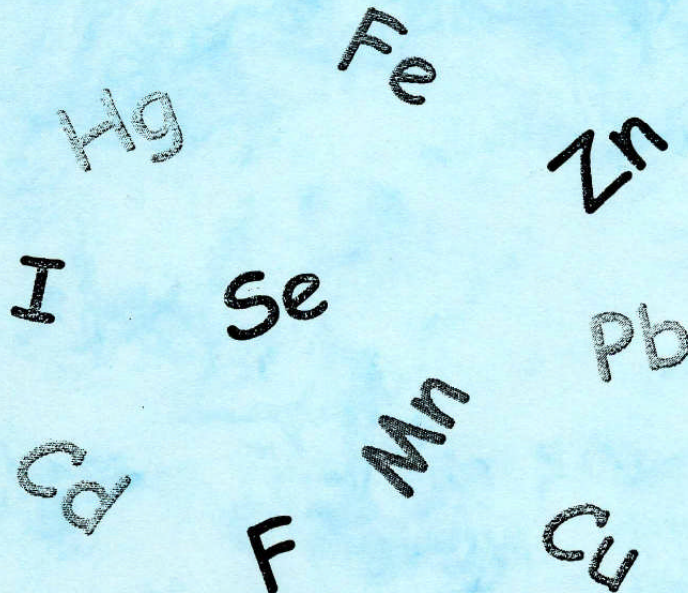

Fjölrit Rala nr. 204

Ólífraen snefilefni í landbúnaðarafurðum
Selen, jöð, flúor, járn, kopar, sink, mangan,
kadmín, kvikasílfur og blý



Október 2000
Rannsóknastofnun landbúnaðarins

Fjölrit Rala - Rala Report

204

Ólífraæn snefilefni í landbúnaðarafurðum
Selen, jöð, flúor, járn, kopar, sink, mangan, kadmín,
kvikasilfur og blý

Útgefandi:
Rannsóknastofnun landbúnaðarins
Keldnaholti, 112-Reykjavík
Agricultural Research Institute
Keldnaholt, IS-112 Reykjavík, Iceland

Umsjón með útgáfu:
Tryggvi Gunnarsson

Efnisyfirlit

Formáli	5
I. Selen, joð, flúor, járn, kopar, sink, mangan, kadmín, kvikasilfur og blý í landbúnaðarafurðum	7
<i>Ólafur Reykdal, Arngrímur Thorlacius, Guðjón Atli Auðunsson og Laufey Steingrímsdóttir</i>	
Inngangur	8
Efni og aðferðir	11
Niðurstöður mælinga	16
Selen	16
Joð	23
Flúor	25
Járn	26
Kopar	27
Sink	27
Mangan	28
Kadmín	28
Kvikasilfur	29
Blý	30
Áhrif matreiðslu	32
Heimildir	34
II. Aðskotaefnin kadmín, kvikasilfur og blý og næringarefnin járn, kopar, sink og mangan í lifur og nýrum íslenskra lamba	37
<i>Ólafur Reykdal og Arngrímur Thorlacius</i>	
Inngangur	38
Efni og aðferðir	40
Niðurstöður	44
Kadmín	44
Kvikasilfur	47
Blý	49
Járn	50
Kopar	51
Sink	53
Mangan	53
Heimildir	54

Formáli

Ólífræn snefilefni eru bæði næringarefni eins og selen, jod og járn, og aðskotaefni eins og kadmín, kvikasilfur og blý.

Ólífræn snefilefni í íslensku umhverfi hafa verulega sérstöðu miðað við önnur lönd. Miðað við meginland Evrópu er íslenskt berg mun ríkara af sumum ólífrænum snefilefnum en snauðara af öðrum. Íslenskur jarðvegur er einnig sérstakur, sambærilegur eldfjallajarðvegur þekur aðeins lítið brot af landsvæðum jarðar. Rof er talsvert á sumum svæðum landsins og berast þá ólífræn snefilefni við áfok jarðvegs yfir á beitarlönd. Einnig geta eldgos og jarðhitavatn verið uppspretta ólífrænna snefilefna. Búskaparhættir á Íslandi eru í sumum atriðum frábrugðnir því sem víða tíðkast. Sem dæmi má nefna verulega notkun fiskimjöls í fóður svína og fugla en fiskimjölið veitir ekki aðeins hollar fitusýrur heldur einnig ýmis ólífræn snefilefni. Það má því ætla að snefilefna-samsetning margra íslenskra matvæla sé nokkuð frábrugðin því sem algengt er erlendis.

Miðað við mikilvægi ólífrænna snefilefna verður að telja gögn um þau af skornum skammti. Nokkrir aðilar sinna þó afmörkuðum þáttum. Yfirdýralæknir lætur fylgjast með aðskotaefnum í sláturafurðum og mjólk. Orkuveita Reykjavíkur hefur látið mæla ólífræn snefilefni í drykkjarvatni. Hjá Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins hafa verið gerðar mælingar á ólífrænum snefilefnum í fiskafurðum. Aðeins ein úttekt er til á ólífrænum snefilefnum í öllum helstu matvæla-flokkum og er greint frá henni hér í þessu hefti. Sum ólífræn snefilefni hafa aldrei verið mæld í íslenskum matvælum en mælingar á nokkrum efnanna hafa aðeins verið gerðar á fáum tegundum matvæla.

Matvæli frá íslenskum landbúnaði eru mikilvæg uppspretta fyrir ýmis ólífræn næringarefni í fæði Íslendinga. Manneldisráð Íslands hefur gefið út ráðlagða dagskammta fyrir járn, sink, jod og kopar. Þekkt er að járn getur skort í fæði Íslendinga, einkum kvenna, en margt er enn á huldu um það hversu vel fæðið fullnægir þörfum fyrir sum ólífræn næringarefni. Heilbrigði búfjár er háð nægu framboði af ólífrænum næringarefnum í fóðri. Ef skepnur fá mikið magn af einu efni getur dregið úr nýtingu annars og því er sá möguleiki fyrir hendi að skortur á tilteknum efnum skerði heilbrigði búfjár og dragi úr afurðasemi. Það er því mikilvægt fyrir landbúnaðinn að þekkja sem best ólífræn snefilefni í umhverfi og afurðum.

Íslenskt umhverfi er minna mengað en víðast annars staðar. Náttúrulegar uppsprettur aðskotaefna geta þó skipt hér máli. Margt bendir til að mengandi ólífrænna snefilefna gæti mjög lítið í matvælum frá íslenskum landbúnaði og þessi efni séu oft í minna mæli en í afurðum í grannlöndunum. Slíkt styrkir

samkeppnisstöðu íslenskra afurða. Öruggetur matvæli að þessu leyti skipta landbúnaðinn og neytendur miklu máli.

Mælingar á ólífrænum snefilefnum geta verið erfiðar enda eru styrkir efnanna oft mjög lágir. Af þessum sökum hafa sum þessara efna ekki enn verið mæld í matvælum eða fóðri á Íslandi. Nú hafa opnast nýir möguleikar með búnaði sem komið hefur verið upp hjá Efnagreiningum Keldnaholti.

Þessi skýrsla á að gefa yfirlit um ólífræn snefilefni í landbúnaðarafurðum. Styrkir frá Áformi-átaksverkefni og Framleiðnisjóði landbúnaðarins gerðu kleift að vinna við samantektina.

Ólafur Reykdal

I

Selen, jod, flúor, járn, kopar, sink, mangan, kadmín, kvikasilfur og blý í landbúnaðarafurðum

Ólafur Reykdal, Arngrímur Thorlacius, Guðjón Atli Auðunsson og Laufey Steingrímsdóttir

Gerðar voru mælingar á 10 ólífrænum snefilefnum í matvælum frá landbúnaði. Um er að ræða næringarefni (selen, jod, járn, sink, kopar og mangan), sem auka næringargildi fæðunnar, og aðskotaefni (kadmín, kvikasilfur og blý), sem eru óæskileg í fæðunni. Að auki voru gerðar mælingar á flúor en flúor hefur áhrif til minnkunar tannskemmda sé hans neytt á tannmyndunarskeiði.

Birtar eru fyrstu niðurstöður mælinga á seleni í íslenskum matvælum úr öllum fæðuflokkum. Mikið selen reyndist vera í svínakjöti, eggjum og kjúklingum. Mikið jod var í eggjum og mjólkurvörur voru almennt jodríkar. Hefðbundin notkun fiskimjöls við fóðrun sláturdýra kemur fram í styrk jods og selens í sumum afurðum. Flúor í landbúnaðarafurðum var innan þeirra marka sem þekkt eru erlendis. Kjöt og kjötvörur voru auðugastar af járn, kopar og sinki. Kornvörur voru aftur á móti auðugastar af mangani.

Styrkur kadmíns í íslenskum landbúnaðarafurðum var almennt mjög lágur og oft lægri en í samsvarandi erlendum afurðum. Kadmín var helst að finna í innfluttu kornmeti og grænmeti. Kvikasilfur var yfirleitt ekki mælanlegt í íslenskum landbúnaðarafurðum. Þó greindist kvikasilfur í afurðum búfjár sem er gefið fiskimjöl en styrkur kvikasilfurs var engu að síður lágur. Blý var ekki mælanlegt í stórum hluta sýnanna. Niðurstöður fyrir blý í lifur og nýrum íslenskra lamba voru afgerandi lægri en margar erlendar niðurstöður. Séríslensk unnin matvæli eins og hangikjöt og svið innihéldu ekki meira af kadmíni, kvikasilfri og blýi en aðrar kjötvörur. Innmatur lamba var mjög næringarríkur jafnframt því sem styrkir kadmíns, kvikasilfurs og blýs voru mjög lágir.

Inngangur

Mikilvægi ólífrænu næringarefnanna selens, jöðs, kopars, mangans, sinks og járnns fyrir líkamsstarfsemi manna er vel þekkt. Þekkingu á hlutverki þessara efna fleygir fram og því er nauðsynlegt að þekkja styrk þeirra í matvælum. Önnur efni, eins og kadmín, kvikasilfur og blý, gegna engu þekktu hlutverki í líkamanum. Öll þessi efni geta haft eiturverkanir ef þeirra er neytt í of miklu magni. Fyrir ólífrænu næringarefnin er munurinn á því magni sem veldur eituráhrifum og því magni sem er nauðsynlegt fyrir líkamsstarfsemi mjög mismunandi eftir efnum. Fyrir selen er þessi munur ekki mikill. Aukinn styrkur óæskilegu efnanna er oft rakinn til iðnaðarmengunar en einnig til náttúrulegra umhverfisþátta.

Í flestum þróuðum löndum hefur síðustu áratugi verið fylgst með styrk snefilefna í matvælum og samband þeirra við umhverfisþætti og áhrif á heilsu manna hafa verið rannsökuð. Íslendingar eru alllangt á eftir nágroñnum sínum á þessu sviði, t.d. höfðu nær engar mælingar verið gerðar á seleni, flúor og jöði í íslenskum landbúnaðarafurðum þegar hafist var handa við þessa rannsókn. Á vegum embættis yfirdýralæknis hafa verið gerðar mælingar á kadmíni, kvikasilfri, blýi og arseni í sláturafurðum og mjólk (Brynjólfur Sandholt 1992). Orkuveita Reykjavíkur hefur látið rannsaka ólífræn snefilefni í drykkjarvatni og hafa mælingarnar farið fram hjá Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins og Hafrannsóknastofnun, auk sænskrar rannsóknastofu. Manneldisráð Íslands hefur sett ráðlagða dagskammta fyrir selen, jöð, sink og járn og því er nauðsynlegt að þekkja styrk þessara efna í algengum matvælum.

Umhverfisþættir

Jarðfræði hvers svæðis hefur veruleg áhrif á náttúrulegt magn ólífrænna snefilefna í vistkerfinu og þar með matvælum. Íslenskt berg og jarðvegur hefur mikla sérstöðu. Sambærilegur eldfjallajarðvegur þekur aðeins lítið brot af landsvæðum jarðar. Því má álíta að snefilefnasamsetning íslenskra matvæla sé nokkuð frábrugðin því sem gerist í mörgum öðrum löndum. Eldgos eru tíð hér á landi, í þeim berst upp á yfirborðið gífurlegt magn efnis sem getur verið uppspretta aðskotaefna. Kadmín og kvikasilfur eru á gufuforni við hitastig basaltkviku og fylgja gosgufum og falla til jarðar. Önnur efni eins og blý eru ekki eins rokgjörn við eldgos og dreifast skemmra frá uppsprettu. Blý í bensíni hefur aðra eiginleika og getur borist langar leiðir. Gunnvatn og ár geta mengast og slíkt getur skipt matvælaframleiðsluna máli.

Íslendingar tóku þátt í norrænni rannsókn á nokkrum ólífrænum snefilefnum í mosum 1990 og 1995-96 (Rühling o.fl. 1992, Rühling og Steinnes 1998), en slíkar niðurstöður eru notaðar til að meta loftborna mengun. Styrkur kadmíns

og járns í íslenskum mosum reyndist með því hæsta sem kom fram í rannsókninni. Líklega má skýra niðurstöðurnar með áfoki jarðvegs, en nauðsynlegt er að þekkja og geta gert grein fyrir hvort og í hvaða mæli áhrifa gætir á styrk þessara efna í íslenskum matvælum.

Hagnýting

Gögn um ólífræn snefilefni í matvælum nýtast á ýmsum sviðum. Þau eru nauðsynleg fyrir markaðsstarf byggt á öryggi matvæla. Til að hægt sé að kynna Ísland sem hreint land og afurðir landsins sem gæðavöru úr ómengduðum umhverfi er nauðsynlegt að sýna fram á að svo sé og fylgjast náið með því hvort breytingar verði. Fullyrðingar verður að styðja með niðurstöðum mælinga. Með því að gera gögn um efnasamsetningu matvæla öllum aðgengileg má spara einstökum fyrirtækjum kaup á mælingum en það færast í vöxt að útflytjendur fái fyrirspurnir um ólífræn snefilefni.

Mikilvægt er að geta fylgst með hugsanlegum breytingum á styrk snefilefna í matvælum þar sem hér á landi er stefnt að framleiðslu hollra og ómengaðra matvæla en jafnframt má búast við að iðnaður fari vaxandi, ekki síst úrvinnsla málma. Ef mengunarslys verða við landið eða á því eru allar viðmiðanir mikils virði.

Gögnin eru nauðsynleg við næringarráðgjöf og útreikninga á neyslu efnanna. Niðurstöður útreikninga á neyslu næringarefna með skilgreinda ráðlagða dagskammta (selen, jöð, járn og sink) gefa upplýsingar um það hversu vel næringarþörfum fyrir þessi efni er fullnægt. Þær upplýsingar nýtast við ráðgjöf um æskilegt fæðuval en matvælaíðnaðurinn fær einnig hagnýtar upplýsingar. Rannsóknir í faraldsfræði nýta gögnin þegar reynt er að tengja saman mataræði og sjúkdóma.

Verkefnið

Skortur á gögnum um ólífræn snefilefni í íslenskum matvælum var kveikjan að því verkefni sem hér er greint frá. Byggð var upp þekking á 10 ólífrænum snefilefnum í matvælum. Um var að ræða selen, jöð, flúor, járn, kopar, sink, mangan, kadmín, kvikasilfur og blý. Ætlunin var að bera niðurstöðurnar saman við þekkt gildi frá öðrum löndum og gera útreikninga á neyslu efnanna mögulega. Verkefnið var unnið í samstarfi Rannsóknastofnunar landbúnaðarins (RALA), Rannsóknastofnunar fiskiðnaðarins (Rf) og Manneldisráðs Íslands. Verkefninu var skipt í fjóra hluta: (1) Mælingar á ólífrænum snefilefnum í landbúnaðarafurðum. (2) Mælingar á ólífrænum snefilefnum í fiskmeti. (3) Skráning niðurstaðna í Íslenska gagnagrunninn um efnainnihald matvæla (ÍSGEM). (4) Útreikningar á neyslu Íslendinga á ólífrænum snefilefnum, en þeir voru unnir hjá Manneldisráði. Í þessari skýrslu er greint frá niðurstöðum fyrsta hluta.

Hjá Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins voru gerðar allar mælingar á fiskmeti, mælingar á jöði og flúoríði í matvælum frá landbúnaði og einnig allar mælingar

á eggjum. Aðrar mælingar voru gerðar hjá efnagreiningastofu RALA. Ólafur Reykdal var verkefnisstjóri og sá um skráningu í gagnagrunn, Arngrímur Thorlacius sá um þróun aðferða og efnamælingar hjá RALA, Guðjón Atli Auðunsson sá um þátt Rf í verkefninu og Laufey Steingrímsdóttir um þátt Manneldisráðs.

Vinna við verkefnið hófst um mitt ár 1996. Sýnataka og sýnavinnsla var að mestu leyti unnin á tímabilinu ágúst til október 1996. Flestar mælingar voru gerðar á árinu 1997. Á árinu 1998 var svo lokið við mælingar. Verkefnið var styrkt af Tæknisjóði Rannsóknarráðs, Framleiðnisjóði landbúnaðarins og Áformi - átaksverkefni.

Efni og aðferðir

Val sýna

Rannsókn Manneldisráðs á neyslu landsmanna 1990 var hagnýtt við val á sýnum. Eftirfarandi var haft að leiðarljósi: (1) Byrjað var á því að velja þær fæðutegundir sem leggja mest til neyslunnar mælt út frá orku og áætluðu magni snefilefnanna samkvæmt erlendum heimildum. Mest var byggt á járn þar sem takmarkaðar upplýsingar voru til um sum efnanna. (2) Bætt var við nokkrum fæðutegundum sem sumir einstaklingar neyta í umtalsverðu magni, t.d. kjöti af sjöfuglum og eggjum þeirra. (3) Loks var bætt við séríslenskum matvælum með óþekktu samsetningu, svo sem hangikjöti. Heildarfjöldi landbúnaðarsýna varð 102.

Framkvæmd sýnatöku

Við sýnatökuna var lagt til grundvallar að sýnin væru dæmigerð fyrir matvæli sem Íslendingar neyta. Til þess að fá sem marktækust sýni og til að halda efnagreiningakostnaði niðri voru sýni útbúin í öllum tilvikum sem safnsýni úr nokkrum hlutasýnum. Miðað var við að fjöldi hlutasýna væri 10, nema fyrir unnin matvæli með nokkuð stöðuga samsetningu en fjöldi hlutasýna var þá a.m.k. fimm. Lágmarksþyngd hlutasýnis var 200 g en fyrir unnin matvæli var miðað við eina pökkunareiningu. Þessar sýnatökureglur voru byggðar á leiðbeiningum Greenfield og Southgate (1992). Sýnataka fór eingöngu fram á Stór-Reykjavíkursvæðinu og var álitid að með því fengist viðunandi mat fyrir landið allt.

Flest sýnin voru keypt í verslunum en í nokkrum tilfellum voru sýni fengin frá framleiðendum. Hlutasýnum var skipt á framleiðendur eftir áætlaðri markaðshlutdeild. Stundum þurfti að áætla markaðshlutdeildina eftir hilluplássi í verslunum en markaðshlutdeild í prósentum var venjulega ekki þekkt nákvæmlega. Þegar matvæli voru alfarið unnin og pökkuð í matvælafyrirtækjum var hvert hlutasýni talið vera ein pökkunareining merkt með ákveðinni dagsetningu eða lotunúmeri. Þessi sýni voru ýmist fengin hjá framleiðendum eða keypt í verslun. Sýnum af matvælum sem voru unnin eða pökkuð í verslunum var skipt þannig: Hagkaup (þrjú sýni), Bónus (tvö sýni), Nóatún (tvö sýni), Fjarðarkaup (eitt sýni), Þín verslun (1 sýni) og Tíu-ellefu verslanir (1 sýni).

Hér fara á eftir viðbótarupplýsingar um nokkur sýnanna. *Lambaframhryggjarsneiðar* voru úr 10 skrokkum (þremur frá Borgarneskjötvörum, fjórum frá Kjötumboðinu og þremur frá Höfn-Þríhryningi), sex sneiðar úr hverjum. *Hangikjöt* var frá Húsavík, SS, Borgarneskjötvörum og Kjötumboðinu. *Pítsur* voru frá Ömmubakstri (þrjár með skinku, þrjár með pepperóni, fjórar með hakki). *Hænuegg* voru frá fjórum framleiðendum, samtals 61 egg. Sýni af *Brie ostum* var Dalabrie, bóndabrie, hvítlauksbrie, Dalayrja og kastali. *Skyr án ávaxta* var dósaskyr frá MBF. *Mysa* var frá MBF og var ekki súrsunarmysa. *Rjómaís* var Skaffís (14% fita) með vanillu frá Emmess ís. Kaffi og te var lagað við raunverulegar aðstæður, fimm sýni á heimilum og fimm á stofnunum. *Súkkulaði* var rjómasúkkulaði frá Nóa-Síríus. *Poppkorn* var Stjörnuþopp frá Íðnmarki. *Ávaxtajógúrt* var óskajógúrt, skólajógúrt og Húsavíkurgúrt og var fituinnihald á bilinu 3,3-3,5%.

Vinnsla sýna

Fylgt var ströngum vinnureglum til að koma í veg fyrir mengun sýnanna. Plastdósir og lok fyrir sýni voru skoluð rækilega með afjönuðu vatni. Við

hreinsun á skurðbrettum, hnífum og skálum úr blandara var notað kalt vatn án sápu og síðan var skolað með allt að því sjóðandi afjónuðu vatni. Blankur úr afjónuðu vatni var útbúinn daglega og var vatnið látið koma í sneringu við sömu áhöld og sýnin. Með þessu móti var hægt að fylgjast með því hvort sýnin yrðu fyrir mengun. Eftirfarandi upplýsingar voru skráðar í sérstaka sýnavinnslubók: heiti sýnis, vinnsluaðferð, magn, fjöldi hlutasýna, framleiðandi eða uppruni, magn afskurðar, dagsetning sýnatöku, dagsetning framleiðslu og „best fyrir“ dagsetning.

Við blöndun á flestum sýnum var notaður blandari (Tecator 1094) með skál og hnífum úr stáli. Mjölsýnum var þó blandað í plastpokum. Við snyrtingu á sýnum var tekið mið af venjulegum vinnubrögðum neytenda. Grænmeti var skolað og snyrt, vömb var tekin af slátri. Kartöflur voru þó ekki skrældar en þær voru skolaðar rækilega. Þegar safnsýni var búið til úr hlutasýnum var þess gætt að magn allra hlutasýna væri svipað. Hvert safnsýni var að blöndun lokinni sett í tíu 100 ml plastósir sem komið var fyrir í frysti. Vatnsmæling var gerð samdægurs á ófrosnu, blönduðu sýni.

Matreiðsla

Nokkur sýnanna voru matreidd og var í flestum tilfellum byggt á bókinni *Við matreiðum* eftir Önnu Gísladóttur og Bryndísi Steinþórsdóttur (3. útgáfa, Ísafoldarprentsmiðja 1992). Eingöngu stálpottar og stálpönnur voru notaðar. Við steikingu var notuð sojaolía. Upplýsingar um matreiðsluna eru hér að neðan.

1. tafla. Lýsing á matreiðslu sýna.

Fæðutegund	Lýsing
Nautagúllas, steikt	<i>Við matreiðum</i> , 3. útg., bls. 123. Frávik: Ekki var notað hveiti, pipar, laukur, gulrætur, lárviðarlauf, merian og súputeningar.
Nautahakk, steikt	1,5 kg hakk og 3 msk olía. Hakkið var steikt í 5 mín á pönnu.
Nautahakksréttur	Uppskrift: 400 g nautahakk, 1 msk sojaolía, 100 g laukur, 1 tsk salt, 1 dós niðursoðnir tómatar. (Enginn pipar). Steikt í 5 mín og hitað síðan í 55 mín við vægan hita.
Lambaframhryggjarsneiðar, steiktar	<i>Við matreiðum</i> , 3. útg., bls. 113, Pönnusteiking I. 34 g salt í 3,5 kg kjöt. Steikt í 5 mín.
Lambaframhryggjarsneiðar, soðnar	<i>Við matreiðum</i> , 3. útg., bls. 102. Suðutími 45 mín. 17 g salt pr. kg kjöt.
Lambalifur, steikt	<i>Við matreiðum</i> , 3. útg., bls. 135. Pipar var ekki notaður.
Grænar baunir, frystar, soðnar	Suðutími var 2 mín. 7 g salt í 1,5 kg baunir og 1,3 kg vatn.
Kartöflur (Gullauga), soðnar	Kartöflur með hýði voru soðnar í 30 mín. Þyngd kartaflna og vatns var u.þ.b. 1:1.

Þurrefnismæling

Notuð var mæliaðferð frá Norrænu aðferðanefndinni fyrir matvælagreiningar (NMKL 23/1974). Aðferðin var útfærð á RALA eins og fram kemur hér að neðan.

Sýni voru gerð einsleit með blandara (Tecator 1094 Homogenizer) með stálhnífum og öllum safu bætt í blönduna. Þurrefnismælingin fór síðan fram eins og hér er lýst: (1) Glerstaf er komið fyrir í glerkrukkum (kavíarglös) og þær hitaðar í hitaskáp við 105°C í a.m.k. 1 klst. (2) Krukkurnar eru teknar úr ofninum, lok skrófuð á og þær látnar kólna í 10 mín. Lokin eru tekin af og krukkurnar vegnar nákvæmlega (V1). (3) U.þ.b. 5 g af sýni eru vegin (V2) í krukkuna og er sýninu dreift jafnt með glerstafnum. Þurrkað við 105°C yfir nótt. (4) Krukkurnar eru teknar úr ofninum, lok skrófuð á og þær látnar kólna í 10 mín. Lokin eru tekin af og krukkurnar vegnar nákvæmlega (V3). (5) Magn þurrefnis er ákvarðað út frá þyngdartapi. Þurrefni = $((V1 + V2 - V3) / V2) * 100$.

Mælingar á seleni, járni, kopar, sinki, mangani, kadmíni, blýi og kvikasilfri

Mælingar á þessum efnum voru gerðar hjá Rannsóknastofnun landbúnaðarins.

Upplausn sýna. Notaðar voru tvær aðferðir við að leysa sýnin upp. Sýni sem fóru í kvikasilfursmælingu voru leyst upp í saltpéturssýru í lokuðu hylki undir þrýsingi. Sýni til mælinga á öðrum efnum voru soðin í saltpéturssýru þar til upplausnin varð tær.

Sýrusuða í lokuðu hylki fór þannig fram: Sýni voru vegin í teflon hylki (Parr 4782). Magn sýnis var ákvarðað þannig að þurrefni sýnisins færi ekki yfir um 0,2 g. Í hylkið var síðan bætt 3 ml af fullsterkri Suprapur saltpéturssýru og 2 ml af vatnsefnisperoxíði (pro analysi). Hylkjunum var lokað og þau síðan hituð í örbylgjuofni. Innhaldinu var hellt í 12 ml kvarðað plastglas með tappa (Sarstedt). Sýnislausnin var þynnt með 5% (w/v) pro analysi natríumbíkarbónatlausn og var notaður einn hluti af bíkarbónatlausninni á móti tveimur hlutum af sýnislausninni. Loft var loks fjarlægt úr lausninni með hristibaði eða með því að leiða köfnunarefni gegnum lausnina. Fyrir notkun voru tilraunaglösin lögð í saltpéturssýru og hreinsuð með afjónuðu vatni.

Sýrusuða í tilraunaglassi fór þannig fram: Sýni voru vegin í tilraunaglös og var magn sýnis ákvarðað þannig að þurrefni sýnisins færi ekki yfir um 0,4 g. Í glasið var síðan bætt fullsterkri Suprapur saltpéturssýru. Glerkúla ofan á glasinu leiddi til þess að gufa þéttist og lak aftur ofan í glasið. Glösunum var komið fyrir í álblokk á rafmagnshellu. Hitinn var hækkaður mjög varlega á um 12 klst og var hitunartími samtals um 24 klst. Ef lausnin var ekki orðin tær að þessum tíma liðnum gat þurft að bæta við suðutímamann um 12 klst. Þynnt var með afjónuðu vatni í um 12 ml. Þyngd upplausnarinnar var ákvörðuð nákvæmlega með vigtun.

Mælingar á snefilefnunum járni, kopar, sinki og mangani voru gerðar með tæki fyrir atómútgeislunarmælingu í plasma (ICP-tæki, Inductively coupled plasma atomic emission spectrometer). Mælingar á seleni, kadmíni og blýi voru gerðar í grafitofni í atómgleypnitæki. Kvikasilfur var mælt með kaldeimsaðferð í atómgleypnitæki (cold vapour atomic absorption spectrophotometry).

Við mælingar á *kadmíni* og *blýi* var 20 µl af óþynntri upplausn pípettered í grafitofninn. Notað var Perkin Elmer 2380 atómgleypnitæki með HGA-400 grafitofni. Kadmín var mælt við 228,8 nm, blý við 283,3 nm og notuð var deuterium bakgrunnsléiðrétting. Grafitrörið var hitað í fjórum þrepum: Þurrkun, öskun, atómeimingu og eftirbrennslu. Hitastig við atómeimingu var 1200°C fyrir kadmín og 2200°C fyrir blý.

Kvikasilfur var einnig mælt með atómgleypnitæki og var þá notuð svokölluð kaldeimsmæling. Kvikasilfurssambönd í sýni eru þá afoxuð með bórhydriðlausn í kvikasilfursgufu sem skilin er frá

mælilausninni og atómin eru greind með ljósgleypnimælingu. Við þessa mælingu er notuð flæði-innsþýtingaraðferð til að halda sýnastærð í lágmarki.

Selen var mælt með eins punkts staðalíbót. Núll (blankur) var reiknað sem meðaltal allra blanka í keyrslu eða með aðfalli ef sjá mátti rek (hliðrun grunnlínu). Allir blankarnir voru reiknaðir sem sýni út frá þessum meðalblanki og nýttir til að reikna greiningarmörk og magngreiningarmörk. Sýrusuðublackar voru allir vel undir greiningarmörkum. Íbótarstaðall var 20 ppb selen með 0,5% oxalsýru og 500 ppm blýi og 25% v/v Suprapur saltþéturssýru. Í íbótarblanki var oxalat, blý og Suprapur saltþéturssýra í sama styrk og að framan greinir. Innsþýting í grafitofn var 10 mkrólítrar (upplausn þynnt 1,5 sinnum) við 85°C. Þurrkun var í fremur löngu fyrsta þrepi undir 100°C til að ljúka niðurbroti sýnis. Atómeiming fór fram við 2400°C. Hæð toppa var notuð við útreikninga.

Gæðastýring við mælingar. Gerðar voru mælingar á viðmiðunarsýnum með þekktan styrk snefilefna til að ganga úr skugga um nákvæmni mælinganna (2. og 3. tafla). Viðmiðunarsýni voru tekin með í hvert skipti sem sýni voru undirbúin fyrir mælingar. Heimtupróf voru gerð með því að bæta staðli í fjögur mismunandi sýni (kjöt, kartöflur, brauð og skyr) áður en þau voru hituð í sýru. Greiningarmörk (limit of detection, LOD) voru reiknuð sem sá styrkur sem svaraði til þrisvar sinnum staðalfráviks fyrir blank. Niðurstöður fyrir selen í viðmiðunarsýni úr mjólkurdufti voru hærri en uppgefin gildi sem voru aðeins til hliðsjónar fyrir selen. Niðurstöður fyrir viðmiðunarsýni úr nautavöðva voru ójafnar (n=3) en meðaltalið var nálægt uppgefnu gildi.

Mælingar á jodí og flúor

Mælingar á jodí og flúor voru gerðar hjá Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins.

Mæling jodís fór fram eftir basíska þurröskun sýnisins og var byggð á jodíð-hvataðri sundrun þíócýanats með nítríti og nítrati í sk. Sveikina-efnahreytingu. Efnahvarf thíócýanats við nítrat krefst hitunar en með þátttöku nítríts í nærveru jodíðs (Sveikina-efnahvarfið) gerist efnahreytingin nokkuð hratt. Hraði Sveikina-efnahvarfsins er í réttu hlutfalli við jodíð, þar sem hlutfallsfastinn er háður styrk H^+ og styrk NO_2^- auk hitastigs en hitastig hefur mikil áhrif á hraða þessa efnahvarfs. Styrkur klóríðs í mælilausninni hefur mikil áhrif á hraða efnahvarfsins, þ.e. klóríð auðveldar hvötun með jodíði, og þess því gætt við mælinguna að halda klóríðstyrk föstum. Línurit, þar sem styrkur þíócýanats er teiknaður sem fall af tíma, er bein lína með hallatölu sem er í réttu hlutfalli við styrk jodíðs í lausninni. Til að fylgjast með SCN^- í efnahvarfinu er notast við ljósgleypni við 450 nm á rauðu komplexi þess með Fe^{3+} en gerð komplexins er þó háð styrk þíócýanatsins ($[Fe(SCN)_n]^{3-n}$, n=1,...6). Minnsta greinanlega magn í mælilausn með þessari aðferð er um 0,5 ng/mL sem svarar til um 5 ng/g í matvælum. Óvissa við þessi greiningarmörk eru um 10% en minnkar þegar styrkur vex. Heimtur á viðbættu jodí í matvælum eru betri en 90%.

Ákvörðun flúoríðs. Með örsveimi (microdiffusion) var flúoríð sýnisins rekið út úr þurrkuðu og fínmöluðu sýni yfir í móttökulausn með hjálp fleygrar (reikullar) afleiðu. Þessi afleiða er trímetylflúorósílan, $[(CH_3)_3SiF]$ (skammstafað TMFS) en suðumark þess er 16,4°C og er hún útbúin með hvarfi flúoríðs við hexamethylenedisiloxane, $[(CH_3)_3Si)_2O]$ (skammstafað HMDS) í súrri lausn. Sýninu (þurrkuðu og fínmöluðu) er komið fyrir í Petri-skál, sýnið vætt, og lítt tappi með móttökulausn (basa) látinn fljóta á sýnislausninni. Loki er komið þétt fyrir á skálinni og HCl mettað HMDS bætt í sýnislausnina gegnum lítið gat á loki, sem síðan er þétt aftur. HMDS hvarfast við HF sýnisins til myndunar hins reikula TMFS, sem flyst með örsveimi yfir í tappann, þar sem TMFS sundrast fyrir áhrif basans, flúoríð losnar og HMDS endurmyndast. Það HMDS, sem myndast aftur, fer til baka í súru lausnina og heldur áfram flutningi á flúor, þ.e. HMDS er burðarefni eða flutningshvati. Eftir efnahvarfið í tappanum, situr flúoríðið þar fast og safnast allt flúoríð sýnisins þar fyrir á minna en sólarhring við herbergishita. Eftir þessa sýnameðhöndlun fer mæling á flúoríði fram með flúoríðnæmu rafskauti (LaF_3 með örmagni af evrópíum), en mælingar með flúoríðnæmu rafskauti eru því sem næst allsráðandi við lokaákvörðun flúoríðs í matvælum. Mikilvægt er að pH sé haldið við 5,3 við mælinguna og að jónastyrk sýnis og staðals sé haldið jafnháum og að flúoríð sé losað úr málmkomplexum, t.d. ál. Þetta er gert m.þ.a. nota svokallaðan TISAB-dúa (TISAB: Total Ionic Strength Adjustment Buffer). TISAB samanstendur yfirleitt af sítrónusýru, ediksýru og salti og var slík blanda notuð í þessum mælingum. Minnsta mælanlega magn flúoríðs í lokalausn er við venjulegar aðstæður um 10^{-6} M eða um 0,02mg/L. Minnsta mælanlega magn takmarkast yfirleitt af mengun í umhverfinu en við kjöraðstæður (mikinn hreinleika) má mæla allt að 100 sinnum lægri styrk eða 10^{-9} M.

2. tafla. Heimtur og niðurstöður mælinga á viðmiðunarsýnum fyrir selen, kadmín, kvikasilfur og blý. Niðurstöður eru meðaltal \pm SD (n).

	Selen	Kadmín	Kvikasilfur	Blý
Heimtur, %	95 \pm 6 (4)	99 \pm 5 (4)	100 \pm 3 (4)	94 \pm 7 (4)
Nákvæmni				
Nautalifur (BCR 185)				
Mælt, μ g/kg	449 \pm 41 (5)	322 \pm 40 (10)	45 \pm 7 (12)	514 \pm 69 (10)
Uppgefið, μ g/kg	446 \pm 13	298 \pm 25	44 \pm 3	501 \pm 27
Nautavöðvi (BCR 184)				
Mælt, μ g/kg	164 \pm 86 (7)	11 \pm 4,3 (11)	< LOD *)	223 \pm 36 (10)
Uppgefið, μ g/kg	183 \pm 12	13 \pm 2		239 \pm 11
Svínanýru (BCR 186)				
Mælt, mg/kg	10,3 \pm 2,4 (3)	2,78 \pm 0,23 (8)	2,01 \pm 0,23 (9)	0,294 \pm 0,039 (10)
Uppgefið, mg/kg	10,3 \pm 0,5	2,71 \pm 0,15	1,97 \pm 0,04	0,306 \pm 0,011
Undanrennuduft (BCR 63)				
Mælt, μ g/kg	127 \pm 28 (6)	< LOD	< LOD	106 \pm 23 (8)
Uppgefið, μ g/kg	(88 \pm 12) **)			104,5 \pm 3,1
Asparlauf (GBW07604)				
Mælt, μ g/kg	148 \pm 15 (9)	359 \pm 57 (7)	32 \pm 7 (11)	1480 \pm 121 (10)
Uppgefið, μ g/kg	140 \pm 10	320 \pm 50	26 \pm 3	1500 \pm 200

*) < LOD (limit of detection): Undir greiningarmörkum. **) Gildi til hliðsjónar (Indicative value).

3. tafla. Heimtur og niðurstöður mælinga á viðmiðunarsýnum fyrir járn, kopar, mangan og sink. Niðurstöður eru meðaltal \pm SD (n).

	Járn	Kopar	Mangan	Sink
Heimtur, %	104 \pm 4 (4)	106 \pm 2 (4)	103 \pm 1 (4)	102 \pm 2 (4)
Nákvæmni				
Nautalifur (BCR 185)				
Mælt, mg/kg	208 \pm 7 (3)	190 \pm 5 (3)	9,5 \pm 0,1 (3)	143 \pm 1 (3)
Uppgefið, mg/kg	214 \pm 5	189 \pm 5	9,3 \pm 0,3	142 \pm 3
Nautavöðvi (BCR 184)				
Mælt, mg/kg	77 \pm 3 (3)	2,5 \pm 0,4 (3)	< LOD *)	166 \pm 5 (3)
Uppgefið, mg/kg	79 \pm 2	2,4 \pm 0,1		166 \pm 3
Svínanýru (BCR 186)				
Mælt, mg/kg	303 \pm 6 (3)	34,4 \pm 1,7 (3)	9,1 \pm 0,9 (3)	132 \pm 4 (3)
Uppgefið, mg/kg	299 \pm 10	31,9 \pm 4	8,5 \pm 0,3	128 \pm 3
Undanrennuduft (BCR 63)				
Mælt, mg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	39,1 \pm 2,5 (2)
Uppgefið, mg/kg				41,6 \pm 0,4
Asparlauf (GBW07604)				
Mælt, mg/kg	254 \pm 7 (2)	9,4 \pm 0,8 (2)	49 \pm 1 (2)	39 \pm 0,1 (2)
Uppgefið, mg/kg	274 \pm 10	9,3 \pm 0,5	45 \pm 2	37 \pm 1
Runnagreinar (GBW07602)				
Mælt, mg/kg	965 \pm 32 (3)	5,5 \pm 0,4 (3)	62,8 \pm 0,5 (3)	22,2 \pm 1,5 (3)
Uppgefið, mg/kg	1020 \pm 40	5,2 \pm 0,3	58 \pm 3	20,6 \pm 1,0

*) < LOD (Limit of detection): Undir greiningarmörkum.

Niðurstöður mælinga

Niðurstöður mælinga á ólífrænum snefilefnum í landbúnaðarafurðum koma fram í 4. töflu og er fæðutegundum raðað í stafrófsröð innan matvælaflokka. Allar niðurstöður eru byggðar á mælingu á einu safnsýni. Í töflunni er gefið upp hversu mörg hlutasýni eru í hverju safnsýni. Niðurstöður eru gefnar upp fyrir ferskvigt og alltaf er miðað við 100 g af ætum hluta. Matvælin eru hrá, nema annað sé tekið fram. Mælingar á jöði og flúor voru gerðar á takmörkuðum fjölda sýna til að spara efnagreiningarkostnað.

Selen

Selen er öllum dýrum og fólki nauðsynlegt en aftur á móti þurfa plöntur ekki á því að halda. Fyrir selen eru þröng mörk milli skorts og eitrunar hjá dýrum og fólki en form selens skiptir þó máli. Ráðlagðir dagskammtar Manneldisráðs Íslands fyrir selen eru 50 µg/dag fyrir fullorðna karla, 40 µg/dag fyrir fullorðnar konur og 55 µg/dag fyrir konur með barn á brjósti og konur á meðgöngu.

Niðurstöður selenmælinga koma fram í 4. töflu. Nær engar aðrar niðurstöður eru til fyrir selen í matvælum frá íslenskum landbúnaði. Mikið selen í eggjum, svínakjöti og kjúklingum vekur athygli. Einnig er mikið selen í lifrarkæfu og bendir það til þess að mjög mikið selen sé í svínalifur. Líklegt er að þetta megi að einhverju leyti skýra með því að selen komi úr fiskimjöli sem notað er í fódrið en fiskimjöl er mjög góður selengjafi. Lifur og nýru lamba eru einnig selenrík. Selen í kornvörum er breytilegt en mjög misjafnt er hve mikið selen er í hveiti. Hveiti sem flutt er frá Ameríku er selenríkt en minna selen er í hveiti frá Evrópu. Almennt má segja að lítið selen hafi mælst í grænmeti.

Umhverfisþættir

Misjafnt er hve mikið selen er í jarðvegi. Á hinum Norðurlöndum er selen víða í litlu magni og geta skepnur veikst vegna selenskorts. Hér á landi er meira selen í jarðvegi en annars staðar á Norðurlöndum (Baldur Símonarson o.fl. 1984). Íslenskt berg er víðast basískt og þess vegna selenríkt en í nágrannalöndunum er nær eingöngu súrt og selensnautt berg. Íslenskur jarðvegur er því selenríkur en hann er víða súr. Í súrum jarðvegi myndar selen torleyst efnasambönd sem eru lítið nýtanleg jurtum. Því getur verið að lítið selen verði í grasi en áfok jarðvegs getur bætt miklu við það sem skepnur fá með töðunni. Í rannsókn 1980 mældist of lítið selen í heyi miðað við þarfamörk sauðfjár (Guðný Eiríksdóttir o.fl. 1981). Hins vegar fundust vísbendingar um það að úthagagróður væri selenríkur.

4. tafla. Niðurstöður mælinga á ólífrænum snefilefnum (ferskvigt). Matvælin eru hrá nema annað sé tekið fram.

	Fjöldi hlutasýna	Vatn g/100g	Selen µg/100g	Joð µg/100g	Flúor mg/100g	Járn mg/100g	Kopar mg/100g	Sink mg/100g	Mangan mg/100g	Kadmín µg/100g	Kvikasilfur µg/100g	Bly µg/100g
KJÖT OG KJÖTVÖRUR												
Nautgripaafurðir												
Nautahakk 16% fita	6	67,5	3,6	1,5	<0,006	2,56	0,15	4,52	<0,07	<0,3	<0,9	3,4
Nautahakk 8% fita	10	68,2	2,2	1,7	<0,006	2,08	<0,06	4,67	<0,07	<0,1	<0,7	2,8
Nautahakk 8% fita, steikt	10	64,4	4,6	<0,5	<0,006	2,34	0,08	4,90	<0,07	<0,3	<0,8	3,2
Nautahakkréttur (8% fita), steiktur	10	76,5	4,1	<0,5	<0,006	1,06	0,12	2,73	0,08	<0,3	<0,8	2,9
Nautagúllas	10	74,4	7,3	1,3	<0,006	2,20	0,24	4,23	<0,07	<0,3	<0,8	<2,2
Nautagúllas, steikt	10	59,7	9,0	1,4	<0,006	3,68	0,23	7,93	<0,07	<0,3	<0,8	<2,1
Lambaafurðir												
Lambakjöt, framhryggjarsneiðar	10	60,2	3,1	2,3	<0,006	1,04	0,11	2,99	0,06	<0,3	<0,8	<1,9
Lambakjöt, framhrsneiðar, soðnar	10	49,9	4,9	1,8	<0,006	1,75	0,15	5,64	<0,07	<0,3	<0,8	
Lambakjöt, framhrsneiðar, steiktur	10	52,8	5,6	2,9	<0,006	1,45	0,14	4,51	<0,07	<0,3	<0,8	<2,1
Lambakjöt, hryggvöðvar	10	74,4	6,1	1,8	<0,006	1,63	0,14	1,71	0,07	<0,3	<0,8	<2,1
Lambakjöt, kótiletur	10	55,0	5,0	1,2	<0,006	1,32	0,11	1,48	<0,07	<0,3	<0,7	<2
Lambalifur	10	69,9	16,9	12,9	<0,006	8,78	3,53	4,18	0,36	3,41	<0,7	<2,2
Lambalifur, steikt	10	66,0	9,7	6,2	<0,006	8,48	5,88	4,22	0,34	1,53	<0,8	<2,2
Lambanýru	10	79,4	105	3,3	0,016	4,60	0,34	2,20	0,12	8,7	8,8	2,2
Svið, soðin	10	61,2	5,4	3,2	<0,006	3,36	0,14	1,99	0,08	<0,3	<0,8	<2,2
Svínaafurðir												
Svínakótiletur	9	60,7	15,1	2,7	0,104	0,53	<0,08	1,33	<0,07	<0,3	2,2	<2,1
Skinkuálegg	11	76,6	6,5	2,1	0,051	0,65	0,08	1,64	<0,07	<0,3	<0,7	<2,2
Kjúklingar												
Kjúklingar, með skinni	10	68,1	13,3	3,2	<0,006	0,96	<0,08	0,98	<0,07	<0,3	1,5	<2,2

4. tafla. Niðurstöður mælinga á ólífrænum snefilefnum (ferskvigt). Matvælin eru hrá nema annað sé tekið fram. Frh.

	Fjöldi hlutasýna	Vatn g/100g	Selen µg/100g	Joð µg/100g	Flúor mg/100g	Járn mg/100g	Kopar mg/100g	Sink mg/100g	Mangan mg/100g	Kadmín µg/100g	Kvikasilfur µg/100g	Blý µg/100g
Unnar kjötvörur												
Blóðmör	10	44,6	4,9	1,7	0,025	12,8	0,10	0,59	0,63	<0,3	<0,7	<2,1
Hangikjöt	12	58,1	7,6	1,1	<0,006	1,16	<0,09	2,73	<0,08	<0,3	<0,7	<2,3
Kindabjúgu	10	58,5	1,9	3,5	0,011	1,19	0,11	1,62	0,09	<0,3	<0,7	2,8
Kjötfars	10	65,0	1,5	5,5	0,006	1,57	0,10	1,51	0,21	<0,3	<0,7	4,0
Lifrarkæfa	10	57,0	13,7	13,5	0,051	6,10	0,63	2,05	0,22	<0,3	3,9	<2,2
Lifrarpylsa	10	48,5	3,8	4,5	0,044	3,71	1,11	1,71	0,59	0,68	<0,8	<2,1
Vínarpylsur	10	61,0	4,8	6,9	0,018	1,21	<0,08	1,87	0,12	<0,3	<0,8	<2,1
EGG												
Hænuegg	4	75,8	30,6	57,2	0,006	1,63	0,07	1,28	0,06	<0,03	3,0	<4
MJÓLKURVÖRUR												
Ávaxtajógúrt	10	80,3	1,2	4,2	0,011	<0,1	0,05	0,43	<0,03	0,16	0,6	<1
Brie ostar	10	48,4	6,1	15,0	<0,01	0,38	<0,14	2,47	<0,12	<0,5	<2,5	<3,6
Fastur ostur, 26%	10	41,7	10,8	42,0	0,147	<0,32	<0,12	4,04	<0,11	<0,5	<2,3	<3,2
Kakómjólk	5	84,6	0,6	2,9	<0,01	<0,1	0,04	0,51	0,05	0,40	0,6	<1,1
Mysa	5	95,8	0,2	12,1	<0,01	0,25	0,04	0,28	<0,02	<0,1	<0,1	5,0
Mysuostur	10	33,6	3,9	64,3	<0,01	<0,33	<0,13	0,25	<0,11	<0,5	<1,6	<3,3
Nýmjólk, Borgarfjörður	10	88,4	1,4	9,7	<0,01	<0,07	<0,03	0,62	<0,02	0,32	<0,2	1,2
Nýmjólk, Suðurland	10	87,7	1,8	12,7	<0,01	0,07	0,03	0,43	<0,02	<0,1	0,5	<0,7
Rjómaís, með vanillu, 14% fita	7	61,6	1,9	21,8	<0,01	0,46	<0,08	0,49	<0,07	0,30	2,7	<2
Skyr, án ávaxta	10	81,8	5,2	23,0	<0,01	<0,11	0,05	0,45	<0,04	0,06	<0,4	<0,3

4. tafla. Niðurstöður mælinga á ólífrænum snefilefnum (ferskvigt). Matvælin eru hrá nema annað sé tekið fram. Frh.

	Fjöldi hlutasýna	Vatn g/100g	Selen µg/100g	Joð µg/100g	Flúor mg/100g	Járn mg/100g	Kopar mg/100g	Sink mg/100g	Mangan mg/100g	Kadmín µg/100g	Kvikasilfur µg/100g	Blý µg/100g
KARTÖFLUR OG GRÆNMETI												
Kartöflur												
Franskar kartöflur, frystar	5	66,0	<1,2	<0,5	0,013	0,33	0,16	0,24	0,15	2,3	<0,8	4,3
Kartöflur, gullauga *	10	79,8	0,2	<0,5	0,010	0,69	0,12	0,29	0,29	1,0	<0,4	1,1
Kartöflur, gullauga, soðnar *	10	79,5	<0,5	<0,5	0,008	0,77	0,10	0,25	0,24	1,0	<0,4	<1,1
Kartöflur, rauðar íslenskar *	10	82,1	<0,5	<0,5	0,008	0,42	0,14	0,29	0,21	0,8	<0,4	<1
Grænmeti												
Bakaðar baunir, niðursoðnar, ORA	5	73,9	<0,6			0,61	0,20	0,54	0,34	0,6	<0,4	<1,6
Blómkál	10	92,7	<0,2	1,4	<0,01	0,24	0,03	0,22	0,12	0,3	<0,2	<0,4
Grænar baunir, frystar, soðnar	5	70,8	<0,5			1,83	0,21	0,97	0,39	<0,2	<0,4	2,1
Grænar baunir, niðursoðnar, ORA	6	77,1	<0,6			1,10	0,16	0,71	0,31	0,4	<0,5	<1,5
Gulrófur	10	90,6	0,2	<0,5	<0,01	0,21	0,07	0,18	0,12	0,5	<0,2	6,9
Gulrætur	10	91,5	<0,2	0,7	<0,006	0,24	0,06	0,20	0,25	1,7	<0,2	0,9
Gúrkur	10	97,6	<0,2	<0,5	<0,006	0,16	0,03	0,13	0,12	0,2	<0,2	1,0
Hvítkál	10	91,6	<0,2	0,7	<0,006	0,17	0,02	0,11	0,14	0,2	<0,2	0,5
Jöklasalat	10	96,0	<0,2	0,5	<0,006	0,20	0,03	0,15	0,08	4,3	<0,2	15,7
Kínakál	10	95,4	<0,2	0,5	<0,01	0,17	0,04	0,18	0,13	0,5	<0,2	2,1
Laukur	10	86,3	2,7			0,34	0,07	0,21	0,11	1,2	<0,2	<0,7
Paprika	9	94,5	<0,2	1,0	<0,01	0,24	0,07	0,18	0,11	0,5	<0,2	2,3
Rauðkál	10	93,1	<0,7	<0,5	<0,01	0,31	0,02	0,14	0,31	0,2	<0,2	0,5
Rauðkál, niðursoðið, ORA	5	83,0	1,9	<0,5	<0,01	0,44	0,06	0,08	0,05	0,6	<0,5	1,6
Spergilkál	10	91,6	<0,2	0,6	<0,01	0,71	0,05	0,56	0,41	0,6	<0,2	1,0
Spínat, fryst	5	91,0	0,8			1,44	0,11	0,72	0,32	26,2	<0,2	3,9
Sveppir	10	93,9	10,9	0,8	<0,01	0,08	0,14	0,21	0,03	0,1	0,4	0,8
Sveppir, niðursoðnir, ORA	5	94,8	2,7	1,1	<0,01	0,41	0,12	0,29	0,02	0,3	0,4	1,3
Tómatar	10	94,9	0,2	<0,5	<0,006	0,26	0,04	0,10	0,09	0,4	<0,2	2,5
Tómatar, niðursoðnir	10	93,8	<0,2	0,7	0,008	0,28	0,07	0,13	0,08	1,1	<0,2	2,3

*) Kartöflur með hýði.

4. tafla. Niðurstöður mælinga á ólífrænum snefilefnum (ferskvigt). Matvælin eru hrá nema annað sé tekið fram. Frh.

	Fjöldi hlutasýna	Vatn g/100g	Selen µg/100g	Joð µg/100g	Flúor mg/100g	Járn mg/100g	Kopar mg/100g	Sink mg/100g	Mangan mg/100g	Kadmín µg/100g	Kvikasilfur µg/100g	Blý µg/100g
KORNVÖRUR												
Mjöl												
Haframjöl	6	9,1	<2,4			4,65	0,40	2,98	4,71	2,1	<1,6	<5,0
Heilhveiti	6	12,1	9,6			1,79	0,28	1,43	1,83	4,0	<1,6	<5,1
Hveiti, úr bakaríum	10	13,3	21,7	1,3	<0,01	1,41	0,20	0,93	0,61	3,9	<1,5	<5,2
Hveiti, úr verslunum	10	11,8	<3			0,97	0,21	0,69	0,61	2,3	3,2	<5,3
Hveitiklíð	6	11,5	44,6			12,7	1,17	8,62	12,4	10,8	<1,6	18,9
Brauð												
Franskbrauð	11	33,4	14,9	1,3	<0,01	0,85	0,13	0,82	0,48	3,2	<1,1	<3,3
Heilhveitibrauð	11	34,1	20,3	2,8	<0,01	1,26	0,19	1,12	0,95	3,3	<1,3	2,7
Ljós brauð með kornum	11	33,2	19,3			1,62	0,19	1,26	0,76	3,0	<1,3	<3,4
Rúgbrauð	11	34,9	1,7	1,3	<0,01	1,42	<0,13	0,95	0,86	1,2	<1,0	<3,4
Trefjarík brauð (grøn brauð)	6	39,3	39,1			2,28	0,30	2,07	1,98	2,4	<1,3	<3,4
Kex												
Hafrakex	5	3,3	<2,4			1,21	<0,2	0,65	0,76	1,9	<1,9	<5,3
Matarakex	10	6,7	4,5	4,9	0,014	1,11	<0,19	0,62	0,51	4,6	<1,4	<5,0
Súkkulkex	12	2,4	<1,9			1,71	<0,2	0,79	0,62	2,6	<1,5	<5,2
Morgunkorn												
All-bran	5	4,4	<2,3			13,3	1,02	6,00	6,84	9,4	<1,4	<5,0
Cheerios	5	4,3	31,1	1,5	0,059	36,6	0,32	17,9	3,04	2,3	<1,5	<5,3
Kornflex	6	5,0	<2,4			11,9	<0,2	0,23	<0,17	<0,7	2,7	<5,2
Múslí, ristað, sykrað	10	5,2	7,1			3,70	0,50	2,27	2,92	4,0	1,7	<4,5
Ýmsar kornvörur												
Flatkökur	10	39,8	10,1	2,5	<0,01	0,58	0,19	0,60	0,32	2,3	<1,3	<4,8
Hrísrjón	10	11,4	20,2			2,60	0,36	1,70	0,99	2,3	<1,4	<5,8
Kleinur	13	18,5	9,0	8,2	<0,01	0,55	<0,2	0,67	0,38	3,2	<1,1	<5,1
Pasta	10	9,5	15,4			2,21	0,29	1,12	0,58	4,2	1,7	<4,9

4. tafla. Niðurstöður mælinga á ólífrænum snefilefnum (ferskvigt). Matvælin eru hrá nema annað sé tekið fram. Frh.

	Fjöldi hlutasýna	Vatn g/100g	Selen µg/100g	Joð µg/100g	Flúor mg/100g	Járn mg/100g	Kopar mg/100g	Sink mg/100g	Mangan mg/100g	Kadmín µg/100g	Kvikasilfur µg/100g	Blý µg/100g
DRYKKIR												
Appelsín	5	89,1	<0,06			0,13	<0,03	0,01	<0,03	0,15	<0,1	<0,8
Appelsínusafi	10	88,8	0,3			0,12	0,04	0,04	<0,03	<0,1	<0,1	<0,8
Eplasafi	11	89,7	0,1			0,32	<0,02	0,04	0,08	<0,1	<0,1	3,0
Kaffi lagað	10	98,9	0,4	<0,5	<0,01	<0,08	<0,03	0,01	0,06	<0,1	<0,1	<0,8
Kóladrykkir	10	89,9	<0,06	<0,5	0,011	<0,08	<0,03	0,01	<0,03	<0,1	<0,1	<0,8
Maltöl	5	84,6	0,1	1,1	0,011	<0,08	<0,03	0,01	<0,03	<0,1	<0,1	<0,8
Pilsner	10	96,6	<0,07	1,3	<0,01	<0,08	<0,03	<0,01	<0,03	<0,1	<0,1	<0,9
Sprite	5	89,3	<0,06			0,09	<0,03	0,01	<0,03	<0,1	<0,1	<0,8
Svali	5	89,3	<0,06	<0,5	<0,01	0,08	0,03	0,02	<0,03	<0,1	<0,1	<0,8
Te lagað	10	99,7	<0,4	<0,5	0,132	0,08	<0,03	0,02	0,18	<0,1	<0,1	<0,8
FEITMETI												
Borðsmjörflíki, 40% fita, Létta	10	55,6	<1,7			<0,45	<0,17	<0,06	<0,15	<0,6		<4,5
Smjör	10	15,8	<2	5,4	<0,01	<0,42	<0,17	<0,06	<0,14	<0,6		<4,3
Smjörflíki, Ljóma	10	16,2	<1,6	6,9	<0,01	1,10	<0,17	<0,06	<0,15	<0,6		<4,3
SYKUR OG SÆLGÆTI												
Lakkrís	5	26,2	2,9			4,41	0,16	0,29	0,36	2,47	<1,5	4,2
Prins póló	5	1,7	3,5			3,79	0,37	1,39	0,73	3,55	<1,9	<4,3
Púðursykur	10	1,9	<1,7			2,64	<0,21	<0,08	0,24	<0,8	<2,0	6,9
Strásykur	10	0,1	<1,9			0,82	<0,16	<0,06	<0,14	1,06	<1,4	<4,2
Súkkulaði	5	1,1	4,4	62,3	<0,01	1,05	<0,16	1,26	0,16	1,79	<2,3	<4,1
ANNAÐ												
Kakóduft	10	4,1	12,5			24,2	4,24	8,27	5,73	36,3	<1,9	19,3
Maískorn, niðursoðin, ORA	10	76,8	<0,4			0,13	0,05	0,25	0,05	0,4	<0,3	<1,2
Pítsur	10	51,8	15,4	7,4	0,015	1,11	0,17	1,34	0,30	0,87	<0,7	3,7
Poppkorn	6	4,1	3,0			2,97	<0,17	4,11	1,23	1,65	<1,9	<4,3

Stíuskjögur (hvítvöðvaveiki) er þekktur selenskortur í lömbum hér á landi og kýr hafa drepist úr selenskorti (Þorsteinn Ólafsson o.fl. 1999). Baldur Símonarson o.fl. (1984) könnuðu hvort um selenskort eða seleneitrun geti verið að ræða með því að mæla selen í lifur lamba. Styrkur selens í lifur lamba sem drápust úr selenskorti var 9,2 µg/100g en 30,2 µg/100g í lifur lamba sem höfðu engin merki um selenskort. Niðurstöður fyrir lambalifur í 4. töflu (16,9 µg/100g) liggja á milli þessara gilda.

Selen í matvælum

Selen í matvælum er háð uppruna, vinnsluaðferð og matreiðslu (Levander 1986). Helstu uppsprettur selens eru fiskafurðir, innmatur sláturdýra og kjöt. Selen í kornvörum er mjög breytilegt eftir því hvar það er ræktað, jafnvel innan landa og því er erfitt að gefa upp viðmiðunargildi og reikna út neyslu.

Ýmsar tilraunir hafa sýnt fram á að selen í kjöti, lifur, nýrum og blóði fer eftir magni selens í fóðri. Þegar vissu magni í fóðri er náð dregur úr uppsöfnun í kjöti en lifur og nýru taka við umframmagninu (Levander 1986). Selen í eggjum breytist hratt og auðveldlega með seleni í fóðri. Selen í mjólk fer eftir seleni í fóðri og er auðvelt er að auka styrk selens í mjólk með selenbætingu fóðurs. Á Nýja-Sjálandi, sem er selensnautt svæði, hefur fundist þrefaldur munur á seleni í neyslumjólk (0,3-1 µg/100g) eftir svæðum og er munurinn í samræmi við selen í jarðvegi.

Í 5. töflu er selen í nokkrum fæðutegundum borið saman eftir löndum. Selenbæting fóðurs skýrir væntanlega sum háu gildin, t.d. selen í lambalifur frá Bandaríkjunum og Bretlandi. Niðurstöður fyrir íslensku sýnin eru hærri en gildi frá Danmörku og Finnlandi. Aftur á móti er mest selen í sumum afurðum frá Bandaríkjunum.

5. tafla. Samanburður á seleninnihaldi (µg selen/100g) nokkurra matvæla eftir löndum.

	Ísland ^a	Danmörk ^b	Bandaríkin ^c	Finnland ^d	Bretland ^e
Lambalifur	16,9	-	82,4	9 (3-20)	42
Svínalifur	-	56 (0-256)	52,7	47 (34-51)	42
Lambakjöt	3,1-6,1	1,4 (0-6,8)	19,8	2 (1-3)	2-4
Svínakjöt	15,1	6,9 (0-300)	28,4	6 (1-8)	13-20
Kjúklingakjöt	13,3	10 (4,4-15,5)	11,8	10 (8-14)	12-14
Egg	30,6	22 (19-27)	30,8	11 (2-16)	11
Nýmjólk	1,4-1,8	1,4 (1,3-1,5)	2	0,3 (0,1-0,3)	1

Heimildir: ^a Þessi rannsókn. ^b Danskur næringarefnatöflur. ^c Nutrient Data Laboratory, Bandaríkjunum. <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp>. ^d Varo o.fl. 1982. ^e Breskar næringarefnatöflur.

Selen í brauði fer eftir uppruna hveitisins sem notað er. Í breskri rannsókn var selen í franskbrauði að meðaltali 2,1 µg/100g þegar notað var evrópskt hveiti en 11,8 µg/100g þegar notað var kanadískt hveiti (Barclay o.fl. 1995).

Samkvæmt mælingum Holden o.fl. (1991) var selen í bandarísku franskbrauði að meðaltali 29 µg/100g. Að meðaltali mældist mest í franskbrauði í Boston (46 µg Se/100g) en minnst í Los Angeles (17 µg Se/100g). Eins og sjá má í 5. töflu hefur væntanlega verið notað amerískt hveiti í íslensku brauðin þegar sýnataka fór fram. Hráefni í íslensk brauð koma ýmist frá Evrópu eða Ameríku og því getur selen í þeim verið mjög breytilegt.

Joð

Niðurstöður joðmælinga eru í 4. töflu. Joð hafði ekki verið mælt áður í íslenskum landbúnaðarafurðum öðrum en mjólkurvörum. Mikið joð í eggjum vekur sérstaka athygli. Mjólkurvörur voru almennt joðríkar eins og við má búast. Fastir ostar og mysuostar reyndust mjög joðríkir. Gera má ráð fyrir að mjólkurduft sé enn joðríkara og vísbendingu um notkun þess má sjá í niðurstöðum fyrir ýmsar unnar kjötvörur og kex. Lambalifur var sérlega joðrík og þá vekur ekki síður athygli að lifrarkæfa er enn joðríkari en lambalifur. Þetta bendir sterklega til þess að mjög mikið joð sé í íslenskri svínalifur. Þá er meira joð í svínakjöti og kjúklingum en nautakjöti og lambakjöti. Fiskimjöl er notað í fóður svína, kjúklinga og varphæna og því er líklegt að joð í fiskimjölinu komi fram í þessum afurðum. Sjávarafurðir eru besta joðuppsprettan. Fiskur getur innihaldið 30-300 µg joð/100g og því er umtalsvert magn af joði í fiskimjöli þótt eitthvað tapist við framleiðslu þess.

6. tafla. Niðurstöður mælinga á joði í íslenskri neyslumjólk.

Uppruni	Tími sýnatöku	µg joð/100g	Heimild
Reykjavík	Jan. til maí 1963	21,6 (12,1 - 33,0) n=8	Alexander o.fl. 1963
Suðurland	20.03.1991	11 n=1	Guðjón Atli Auðunsson, Rf
Eyjafjörður	20.03.1991	22 n=1	Guðjón Atli Auðunsson, Rf
Eyjafjörður	Sept. 1991	8,5 n=1	Úttekt á íslenskri mjólk 1991
Austurland	Sept. 1991	3,4 n=1	Úttekt á íslenskri mjólk 1991
Suðurland	Nóv. 1995	12,7 n= 1 (10 hlutasýni)	Þessi rannsókn
Vesturland	Nóv. 1995	9,7 n=1 (10 hlutasýni)	Þessi rannsókn

Joð í mjólk

Joð í neyslumjólk var 9,7-12,7 µg/100g. Eldri niðurstöður eru sýndar í 6. töflu en þar koma fram breytileg gildi og þau elstu eru hæst. Árið 1963 mældist styrkur joðs í íslenskri mjólk þrefalt hærri en í skoskri mjólk (Alexander o.fl. 1964) og var það skýrt með notkun fiskimjöls á Íslandi. Eðlileg gildi fyrir joð í mjólk eru 0,5-30 µg/100g og meðaltöl eru yfirleitt undir 10 µg/100g (International Dairy Federation 1982). Íslenska mjólkinn er því innan þeirra marka sem talin eru eðlileg. Notkun fiskimjöls í fóður íslenskra mjólkurkúa hefur verið breytileg á síðustu áratugum og því hefur joð í neyslumjólkinni einnig verið breytilegt. Hafa þarf í huga að veruleg árstíðasveifla getur verið fyrir joð í mjólk þar sem fóðrið er breytilegt og því er ekki víst að takmarkaður fjöldi mælinga sem gerður hefur verið á íslenskri mjólk gefi fullnægjandi mynd.

Styrkur joðs í einstökum fæðutegundum er mjög breytilegur og má rekja það til þess hve mismikið og misnýtanlegt joð er í jarðvegi (Hetzl og Maberly 1986). Meira joð er í jarðvegi við strendur en innar í landi. Joð í mjólk fer eftir því hversu mikið joð er í fóðri og drykkjarvatni (International Dairy Federation 1982). Joð í jarðvegi þar sem kýr eru á beit kemur fram í mjólkinni. Jarðvegur sem upprunninn er í sjó leggur meira til joðs í mjólk en annar jarðvegur.

Styrkur joðs í mjólk hefur hækkað í sumum löndum vegna notkunar á steinefnablöndum í fóður (Varo o.fl. 1982). Ofnotkun sótthreinsiefna getur leitt til óæskilega háls styrks á joði í mjólkurvörum (International Dairy Federation 1982). Þá eru þess dæmi í Bretlandi að fóður mjólkurkúa hafi verið svo mikið joðbætt að joðinnihald mjólkurinnar hafi orðið hærra en æskilegt getur talist frá manneldissjónarmiði (Phillips o.fl. 1988).

Samanburður við önnur lönd

Í 7. töflu eru niðurstöður joðmælinga fyrir nokkur matvæli bornar saman við erlendar niðurstöður. Joð í íslensku lambalifur er áberandi hæst og gæti það bent til þess að joð í íslensku umhverfi sé vel nýtanlegt fyrir grasbíta. Joð í danski og sænski svínalifur er aðeins 3,1 µg/100g samkvæmt töflunni en mælingar á lifrarkæfu bentu til þess að mikið joð væri í íslensku svínalifur. Samanburður á afurðum svína og fugla bendir til þess að eitthvað af joði berist úr fiskimjöli í íslensku afurðirnar. Mikið joð í finnskum eggjum, finnski vetrarmjólk og breski vetrarmjólk má væntanlega rekja til joðbættis fóðurs. Í finnsku umhverfi er fremur lítið af joði og því er fóður nautgripa oft joðbætt að vetri til (Varo o.fl. 1982). Joðinnihald danskrar mjólkur er hæst á veturna þar sem kýrnar fá joðbættan fóðurbæti (Levnedsmiddelstyrelsen 1995). Joðbæting fóðurs eykur einnig mjólkurframleiðslu og frjósemi nautgripa.

7. tafla. Samanburður á joðinnihaldi (µg joð/100g) nokkurra matvæla eftir löndum.

	Ísland ^a	Danmörk ^b	Tékkland ^c	Finnland ^d	Bretland ^e
Lambalifur	12,9	-	-	7	5
Svínalifur	-	3,1	-	<5	-
Lambakjöt	1,2-2,3	0,7	-	<5	3-6
Svínakjöt	2,7	0,8 - 1,1	< 1,5	<5	5
Kjúklingakjöt	3,2	0,4	< 1,5	9	8
Egg	57,2	21	24	170	53
Nýmjólk	9,7-12,7	5,6 (0,9-12,2)	18	7,8 sumar 26 vetur	7 sumar 37 vetur

Heimildir: ^a Þessi rannsókn. ^b Danskur næringarefnaöflur. ^c Jiri Ruprich, National Institute of Public Health, Prag. Persónulegar upplýsingar. ^d Varo o.fl. 1982. ^e Breskar næringarefnaöflur.

Almennt má segja að joð í íslenskum matvælum sé meira en í löndum með lítið joð í jarðvegi (Danmörk, Tékkland) en meira joð er oft í matvælum frá

Bretlandi og USA. Líklegt er að notkun fiskimjöls á Íslandi stuðli að auknu jöðinnihaldi svínaafurða, kjúklinga og mjólkur.

Flúor

Flúor hefur áhrif til minnkunar tannskemmda sé hans neytt á tannmyndunarskeiði. Hins vegar hefur ekki verið sýnt fram á að flúor sé nauðsynlegt næringarefni. Aftur á móti hefur flúor eiturverkanir ef magn hans í fæðunni verður of mikið. Það magn flúors sem talið er öruggt að neyta liggur á fremur þröngu bili (Committee on Diet and Health 1989). Sums staðar erlendis er drykkjarvatn flúorbætt og er þá yfirleitt miðað við 0,1 mg flúoríð/100 ml en óæskileg áhrif hafa komið fram ef styrkurinn er tvöfalt hærri. Flúorsambönd geta borist út í náttúruna í eldgosum og einnig frá verksmiðjum svo sem álverum. Í eldgosum berst flúor í úthagagróður og styrkur þess getur orðið mjög hár í yfirborðsvatni. Sauðfé á Íslandi hefur orðið fyrir eitrun af þeim sökum. Það er því mikilvægt að kanna flúor í afurðum enda gæti verið um nokkra sérstöðu hér á landi að ræða vegna eldvirkninnar.

Í 4. töflu kemur fram að mest af flúoríði mældist í föstum osti, tei, svínakótiletum, cheerios-morgunkorni, skinku og lifrarkæfu. Talsvert flúoríð er í tei og ræður tedrykkja því miklu um flúortekju. Styrkur flúoríðs í tei reyndist vera svipaður og í flúorbættu drykkjarvatni erlendis. Flúoríð var undir greiningarmörkum í lambakjöti, nautakjöti, grænmeti öðru en kartöflum og flestum mjólkurvörum. Í dýrum safnast flúor einkum í bein og því er líklegt að úrbeining geti stuðlað að auknu flúorinnihaldi. Þetta getur skýrt það að nokkuð mældist af flúoríði í flestum sýnum af unnum kjötvörum. Flúoríð úr fiskimjöli gæti skýrt há gildi fyrir flúoríð í svínakjöti en Jakob Kristinsson o.fl. (1991) sýndu fram á að fóðrun með fiskimjöli jók flúoríð í blóði sauðfjár.

Borghildur Sigurbergsdóttir og Alda Möller (1984) mældu flúoríð í matvælum með flúoríðnæmu rafskauti. Þær drógu þá ályktun að flúoríð í íslenskum matvælum væri mjög sambærilegt við það sem mælt hafði í Finnlandi. Niðurstöðum þeirra og niðurstöðum í 4. töflu ber yfirleitt nokkuð vel saman. Í 8. töflu eru niðurstöður okkar bornar saman við erlend gildi. Niðurstöður flúoríðmælinga á íslenskum matvælum eru innan þeirra marka sem koma fram fyrir erlendu gildin í töflunni. Engin gildi fyrir flúoríð í 4. töflu geta því talist óeðlilega há. Það þarf þó að benda á að um fáar niðurstöður er að ræða. Fram hefur komið að íslenskt drykkjarvatn er víðast hvar fremur flúorsnautt (Jakob Kristinsson o.fl. 1991) og vatn í Reykjavík inniheldur aðeins 0,012 mg flúoríð í 100 ml (Orkuveita Reykjavíkur 2000).

8. tafla. Samanburður á flúoríðinnihaldi (mg/100g) nokkurra matvæla eftir löndum.

	Ísland 1996 ^a	Ísland 1984 ^b	Finnland ^c	Þýskaland ^d	Kanada ^e
Lambanýru	0,016		< 0,02		
Svínakjöt	0,104		< 0,02 – 0,02	0,02-0,10	
Egg	0,006	0,006	0,03	0,01-0,12	
Nýmjólk	< 0,01	0,003-0,010	0,01	0,017	0,0007-0,005
Fastur ostur	0,147	0,062-0,067	0,04 – 0,07	0,04-0,16	
Kartöflur	0,01	0,010-0,014	< 0,01 – 0,02	0,004-0,021	

Heimildir: ^a Þessi rannsókn. ^b Borghildur Sigurbergsdóttir og Alda Möller 1984. ^c Koivistoinen 1980. ^d Þýskar næringarefnatöflur. ^e Dabeka o.fl. 1987.

Járn

Járn er mikilvægt næringarefni og nokkur hættu er á að það skorti í fæði fólks, einkum kvenna. Íslenskt umhverfi hefur talsverða sérstöðu varðandi járn þar sem bergið hér á landi er mjög járnríkt borið saman við önnur svæði (Kristján Geirsson 1994). Einnig á sér stað víða um land verulegt rof og því gæti járn úr jarðveginum átt greiða leið inn í fæðukeðjuna. Af þessum sökum er mjög áhugavert að kanna járninnihald íslenskra matvæla.

Niðurstöður mælinganna sýna að bestu járngrjafarnir eru kjötvörur og járnþætt morgunkorn (4. tafla). Af kjötvörum skera blóðmör, lambalifur og lifrarkæfa sig úr og dökkt kjöt er járnríkara er ljóst. Athygli vekur hve mikið sumt morgunkorn er járnþætt en meira járn mældist í Cheerios-morgunkorni (36,6 mg/100g) en nokkru öðru sýni. Lítið járn er í mjólkurvörum og grænmeti. Mikið járn mældist í hveitíklíði og All-bran morgunkorni en líklegt má telja að það nýtist illa í líkamanum. Járn nýtist að öllu jöfnu best úr kjöti.

9. tafla. Samanburður á járninnihaldi (mg/100g) nokkurra matvæla eftir löndum.

	Ísland ^a	Bretland ^b	Bandaríkin ^c	Bandaríkin ^d	Pólland ^e
Lambalifur	8,8	7,5	7,4	2,9-21,0	1,2
Lambanýru	4,6	5,5	6,4	2,0-33,8	3,7
Lambakjöt	1,0-1,6	1,0-1,5	1,6		
Nautakjöt	2,1-2,6	1,4-2,0	2,0		
Egg	1,6	1,9	1,4		
Kartöflur	0,4-0,7	0,3-0,4	0,8		
Gulrætur	0,2	0,3-0,4	0,5		

Heimildir: ^a Þessi rannsókn. ^b Breskar næringarefnatöflur. ^c Nutrient Data Laboratory 2000. ^d Coleman o.fl. 1992. ^e Falandysz o.fl. 1994.

Í 9. töflu eru niðurstöðurnar bornar saman við erlend gildi. Í aðalatriðum virðast íslensku gildin ekki verulega frábrugðin þeim erlendu. Þó er ljóst að breytileiki getur verið mikill en þar sem íslensku sýnin voru safnsýni ná þau ekki að sýna breytileikann. Uppsöfnun járnns í lifur og nýru lamba getur verið mismunandi eftir svæðum á Íslandi.

Kopar

Kopar í matvælum og fódri fer eftir ýmsum umhverfisþáttum, svo sem uppruna, ræktunarskilyrðum og vinnslu (Davis og Mertz 1987). Verulegur munur er á koparinnihaldi sláturafurða eftir dýrategundum. Í lifur og nýrum jórturdýra getur verið mikill kopar. Magn og form kopars í jarðvegi ræður miklu um magn kopars í jurtum.

Kopar greindinst í flestum fæðutegundum en yfirleitt var styrkurinn lágur (4. tafla). Lítinn kopar var að finna í mjólkurvörum en í kornvörum var mest af koparnum í hýðinu. Lambalifur var mjög koparrík, meira en 30 sinnum koparríkari en kjötið. Lifrarpylsa var því einnig koparrík. Hins vegar var heldur minni kopar í lifrarkæfu sem er úr svínalifur. Benda má á að lifur jórturdýra er yfirleitt koparríkari en lifur annarra dýra. Mikill kopar í lifur er athugunarverður. Í unnum kjötvörum þarf að huga að því að koparinn hvetur þránun og því gæti notkun þráavarnarefna verið nauðsynleg. Við notkun á lifur sláturdýra til fódrunar þarf að huga að því hver efri mörk eru fyrir kopar í fódri. Það sama á við um hagnýtingu til manneldis.

Í seinni hluta þessarar skýrslu er greint frá styrk kopars í 96 lambalifrum. Þegar þær niðurstöður eru skoðaðar kemur í ljós mjög mikill breytileiki (0,7-6,8 mg/100g) og samanburður við erlendar niðurstöður leiddi í ljós enn hærri gildi en þau íslensku.

Sink

Bestu sinkgjafarnir eru dýraafurðir, einkum kjötvörur. Eins og sjá má í 4. töflu mældist sink hæst í kjöti, lifur, föstum osti og grófum kornmat. Í mjólkurvörum fylgir sink próteinum og fastir ostar eru því allgóðir sinkgjafar. Styrkur sinks vex með auknu hýði í brauðvörum og mjöli. Cheerios-morgunkorn var greinilega sinkbætt. Niðurstöður sinkmælinga á íslenskum matvælum eru í aðalatriðum svipaðar gildum frá Svíþjóð (Jorhem og Sundström 1993) og Bandaríkjunum (Hambidge o.fl. 1989).

Mangan

Kornvörur eru besti mangangjafinn og er mest af mangani í hýðinu. Í 4. töflu má sjá að fjórum sinnum meira mangan mældist í trefjaríku brauði en franskbrauði. Talsvert mangan mældist einnig í lambalifur, lifrarpylsu og blóðmör. Takmarkaður samanburður við erlend gildi (Jorhem og Sundström 1993, Koivistoinen 1980) benti ekki til verulegra frávika fyrir mangan í íslenskum afurðum.

Kadmín

Niðurstöður kadmínmælinga eru sýndar í 4. töflu. Kadmín mældist einkum í kornmat og grænmeti. Það mældist í lambalifur og nýrum og því einnig í lifrarpylsu. Aftur á móti var kadmín í lifrarkæfu undir greiningarmörkum og bendir það til þess að minna kadmín sé í svínalifur en lambalifur. Í kornmat hækkaði kadmínið eftir því sem meira var af klíði. Kadmín í öllum kjötsýnum var undir greiningarmörkum. Styrkur kadmíns í grænmeti var að jafnaði mjög lágur en hæstu gildin voru fyrir innflutt grænmeti (jöklasalat og spínat). Athyglisvert er að mun minna kadmín mældist í íslensku kínakáli en innfluttu jöklasalati. Svo virðist sem helstu uppsprettur kadmíns í fæðinu séu innflutt matvæli. Tekið hefur verið saman yfirlit um kadmín í íslenskum búfjárafurðum (Ólafur Reykdal 1998).

Jurtaafurðir eru helsta uppspretta kadmíns í fæðinu (Machelett o.fl. 1999). Kadmín í þessum afurðum má einkum rekja til jarðvegsins. Einstakar tegundir plantna taka þó mismikið af kadmíni upp úr jarðveginum og kadmín safnast mismikið í einstaka plöntuhluta. Blaðgrænmeti getur safnað upp meira kadmíni en aðrar grænmetistegundir (Müller o.fl. 1996). Olsson o.fl. (1999) komust að því að styrkur kadmíns í gulrótum var hæstur í kjarna og ystu lögum og aðeins var hægt að minnka kadmín í rótunum um 10% með því að flysja þær. Borið saman við mörg önnur ólífræn snefilefni er kadmín í jarðvegi fremur aðgengilegt fyrir plöntur. Upptaka kadmíns veltur þó mikið á sýrustigi jarðvegs og er það mun aðgengilegra í súrum jarðvegi en ósúrum. Þegar kadmín berst í jarðveg frá iðnaði eða fosfatáburði hækkar kadmín í grænmeti sem ræktað er í jarðveginum og á þetta sérstaklega við um blaðgrænmeti (Müller o.fl. 1996). Kadmín í fosfatáburði ræðst af uppruna þess fosfats sem notað er við áburðarframleiðsluna. Hér á landi hefur verið notaður áburður með mjög litlu kadmíni. Þorsteinn Þorsteinsson og Friðrik Pálmason (1984) könnuðu áhrif áburðar á kadmín í grasi.

Kadmín í íslenska grænmetinu var borið saman við sænskar (Jorhem og Sundström 1993), finnskar (Tahvonen og Kumpulainen 1991) og þýskar (Müller o.fl. 1996) niðurstöður. Erlendu niðurstöðurnar voru svipaðar eða heldur hærrí. Í reglugerð um aðskotaefni í matvælum nr. 518/1993 eru sett hámarksgildi fyrir kadmín í matvælum. Niðurstöður kadmínmælinga og

hámarksgildi eru borin saman í 10. töflu. Kadmín í einu sýni (innflutt spínat) er yfir hámarksgildi en þau sýni sem næst koma eru matarkex (46% af hámarksgildi) og innflutt jöklasalat (43% af hámarksgildi).

10. tafla. Hámarksgildi fyrir kadmín samkvæmt reglugerð og niðurstöður kadmínmælinga.

Matvæli	Hámarksgildi í reglugerð µg kadmín/100g	Mæliniðurstöður µg kadmín/100g
Kjöt og kjötvörur	10	< 0,1 – 0,68
Lifur og nýru	50	3,4 – 8,7
Kartöflur	5	0,8 – 1,0
Grænmeti	10	< 0,2 – 26,2
Kornvörur, nema klíði	10	< 0,7 – 4,6

Kvikasilfur

Mikið magn kvikasilfurs getur borist út í andrúmsloftið í eldgosum og kvikasilfur gæti einnig skolast frá jarðhitasvæðum. Íslenskt berg er hins vegar ekki ríkt af kvikasilfri (Kristján Geirsson 1994). Þorkell Jóhannesson (1980) greindi lítið kvikasilfur í hársýnum og laxaseiðum hér á landi. Hann taldi að eldgos og jarðhiti stuðluðu ekki að aukinni upptöku kvikasilfurs í menn á Íslandi.

Niðurstöður kvikasilfursmælinga koma fram í 4. töflu og sýna þær heildarmagn kvikasilfurs. Kvikasilfur var yfirleitt ekki mælanlegt í landbúnaðarafurðum. Þegar lítið er á kjötvörur kemur í ljós að aðeins fjögur gildi eru yfir greiningarmörkum, þ.e. niðurstöður fyrir lambanýru, lifrarkæfu, svínakótleitur og kjúklinga. Kvikasilfur greindist einnig í eggjum. Kvikasilfur í lifrarkæfu vekur athygli og er því ljóst að svínalifur inniheldur nokkurt kvikasilfur. Kvikasilfur var undir greiningarmörkum í lambalifur og því er eðlilegt að ekki greinist heldur kvikasilfur í lifrarpylsu.

Eftirfarandi niðurstöður hafa verið birtar fyrir kvikasilfur í finnskum matvælum (Koivistoinen 1980): Egg 0,7 µg Hg/100g, svínakjöt 0,2-0,4 µg/100g og kjúklingar <0,2 µg/100g. Samsvarandi niðurstöður fyrir íslensk matvæli í 4. töflu eru 3,0, 2,2 og 1,5 µg/100g. Líklegt er að fiskimjöl og/eða erlent fóður sé uppspretta kvikasilfurs í íslensku svínakjöti, kjúklingum og eggjum. Fiskur er almennt talinn langstærsta uppspretta kvikasilfurs í fæðinu (Clarkson 1989). Íslenskur fiskur inniheldur oft 1-12 µg kvikasilfur/100g (Upplýsingaveita sjávarútvegsins 2000). Líklegt er að fiskur veiti mest kvikasilfur í fæði Íslendinga. Hámarksgildi fyrir kvikasilfur í reglugerð um aðskotaefni í matvælum (nr. 518/1993) eiga aðeins við fiskafurðir.

Blý

Miðað við meginland Evrópu er íslenskt berg snautt af blýi (Kristján Geirsson 1994). Blýmengun úthaga hér á landi ætti að vera lítil vegna strjálbýlisins og blýi er ekki lengur bætt í bensín eins og áður var. Fram á síðustu ár hafa haglaskot innihaldið blý og hafa þau dreifst víða. Skepnur geta því étið blýhögl með grasinu en villibráð er væntanlega hættast við blýmengun.

Blý var undir greiningarmörkum í stórum hluta sýnanna sem voru mæld. Blý var mælanlegt í nautahakki, kindabjúgum, kjötfarsi, pítsum, mysu og eplasafa en allt eru þetta unnin matvæli. Mest blý mældist í kakódufti, hveitíklíði og jöklasalat. Niðursoðin matvæli (grænar baunir, sveppir, tómatar og rauðkál) innihéldu svipað magn blýs eins og samsvarandi fersk matvæli, enda eru niðursuðudósir ekki uppspretta blýs eins og áður var. Blý greindist í lágum styrk í flestu grænmeti. Jöklasalatið skar sig úr með hæsta blýgildið en um var að ræða innflutt jöklasalat. Öll sýni af grænmeti voru skoluð rækilega með vatni en yfirleitt er mælt með því að neytendur skoli grænmeti fyrir neyslu. Skolunin ætti að fjarlægja að talsverðu leyti jarðvegsleifar og mögulega loftborna blýmengun.

Blý berst í plöntur sem loftmengun, jarðvegsleifar eða plantan hefur tekið blý upp úr jarðveginum (Steering Group on Chemical Aspects of Food Surveillance 1998). Blý er að jafnaði bundið öðrum efnum í jarðvegi og plöntur taka það því ekki upp í miklum mæli (Merz og Bergmann 1999). Blý í grænmeti getur því að miklu leyti verið loftborin mengun en jarðvegsleifar eru væntanlega að mestu fjarlægðar fyrir neyslu. Blýinnihald matvæla getur aukist við matvælavinnslu (Tahvonen og Kumpulainen 1993) og berst blý þá úr umhverfinu eða búnaði. Blý í fóðri sláturdýra hefur lítil áhrif á blýinnihald kjötsins en það safnast einkum fyrir í nýrum og beinum (Quarterman 1986). Þetta er í samræmi við það að blý var yfir greiningarmörkum í lambnýrum en ekki lambalifur eða kjöti (4. tafla). Erlendis hefur styrkur blýs í ýmsum matvælum lækkað á seinni árum og er það m.a. skýrt með því að dregið hefur úr notkun blýs í bensín og málningu (Jorhem og Sundström 1993).

Niðurstöður okkar fyrir blý í lambalifur og lambanýrum eru afgerandi lægri en margar erlendar niðurstöður (Vos o.fl. 1988). Sem dæmi má nefna að í hollenskri lambalifur mældust 42 μg blý/100g en í þeim íslensku 2,2 μg /100g. Hafa þarf í huga að aldursmunur lambanna getur hér skipt máli. Engu að síður benda niðurstöðurnar til mjög lítillar uppsöfnunar á blýi í lifur og nýru íslenskra lamba. Niðurstöður fyrir blý í grænmeti voru bornar saman við sænskar (Jorhem og Sundström 1993) og finnskar (Tahvonen og Kumpulainen 1995) niðurstöður. Niðurstæða okkar fyrir innflutt jöklasalat (15,7 μg blý/100g) er miklu hærri en finnska gildið (0,1 μg /100g). Svipuð niðurstæða fæst þegar gildi fyrir hveitíklíð er borið saman við sænska gildið. Í öðrum tilfellum er ekki um afgerandi mun að ræða. Það torveldar samanburðinn að greiningarmörk

fyrir íslensku blýmælingarnar voru oft hærri en erlendar niðurstöður. Það þyrfti því að gera fleiri blýmælingar á íslenskum sýnum og nota næmari búnað.

Í reglugerð um aðskotaefni í matvælum nr. 518/1993 eru sett hámarksgildi fyrir blý í matvælum. Hámarksgildin og niðurstöður blýmælinga eru bornar saman í 11. töflu. Niðurstaða fyrir eitt sýni (innflutt jöklasalat) er yfir hámarksgildi fyrir blý. Niðurstöður fyrir önnur sýni eru vel undir hámarksgildum. Blýhögl gætu verið uppspretta blýmengunar í villibráð en ekkert bendir til þess að mengun af því tagi komi fram í lambaafurðum. Áætlað var að á árinu 1992 hefðu 49 tonn af blýi úr haglaskotum borist út í umhverfið á Íslandi (Ólafur Reykdal o.fl. 1996).

11. tafla. Hámarksgildi fyrir blý í reglugerð og niðurstöður blýmælinga.

Matvæli	Hámarksgildi í reglugerð µg blý/100g	Mæliniðurstöður µg blý/100g
Kjöt	5	< 2 – 3,4
Lifur og nýru	20	< 2,2 – 2,2
Egg	5	< 4
Mjólk	2	< 0,7 – 1,2
Kartöflur	10	< 1 – 1,1
Grænmeti	10	< 0,4 – 15,7
Niðursoðið grænmeti	30	< 1,2 - 2,3
Kornvörur nema klíði	10	< 3,3 – 2,7

Áhrif matreiðslu

Þyngdarbreytingar við matreiðslu þriggja fæðutegunda eru sýndar hér að neðan. Þessum sýnum var skipt í tvo hluta sem voru eins líkir og kostur var. Annar hlutinn var efnagreindur hrár en hinn matreiddur. Matreiðslunni er lýst í kafla um efni og aðferðir. Í yfirlitsriti um áhrif matreiðslu á næringargildi (Bergström 1997) eru gefnar upp svipaðar niðurstöður fyrir léttingu lambakjöts við suðu (33%) en fyrir steikingu er gefin upp 27% létting.

12. tafla. Þyngdarbreytingar við matreiðslu.

Fæðutegund	Þyngdarbreyting	Athugasemdir
Lambaframhryggjarsneiðar, steiktar	18% létting	
Lambaframhryggjarsneiðar, soðnar	Pottur 1: 31% létting	Pottur 1: 1,5 kg kjöt : 1,3 kg vatn
	Pottur 2: 28% létting	Pottur 2: 2,2 kg kjöt : 1,3 kg vatn
Grænar baunir, frystar, soðnar	9% þynging	1,5 kg baunir : 1,3 kg vatn

Áhrif matreiðslu á styrk efna. Meginefni voru mæld í lambaframhryggjarsneiðum og eru niðurstöður sýndar í 13. töflu. Vatnsinnihald kjötsins minnkaði bæði við suðu og steikingu en styrkur annarra meginefna jókst. Í 14. töflu eru sýnd áhrif matreiðslu á snefilefnin og eru niðurstöður gefnar upp sem hundraðshluti af viðkomandi efni í hráu sýni. Í öllum tilfellum tapaðist vatn við matreiðsluna. Í mörgum tilfellum hækkaði hlutfall snefilefna miðað við hrá matvæli. Afdrif efnanna ráðast af því hversu mikið þau eru bundin öðrum efnum. Þekkt er að kopar er bundinn próteinum í lifur enda virðist hann ekki tapast við steikingu á lifrinni. Aftur á móti tapaðist lítið eitt af koparum við suðu á kartöflum og steikingu á gúllasi. Þegar styrkur efnanna er reiknaður í þurrefni fyrir og eftir matreiðslu kemur greinilega í ljós hvort um tap við matreiðslu er að ræða. Járn og selen tapast aðeins við steikingu á lifur. Mælingaskekkja getur skipt hér verulegu máli og í raun þarf fleiri mælingar til að draga ályktanir. Samkvæmt breskum næringarefnatöflum verður yfirleitt aukning á styrk ólífrænna snefilefna við matreiðslu á lambalifur og lambakjöti.

13. tafla. Samsetning á hráum, soðnum og steiktum lambaframhryggjarsneiðum.

	Þurrefni g/100g	Vatn g/100g	Prótein g/100g	Fita g/100g	Aska g/100g	Summa g/100g
Hráar	39,8	60,2	17,0	20,8	0,9	98,9
Steiktar	47,2	52,8	22,0	24,5	1,6	100,9
Soðnar	50,1	49,9	25,1	23,9	1,0	99,9

14. tafla. Hlutfallslegar breytingar á styrk nokkurra efna við matreiðslu. Styrkur í hráu sýni er settur á 100.

	Vatn	Selen	Joð	Járn	Kopar	Sink	Mangan	Kadmín	Kvikasilfur	Blý
Lambaframhryggjar-sneiðar										
hráar	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
soðnar	83	158	78	168	136	189	17	100	100	
steiktar	88	181	126	139	127	151	67	100	100	110
Nautahakk, 8% fita										
hrátt	100	100		100	100	100	100	100	100	100
steikt	94	209		113	133	105	133	300	100	114
Nautagúllas										
hrátt	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
steikt	80	123	108	167	96	187	300	100	100	91
Lambalifur										
hrá	100	100	100	100	100	100	100	100		
steikt	80	57	48	97	167	101	94	45		
Kartöflur, gullauga, með hýði										
hráar	100	100		100	100	100	100			
soðnar	80	150		112	83	86	83			

Heimildir

- Alexander, W.D., Th. V. Gudmundsson, M.M. Bluhm & R.McG. Harden, 1964. Studies of iodine metabolism in Iceland. *Acta Endocrinologica* **46**: 679-683.
- Baldur Símonarson, Guðný Eiríksdóttir, Sigurður Sigurðsson & Þorsteinn Þorsteinsson, 1984. Selenkortur og seleneitrun. *Freyr* **79** (22): 910-912.
- Barclay, M.N.I., A. MacPherson & J. Dixon, 1995. Selenium content of a range of UK foods. *Journal of Food Composition and Analysis* **8**: 307-318.
- Bergström, L., 1997. Nutrient losses and gains in the preparation of food. National Food Administration, Uppsala, Svíþjóð.
- Borghildur Sigurbergsdóttir & Alda Möller, 1984. Flúor í íslenskum matvælum og flúortekja úr fæði. Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins og Háskóli Íslands. Skýrsla, 40 bls.
- Brynjólfur Sandholt, 1992. Hreinleiki íslenskra sláturafurða. *Freyr* **88**: 617-625.
- Clarkson, T.W., 1987. Mercury. Í *Trace elements in human and animal nutrition* (ritstj. W. Mertz), 1. bindi, 5. útg., Academic Press, San Diego, USA, bls. 417-428.
- Committee on Diet and Health, 1989. Diet and Health. Implications for reducing chronic disease risk. National Academy Press. Washington, USA.
- Dabeka, R.W. & A.D. McKenzie, 1987. Lead, cadmium and fluoride levels in market milk and infant formulas in Canada. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* **70** (4): 754-757.
- Davis, G.K. & W. Mertz, 1987. Copper. Í *Trace elements in human and animal nutrition* (ritstj. W. Mertz), 1. bindi, 5. útg., Academic Press, San Diego, USA, bls. 301-364.
- Falandysz, J., W. Kotecka & K. Kannan, 1994. Mercury, lead, cadmium, manganese, copper, iron and zinc concentrations in poultry, rabbit and sheep from the northern part of Poland. *The Science of the Total Environment* **141**: 51-57.
- Greenfield, H. & D.A.T. Southgate, 1992. Food Composition Data. Production, Management and Use. Elsevier Applied Science. London.
- Guðný Eiríksdóttir, Baldur Símonarson, Þorsteinn Þorsteinsson, Bjarni Guðmundsson & Jón Viðar Jónmundsson, 1981. Árstíðabundnar breytingar á seleni í blóði sauðfjár. Tilraun á Hvanneyri 1980. *Íslenskar landbúnaðarrannsóknir* **13**: 25-33.
- Hambidge, K.M., C.E. Casey & N.F. Krebs, 1986. Zinc. Í *Trace elements in human and animal nutrition* (ritstj. W. Mertz), 2. bindi, 5. útg., Academic Press, San Diego, USA, bls. 1-138.
- Hetzel, B.S. & G.F. Maberly, 1986. Iodine. Í *Trace elements in human and animal nutrition* (ritstj. W. Mertz), 2. bindi, 5. útg., Academic Press, San Diego, USA, bls. 139-208.
- Holden, J.M., S. Gebhardt, C.S. Davis & D.G. Lurie, 1991. A nationwide study of the selenium contents and variability in white bread. *Journal of Food Composition and Analysis* **4**: 183-195.
- International Dairy Federation, 1982. Iodine in milk and milk products. Document 152.
- Jakob Kristinsson, Eggert Gunnarsson, Þorkell Jóhannesson, Páll A Pálsson & Hörður Þormar, 1991. Blood plasma levels of fluoride in Icelandic sheep. *Búvísindi* **5**: 81-85.

Jorhem, L. & B. Sundström, 1993. Levels of lead, cadmium, zinc, copper, nickel, chromium, manganese and cobalt in foods on the Swedish market 1983-1990. *Journal of Food Composition and Analysis* **6**: 223-241.

Koivistoinen, P., (ritstj.), 1980. Mineral element composition of Finnish foods. *Acta Agriculturae Scandinavica*. Suppl. **22**.

Kristján Geirsson, 1994. Náttúruleg viðmiðunargildi á styrk þungmálma í íslensku umhverfi. Siglingamálastofnun 1994.

Levander, O.A., 1986. Selenium. *Trace elements in human and animal nutrition* (ritstj. W. Mertz), 2. bindi, 5. útg., Academic Press, San Diego, USA, bls. 209-280.

Levnedsmiddelstyrelsen, 1995. Jod – er der behov for berigelse af kosten? Publikation nr. 230.

Machelett, B., R. Merz & H. Bergmann, 1999. Comparison of heavy metal uptake in different vegetables and other crops. *Agri-Food Quality II. Quality Management of Fruits and Vegetables* (ritstj. M. Hägg, R. Ahvenainen, A.M. Evers & K. Tiilikkala), The Royal Society of Chemistry, Cambridge, bls. 232-234.

Müller, M., M. Anke, E. Hartmann & H. Illing-Günther, 1996. Oral cadmium exposure of adults in Germany. 1: Cadmium content of foodstuffs and beverages. *Food Additives and Contaminants* **13** (3): 359-378.

Nutrient Data Laboratory, 2000. Heimasiða <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp>. US Department of Agriculture, Agricultural Research Service.

Olsson, K., R. Svensson & A. Hägnefelt, 1999. Cadmium in Swedish carrots. *Agri-Food Quality II. Quality Management of Fruits and Vegetables* (ritstj. M. Hägg, R. Ahvenainen, A.M. Evers & K. Tiilikkala), The Royal Society of Chemistry, Cambridge, bls. 235-237.

Orkuveita Reykjavíkur, 2000. Efnasamsetning neysluvatns. www.or.is/orkuvefur/nonflash/viska/arsskyrslur/vr99/efnin.html

Ólafur Reykdal, 1998. Berst kadmín í búfjárafurðir? *Ráðunautafundur* **1998**: 209-215.

Ólafur Reykdal, Arngrímur Thorlacius & Kristín Hlíðberg 1996. Hvernig er hægt að forðast mengun landbúnaðarvara? *Ráðunautafundur* **1996**: 46-56.

Phillips, D.I., M. Nelson, D.J.P. Barker, J.A. Morris & T.J. Wood, 1988. Iodine in milk and the incidence of thyrotoxicosis in England. *Clinical Endocrinology* **28**: 61-66.

Quarterman, J., 1986. Lead. *Trace elements in human and animal nutrition* (ritstj. W. Mertz), 2. bindi, 5. útg., Academic Press, San Diego, USA, bls. 281-318.

Rühling, Å., G. Brumelis, N. Goltsova, K. Kvietskus, E. Kubin, S. Liiv, S. Magnússon, A. Mäkinen, K. Pilegaard, L. Rasmussen, E. Sander & E. Steinnes, 1992. Atmospheric heavy metal deposition in Northern Europe 1990. *Nord* **1992**: 12.

Rühling, A. & E. Steinnes, 1998. Atmospheric heavy metal deposition in Europe 1995-1996. *Nord* **1998**: 15.

Steering Group on Chemical Aspects of Food Surveillance, 1998. Lead, arsenic and other metals in food. Food Surveillance Paper No. 52. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. London.

Tahvonen, R. & J. Kumpulainen, 1991. Lead and cadmium in berries and vegetables on the Finnish market 1987-1989. *Fresenius Journal of Analytical Chemistry* **340**: 242-244.

Tahvonen, R. & J. Kumpulainen, 1993. Lead and cadmium in some cereal products on the Finnish market 1990-91. *Food Additives and Contaminants* **10** (2): 245-255.

Tahvonen, R. & J. Kumpulainen, 1995. Lead and cadmium in some berries and vegetables on the Finnish market 1991-93. *Food Additives and Contaminants* **12** (2): 263-279.

Upplýsingaveita sjávarútvegsins, 2000. Heimasíða: <http://www.fisheries.is/clean/saefood.htm>

Varo, P., E. Saari, A. Paaso & P. Koivistoinen, 1982. Iodine in Finnish foods. *Internat. J. Vit. Nutr. Res.* **52**: 80-89.

Vos, G., H. Lammers & W. Delft, 1988. Arsenic, cadmium, lead and mercury in meat, livers and kidneys of sheep slaughtered in the Netherlands. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* **187**: 1-7.

Þorkell Jóhannesson, 1980. Kvikasilfur, arsen, kadmíum, selen og zink í hársýnum og laxaseiðum á Íslandi. *Tímarit um lyfjafræði* **15** (2): 43-46.

Þorsteinn Ólafsson, Sigríður Bjarnadóttir, Sigurður Sigurðsson & Guðbjörg Jónsdóttir, 1999. Selen og ormalyf handa kvígum. *Ráðunautafundur* **1999**: 200-203.

Þorsteinn Þorsteinsson & Friðrik Pálmason, 1984. Kadmíum í íslensku umhverfi. *Ísl. landbún.* **16** (1-2): 16-20.

Aðskotaefnin kadmín, kvikasilfur og blý og næringarefnin járn, kopar, sink og mangan í lifur og nýrum íslenskra lamba

Ólafur Reykdal og Arngrímur Thorlacius

Gerðar voru mælingar á þremur aðskotaefnum (kadmíni, kvikasilfri og blýi) og fjórum næringarefnum (járn, kopar, sink og mangan) í lifur og nýrum íslenskra lamba. Sýni voru tekin í sláturhúsunum á Selfossi, Höfn í Hornafirði, Húsavík, Blönduósi, Hólmavík og í Borgarnesi árin 1991 og 1992. Sýnafjöldi var 96 fyrir hvort líffæri. Að auki voru tekin sex sýni úr lömbum sem gengu nálægt Heklu nokkrum mánuðum eftir gosið 1991.

Styrkur kadmíns og kvikasilfurs reyndist vera með því lægsta sem birt hefur verið erlendis. Hæsta gildið fyrir kadmín var 51% af hámarksgildi í reglugerð. Styrkur þessara efna var breytilegur eftir svæðum. Styrkur kadmíns var hæstur í líffærum frá Vestfjörðum og Vesturlandi og styrkur kvikasilfurs var hæstur í líffærum frá Þingeyjarsýslum. Yfirleitt var styrkur efnanna lægstur í sýnum frá Suðurlandi. Kadmíninnihald mosa, sem mælt var í norrænu verkefni á sviði umhverfisvöktunar, var ekki nothæft til að spá fyrir um kadmín í lifur og nýrum lamba. Styrkir kadmíns og kvikasilfurs í líffærum lamba, sem voru á beit í nágrenni Heklu eftir eldgosíð 1991, voru ekki verulega frábrugðnir gildum fyrir önnur sýni af Suðurlandi.

Styrkur járn og kopars í lifur og nýrum var breytilegur eftir landsvæðum. Gildi fyrir bæði þessi efni voru mjög breytileg og var tífoldur munur á hæstu og lægstu kopargildum fyrir lifur. Í um þriðjung sýna af lambalifur var svo lítill kopar að um dulinn koparskort gæti verið að ræða. Aftur á móti var mikið járn í öllum sýnum af lambalifur. Styrkur járn í lambalifur fylgdi svipuðu mynstri og kom fram fyrir mosa.

Járn, kopar, sink og mangan í lifur og nýrum lambanna auka á næringargildi þessara afurða. Auk þess er styrkur kadmíns, kvikasilfurs og blýs það lítill að hægt er að mæla með neyslu á þessum afurðum. Það sama verður ekki sagt um hliðstæðar afurðir í sumum iðnaðarlöndum þar sem þær eru óhæfar til neyslu. Þessi atriði kunna að skipta auknu máli í framtíðinni. Niðurstöðurnar styðja hreinleikaímynd íslenskra lambaafurða.

Inngangur

Efnin

Kadmín, kvikasilfur og blý hafa alltaf verið til staðar í náttúrunni og eðlilegt er að lífverur innihaldi þessi efni í lágum styrk. Efnin hafa sloppið út í umhverfið við margs konar iðnaðarstarfsemi og því hefur víða komið fram aukning á styrk þeirra í matvælum. Kadmín, kvikasilfur og blý gegna engu þekktu hlutverki í líkómum manna og dýra. Hins vegar geta þessi efni haft eiturverkanir fari styrkur þeirra yfir ákveðin mörk. Í flestum löndum eru í gildi reglugerðir um aðskotaefni í matvælum og eru þar m.a. tilgreind hámarksgildi fyrir kadmín, kvikasilfur og blý. Óheimilt er að dreifa matvælum sem innihalda aðskotaefni umfram hámarksgildi.

Öðru máli gegnir um næringarefnin járn, kopar, sink og mangan. Öll eru þau nauðsynleg fyrir líkamsstarfsemina þótt þau geti verið óæskileg í miklu magni og jafnvel valdið eitrunum. Einnig þessi efni geta borist út í umhverfið vegna mengunar frá iðnaði.

Umhverfi og hreinleiki afurða

Mjög mikilvægt er fyrir landbúnaðinn að fylgjast vel með aðskotaefnum í matvælum og umhverfi. Mikilvægar upplýsingar fást um hreinleika matvæla, ástand jarðvegs, fóðurs og sláturdýra. Þar sem kadmín, kvikasilfur og blý safnast fyrir í lifur og nýru skepna gefur styrkur efnanna í þessum líffærum vísbendingu um mengun eða hreinleika beitilandanna.

Vitað er að kvikasilfur og fleiri efni geta borist út í vistkerfið í miklum mæli við eldgos. Norrænt verkefni á sviði umhverfisvöktunar leiddi í ljós háan styrk nokkurra efna (einkum kadmíns, járn og kopars) í íslenskum mosum og var styrkurinn í vissum tilfellum talsvert hærrí en á hinum Norðurlöndunum, en álitid er að áfok jarðvegs skýri þennan mun að miklu leyti. Þessi atriði hafa leitt til þess að menn hafa dregið í efa að Ísland væri eins ómengað og af er látið þegar litið er til málma. Niðurstöður úr því verkefni sem hér er kynnt sýna hins vegar að málmar í mosum eru ekki nothæfur mælikvarði á málma í lambaafurðum.

Mögulegt er að kadmín berist úr fosfatáburði í búfé. Til að halda kadmínmengun matvæla og umhverfis í lágmarki er mikilvægt að velja tilbúinn áburð með sem minnstu kadmíni. Það kemur sér nú vel að notaður hefur verið áburður með litlu kadmíni á Íslandi. Mikilvægt er að svo verði áfram.

Í mörgum löndum er fólki ráðlagt að neyta innmatar úr sláturdýrum í mjög takmörkuðu magni eða alls ekki vegna hás styrks aðskotaefna. Þetta er að

mörgu leyti óheppilegt þar sem innmatur er sérlega næringarríkur. Ljóst er að engin ástæða er til að takmarka neyslu á íslenskum lambainnmat vegna kadmíns, kvikasilfuris eða blýs. Þetta kann einnig að renna stoðum undir útflutning á lambainnmat til landa þar sem innanlandsframleiðslan er ekki hæf til manneldis. Þess ber þó að geta að lifur sláturdýra getur innihaldið svo mikið af A-vítamíni að hennar þurfi að neyta í hófi.

Verkefnið

Markmiðið með því verkefni sem hér er greint frá var að fá áreiðanleg viðmiðunargildi fyrir kadmín, kvikasilfur, blý, járn, kopar, sink og mangan í lifur og nýrum lamba svo bera mætti saman við afurðir frá öðrum löndum. Einnig átti að leggja grunn að þekkingu á magni þessara ólífrænu snefilefna í líffærum lamba og rannsaka samband þeirra við sömu efni í umhverfinu. Niðurstöðurnar auka við þekkingu okkar á hreinleika íslensks umhverfis og landbúnaðarvара. Þær nýtast við kynningar, sölustarfsemi og umfjöllun um öryggi afurðanna.

Ólafur Reykdal hafði umsjón með verkefninu, vann við sýnatöku, vinnslu sýna og uppgjör. Arngrímur Thorlacius sá um þróun mæliaðferða og mælingar. Guðríður Þórhallsdóttir og Þorsteinn Jóhannsson unnu við sýni og mælingar.

Efni og aðferðir

Sýni

Sýni af lambalifur og lambanýrum voru tekin í sláturhúsunum á Selfossi, í Borgarnesi, á Hólmavík, Blönduósi, Húsavík og Höfn í Hornafirði. Sýnatakan fór fram í sláturtíð árin 1991 og 1992. Sláturtíð var skipt upp í þrjú jafnlöng tímabil og voru sýni tekin á fyrsta tímabilinu og aftur á því síðasta. Hverju sinni voru tekin fjögur sýni og fóru líffæri úr fimm lömbum í hvert sýni. Tilviljun réð því hvaða bæir lentu í úrtakinu en sýnatakan hverju sinni dreifðist á heilan dag. Eftir á var fundið út frá hvaða bæjum lömbin voru. Staðsetning bæjanna er sýnd á 1. mynd. Sýnafjöldi var 192, þ.e. 96 sýni fyrir hvora tegund líffæris.

Á árinu 1991 voru að auki tekin sýni úr lömbum sem gengu nálægt Heklu. Gos í Heklu hófst þann 17. janúar 1991 og því lauk 11. mars sama ár. Þessi sýni voru fyrir utan tilraunaskipulagið og voru lömbin valin þannig að þau höfðu gengið nálægt svæðum þar sem aska féll í gosinu. Lömbin voru frá bæjunum Skarði, Hólum og Næfurholti.

1. mynd. Staðsetning bæjanna sem komu við sögu í rannsókninni.



Sýnunum var komið fyrir í frystigeymslu á RALA þar til þau voru hökkuð. Vinnsla sýnanna var sérlega hreinleg til að koma í veg fyrir að þau menguðust.

Mælingar

Sýni voru undirbúin á sama hátt fyrir allar mælingar með því að leysa þau upp í saltpéturssýru og vetnisperoxíði með örbylgjuhitun og auknum þrýstingi í lokuðum hylkjum. Við mælingar á kadmíni og blýi var notað atómgleyfnitæki með grafitofni. Upplausninni var skammtað með pípettu í grafitofninn sem síðan var hitaður í áföngum upp í 1200°C fyrir kadmín og 2200°C fyrir blý. Við þetta sundrast aska sýnisins í atóm sem mæld eru með ljósgleyfnimælingu.

Kvikasilfur var einnig mælt með atómgleyfnitæki og var þá notuð svokölluð kaldeimsmæling. Kvikasilfurssambönd í sýni eru þá afoxuð með bórhydriðlausn til að mynda kvikasilfursgufu sem skilin er frá mælilausninni og atómin eru greind með ljósgleyfnimælingu. Við þessa mælingu er notuð flæði-innsþýtingaraðferð til að halda sýnastærð í lágmarki.

Til mælinga á járn, kopar, sinki og mangani var notað tæki fyrir atómútgeislunarmælingu í rafgasi eða plasma (ICP-tæki).

Við gæðaeftirlit með mælingunum voru notuð þrjú viðmiðunarsýni með þekkta samsetningu (BCR Certified Reference Materials). Heimtur efnanna voru mældar. Niðurstöður þessara mælinga eru sýndar í 15. og 16. töflu. Niðurstöður blýmælinga standast ekki allar gæðakröfur sem gerðar voru þar sem niðurstöður mælinga á viðmiðunarsýnum viku of mikið frá þekktum gildum. Aðrir gæðabættir fyrir blý, svo sem greiningarmörk, heimtur og breytileiki í mælingum, voru fullnægjandi. Niðurstöður fyrir önnur efni, sem mæld voru, eru fullnægjandi.

Upplausn 29 sýna var tvítekin til að kanna áreiðanleika mælinga. Niðurstöður fyrir kadmín ($\mu\text{g}/\text{kg}$) voru eftirfarandi: Upplausn 1: $31,0 \pm 19,4$ (10,8-114) og upplausn 2: $31,0 \pm 17,9$ (9,2-100). Niðurstöður eru meðaltal \pm SD (lægst – hæst). Einnig var járn, mangan, kopar og sink endurmælt í 32 upplausnum sýna. Munur á meðaltölum fyrstu og annarrar mælingar var 1% fyrir kopar, 18% fyrir járn og sink og 21% fyrir mangan.

Upplausn sýna

Sýni (0,2 g þurrefni) var vegið í teflonhylki, bætt var í 3 ml af hreinni (suprapur) saltpéturssýru og 2 ml af vatnsefnisperoxíð (pro analysi). Hylkinu var komið fyrir í lokaðri bombu (Parr 4782) sem var sett í örbylgjuofn ásamt bikarglasi með 100 ml af vatni. Þrjár bombur voru hitaðar í senn í örbylgjuofninum í 3 mín. Upplausninni í teflonhylkinu var hellt yfir í tilraunaglas úr plasti. Hylkið var skolað með afjónuðu vatni sem bætt var í tilraunaglasíð og loks var þynnt að 12 ml merki, einnig með afjónuðu vatni. Innihaldi tilraunaglasanna var blandað með því að hvolfa glösunum nokkrum sinnum. Notaðir voru tappar úr plasti. Eftir notkun voru teflonhylki skoluð tvisvar sinnum með afjónuðu vatni og látin þorna. Hylkin voru þurrkuð með örhlitlu asetóni ef þau voru ekki orðin þurr þegar kom að útvigtun. Tilraunaglös og tappar voru hreinsuð með saltpéturssýru og afjónuðu vatni.

Mælingar

Við mælingar á kadmíni og blýi var 20 µl af upplausn pípetterað í grafitofn. Notað var Perkin Elmer 2380 atómgleypnitæki með HGA-400 grafitofni. Kadmín var mælt við 228,8 nm, blý við 283,3 nm og notuð var deuterium bakgrunnsleiðrétting. Grafitrórið var hitað í fjórum þrepum: þurrkun, öskun, atómeimingu og eftirbrennslu. Hitastig við atómeimingu var 1200°C fyrir kadmín og 2200°C fyrir blý. Við mælingar á kvikasilfri var einnig notuð óþynnt upplausn. Fyrir ICP-mælingarnar var bætt í afjónuðu vatni sem nam 50%, þ.e. þynningarstuðull var 1,5. Við upphaf mælinga hvers dags voru gerðar mælingar á viðmiðunarsýni og gengið úr skugga um að mæliniðurstöðurnar væru í lagi. Viðmiðunarsýni, staðall og sýrublankur voru síðan mæld reglulega milli mælinga á sýnunum sjálfum.

Tölfræðiuppgjör

NCSS tölfræðiforritið (Number Cruncher Statistical System) var notað við uppjör. Fervikagreining var notuð til að meta marktækan mun eftir svæðum, árum og sýnatökutímabilum. Pearsons fylgnistuðlar voru reiknaðir til að meta fylgni efna í lifur og nýrum.

15. tafla. Heimtur og niðurstöður mælinga á viðmiðunarsýnum: kadmín, kvikasilfur og blý. Niðurstöður eru meðaltal ± SD (n).

	Kadmín	Kvikasilfur	Blý
Greiningarmörk, µg/kg, 3*SD blankur	2	7	10
Heimtur, %	91 (2)	95 (2)	83 (1)
Nákvæmni			
Nautalifur (BCR no. 185)			
Mælt, µg/kg	285 ± 19 (11)	46,1 ± 6,8 (11)	590 (472-697) (14)
Uppgefið, µg/kg	298 ± 25	44 ± 3	501 ± 27
Nautavöðvi (BCR no. 184)			
Mælt, µg/kg	16,7 ± 3,5 (10)	< LOD *)	223 ± 36 (10)
Uppgefið, µg/kg	13 ± 2		239 ± 11
Svínanýru (BCR no. 186)			
Mælt, µg/kg			328 (2)
Uppgefið, µg/kg			306 ± 12
Hlutfallsleg staðalfrávik, %			
Nautalifur	7	15 (11)	13 (14)

*) < LOD (limit of detection): Undir greiningarmörkum.

16. tafla. Heimtur og niðurstöður mælinga á viðmiðunarsýnum: járn, kopar, sink og mangan. Niðurstöður eru meðaltal \pm SD (n).

	Járn	Kopar	Sink	Mangan
Greiningamörk, $\mu\text{g/kg}$, 3*SD blankur	1,17	0,72	0,35	0,63
Heimtur, %	118 (2)	111 (2)	112 (2)	117 (2)
Nákvæmni				
Nautalifur (BCR no. 185)				
Mælt, $\mu\text{g/kg}$	208 \pm 11 (4)	197 \pm 12 (4)	143 \pm 9 (4)	9,4 \pm 0,6 (4)
Uppgefið, $\mu\text{g/kg}$	214 \pm 5	189 \pm 5	142 \pm 3	9,3 \pm 0,3
Svínanýru (BCR no. 186)				
Mælt, $\mu\text{g/kg}$	294 \pm 0,6 (3)	33,3 \pm 0,5 (3)	130 \pm 3 (3)	8,2 \pm 0,1 (3)
Uppgefið, $\mu\text{g/kg}$	299 \pm 10	31,9 \pm 0,4	128 \pm 3	8,5 \pm 0,3
Hlutfallsleg staðalfrávik %				
Nautgripalifur	5 (4)	6 (4)	7 (4)	7 (4)
Svínanýru	0,2 (3)	3 (3)	3 (3)	1 (3)

Niðurstöður

Allar niðurstöður eru gefnar upp fyrir ferskvigt. Þurrefni í lifur var að meðaltali 29,8 g/100g (28,5-32,8 g/100g) og þurrefni í nýrum var að meðaltali 21,3 g/100g (19,8-22,8 g/100g). Marktækur munur ($p < 0,001$) var á þurrefni eftir land-svæðum fyrir bæði líffærin. Uppgjör var því gert bæði fyrir ferskvigt og þurrvigt en niðurstöður voru samhljóða hvor leiðin sem var farin.

Við gæðaeftirlit með mælingum voru notuð heimtupróf og viðmiðunarsýni með þekktan styrk efnanna sem var verið að mæla. Gæði mælinga voru fullnægjandi að undanskildum mælingum á blýi í viðmiðunarsýnum. Blýniðurstöður eru því settar fram með fyrirvara.

Kadmín

Kadmín úr fóðrinu safnast fyrir í nýrum og lifur skepnanna og eykst magnið með aldri. Styrkur kadmíns í kjötinu sjálfu er umtalsvert lægri en í lifur og nýrum. Styrkur kadmíns og fleiri ólífrænna snefilefna í innmat er hins vegar oft notað sem vísbending um heilnæmi kjötsins. Með því að mæla kadmín í lifur og nýrum fæst nokkur vísbending um mengun beitolandanna.

Niðurstöður

Niðurstöður mælinga á kadmíni koma fram í 17. töflu. Marktækur munur kom fram eftir svæðum (lifur $p < 0,01$, nýru $p < 0,001$). Flest hæstu gildin fyrir kadmín komu fram á Vestfjörðum, Suðausturlandi og Vesturlandi. Ekki var marktækur munur á magni kadmíns í innmat þegar árin 1991 og 1992 voru borin saman. Munur kom heldur ekki fram eftir því hvort sýni voru tekin snemma eða seint í sláturtíð.

17. tafla. Kadmín í lambalifur og lambanýrum eftir landshlutum.

Svæði	Fjöldi sýna	Kadmín (mg/kg) í lifrum Meðaltal (lægst-hæst)	Kadmín (mg/kg) í nýrum Meðaltal (lægst-hæst)
Suðurland	16	0,024 (0,009-0,052)	0,025 (0,007-0,058)
Vesturland	16	0,056 (0,014-0,230)	0,066 (0,019-0,242)
Vestfirðir	16	0,066 (0,035-0,130)	0,108 (0,053-0,254)
Húnavatnssýslur	16	0,028 (0,015-0,052)	0,034 (0,014-0,070)
Þingeyjarsýslur	16	0,038 (0,011-0,129)	0,041 (0,012-0,114)
Suðausturland	16	0,057 (0,025-0,208)	0,073 (0,014-0,185)
Öll svæði	96	0,045 (0,009-0,230)	0,058 (0,007-0,254)

Kadmín í lifur var að meðaltali 0,045 mg/kg fyrir öll svæðin en miðgildið er aftur á móti lægra, 0,035 mg/kg. Meðaltal fyrir nýru var 0,058 mg/kg og miðgildi 0,040 mg/kg. Í eftirlitsmælingum yfirdýralæknis hafa fengist svipaðar niðurstöður (Brynjólfur Sandholt 1992).

Svo virðist sem nokkur fylgni sé milli kadmíns í lifur og nýrum og er fylgnistuðull 0,70. Að jafnaði var heldur meira kadmín í íslenskum lambanýrum en í lifur og var hlutfallið að meðaltali 1,3. Hlutfallið er í 75% tilfella undir 1,5. Í erlendum rannsóknum kemur yfirleitt í ljós að talsvert meira kadmín er í nýrum en lifur. Út frá upplýsingum í 18. töflu má sjá að hlutfallið milli kadmíns í nýrum og kadmíns í lifur er á bilinu 1,9-3,9 í nokkrum erlendum rannsóknum.

Samkvæmt Kostial (1986) er kadmín í dýrum tekið upp úr blóði í lifur og þar binst það próteinum (metallóþíonein). Kadmín losnar hægt úr lifrinni og flyst með blóðinu einkum til nýrna. Þar sem lifrin er stærra líffæri en nýrun geymir hún stærstan hluta kadmínsins í líkamanum. Það getur verið að hlutfallslega lítið kadmín í nýrum íslensku lambanna sé vegna þess hve ung þau eru við slátrun. Einnig getur verið að lítið kadmín í fóðri geri lifrinni kleift að binda það að mestu leyti.

Umhverfisþættir

Það sem ræður mestu um styrk kadmíns í lifur og nýrum er aldur dýrs og styrkur kadmíns í umhverfinu. Lömb fá alltaf eitthvað af jarðvegi með grasinu sem bitið er. Á Nýja-Sjálandi er talið að jarðvegur geti numið a.m.k. 10% af því þurrefni sem skepnan innbyrðir (Grace o.fl. 1996). Íslenskur jarðvegur inniheldur eitthvað af kadmíni og fjölmörgum öðrum ólífrænum snefilefnum. Því má ætla að áfok jarðvegs auki það kadmín sem lömb fá í sig. Hins vegar kom í ljós að hæstu gildin fyrir kadmín í íslenskum lambainnmat voru frá svæðum utan gosbeltisins þar sem síst gætir áfoks jarðvegs. Lægstu gildin voru frá Suðurlandi þar sem búast má við nokkru áfoki jarðvegs. Þessar niðurstöður gefa því tilefni til að hugleiða hversu vel kadmín er nýtanlegt, enda getur samspil ýmissa ólífrænna snefilefna haft áhrif á það hversu mikið kadmín er tekið upp úr meltingarvegi. Þar sem íslenskur jarðvegur er járnríkur er hugsanlegt að járn úr jarðvegi dragi úr nýtingu kadmíns í meltingarvegi lamba vegna samkeppni jónanna (antagonistic interaction). Önnur snefilefni en járn gætu einnig komið við sögu. Þekkt er að járn og sink geta dregið úr frásogi kadmíns þegar magn kadmíns er umtalsvert, en minna er vitað um eðli samspilsins þegar styrkur kadmíns er lágur (Kostial 1986).

Hægt er að bera saman kadmín í mosum og innmat lamba eftir landshlutum. Árið 1990 var Ísland í fyrsta skipti með í norrænni rannsókn á ólífrænum snefilefnum í mosum. Erlendis hafa slíkar niðurstöður verið notaðar til að meta loftborna mengun. Í íslenskum mosum kom fram talsvert kadmín og var styrkurinn hæstur á gosbeltinu (Rühling 1992, Rühling og Steinnes 1998) en þetta hefur verið rakið til áfoks jarðvegs. Hæstu og lægstu gildi fyrir kadmín í

lambainnmat dreifðust með öðrum hætti og mosarannsóknin gefur því ekki vísbendingar um kadmín í íslenskum lambaafurðum.

Ósennilegt er að kadmín úr tilbúnum áburði skýri breytileika í kadmíni fyrir íslenskar lambaafurðir. Áburður sem framleiddur er í Gufunesi inniheldur lítið kadmín. Á Nýja-Sjálandi og Ástralíu hefur verið notaður áburður með nokkru af kadmíni. Kadmín í jarðvegi á Nýja-Sjálandi hefur aukist frá því sem áður var vegna notkunar á fosfat-áburði (Grace o.fl. 1993). Tilraunir þar í landi hafa einnig sýnt að kadmín í áburði eykur kadmíninnihald bæði jarðvegs og gróðurs (Roberts o.fl. 1997). Í ástralskri rannsókn á lifur og nýrum sauðfjár (Langlands o.fl. 1988) kom fram landshlutamunur á styrk efnisins. Höfundarnir töldu að muninn mætti rekja til þess að jarðvegur sem skepnurnar innbyrtu hefði verið mengaður kadmíni úr áburði. Robert o.fl. (1997) fundu hins vegar að lítill hluti kadmíns sem sauðfé fékk kom úr jarðvegi, heldur kom kadmínið að langmestu leyti úr plöntum.

Styrkir kadmíns í lifur lamba frá bæjunum Skarði, Hólum og Næfurholti í nágrenni Heklu voru 0,015, 0,022 og 0,053 mg/kg. Lömbin áttu að hafa verið á beit í nágrenni við svæði þar sem aska féll í Heklugosinu 1991. Kadmín í öðrum sýnum sem tekin voru af lifur frá bæjum á Suðurlandi sama ár (1991) var á bilinu 0,009 til 0,053 mg/kg. Þessi sýni voru átta og voru úr lömbum frá bæjum víða á Suðurlandi (Fljótshlíð, Landeyjum, Holtahreppi, Hrunamannahreppi, Gnúpverjahreppi, Biskupstungum og Ölfusi). Styrkir kadmíns í nýrum lamba frá Skarði, Hólum og Næfurholti voru 0,027, 0,063 og 0,076 mg/kg en niðurstöður frá öðrum bæjum á Suðurlandi þetta ár voru á bilinu 0,010 til 0,058 mg/kg. Kadmín í nýrum lamba frá Hólum og Næfurholti er nokkru herra en mældist í öðrum sambærilegum sýnum frá Suðurlandi en ekki verður fullyrt hvort um áhrif frá eldgosinu er að ræða. Alla vega eru áhrifin ekki umtalsverð í þessum tilfellum.

Samanburður við hámarksgildi í reglugerð

Í reglugerð um aðskotaefni er sett hámarksgildi fyrir styrk kadmíns í innmat. Á Íslandi er hámarksgildið fyrir innmat 0,5 mg kadmín/kg. Sama hámarksgildi gildir hjá Evrópusambandinu. Hæsta gildið úr þeirri rannsókn sem hér er kynnt var 51% af hámarksgildinu. Í rannsókn á Nýja-Sjálandi 1993 fór kadmín í nýrum sauðfjár yfir leyfilegt hámark í 22-28% tilfella en á þeim tíma var hámarkið tvöfalt herra eða 1 mg/kg. Styrkur kadmíns í nýrum fór eftir aldri skepnanna. Þannig innihélt 1% af nýrum lamba og 30% af nýrum fullorðins fjár meira en leyfilegt magn kadmíns (Roberts o.fl. 1994). Í ástralskri rannsókn fór kadmín í lambanýrum í engu tilfelli yfir hámarksgildið, sem þá var 2,5 mg/kg, en 2% sýnanna fóru yfir 1 mg Cd/kg (Morkombe o.fl. 1994). Kadmín í 72% sýna af nýrum úr fullorðnu fé fór yfir hámarksgildi. Kadmín í lifur og nýrum sauðfjár jókst með aldri, var herra á þungbeittum svæðum og hæst í Suður- og Vestur-Ástralíu.

Samanburður við erlendar niðurstöður

Í 18. töflu eru sýndar niðurstöður fyrir kadmín í lifur og nýrum sauðfjár frá nokkrum löndum. Kadmín í lifur og nýrum íslenskra lamba er með því lágsta sem þekktist og mun lægra en gefið er upp í ýmsum löndum. Há gildi frá Suður-Noregi vekja athygli en verið getur að súr jarðvegur geri kadmín aðgengilegt fyrir plöntur.

18. tafla. Kadmín í líffærum sauðfjár í ýmsum löndum raðað eftir vaxandi styrk í lifur.

Land	Aldur mánuðir	Lifur mg/kg	Nýru mg/kg
Svíþjóð ^a		0,031 (0,015-0,13, n=11)	0,12 (0,018-1,3, n=98)
Ísland ^b	4-6	0,045 (0,009-0,230, n=96)	0,058 (0,007-0,254, n=96)
Þýskaland ^c	6-7	0,048 (0,005-0,191, n=207)	0,092 (0,017-0,457, n=207)
Finnland ^d		0,060 (n=4)	0,140 (n=4)
Kanada ^e		0,06 (0,01-0,40, n=152)	0,17 (0,01-2,42, n=155)
Holland ^f	2-48	0,089 (<0,001-1,89, n=123)	0,289 (<0,001-2,57, n=124)
N-Noregur ^g	5-6	0,180 (0,09-0,320, n=15)	
Þýskaland ^h	6-24	0,27 (0,005-1,25, n=62)	0,547 (0,043-1,818, n=71)
S-Noregur ⁱ	5-6	0,390 (0,040-0,850, n=15)	

Heimildir: ^a Jorhem 1999. ^b Þessi rannsókn. ^c Knoppler o.fl. 1979. ^d Nurtamo o.fl. 1980. ^e Salisbury o.fl. 1991. ^f Vos o.fl. 1988. ^g Frøslie o.fl. 1985. ^h Schulz-Schröder 1991. ⁱ Frøslie o.fl. 1985.

Kvikasilfur

Niðurstöður fyrir kvikasilfur koma fram í 19. töflu. Gildin eru mjög lág og hluti þeirra er undir greiningarmörkum, 7 µg/kg (þeim styrk sem hægt var að ákvarða með nægjanlegri vissu). Gildi sem eru lægri en greiningarmörkin eru venjulega birt sem „<greiningarmörk“ eða <7 µg/kg í þessu tilfelli, en í þessari skýrslu eru öll útreiknuð gildi gefin upp og notuð við tölfræðilegt uppgjör.

Að meðaltali var kvikasilfur í lambalifur 8,6 µg/kg en miðgildið var 7,8 µg/kg. Meðaltal fyrir kvikasilfur í nýrum var 11,5 µg/kg en miðgildi var 9,0 µg/kg.

Marktækur munur kom fram eftir svæðum fyrir bæði líffærin ($p < 0,001$). Að meðaltali kom fram mest kvikasilfur í sýnum frá Þingeyjarsýslum. Á óvart kom að sýni af Suðurlandi innihéldu minnst kvikasilfur og ekkert hæstu gildanna kom af þessu svæði. Lítil munur var á kvikasilfri í lifrum og nýrum, nema helst fyrir Þingeyjarsýslur og Vestfirði. Þetta gæti bent til þess að uppsöfnun á

kvikasilfri hafi verið lítil. Algengt er að erlendar rannsóknir sýni umtalsverðan mun á styrk kvikasilfurs í lifur og nýrum.

19. tafla. Kvikasilfur í lambalifur og lambanýrum eftir landshlutum.

Svæði	Fjöldi sýna	Kvikasilfur ($\mu\text{g}/\text{kg}$) í lifrum Meðaltal (lægst-hæst)	Kvikasilfur ($\mu\text{g}/\text{kg}$) í nýrum Meðaltal (lægst-hæst)
Suðurland	16	5,8 (0,4 - 10,9)	5,0 (0,0 - 12,7)
Vesturland	16	7,1 (0,0 - 22,6)	10,5 (2,5 - 26,8)
Vestfirðir	16	7,5 (1,7 - 14,5)	16,0 (3,4 - 39,2)
Húnavatnssýslur	16	6,6 (2,2 - 16,7)	8,1 (0,6 - 29,7)
Þingeyjarsýslur	16	12,9 (2,4 - 31,2)	20,1 (1,4 - 81,0)
Suðausturland	16	11,9 (2,9 - 26,4)	9,4 (0,0 - 27,7)
Öll svæði	96	8,6 (0,0 - 31,2)	11,5 (0,0 - 81,0)

Kvikasilfur í nýrum var marktækt hærra ($p < 0,001$) 1991 (meðaltal 14,9 $\mu\text{g}/\text{kg}$) en 1992 (meðaltal 8,2 $\mu\text{g}/\text{kg}$). Fimm hæstu gildin komu fyrir 1991 og er um að ræða sýni frá Þingeyjarsýslum og Vestfjörðum. Hæpið er að rekja þennan áramun til eldgossins 1991. Marktækur munur milli ára kom ekki fram fyrir lifur. Aftur á móti kom fram marktækur munur milli sýnatökutímabila fyrir lifur ($p < 0,01$).

Styrkir kvikasilfurs í lifur lamba frá bæjunum Skarði, Hólum og Næfurholti í nágrenni Heklu voru 17, 5 og 3 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Kvikasilfur í öðrum sýnum sem tekin voru af lifur frá bæjum á Suðurlandi sama ár (1991) var á bilinu 4 til 11 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Styrkir kvikasilfurs í nýrum lamba frá Skarði, Hólum og Næfurholti voru 9, 3 og 5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ en niðurstöður frá öðrum bæjum á Suðurlandi þetta ár voru á bilinu 0 til 13 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Öll þessi gildi eru mjög lág og sum þeirra eru undir greiningarmörkum. Í þessum tilfellum eru engar afgerandi vísbendingar um kvikasilfurmengun í lifur og nýrum vegna eldgossins.

Í Noregi hefur komið fram munur á styrk kvikasilfurs í lambalifrum eftir landshlutum (Frøslie o.fl. 1985). Meðaltal fyrir sýni frá Suður-Noregi var 16 $\mu\text{g Hg}/\text{kg}$ en 4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ fyrir Norður-Noreg. Okkar niðurstöður liggja þarna á milli og eru yfirleitt meðal lægri gilda sem birt hafa verið (Vos o.fl. 1988).

Fiskafurðir eru helsta uppspretta kvikasilfurs í fæðinu. Í reglugerð um aðskotaefni í matvælum ná hámarksgildi fyrir kvikasilfur aðeins til fiskafurða. Yfirleitt er styrkur kvikasilfurs mjög lágur í landbúnaðarafurðum. Í sláturdýrum er styrkurinn hæstur í nýrum eða lifur. Ekki ætti að vera mikil hætta á kvikasilfurmengun hér á landi en þó er vitað að kvikasilfur losnar úr læðingi í eldgosum. Kvikasilfur sem þannig losnar er rokgyarnt og hefur verið álitid að það stuðli ekki að aukinni upptöku kvikasilfurs í menn á Íslandi (Þorkell Jóhannesson 1980).

Blý

Niðurstöður fyrir blý koma fram í 20. töflu. Hafa þarf í huga að niðurstöður blýmælinga á viðmiðunarsýnum voru ekki fullnægjandi og eru niðurstöður fyrir blý því birtar með fyrirvara. Lambalifrar og lambanýru af Suðausturlandi skera sig úr með hæstan styrk blýs. Styrkurinn fyrir hin svæðin virðist vera svipaður. Munur eftir árum kemur hins vegar ekki fram. Athygli vekur að munur á blýi í lifur og nýrum er að jafnaði fremur lítill. Niðurstöðurnar eru með því lágsta sem birt hefur verið (Vos o.fl. 1988) og mun lægri en birt hefur verið fyrir iðnaðarsvæði (Falandysz 1991). Gildi fyrir blý í lifur og nýrum lamba sem voru á beit í nágrenni Heklu eftir eldgosíð 1991 voru svipuð þeim gildum sem mældust í sambærilegum sýnum annars staðar á Suðurlandi.

Í norrænum og evrópskum rannsóknum reyndist styrkur blýs í íslenskum mosum mjög lágur (Rühling 1992, Rühling og Steinnes 1998) og var hann hæstur á Suðausturlandi. Fyrir blý fæst því samsvörun milli blýs í lambalifur og loftborinnar blýmengunar samkvæmt mælingum á mosum. Reikna má með því að lágan blýstyrk megi skýra út frá lítilli mengun frá blýbensíni utan höfuðborgarsvæðisins. Einnig er minna blý í íslensku bergi en í bergi meginlandanna (Kristján Geirsson 1994). Í Noregi hefur einnig komið fram samræmi milli blýstyrks í lambalifur og loftborinnar blýmengunar (Frøslie 1985). Álitíð er að blý úr bensíni hafi verið helsta uppspretta þessarar mengunar en á seinustu árum hefur stórlega dregið úr notkun blýs í bensín.

20. tafla. Blý í lambalifur og lambanýrum eftir landshlutum.

Svæði	Fjöldi sýna	Blý ($\mu\text{g}/\text{kg}$) í lifrum Meðaltal (lægst-hæst)	Blý ($\mu\text{g}/\text{kg}$) í nýrum Meðaltal (lægst-hæst)
Suðurland	16	40,1 (26,1 - 57,3)	43,1 (29,8 - 86,4)
Vesturland	16	42,5 (31,1 - 55,9)	38,1 (26,0 - 48,7)
Vestfirðir	16	35,1 (17,1 - 49,7)	44,8 (30,7 - 77,6)
Húnavatnssýslur	16	35,4 (21,9 - 61,5)	28,8 (20,2 - 40,8)
Þingeyjarsýslur	16	34,3 (9,8 - 45,9)	31,3 (15,3 - 55,0)
Suðausturland	16	73,3 (40,7 - 159)	99,1 (44,4 - 501)
Öll svæði	96	43,5 (9,8 - 159)	47,5 (15,3 - 501)

Blý í sláturafurðum fer eftir staðbundinni blýmengun í beitolöndum eða fóðri. Blý safnast einkum fyrir í beinum og nýrum en styrkur í kjötinu sjálfu er óverulegur. Á Íslandi er hámarksgildi fyrir blý í innmat 0,2 mg/kg. Okkar meðaltal er um fjórðungur af þessu gildi. Hins vegar er þekkt í sumum þéttbýlum iðnaðarlöndum að lambalifur er óneysluhæf vegna blýinnihalds. Í Þýskalandi hefur komið í ljós að meiri hætta er á að lambalifur sé menguð með blýi en kadmíni eða kvikasilfri (Langlands o.fl. 1988) enda hefur mikið blý verið notað í iðnaði á síðustu áratugum.

Járn

Lambalifur reyndist vera sérstaklega járnrík og voru niðurstöðurnar hærri en viðmiðunargildi frá grannlöndunum. Í 21. töflu kemur fram að meðaltal fyrir járn í lifur er lægst fyrir lömb frá Vestfjörðum en hæstu gildin í lifrum lamba eru frá gosbeltinu. Munurinn var marktækur eftir svæðum ($p < 0,05$). Samsvarandi munur fyrir járn magn í mosum hefur komið fram eftir svæðum (Rühling 1992, Rühling og Steinnes 1998). Járn í lambanýrum var um þriðjungur af því magni sem mældist í lifrum. Þótt nokkur munur hafi verið á járn í nýrum eftir svæðum, fylgdi það ekki sama mynstri og í lifrinni.

21. tafla. Járn í lambalifur og lambanýrum eftir landshlutum.

Svæði	Fjöldi sýna	Járn (mg/kg) í lifrum Meðaltal (lægst-hæst)	Járn (mg/kg) í nýrum Meðaltal (lægst-hæst)
Suðurland	16	156 (78 - 296)	51,6 (42,4 - 69,0)
Vesturland	16	133 (94 - 230)	45,7 (34,4 - 58,3)
Vestfirðir	16	118 (77 - 166)	57,6 (42,7 - 73,5)
Húnavatnssýslur	16	138 (79 - 218)	54,0 (36,1 - 75,8)
Þingeyjarsýslur	16	151 (88 - 335)	53,1 (39,7 - 76,7)
Suðausturland	16	149 (90 - 223)	54,0 (37,5 - 66,4)
Öll svæði	96	141 (77 - 335)	52,7 (34,4 - 76,7)

Telja má að áfok jarðvegs skýri þann mun sem er á járn í mosum eftir landshlutum, enda er íslenskt berg mjög járnríkt og jarðvegur er sömuleiðis járnríkur. Einnig má ætla að jarðvegur sé helsta uppspretta járn fyrir lömbin. Jarðvegur getur gefið umtalsverðan hluta af þeim steinefnum sem grasbítar taka inn. Jarðvegur getur verið 10-14% af þurrefni sem grasbítar fá og allt upp í 40% er þekkt (Suttle o.fl. 1975). Ljóst er að þannig fæst mikið járn þótt ekki sé það allt tekið upp úr meltingarvegi.

Hjá dýrum er járn haldið í jafnvægi með því að stýra frásogi þess úr meltingarvegi. Þeir þættir sem einkum hafa áhrif á frásogið eru aldur og koparbúskapur dýrsins, magn og form járn í fóðri og efni sem geta aukið eða dregið úr nýtingu járn. Breytileikinn fyrir járn í íslenskri lambalifur er athyglisverður þar sem ekki er sjálfgefið að mikið járn í fóðri endurspeglast í lifur. Ætla má að skepnur á beit á gosbeltinu fái sérlega mikið af járn og hluti þess sé nýtanlegt. Rannsókn sem gerð var á steinefnabúskap íslenskra hreindýra (Chase o.fl. 1994) styður það að grasbítar á gosbeltinu fái mikið járn. Í fóðri hreindýranna mældist mikið járn og höfðu greinarhöfundar nokkrar áhyggjur af mögulegri járneitrun.

Kopar

Niðurstöður

Marktækur munur ($p < 0,01$) kom fram á koparinnihaldi lambalifra eftir landshlutum (22. tafla). Tífoldur munur er á hæstu og lægstu kopargildum fyrir lifur í þessari rannsókn. Flest lægstu gildin eru frá Suðurlandi og eru allra lægstu gildin úr Fljótshlíð. Flest hæstu gildin eru frá Þingeyjarsýslum en þó koma há gildi fyrir í öllum landshlutum. Þessi mikli munur er athugunarverður vegna þess að sauðfé er mjög viðkvæmt fyrir koparskort.

Kopar í nýrum var ekki eins breytilegur og í lifur enda er lifrin það líffæri sem geymir mestan kopar. Tæplega tvöfaldur munur var á hæstu og lægstu kopargildum í nýrum.

22. tafla. Kopar í lambalifur og lambanýrum eftir landshlutum.

Svæði	Fjöldi sýna	Kopar (mg/kg) í lifrum Meðaltal (lægst-hæst)	Kopar (mg/kg) í nýrum Meðaltal (lægst-hæst)
Suðurland	16	19,7 (7,3 - 68,2)	2,97 (2,57 - 3,72)
Vesturland	16	24,1 (11,3 - 61,8)	2,65 (2,33 - 2,98)
Vestfirðir	16	29,6 (15,4 - 54,7)	3,14 (2,85 - 3,53)
Húnavatnssýslur	16	26,2 (17,2 - 48,1)	2,83 (2,60 - 3,20)
Þingeyjarsýslur	16	33,7 (15,9 - 53,3)	2,89 (2,63 - 3,24)
Suðausturland	16	35,0 (15,4 - 66,5)	2,85 (2,11 - 3,97)
Öll svæði	96	28,1 (7,3 - 68,2)	2,89 (2,11 - 3,97)

Umhverfisþættir

Íslenskt berg er koparríkt borið saman við meginlöndin (Kristján Geirsson 1994). Íslenskir mosar innihalda meiri kopar en kom fram í mosum á hinum Norðurlöndunum og var styrkurinn hæstur á gosbeltinu (Rühling og Steinnes 1998). Svæðamunur á koparinnihaldi lifra tengist ekki gosbeltinu og þarf að leita annarra skýringa.

Styrkur kopars í íslenskum lambalifrum er lágur borið saman við önnur lönd. Í norski rannsókn (Frøslie o.fl. 1985) var styrkur kopars í lambalifur að meðaltali ríflega tvöfalt hærri en kom fram í íslensku rannsókninni. Það má því ætla að einhverjir þættir dragi úr nýtingu kopars hjá íslensku lömbunum. Það þarf þó að hafa í huga að talsverður munur kann að vera á koparinnihaldi lifra eftir sauðfjárkynjum.

Styrkur kopars í íslenskum grösum hefur mælst frekar lágur (Björn Guðmundsson og Þorsteinn Þorsteinsson 1980) og koparskortur í lömbum (fjöruskjögur) hefur einstöku sinnum greinst hér á landi í sauðfé sem hefur verið á fjörubeit. Álitid er að í fjörugróðri sé efni sem dregur úr nýtingu kopars.

Koparskortur hefur þó einnig verið staðfestur í íslensku sauðfé sem ekki gengur í fjöru. Koparsúlfat hefur í einstaka tilfellum verið gefið.

Samspil efna

Þekkt er að járn, mólýbden, brennisteinn, sink og kadmín geta dregið úr nýtingu kopars hjá sauðfé (Lee o.fl. 1999). Athyglin hefur mest beinst að samspili mólýbdens og kopars. Fáir skepnar mikið mólýbden getur það leitt til koparskorts. Samspil járn og kopars hefur verið minna rannsakað en Grace og Lee (1990) töldu að járn í fóðri geti haft mikil áhrif á koparbúskap sauðfjár. Þeir gáfu sauðfé járnúlfat og leiddi það til þess að styrkur kopars í lifur lækkaði umtalsvert. Aftur á móti mældist ekki breyting á kopar í lifur þegar járn var gefið í jarðvegi (Grace o.fl. 1996). Í annarri tilraun var sýnt fram á að mólýbdenríkur jarðvegur dró úr nýtingu kopars hjá sauðfé (Suttle o.fl. 1975).

Grasbítar fá alltaf eitthvað af jarðvegi með því grasi sem bitið er og áfok jarðvegs verður til þess að auka við þann jarðveg sem skepnur fá. Með jarðvegi geta borist efni sem draga úr nýtingu kopars. Mikið járn er í íslenskum jarðvegi og er mögulegt að það dragi úr nýtingu kopars hjá sauðfé. Ekki er greinilegt samband milli járn og kopars í íslensku lifrunum svo ekki verður um þetta fullyrt. Lítið er vitað um mólýbden við íslenskar aðstæður en vel er mögulegt að það hafi áhrif á nýtingu kopars í íslenskum lömbum.

Koparbúskapur

Jórturdýr hafa þá sérstöðu að geta bundið sérlega mikinn kopar í lifur en jafnframt hafa þau lítinn hæfileika til að losa sig við koparinn og getur verið sérlega mikill kopar í lifur fullorðinna dýra (Davis og Mertz 1987). Magn kopars í lifur fer eftir dýrategund, aldri, kopar í fóðri og samspili kopars og annarra efna. Sauðfé bindur hlutfallslega meiri kopar í lifur en nautgripir og getur styrkur kopars í lifur sauðfjár orðið hár. Talsverður munur getur verið milli einstaklinga og er hann ekki allur vegna mismunandi magns kopars í fóðri heldur geta erfðir átt þátt í mismunandi losun kopars.

Styrk kopars í lifur er hægt að nota sem vísbendingu um koparbúskap dýrsins. Sauðfé er meðal dýrategunda sem hafa mestan kopar í lifur og eru venjuleg gildi talin vera á bilinu 30-120 mg/kg ferskvigt eða 100-400 mg/kg þurrefni (Davis og Mertz 1987). Talsverður hluti (60%) íslensku lifrarsýnanna innihélt minni kopar en sem svarar 30 mg/kg. Þetta er vísbending um það að koparinn nýtist illa vegna samspils við járn, mólýbden eða önnur efni. Einnig getur verið að stór hluti koparsins í jarðveginum sé bundinn öðrum efnum eða lítill kopar sé fyrir hendi í beitolöndunum.

Koparskortur hjá jórturdýrum er alvarlegt vandamál á Nýja-Sjálandi (Lee og Grace 1997) og er styrkur kopars í lifur og blóði enn notaður sem viðmiðun. Davis og Mertz (1987) sögðu frá rannsókn þar sem kopar í lifur lamba með fjöruskjögur var á bilinu 1-2 mg/kg ferskvigt eða 4-8 mg/kg þurrefni. Grace og Lee (1990) töldu að hætta væri á koparskorti ef kopar í lifur sauðfjár færi undir

20 mg/kg ferskvigt. Um 32% af lifrarsýnum í þessari rannsókn eru undir mörkunum (20 mg/kg) og er því hugsanlegt að nokkuð sé um dulinn koparskort hér á landi. Athyglisvert er að átta lægstu kopargildin (undir 11 mg/kg) eru fyrir lifrar frá Suðurlandi (Fljótshlíð, Hrunamannahreppur, Langholtskot, Eystra-Geldingaholt, Villingavatn og Ölfus). Önnur lifrarsýni undir 20 mg kopar/kg voru frá eftirtöldum stöðum: Vesturland (Eyjahreppur, Lundareykjadalur, Reykholtssdalur, Helgafellssveit), Vestfirðir (Sveitir við Steingrímsfjörð, Kaldrananeshreppur), Suðausturland (Nes, Litla-Sandvík, Bæjarhreppur), Þingeyjarsýslur (Mývatnssveit, Baldursheimur), Suðurland (Biskupstungur, Holtahreppur), Húnavatnssýslur (Káradalstunga, Áshreppur, Stóra-Giljá, Svínavatnshreppur).

Of mikill kopar getur einnig leitt til eitrunar hjá öllum dýrum. Engar niðurstöður fyrir kopar í íslenskum lifrum eru það háar að óttast þurfi kopareitrun. Aftur á móti getur kopareitrun í sauðfé verið vandamál inn til dala í Noregi (Frøslie o.fl. 1985) þar sem lítið mólýbden er í jarðvegi. Á þessum slóðum mælist kopar í lambalifur allt að 150 mg/kg. Samkvæmt Davis og Mertz (1987) koma merki um kopareitrun ekki fram fyrr en kopar í lifur fer yfir 150 mg/kg.

Nokkur gildi fyrir kopar í lambalifur eru tekin saman hér að neðan (ferskvigt):

Kopar í íslenskri lambalifur	7,3 –68,2 mg/kg	Þessi rannsókn
Eðlileg gildi fyrir kopar í lambalifur	30-120 mg/kg	Davis og Mertz 1987
Hætta á koparskorti: Kopar í lifur	<20 mg/kg	Grace og Lee 1990
Kopar í lifur lamba með fjöruskjögur	1-2 mg/kg	Davis og Mertz 1987
Kopar í lifur lamba með kopareitrun	>150 mg/kg	Davis og Mertz 1987

Sink

Niðurstöður fyrir sink eru lítið breytilegar (23. tafla) enda er stór hluti sinks í beinum. Þó kom fram marktækur munur á sinki í nýrum eftir svæðum. Sink í nýrum var hæst á Vestfjörðum bæði árin. Reyndar gildir það um öll efnin, nema kvikasilfur, að styrkur þeirra er að meðaltali hæstur á Vestfjörðum. Líta má á niðurstöður fyrir sink í lifur og nýrum sem eðlileg viðmiðunargildi. Gildin eru svipuð þeim gildum sem hafa fengist í öðrum löndum (Frøslie o.fl. 1985).

Mangan

Gildi fyrir mangan eru lítið breytileg (24. tafla) og má líta á þau sem eðlileg viðmiðunargildi. Munur eftir svæðum er óverulegur þótt hann sé marktækur fyrir nýru. Aftur á móti kemur fram marktækur munur eftir árum. Sá litli breytileiki sem kemur fram bendir til þess að ekki sé um uppsöfnun á mangani að ræða vegna umhverfismengunar.

23. tafla. Sink í lambalifur og lambanýrum eftir landshlutum.

Svæði	Fjöldi sýna	Sink (mg/kg) í lifrum Meðaltal (lægst-hæst)	Sink (mg/kg) í nýrum Meðaltal (lægst-hæst)
Suðurland	16	49,0 (33,6 - 72,1)	25,9 (20,2 - 42,2)
Vesturland	16	49,7 (41,2 - 57,1)	24,5 (21,0 - 27,6)
Vestfirðir	16	43,3 (36,7 - 51,2)	28,0 (23,5 - 31,8)
Húnavatnssýslur	16	46,8 (36,3 - 61,8)	24,4 (21,6 - 30,0)
Þingeyjarsýslur	16	55,9 (35,8 - 154)	24,5 (21,7 - 31,0)
Suðausturland	16	47,4 (33,3 - 65,0)	23,8 (19,8 - 28,9)
Öll svæði	96	48,7 (33,3 - 154)	25,2 (19,8 - 42,2)

24. tafla. Mangan í lambalifur og lambanýrum eftir landshlutum.

Svæði	Fjöldi sýna	Mangan (mg/kg) í lifrum Meðaltal (lægst-hæst)	Mangan (mg/kg) í nýrum Meðaltal (lægst-hæst)
Suðurland	16	4,01 (2,17 - 5,75)	1,16 (0,92 - 1,73)
Vesturland	16	4,05 (2,81 - 5,21)	1,08 (0,66 - 1,35)
Vestfirðir	16	3,91 (2,92 - 5,18)	1,33 (1,08 - 1,61)
Húnavatnssýslur	16	3,96 (2,85 - 5,60)	1,08 (0,81 - 1,33)
Þingeyjarsýslur	16	4,02 (2,69 - 8,72)	0,98 (0,74 - 1,17)
Suðausturland	16	4,11 (2,76 - 5,51)	1,17 (0,77 - 2,06)
Öll svæði	96	4,01 (2,17 - 8,72)	1,13 (0,66 - 2,06)

Heimildir

Björn Guðmundsson & Þorsteinn Þorsteinsson, 1980. Þungmálmur í íslensku grasi. *Íslenskar landbúnaðarrannsóknir* **12**: 3-10.

Brynjólfur Sandholt, 1992. Hreinleiki íslenskra sláturafurða. *Freyr* **88**: 617-625.

Chase, I.A., E.H. Studier & S. Þórisson, 1994. Aspects of nitrogen and mineral nutrition in Icelandic reindeer, *Rangifer tarandus*. *Comp. Biochem. Physiol.* **109A** (1): 63-73.

Davis, G.K. & W. Mertz, 1987. Copper. Í *Trace elements in human and animal nutrition*. 1. bindi, 5. útg., Academic Press, San Diego, USA, bls. 301-364.

Falandysz, J., 1991. Manganese, copper, zinc, cadmium, mercury and lead in muscle meat, liver and kidneys of poultry, rabbit and sheep slaughtered in the northern part of Poland, 1987. *Food Additives and Contaminants* **8** (1): 71-83.

- Frøslie, A., G. Norheim, J.P. Rambæk & E Steinnes, 1985. Heavy metals in lamb liver: contribution from atmospheric fallout. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **34**: 175-182.
- Grace, N.D. & J. Lee, 1990. Effect of increasing Fe intake on the Fe and Cu content of tissues in grazing sheep. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* **50**: 265-268.
- Grace, N.D., J.R. Rounce & J. Lee, 1993. Intake and excretion of cadmium in sheep fed fresh herbage. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* **53**: 251-253.
- Grace, N.D., J.R. Rounce & J. Lee, 1996. Effect of soil ingestion on the storage of Se, Se, vitamin B₁₂, Cu, Cd, Fe, Mn and Zn in the liver of sheep fed lucerne pellets. *New Zealand Journal of Agricultural Research* **39**: 325-331.
- Jóhannesson, Þ., G. Lunde & E. Steinnes, 1980. Mercury, arsenic, cadmium, selenium and zinc in human hair and salmon fries in Iceland. *Acta Pharmacol. et Toxicol.* **48**: 185-189.
- Jorhem, L., 1999. Lead and cadmium in tissues from horse, sheep, lamb and reindeer in Sweden. *Z. Lebensm. Unters. Forsch. A* **208**: 106-109.
- Kostial, K., 1986. Cadmium. *Í Trace elements in human and animal nutrition*. 2. bindi, 5. útg., Academic Press, San Diego, USA, bls. 281-318.
- Kristján Geirsson, 1994. Náttúruleg viðmiðunargildi á styrk þungmálma í íslensku umhverfi. Siglinga-málastofnun 1994.
- Knöppler, H.-O., W. Graunke, W. Mücke, H. Schulze & W. Gedek, 1979. Blei-, Cadmium- und Quecksilbergehalte in Fleisch- und Organproben von Lämmern und Schafen. *Fleischwirtschaft* **59** (2): 241-247.
- Langlands, J.P., G.E. Donald & J.E. Bowles, 1988. Cadmium concentrations in liver, kidney and muscle in Australian sheep and cattle. *Australian Journal of Experimental Agriculture* **28**: 291-297.
- Lee, J. & N.D. Grace, 1997. A New Zealand perspective on copper, molybdenum and sulphur interactions in ruminants. Proceedings of the 27th seminar of the Society of Sheep and Beef Cattle Veterinarians NZVA. Foundation for Continuing Education of N.Z. Veterinary Association. Publication no. 175, bls. 25-38. Palmerston North, New Zealand.
- Lee, J., D.G. Masters, C.L. White, N.D. Grace & G.J. Judson, 1999. Current issues in trace element nutrition of grazing livestock in Australia and New Zealand. *Aust. J. Agric. Res.* **50**: 1341-1364.
- Morcombe, P.W., D.S. Peterson, H.G. Masters, P.J. Ross & J.R. Edwards, 1994. Cadmium concentrations in kidneys of sheep and cattle in Western Australia. I. Regional distribution. *Aust. J. Agric. Res.* **45**: 851-862.
- Nuurtamo, M., P. Varo, E. Saari & P. Koivistoinen, 1980. Mineral element composition of Finnish foods. V. Meat and meat products. *Acta Agric. Scand. Suppl.* **22**: 57-76.
- Roberts, A.H.C., R.D. Longhurst & M.W. Brown, 1994. Cadmium status of soils, plants, and grazing animals in New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research* **37**: 119-129.
- Roberts, A.H.C., R.D. Longhurst & M.W. Brown, 1997. Cadmium in soil and plants and its cycling in sheep-grazed hill country pastures. *Í Contaminated soils, 3rd International Conference on Biogeochemistry of Trace Elements*. Proceedings. INRA, Paris. ISBN: 2-7380-0775-9.
- Rühling, Å., G. Brumelis, N. Goltsova, K. Kvietskus, E. Kubin, S. Liiv, S. Magnússon, A. Mäkinen, K. Pilegaard, L. Rasmussen, E. Sander & E. Steinnes, 1992. Atmospheric heavy metal deposition in Northern Europe 1990. *Nord* **1992**: 12.
- Rühling, A. & E. Steinnes, 1998. Atmospheric heavy metal deposition in Europe 1995-1996. *Nord* **1998**: 15.

Salisbury, C.D.C., W. Chan & P.W. Saschenbrecker, 1991. Multielement concentrations in liver and kidney tissues from five species of Canadian slaughter animals. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* **74** (4): 587-591.

Schulz-Schroeder, G., 1991. Blei- und Cadmiumgehalte in Fleisch-, Leber- und Nierenproben von Lammern und Schafen. *Fleischwirtsch.* **71** (12): 1435-1438.

Suttle, N.F., B.J. Alloway & I. Thornton, 1975. An effect of soil ingestion on the utilization of dietary copper by sheep. *J. Agric. Sci. Camb.* **84**: 249-254.

Vos, G., H. Lammers & W. Delft, 1988. Arsenic, cadmium, lead and mercury in meat livers and kidneys of sheep slaughtered in the Netherlands. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* **187**: 1-7.

Þorkell Jóhannesson, 1980. Kvikasilfur, arsen, kadmíum, selen og zink í hársýnum og laxaseiðum á Íslandi. *Tímarit um lyfjafræði* **15** (2): 43-46.