru viðbótarhræfni sem til fellur í fiskiðnaði. Auk þess hafa lífefni úr sjávarlífverum almennt já-

kvæðari ímynd í hugum neytenda en sambærileg efni úr landdýrum m.a. vegna sjúkdómsvaldandi próteina og örvera, sem hafa borist úr landdýrum í menn. Hrogn loðnunnar (*Mallotus villosus*) klekjast út í sjó við 4 °C. Til þess að hrognin geti lifað við þessar köldu aðstæður hefur átt sér stað ákveðin aðlögun sem felur m.a. í sér að þau innihalda hátt hlutfall fjölómettaðra fitusýra (FÓFS) af tegundinni n-3 og ensím, sem eru virk við lágann hita [1, 2]. Þorskur (*Gadus morhua*) er einnig kaldsjávarfiskur og innihalda hrogn hans sömuleiðis hátt hlutfall n-3 FÓFS [2] og kuldaaðlöguð ensím hafa fundist í meltingarfærum hans [3].

Hugsanlega má auka verðmæti þeirra hrognna sem ekki nýtast beint til manneldis með því að einangra úr þeim fosfólípíð til manneldis sem fæðubótarefni

eða til innlimunar í markfæði, til dæmis sem lípósóm. Lípósóm eru himnubólur myndaðar úr tvöföldu lagi PL, aðallega fosfatidylkólíni (PC) og kólesteróli. Vatnsfælið umhverfi er á milli laganna og vatnssækið umhverfi innan í bólunum [4, 5], svo hægt er að innlima bæði fitusæknar og vatnssæknar sameindir í lípósómin. Lípósóm hafa verið notuð sem flutningsferjur fyrir lífvirk efni t.d. yfir himnur melt-ingarvegarins eða öndunarfaranna og gegnum húð [6–8]. Lípósóm eru notuð til að flytja efni yfir húð þar sem þau vernda efnin, gera losun þeirra úr lípósómunum stöðugri [9] og veita staðbundna virkni efnanna [10, 11]. Lípósóm eru talin vera góðar flutningsferjur fyrir lyf, þar sem þau takmarka eiturverkandi áhrif sumra lyfja án þess að virkni þeirra skerðist [6].

Ef n-3 FÓFS auðug fosfólípíð eru notuð við lípósómagerð má búast við að ýmis jákvæð áhrif n-3 FÓFS auki gagnsemi þeirra. Langar n-3 FÓFS t.d. eikósapentaensýra (EPA, 20:5n-3) og dókósahexaensýra (DHA, 22:6n-3) finnast ekki í húð manna, aðeins n-6 FÓFS, aðallega línólsýra (18:2n-6) og arakídon-sýra (20:4n-6) [12]. N-3 FÓFS hafa bólgueyðandi áhrif þar sem ensím sem oxa FÓFS verka bæði á n-6 og n-3 FÓFS og eru sumar oxunaraflæiður arakídon-sýru bólgumyndandi en aflæiður n-3 FÓFS eru yfirleitt óvirkar eða vinna á móti bólgu [12, 13]. N-3 FÓFS komast einnig út í húðina frá meltingarveginum [13].

Innlimun efna (ensíma, andoxunarefna, bragð- og litarefna) í lípósóm eða önnur hjúpefni til notkunar í matvæli hefur aukist síðustu árin [14] til dæmis ef efnin eru viðkvæm fyrir utanaðkomandi áhrifum, bragðvond eða illleysanleg í matvælinu. Neysla markfæðis, skilgreint sem matvæli íblönduð hollustuþáttum eins og vítamínum eða n-3 FÓFS, fer stöðugt vaxandi í iðnvæddum ríkjum þar sem áhersla á hollt mataræði er mikil. Sýnt þykir að n-3 FÓFS úr sjávarfangi vinni gegn hjarta- og æðasjúkdómum sem og ýmsum öðrum langvinnnum sjúkdómum á borð við Crohn sjúkdóm, ýmis krabbamein og sjálfsofnæmis-sjúkdóma [15]. Að auki er DHA nú almennt talin vera lífsnauðsynleg fyrir fulla getu miðtaugakerfisins bæði hjá mönnum og dýrum. Rannsóknir hafa sýnt að skortur á DHA veldur truflunum á hegðun sem sýnir hæfileika til að læra og á frammistöðu í ýmsum prófunum sem mæla rúmlæga skynjun, hreyfingu og fleira í rottum [16, 17]. Heilbrigðisyfirvöld í fjölmörgum löndum sv og Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin (WHO) hafa

gefið út ráðleggingar um neyslu EPA og DHA. Mælt er með neyslu 0,3 til 0,5 g EPA og DHA á dag eða tveim máltíðum af feittum fiski á viku [18]. Þótt aukin inntaka EPA og DHA í formi belgja hafi aukið neyslu n-3 FÓFS nokkuð hefur heildarneysla þeirra ekki aukist nægjanlega hjá almenningi í vestrænum löndum undanfarnin ár [18].

Spurning er hvort n-3 FÓFS rík PL hafi eitthvað framyfir TG úr fiskolíu sem er algengasta uppspretta n-3 FÓFS ríkra fæðubótarefna, en margir telja að PL séu auðmeltari en TG, sem hefur ekki verið nógu mikið rannsakað. Dýrarrannsóknir hafa sýnt að PL eru nauðsynleg þegar DHA þarf að berast til heila. Lífsnauðsynlegar fitusýrur flytjast til heila sem fríar fitusýrur bundnar albúmíni þar sem þekjufrumur í veggjum háráða í heila (blood brain barrier) geta ekki vatnsrofið estertengi fitusýranna við flóknu lípíðin í lípópróteinum blóðsins eins og gerist í flestum öðrum vefjum. Sýnt hefur verið að nokkur hluti af albúmíntengdu DHA er bundinn lyso-fosfatidylkólíni (LPC) í sn2 stöðu bæði í rottum og mönnum og berst þannig til heila og annara vefja [19, 20], en LPC er talsvert stór hluti fosfólípíða í plasma. Samanburður á flutningi LPC bundinnar DHA og frírrar DHA til heila rotta sýndi að heilinn tekur LPC bundna DHA fram yfir fría albumínbundna DHA [20] og önnur rannsókn benti til þess að DHA flyttist að mestu leyti á þennan hátt til heila [21]. DHA magn í hippocampus var aukið með neyslu DHA úr PC ríkru fóðri, en ef PC vantaði fékkst ekki hækkun á DHA þótt hún væri í fóðrinu [22]. Fóður með DHA etýlester plús eggja PC bætti námsgetu bæði hjá ungum og öldruðum rottum [23]. Fosfólípíð í fóðri virðast því auðvelda flutning DHA til heila í þótt þau séu ekki bundin DHA í fóðrinu. Það eru því miklar líkur til að PL úr sjávarfangi með estertengda DHA í fæðinu nýtist heilanum vel, en spurning er hvort það nægir að bæta PL án n-3 FÓFS í fæðu þar sem fyrir eru n-3 FÓFS í formi TG eða etylestera. Meiri rannsóknir þarf til að svara þessari spurningu.

2. Aðferðir

2.1. Sýni

Notuð voru hrogn úr þorski sem veiddur var á línu út af suðvesturströnd Íslands. Tekin voru hrognasýni úr fjórum fiskum og þau geymd við -70°C fram að greiningu. Öll fjögur sýnin ($n=4$) voru greind sem tvísýni. Þríglýseríðasýni úr einum fiski eyðilagðist og er því $n=3$ í þeim sýnum. Loðnuhrognasýnin voru tek-

Tafla 1. Fitusýrusamsetning heildarlípíða (HL), heildarfosfólípíða (PL) og fosfatidylkólíns (PC) í loðnu- og þorskhrognum. Meðaltal % fitusýra ± SE, n = 4.

	Þorskhrogn			Loðnuhrogn		
	HL	PL	PC	HL	PL	PC
Fitusýrur						
14:0	1.61 ± 0.12	1.69 ± 0.18	1.94 ± 0.19	3.49 ± 0.26	3.03 ± 0.07	2.63 ± 0.03
15:0	0.41 ± 0.02	0.56 ± 0.07	0.57 ± 0.04	0.42 ± 0.01	0.41 ± 0.00	0.40 ± 0.00
16:0	17.68 ± 0.89	18.34 ± 1.61	20.04 ± 0.95	19.35 ± 0.27	20.35 ± 0.19	24.27 ± 0.05 *
16:1(n-7, -9)	3.66 ± 0.48	3.15 ± 0.14	3.35 ± 0.31	6.69 ± 0.42	4.88 ± 0.02	4.61 ± 0.01 *
18:0	5.09 ± 2.37	3.07 ± 0.20	1.83 ± 0.09 ^{*1)}	2.35 ± 0.04	2.09 ± 0.03	1.07 ± 0.01 *
18:1(n-9)	9.31 ± 0.23	9.35 ± 0.34	8.90 ± 0.39	8.47 ± 0.15	7.49 ± 0.08	7.58 ± 0.02
18:1(n-7)	5.55 ± 0.38	5.55 ± 0.50	4.29 ± 0.31	3.31 ± 0.04	3.06 ± 0.03	2.90 ± 0.01 *
18:2 (n-6)	0.74 ± 0.12	0.74 ± 0.15	0.48 ± 0.09	0.66 ± 0.02	0.49 ± 0.01	0.52 ± 0.00 *
18:3 (n-3)	0.23 ± 0.11	0.16 ± 0.06	0.58 ± 0.19	0.25 ± 0.02	0.25 ± 0.01	0.28 ± 0.00
20:1(n-9)	2.43 ± 0.64	2.36 ± 0.54	1.46 ± 0.52	2.46 ± 0.08	2.15 ± 0.02	1.62 ± 0.01 *
20:4 (n-6)	2.75 ± 0.24	3.17 ± 0.17	2.05 ± 0.26 *	1.04 ± 0.01	1.01 ± 0.01	0.45 ± 0.00 *
20:5 (n-3)	15.51 ± 1.08	13.07 ± 1.54	17.05 ± 0.72	22.03 ± 0.61	21.40 ± 0.35	21.82 ± 0.09
22:1(n-9)	0.59 ± 0.31	0.32 ± 0.16	0.24 ± 0.09	0.93 ± 0.01	1.03 ± 0.02	0.41 ± 0.00 *
22:5 (n-3)	1.49 ± 0.06	0.93 ± 0.29	0.83 ± 0.21	2.15 ± 0.04	2.05 ± 0.01	2.21 ± 0.01 *
22:6 (n-3)	25.28 ± 0.58	26.73 ± 1.60	29.75 ± 1.06	23.66 ± 0.14	21.35 ± 0.27	21.8 ± 0.20 *
24:1(n-9)	0.85 ± 0.25	0.77 ± 0.11	0.25 ± 0.08	1.85 ± 0.01	2.23 ± 0.05	0.23 ± 0.13 *
Aðrar	6.81 ± 1.28	10.05 ± 2.23	6.16 ± 0.80	2.81 ± 0.74	6.74 ± 0.25	7.18 ± 0.04
n-3 FÓFS	42.52 ± 1.83	40.89 ± 3.49	48.42 ± 2.24	48.09 ± 0.81	45.05 ± 0.64	46.12 ± 0.30
n-6 FÓFS	3.48 ± 0.35	3.90 ± 0.32	2.54 ± 0.35	1.69 ± 0.03	1.50 ± 0.02	0.96 ± 0.00
Einómattaðar	22.40 ± 2.27	21.49 ± 1.79	18.50 ± 1.70	23.72 ± 0.70	20.84 ± 0.22	17.36 ± 0.18
Mettaðar	24.79 ± 3.40	23.66 ± 2.06	24.38 ± 1.27	25.60 ± 0.59	25.87 ± 0.30	28.38 ± 0.08

¹⁾ * Marktækur munur milli lípíðaflokkana HL, PL og PC, p<0,05 í þorskhrognum, p<0,001 í loðnuhrognum

in úr frystri “blokk” með loðnuhrognum, unnum með nútíma vinnsluáðferðum þar sem hrogn eru aðskilin frá fiskinum, söltuð lítillega til að viðhalda gæðum í frystingu og síðan hraðfrost. Þessi sýni voru ekki einstaklingssýni heldur blönduð hrogn úr fjölda hrygna og voru greind sem fjórsýni (n = 4). Notuð var einþátta dreifgreining (one-way ANOVA) til að reikna marktækan mun milli sýna en hann var skilgreindur þegar p<0,05 í þorskhrognasýnunum og p<0,001 í loðnuhrognasýnunum.

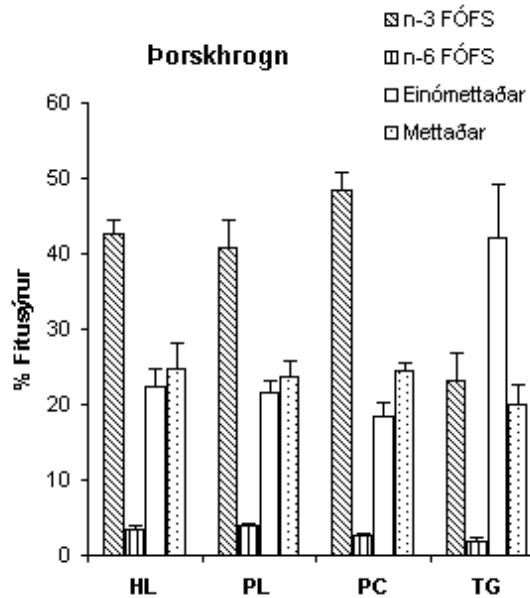
2.2. Lípíðagreiningar

Heildarlípíð (HL) úr 1 g af hrognasýnunum voru dregin út með aðferð Bligh og Dyer [24], leyst í 300 μ l af klóróformi (CHCl_3) og 15 ml teknir til metyleringar. Lípíðin voru aðskilin með þunnlagsskiljun (Merck, Silica Gel 60 plötur). Notaður var skriðvökvi með $\text{CHCl}_3/\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}/\text{N}(\text{C}_2\text{H}_5)_3/\text{H}_2\text{O}$ í hlutföllunum 30:34:35:8 (v/v) til að greina sundur PL. PC bandið var

skafið af og fitusýrur metyleraðar með 14% bótríflúoríði í metanóli við 110°C í 45 mín. Skautuð lípíð, þ. e. PL, voru aðskilin frá óskautuðum lípíðum á þunnlagsskiljuplötum með skriðvökva sem innihélt petroleumbensín / (C_2H_5)₂O/ CH_3COOH í hlutföllunum 80:20:1 (v/v). PL og TG (í þorsksýnunum) böndin voru skafin af plötunni og metyleruð eins og áður var lýst ásamt HL. Hlutfallsleg samsetning fitusýrumetylesteranna í HL, PL, PC og TG var mæld í gasgreini (HP 6890 series GC system) á hárpípusúlu, DB-225, sem var 30 m að lengd, með innra þvermál 0,25 mm og með 0,25 μ m þykkri filmu (J & W Scientific, Folsom, Ca).

3. Niðurstöður

Fitusýrusamsetning í HL, PL og algengasta fosfólípíðinu, PC, í hrognum frá þorski og loðnu er sýnd í töflu 1. Fremur lítill munur var á hlutfallslegu magni fitusýra milli HL, PL og PC í þorskhrognum. Sterínsýra, 18:0, var lægri í PC (p<0,001) en í HL og mitt á milli í PL. Arakídósýra, (20:4n-6), var lægst í PC (p<0,03).

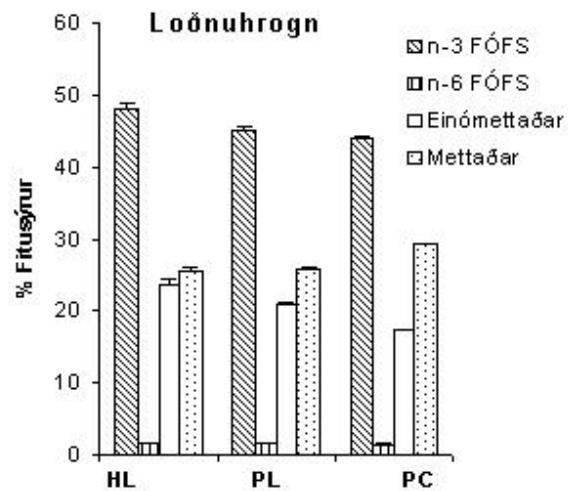


Mynd 1. Hlutfallslegt magn (%) n-3 fjölmottaðra fitusýra (FÓFS), n-6 FÓFS, einómattaðra og mettaðra fitusýra í heildarlípíðum (HL), fosfólípíðum (PL), fosfatidylkólíni (PC) og þríglyseríðum (TG) í þorskrognum. Sútlur sýna meðaltal \pm SE. N = 3 - 4, sjá nánar í aðferðakafli.

Þar sem loðnuhrognin voru tekin úr samsettu sýni (sjá aðferðakafli) er lítil breytileiki milli mælinga (enginn einstaklingsbreytileiki) og forsendur fyrir tölfraðilegum prófunum á marktækum mun milli lípíðaflokka aðrar en í þorskrognasýnunum. Marktækur munur var milli hlutfallslegs magns allra fitusýra HL, PL og PC í loðnuhrognnum nema 14:0, 15:0, 18:1n-9, 18:3n-3 og 20:5n-3 (tafla 1).

Neðst í töflu 1 er tekið saman heildarhlutfall n-3 FÓFS, n-6 FÓFS, einómattaðra og mettaðra fitusýra í þorsk- (mynd 1) og loðnuhrognnum (mynd 2). Á mynd 1 sést að í þorskrognnum er hlutfallslegt magn n-3 FÓFS er rúmlega 40% í HL og PL og hæst í PC, rúmlega 48%, en lægst í TG. Hlutfall n-6 FÓFS er líka lægst í TG. Hlutfall einómattaðra fitusýra í þorskrognunum er áberandi hæst í TG en lægst í PC. Hlutfall mettaðra fitusýra er svipað í HL, PL og PC, en heldur lægra í TG.

Hlutfallslegt magn n-3 FÓFS í HL PL og PC loðnuhrognna er yfir 45% en n-6 FÓFS hlutfallið er undir 2% í HL, PL og PC (mynd 2). Hlutfall einómattaðra fitusýra er hæst í HL (mynd 2) og lægst í PC. Hlutfallslegt



Mynd 2. Hlutfallslegt magn (%) n-3 fjölmottaðra fitusýra (FÓFS), n-6 FÓFS, einómattaðra og mettaðra fitusýra í heildarlípíðum (HL), fosfólípíðum (PL) og fosfatidylkólíni (PC) í loðnuhrognnum. Sútlur sýna meðaltal \pm SE. N = 4, sjá nánar í aðferðakafli.

magn mettaðra fitusýra er hæst í PC loðnuhrognanna (mynd 2), aðallega vegna háshlutfalls 16:0 (tafla 1).

Munur á fitusýrusamsetningu HL, PL og PC milli þorsk- og loðnuhrognna er tiltölulega lítil (tafla 1). Við nánari athugun er þó ljóst að hlutfall n-3 FÓFS er heldur hærra í loðnuhrognnum en í þorskrognnum nema í PC þar sem það er svipað (tafla 1). Hlutfall n-6 FÓFS er hærra í þorskrognnum. Hlutfallslegt magn einómattaðra fitusýra er svipað í báðum tegundunum og hlutfall mettaðra fitusýra er svipað nema í PC þar sem það er hærra í loðnuhrognnum (tafla 1).

4. Umræður

Niðurstöður fitusýrugreininga á loðnu- og þorskrognnum í rannsókninni sýndu að hlutfall n-3 FÓFS í HL og PL er yfir 40% í hrognnum beggja tegunda (myndir 1 og 2). Þessar niðurstöður benda til þess að hagstætt kunnir að vera að nýta n-3 FÓFS rík HL sem og PL úr hrognnum sem ekki eru nýtt strax til manneldis. Fosfólípíð hrognna virðast líka fýsileg til gerðar lípósóma með háu hlutfalli n-3 FÓFS. Til lípósómagerðar eru aðallega notuð PL, mest PC, og kólesteról. Tilraunir hafa verið gerðar með framleiðslu lípósóma þar sem notuð eru PL eins og þau koma fyrir eftir útdrátt úr sjávarfangi og virðast ekki stór vandkvæði á því [11, 25]. Fosfólípíðablöndurnar sem notaðar voru í þessum til-

raunum hafa mjög hátt hlutfall n-3 FÓFS eins og PL úr þorsk- og loðnuhrognum (tafla 1).

Í þessari rannsókn mældust % hlutföll n-3 FÓFS nokkuð hærrí í PC í hrognum beggja fisktegunda en í rannsókn Tocher og Sargent [2], sem mældu fitusýru- og lípíðasamsetningu í hrognum úr 1 odnu sem veidd var í Balsfjorden í Noregi og þorski veiddum út af Gourdon í Skotlandi. Margir þættir eru taldir hafa áhrif á fitusýrusamsetningu í hrognum. Má þar nefna hitastig sjávar, stærð og næringarástand hrygnunnar, ýmsar aðstæður á veiðisvæði, breytileika í erfðum og fleira [26,27], og því er þessi munur ekki óeðlilegur.

Það verður að teljast mjög áhugavert hve mikið af n-3 FÓFS er hægt að fá úr heildarlípíðum (HL) hrogna bæði úr þorski (meðaltal 42,5%) og loðnu (meðaltal 48%), þ. e. talsvert meira en í venjulegum fiskolíum á markaði (20-25%). Í þorskrognunum fannst ekki marktækur munur milli einstakra n-3 FÓFS fitusýra þegar % hlutföll þeirra í HL, PL og PC voru borin saman (tafla 1), en ef litið er á samanlögð % hlutföll allra n-3 FÓFS (mynd 1) er % hlutfallið áberandi hæst í PC, en benda verður á stórar skekkjur þessara talna. Lægri hlutföll n-3 FÓFS í HL og PL benda til þess að önnur fosfólípíð og líka hlutlaus lípíð innihaldi minna af n-3 FÓFS en PC. Þetta sést í TG úr þorskrognum (mynd 1) þar sem n-3 FÓFS eru að meðaltali aðeins um 23% samanborið við 42,5% í HL. Halda mætti að TG ætti þá að lækka % hlutfall n-3 FÓFS í HL meira en þetta, en það skýrist af niðurstöðum Tocher og Sargent [2] sem sýna að hlutlaus lípíð eru aðeins 28,3 % (þar af TG 12,5%) og skautuð lípíð 71,7% (þar af PC 45,6%) í þorskrognum svo þetta getur vel staðist.

Í loðnuhrognunum er þessu öfugt farið, HL mældust með hæst % hlutfall n-3 FÓFS miðað við PL og PC í þessari rannsókn, en munurinn er lítill. Í töflu 1 kemur fram að marktækur munur var á % hlutfalli DHA milli HL, PL og PC, en hvorki sást munur á línólen-sýru (18:3n-3) né EPA. Ef marka má þessar tölur segir þetta að hlutlausu lípíðin innihalda heldur meira af DHA en skautuðu lípíðin. Loðna telst feitur fiskur og hrogn hennar innihalda meiri lípíð en hrogn magurra fiska eins og þorsks. Í loðnuhrognum eru lípíð 26,3% af þurrvigti (samanber 13,2 % í þorski), og er jafnmikið af hlutlausum og skautuðum lípíðum [2]. Af þessu leiðir að þótt HL þorskrognna innihaldi herra hlutfall PL (71,7%) þá fæst heldur meira af PL úr hverju kg af loðnuhrognum (133 g/kg þurrvigti) en af þorsk-

hrognum (95 g/kg þurrvigti). Auk þess innihalda PL loðnuhrogna meira af n-3 FÓFS en þorskrogn (tafla 1). Við þetta bætist að nánast öll þorskrogn eru nýtt fersk til manneldis hér á landi og eru þau því mun dýrara hráefni en loðnuhrogn. Með tilliti til þessara staðreynda og þeirra niðurstaðna sem fengust úr fitusýrugreiningunum sést að loðnuhrogn eru vænlegri kostur til vinnslu n-3 FÓFS ríkra PL en þorskrogn. Hins vegar munu arðsemisútreikningar leiða í ljós hvort vinnsla PL úr loðnuhrognum gæti í raun orðið hagkvæm.

Þakkir

Rannsóknirnar voru styrktar af Tækni- og Væðingarsjóði Rannís og Rannsóknanámsjóði.

Summary: Various by-products from the fishing industry accumulate in large quantities in Iceland. These are mainly utilized for the production of inexpensive commodities like fish meal and oil primarily used in animal feed. By-products such as roe, bones and skin could possibly be utilized for the production of high value biochemicals such as lipids, enzymes and other proteins for industrial use. The main goal of the research was to analyze the fatty acid composition of lipids in cod (*Gadus morhua*) and capelin (*Mallotus villosus*) roe with the aim of increasing the value of roe that are not utilized for human consumption. Phospholipids (PL) from marine fish roe, that usually contain high amounts of n-3 polyunsaturated fatty acids (PUFA), may for example be used for the production of liposomes. The fatty acid composition was measured in total lipids (TL), PL and phosphatidyl choline (PC) both in capelin- and cod roe and triglycerides (TG) were analyzed in cod roe. Fatty acid measurements were performed after lipid extraction, thin layer chromatography, methylation and gas chromatography. The results demonstrated that the relative amount of n-3 PUFAs in cod roe was 42,5% in TL, 41% in PL, 48% in PC and 23% in TG. In capelin roe the relative amount of n-3 PUFA was 48% in TL, 45% in PL and 46% in PC, but TG was not analyzed in capelin roe. The n-6 PUFAs were 2,5% in PC of cod roe and 1% in PC of capelin roe. Monounsaturated fatty acids were 20-22% in both HL and PL and 17-18% in PC in roes from both fish species and 42% in TG of cod roe. Saturated fatty acids were around 20 - 24% in HL, PL, PC and TG from cod roe but slightly higher, 25-28% in the measured lipids in capelin roe. In conclusion, the data indicate that capelin roe may be a suitable by-product for the extraction of PL for

liposome production as these are more readily available and less expensive than cod roe.

Heimildir

- [1] C. Storelli, R. Acierno og M. Maffia, í Society for Experimental Biology Seminar Series, ritstj. H.O. Pörtner and R. Playle, Cambridge University Press, Cambridge, 1998, pp166.
- [2] D.R. Tocher og J.R. Sargent, *Lipids* 19 (1984), 492.
- [3] B. Ásgeirsson, J.W. Fox og J.B. Bjarnason, *Eur. J. Biochem.* 180 (1989) 85.
- [4] D.D. Lasic, í *Liposomes. From Physics to Applications*, Elsevier, Amsterdam, 1993.
- [5] G. Gregoriadis, A.T. Florence og H.M. Patel, í *Liposomes in drug delivery*, Harwood Academic Publishers GmbH, Switzerland, 1993.
- [6] A.P. Clark, *Cancer Practice* 6 (1998) 251.
- [7] R. Dhand, J. Young, S. Krishnasamy, F. Possmayer og N.J. Gross, *Lung* 177 (1999) 127.
- [8] R. Singh og S.P. Vyas, *J. Dermatol. Sci.* 13 (1996) 107.
- [9] F. Roesken, E. Uhl, S.B. Curri, M.D. Menger og K. Messmer, *Langenbeck's Arch Surg.* 385 (2000) 42.
- [10] H. Peters og F. Moll, *Arzneimittelforschung* 45 (1995) 1253.
- [11] N. Moussaoui, M. Cansell og A. Denizot, *Int. J. Pharm.* 242 (2002) 361.
- [12] V.A. Ziboh, C.C. Miller og Y. Cho, *Am. J. Clin. Nutr.* 71 (suppl) (2000) 361S.
- [13] E. Boelsma, H.F.J. Hendriks og L. Roza, *Am. J. Clin. Nutr.* 73 (2001) 853.
- [14] P.M.M. Schrooyen, R. van der Meer og C.G. De Kruif, *Proc. Nutr. Soc.* 60 (2001) 475.
- [15] W. E. Connor, *Am. J. Clin. Nutr.* 71 (2000) 171S.
- [16] T. Moriguchi og N. Salem Jr, *J. Neurochem.* 87 (2003) 297.
- [17] T. Moriguchi, R. S. Greiner og N. Salem Jr, *J. Neurochem.* 75 (2000) 2563.
- [18] P.M. Kris-Etherton, S.H. William og J.A. Lawrence, *Circulation* 106 (2002) 2747.
- [19] N. Brossard, m. Croset, S. Normand, J. Pousin, J. Lecerf, M. Laville, J.-L. Tayot, og M. Lagarde, *J. Lipid Res.* 38 (1997) 1571.
- [20] F. Thies, C. Pillon, P. Moliere, M. Lagarde og J. Lecerf, *Am. J. Physiol.* 267 (1994) R1273.
- [21] M. Lagarde, N. Bernoud, N. Brossard, D. Lemaitre-Demlaunay, F. Thies, M. Croset og J. Lecerf, *J. Mol. Neurosci.* 16 (2001) 201.
- [22] S. Favrelière, M. C. Perault, F. Huguet, D. De Javel, M. Bernard, A. Piriou og G. Durand, *Neurobiol. Aging* 24 (2003) 233.
- [23] S. Y. Lim og H. Suzuki, *J. Nutr.* 130 (2000) 1629.
- [24] E. G. Bligh og W. K. Dyer, *Can. J. Biochim. Physiol.* 37 (1959) 811.

- [25] F. Nacka, M. Cansell, P. Méléard og N. Combe, *Lipids* 36(12) (2001) 1313.
- [26] G. Marteinsdóttir og A. Steinarsson, *J. Fish Biol.* 52 (1998) 1241.
- [27] P. Quillet, Y. Lanbert og I. Bérubé, *ICES J. Mar. Sci.* 58 (2001) 672.

Um höfundana: Hólmfríður Sveinsdóttir er Ph.D. nemi í matvælaefnafræði við Háskóla Íslands. V. Edda Benediktsdóttir er fræðimaður á Lífefnafræðistofu Raunvísindastofnunar Háskólans. Ágústa Guðmundsdóttir er prófessor í matvælaefnafræði við Háskóla Íslands.

Raunvísindastofnun Háskólans
Læknagarði, Vatnsmýrarvegi 16
IS-101 Reykjavík
eb@raunvis.hi.is

Móttekin: 26. nóvember 2004