



## Berst kadmín í búfjárafurðir?

Ólafur Reykdal, Matís

### INNGANGUR

Kadmín hefur alltaf verið í náttúrunni en í mörgum löndum óttast menn að það berist í matvæli í auknum mæli sem mengun frá iðnaði og einnig vegna þess að margar tegundir tilbúins fosfatáburðar innihalda nokkurt kadmín. Skýringin er sú að fosfat til áburðarframleiðslu inniheldur mismikið kadmín frá náttúrunnar hendi. Á Norðurlöndunum hefur verið stefnt að því að draga sem mest úr losun kadmíns út í umhverfið. Notkun kadmíns í iðnaði hefur minnkað og sett hafa verið hámarksgildi fyrir kadmín í tilbúnum áburði. Nú fer fram umræða innan Evrópusambandsins um hámarksgildi fyrir kadmín í áburði. Skoðanir eru skiptar þar sem lönd Suður-Evrópu gera minni kröfur en Norðurlöndin.

Kadmín er einn af þeim þungmálum sem mest eru eittraðir fyrir menn og dýr. Bilið milli þess magns af kadmíni sem er mannum skaðlaust og þess sem skaðar heilsu er ekki breitt. Langtímaáhrif of mikils kadmíns í fæðu geta verið nýrnaskemmdir. Á síðustu árum hefur komið í ljós að skemmdir geta komið fram vegna minna magns kadmíns en áður var talið (Alfvén o.fl. 1997).

Allhár styrkur kadmíns hefur greinst í íslenskum sjávarafurðum og mosum. Því er full ástæða til að fylgjast með því hvort kadmín berist í landbúnaðarafurðir. Nú liggja fyrir talsverð gögn um kadmín í íslenskum búfjárafurðum, einkum lifur og nýrum sláturdýra, en þessi líffæri eru mikið notuð sem viðmiðun (indicator organs).

### KADMÍN FRÁ JARÐVEGI TIL FÆÐU

Ef styrkur þungmálma í jarðvegi hækkar getur það leitt til aukinnar upptöku í plöntur, en almennt séð er ekki sterkt samband milli styrks þungmálma í jarðvegi og plöntum (Xian 1989). Þungmálmur geta verið bundnir með ýmsum hætti í jarðvegi og því er mismunandi hve plöntur taka mikið upp. Sýrustig jarðvegs hefur áhrif á það hve mikið plöntur taka upp af kadmíni. Sýnt hefur verið fram á að kadmín í kartöflum lækkar með hækkandi pH-gildi jarðvegsins (Smith 1994). Þegar gerðar voru tilraunir með kálplöntur í tiltekinni gerð jarðvegs fór styrkur kadmíns í plöntunum vaxandi með vaxandi styrk í jarðveginum (Xian 1989).

Í ýmsum löndum hefur kadmín í jarðvegi smám saman aukist og er það einkum rakið til kadmíns í áburði og til loftborinnar mengunar (Evrópusambandið 1997). Kadmínmengun getur einnig borist frá iðnaði, sorpi og eldgosum. Fráveituúrgangur, sem borinn er á ræktað land, getur leitt til kadmínmengunar afurða. Í Hollandi leiddi kadmínmengaður jarðvegur í nágrenni sinkbræðslu til uppsöfnunar á kadmíni í lifur og nýru nautgripa (Spienburg 1988). Kadmínmengun er eitt alvarlegasta umhverfisvandamálið í Japan. Kadmín í fæðu Japana er með því mesta sem þekkt og skaðleg áhrif kadmíns á heilsu eru þekkt. Í sumum löndum, svo sem Finnlandi, hefur tekist að lækka styrk kadmíns í afurðum. Finnar þakka árangurinn lökkun kadmíns í áburði og bættri meðferð úrgangs.

Áburður sem framleiddur er á Íslandi inniheldur lítið kadmín þar sem valin hafa verið kadmínsnauð hráefni. Á Nýja-Sjálandi og í Ástralíu hefur verið notaður áburður með margfalt meira kadmíni en á Íslandi (Roberts o.fl. 1994). Kadmín í jarðvegi á Nýja-Sjálandi hefur aukist frá því sem áður var vegna notkunar á fosfatáburði (Grace o.fl. 1993).

Lítið kadmín er í líkama nýfæddra jörturdýra (Langlands 1988). Kadmín úr fóðrinu safnast fyrir í nýrum og lifrum skepnanna og eykst magnið með aldri. Magn kadmíns í kjötinu sjálfu er mun lægra en í lifrum og nýrum. Sýnt hefur verið fram á að kadmín í lifur og nýrum sauðfjár og svína vex með auknu kadmíni í fóðri en styrkur efnisins í kjöti vex ekki að sama skapi. Aðeins ef mikið kadmín er í fóðri safnast það fyrir í kjötinu (Salisbury o.fl. 1991). Kadmín flyst í litlum mæli yfir í mjólk og styrkur þess í mjólkurvörum er að öllu jöfnu mjög lágur.

## ÍSLENSK GÖGN UM KADMÍN

### *Helstu verkefni*

Íslensk gögn um kadmín í matvælum og umhverfi eru takmörkuð borið saman við það sem er til fyrir grannlöndin. Þó er hægt að benda á nokkur rannsókn- og eftirlitsverkefni sem til samans gefa nokkra mynd af kadmíni við íslenskar aðstæður:

- Eftirlitsáætlun yfirdýralæknisembættisins (Brynjólfur Sandholt 1992; Yfirdýralæknisembættið 1998).
- Rannsókn á þungmálmum í lifur og nýrum íslenskra lamba (Ólafur Reykdal og Arngrímur Thorlacíus 1995).
- Ólífræn snefilefni í íslenskum matvælum og snefilefnaneysla Íslendinga. Samstarfsverkefni RALA, Rannsóknastofnunar fiskiðnaðarins og Manneldisráðs. Verkefninu lýkur 1998.
- Umhverfissvöktun: þungmálmar í mosum (Rühling o.fl. 1992).
- Kadmín í grasi (Þorsteinn Þorsteinsson og Friðrik Pálmason 1984).
- Þungmálmar í kræklingi. (Jón Ólafsson 1986).
- Mengunarmælingar í sjó við Ísland (Magnús Jóhannesson o.fl. 1995).

Auk þessa lætur Aðfangaeftirlitið gera kadmínmælingar á tilbúnum áburði. Á RALA hefur verið safnað saman öllum fáanlegum gögnum um kadmín í íslenskum matvælum og er það hluti af uppbyggingu gagnagrunns um efnainnihald matvæla. Útflytjendur og fleiri aðilar hafa notið góðs af þessum gögnum.

### *Eftirlitsáætlun yfirdýralæknis*

Embætti yfirdýralæknis hefur eftirlit með aðskotaefnum í kjöti og sláturafurðum hér á landi. Árlega eru gerðar mælingar á lifur, nýrum og vöðvum úr lömbum, nautgripum, svínum og hrossum. Sýnafjöldinn í hverju tilfelli er tíu. Einnig eru gerðar mælingar á fuglaafurðum. Birt hefur verið greinargerð um niðurstöður eftirlitsins fram til 1992 (Brynjólfur Sandholt 1992) en þar kemur fram að styrkur þungmálma er undir viðmiðunarmörkum. Gögn sem fengin eru frá yfirdýralæknisembættinu (Yfirdýralæknisembættið 1998) eru sýnd í 1. töflu.

**1. tafla.** Niðurstöður úr eftirlitsáætlun yfirdýralæknis fyrir árin 1992–1996.

	Fjöldi sýna	Kadmín, µg/kg votvigt Meðaltal (lægst–hæst)
Lambalifur	48	45 (8–260) <sup>a)</sup>
Svínalifur	50	34 (9–203)
Nautgripalifur	50	31 (13–141)
Hrossalifur	50	268 (13–2950)
Lambanýru	43	(E.m. –1290) <sup>b)</sup>
Svínanýru	50	135 (25–597)
Nautgripanýru	50	227 (31–1295)
Hrossanýru	51	3830 (150–2570)

- a) Tveimur sýnum var sleppt við útreikning á meðaltali þar sem kadmín var undir magnreiningamörkum (<7 µg/kg).
- b) Meðaltalið er því lítillega ofmetið. Meðaltal er ekki reiknað þar sem kadmín í sjö sýnum var <7 µg/kg eða ekki mælanlegt (E.m.).

Hafa verður í huga að kadmín í lifur og nýrum fer eftir aldri skepnanna og geta hæstu gildin því verið eðlileg fyrir gamlar skepnur. Þekkt er að þungmálmur í líffærum hrossa geta verið í háum styrk. Niðurstöður eftirlits með þungmálmum í kanadískum sláturdýrum henta hér ágætlega til samanburðar (Salisbury o.fl. 1991). Meðaltöl (byggð á 150 til 2000 mælingum) fyrir kanadískar afurðir eru öll hærri en fram kemur í töflunni að ofan, fyrir hross er munurinn mestur (um tífoldur).

Kadmín í vöðva er ekki sett upp í töflu vegna þess að í flestum tilfellum er það undir tilteknum mörkum eða ekki mælanlegt. Kadmín í lambakjöti var í nær öllum tilfellum ekki mælanlegt. Kadmín í nautakjöti var undir 7 µg/kg eða ekki mælanlegt. Kadmín var hins vegar oft mælanlegt í hrossakjöti og í nokkrum tilfellum í svínakjöti.

### *Rannsókn á innmat lamba*

Kadmín í lifur og nýrum lamba var rannsakað hjá Rannsóknastofnun landbúnaðarins á árunum 1991 til 1992. Sýni af lambalifur og lambanýrum voru tekin í sláturhúsunum á Selfossi, í Borgarnesi, á Hólmavík, Blönduósi, Húsavík og Höfn í Hornafirði. 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. Lömbin voru valin þannig að þau höfðu gengið nálægt svæðum þar sem aska féll í gosinu.

Marktækur munur kemur fram eftir svæðum. Flest hæstu gildin fyrir kadmín koma fram á Ströndum og Vesturlandi en lægstu gildin eru frá Suðurlandi. Ekki var munur á magni kadmíns í lifur og nýrum þegar árin 1991 og 1992 voru borin saman.

**2. tafla.** Kadmín í lambalifur og lambanýrum. Allar niðurstöður eiga við votvigt.

Svæði	Kadmín (µg/kg) í lifur Meðaltal (lægst–hæst)	Kadmín (µg/kg) í nýrum Meðaltal (lægst–hæst)
-------	---	---

Suðurland	24 (9–52)	25 (7–58)
Vesturland	56 (14–230)	66 (19–242)
Strandir	66 (35–130)	108 (53–254)
Húnavatnssýslur	28 (15–52)	34 (14–70)
Þingeyjarsýslur	38 (11–129)	41 (12–114)
Suðausturland	57 (25–208)	73 (14–185)
Öll svæði	45 (9–230)	58 (7–254)

Meðaltöl fyrir kadmín í lifur og nýrum lamba frá bæjum í nágrenni Heklu voru lítið eitt undir landsmeðaltalinu svo engin vísbending er um kadmínmengun vegna gossins.

### Ólífræn snefilefni í matvælum

Á árunum 1996–1997 var unnið hjá RALA verkefni um 13 ólífræn snefilefni í íslenskum matvælum og var kadmín þar á meðal. Verkefnið er samstarfsverkefni RALA, Rannsóknastofnunar fiskiðnaðarins og Manneldisráðs Íslands. Um 150 tegundir matvæla hafa verið efnagreindar og verður neysla Íslendinga á snefilefnunum síðan reiknuð út. Niðurstöður kadmínmælinga á nokkrum kjöt- og mjólkurvörum koma fram hér að neðan. Kadmín er aðeins mælanlegt í innmat og unnum vörum úr honum, auk sumra mjólkurvara. Kadmín er mælanlegt í lifrarpylsu (úr lambalifur) en ekki lifrarkæfu (úr svínalifur). Því mætti ætla að minna kadmín væri í svínalifur en lambalifur en niðurstöður frá yfirdýralækni benda ekki til þess. Af öðrum fæðutegundum var kadmín einkum mælanlegt í kornvörum.

**3. tafla.** Kadmín í kjöt- og mjólkurvörum. Sýnin eru hrá nema annað sé tekið fram.

	Fjöldi sýna <sup>a)</sup>	Kadmín µg/kg votvigt
Lambakjöt	30	E.m. <sup>b)</sup>
Nautakjöt	26	E.m.
Svínakjöt	9	E.m.
Kjúklíngar	10	E.m.
Lambalifur	10	34
Lambanýru	10	87
Lifrarpylsa, soðin	10	7
Lifrarkæfa, unnin	10	E.m.
Svið, soðin	10	E.m.
Hangikjöt	10	E.m.
Mjólk og mjólkurvörur	87	E.m. til 4

a) Safnsýni, sem að jafnaði voru úr 10 hlutasýnum, voru efnagreind. Hér eru öll hlutasýni talin.

b) Ekki mælanlegt, þ.e. undir greiningarmörkum sem voru 3 µg/kg fyrir flestar kjötvörur og 1 µg/kg fyrir flestar mjólkurvörur.

### Þungmálmur í mosum

Árið 1990 var Ísland í fyrsta skipti með í norrænni rannsókn á þungmálmum í mosum. Erlendis hafa slíkar niðurstöður verið notaðar til að meta loftborna mengun. Í íslenskum mosum kom fram talsvert kadmín og var styrkurinn mestur á gosbeltinu (Rühling o.fl. 1992).



Þetta hefur verið rakið til áfoks jarðvegs. Styrkur kadmíns í mosum á gosbeltinu á Íslandi er mun hærri en á hinum Norðurlöndunum. Mosamódelið er því ekki nothæft til að bera saman mengun á Íslandi og í öðrum löndum þar sem áfoks gætir lítið.

### *Mengunarmælingar í sjó*

Á árunum 1990 til 1992 var unnið hér á landi stórt verkefni undir heitinu „Mengunarmælingar í sjó við Ísland“ (Magnús Jóhannesson o.fl. 1995). Kadmín var þá mælt í fimm fisktegundum, kræklingi og seti. Styrkur kadmíns mældist mikill í lífverum á Íslandsmiðum samanborið við önnur hafsvæði í N-Atlantshafi, en þó ekki í holdi fiska. Talið var að þetta ætti sér náttúrulegar skýringar en stafaði ekki af mengun af manna völdum.

Við mælingar á kadmíni í kræklingi hjá Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins hafa hæstu gildin komið fram fyrir sýni úr Hvalfirði og af Ströndum en minna fannst í sýnum frá nágrenni höfuðborgarsvæðisins. Hugsanlegt er að kadmín í kræklingi fari yfir viðmiðunarmörk. Þetta er allt annað en fram kemur í erlendum rannsóknum en þá er kadmín hæst í nágrenni þéttbýlis.

### **SAMANTEKT OG UMRÆÐUR**

Hægt er að bera saman niðurstöður kadmínmælinga á lambainnmat úr þremur íslenskum verkefnum. Segja má að ágætt samræmi sé milli þessara niðurstaðna.

### *Frá umhverfi til fæðu*

Upplýsingar um kadmín í umhverfi og gróðri geta varpað ljósi á kadmín í búfjarafurðum. Samsetning bergs og eldsumbrot hafa áhrif á náttúruleg grunngildi þungmálma. Svo virðist sem meira sé af kadmíni í umhverfinu hér á landi en víða í grannlöndunum. Eldvirkni og rof eru líklegar skýringar. Kadmín er þó í lágum styrk í íslenska basaltinu (Kristján Geirsson 1994).

Hægt er að bera saman þungmálma í mosum og lambainnmat eftir landshlutum. Hæstu gildin fyrir kadmín í lambainnmat eru frá svæðum utan gosbeltisins en þessu er öfugt farið með mosa. Álitíð er að áfok jarðvegs skýri há gildi fyrir kadmín í mosum á gosbeltinu. Lömb fá alltaf eitthvað af jarðvegi með grasinu sem bitið er og því hefði mátt ætla að áfok jarðvegs yki inntöku á kadmíni. Ekki liggur ljóst fyrir hvernig hægt er að skýra misræmið milli mosa og innmats en nefna má mismunandi áburðarotkun og fjörubeit sem hugsanlegar skýringar. Athyglisvert er að há gildi fyrir bæði krækling og innmat koma fram fyrir sýni frá Stöndum, fjarri gosbeltinu og þéttbýli. Það bendir því allt til að náttúrulegir þættir en ekki mengun séu ráðandi varðandi kadmín í afurðum. Í rannsókn í Ástralíu tókst ekki að skýra flest hæstu gildin í lifur jörturdýra (Langlands o.fl. 1988).

### *Hámarksgildi*

Á Íslandi er í gildi reglugerð um aðskotaefni í matvælum og þar kemur fram að hámarksgildi fyrir kadmín í innmat er 500 µg/kg. Í rannsókn RALA á lambainnmat var ekkert gildi fyrir kadmín hærra en 51% af hámarksgildinu. Við eftirlit yfirdýralæknis hefur verið sjaldgæft að

kadmín fari yfir hámarksgildið. Hrossanýru eru þó undantekning en þau fara hvort eð er ekki til manneldis. Engin gildi fyrir kadmín í lamba-, svína- og nautgripalifur hafa farið yfir hámarksgildið.

Á Nýja-Sjálandi hefur kadmín í nýrum sauðfjár farið yfir leyfilegt hámark í 22–28% tilfella á síðustu árum en hámarksgildið þar í landi hefur verið 1000 µg/kg (Roberts o.fl. 1994). 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. Í ástralskri rannsókn fóru 2% sýna af lambanýrum yfir 1000 µg kadmín/kg (Morcombe o.fl. 1994).

Víða erlendis er mælt með því að fólk takmarki neyslu á innmat sláturdýra vegna þungmálmaengunar. Því er nokkurs virði að eiga vól á innmat sem er langt undir settum mörkum fyrir þungmálma enda er hér um mjög næringarríkar afurðir að ræða.

### *Samanburður við önnur lönd*

Kadmín í lifur og nýrum íslenskra lamba er með því lægsta sem þekkt og mun lægra en þekkt er í ýmsum löndum. Meðaltöl fyrir kadmín í lambalifur koma fram í 4. töflu (Vos o.fl. 1988; Salisbury 1991). Há gildi frá Suður-Noregi vekja athygli en verið getur að sýrustig jarðvegs hafi þar áhrif. Allur samanburður milli landa er varasamur vegna þess að aldur sláturdýra hefur áhrif á kadmín í lifur. Engu að síður er réttlæt看legt að bera saman afurðir sem ætlaðar eru til neyslu.

**4. tafla.** Meðaltöl fyrir kadmín í lambalifur í nokkrum löndum.

Land	Fjöldi sýna	Kadmín µg/kg votvigt
Ísland	96	45
Þýskaland	207	48
Kanada	152	60
Holland	123	89
N-Noregur	15	180
S-Noregur	15	390

### *Neysla á kadmíni*

Samkvæmt erlendum rannsóknum kemur mest af kadmíni í fæðunni úr kornvörum en síðan koma garðávextir. Kjöt og innmatur gefa oft 5–15% af kadmíninu en mjólkurvörur leggja til óverulegan hluta (Evrópusambandið 1997). Algengt er að neysla kadmíns sé 10–20 µg á dag og einstakling. Fyrir einstakling sem er 70 kg verða 20 µg/dag jöfn 2 µg/viku og kg líkamsþunga. Þetta er vel undir neyslugildi fyrir viku (Provisional Tolerable Weekly Intake) sem er 7 µg/viku og kg líkamsþyngdar. Neysla Íslendinga verður reiknuð á næstunni.

### **LOKAORÐ**

Meira kadmín hefur mælst í íslensku umhverfi, fiski og kræklingi en reiknað var með og hefur það ekki verið skýrt á fullnægjandi hátt. Þau gögn sem til eru um kadmín í búfjárafurðum benda til að styrkur þess sé lágur og stundum lægri en algengt er í grannlöndunum. Kadmín virðist ekki berast í lifur og nýru lamba í eins miklum mæli og greiningar á mosum benda til. Þá benda engar mælingar til að kadmín berist í kjöt. Styrkur kadmíns er breytilegur í líffærum sláturdýra og hefur það ekki verið skýrt til fulls. Líklegt er að kadmín í íslenskum afurðum eigi sér náttúrulegar skýringar en megi ekki rekja til mengunar af manna völdum. Ekki er ljóst hver þáttur tilbúins áburðar er, en rétt er að velja áfram áburð með sem minnstu

kadmíni.

Mikilvægt er að eftirlit yfirdýralæknis með þungmálum haldi áfram. Einnig þarf að vinna rannsóknaverkefni til að skýra útbreiðslu kadmíns í náttúrunni. Mjög mikilvægt er að hafa tiltæk viðmiðunargildi ef mengunarslys ber að höndum. Til þess að hægt sé að kynna íslensk matvæli sem hrein og ómenguð verður að styðja fullyrðingarnar með mæliniðurstöðum.

## HEIMILDIR

- Alfvén, T., C.-G. Elinder & L. Järup, 1997. Cadmium – ett folkhälsoproblem? *Nordisk Medicin* **9**: 331–333.
- Brynjólfur Sandholt, 1992. Hreinleiki íslenskra sláturafurða. *Freyr* **88**: 617–625.
- Evrópusambandið, 1997. Dietary exposure to cadmium. Report 17527 EN. Directorate-General III, Brussels.
- 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.
- Jón Ólafsson, 1986. Trace metals in mussels from southwest Iceland. *Marine Biology* **90**: 223–229.
- Kristján Geirsson, 1994. Náttúruleg viðmiðunargildi á styrk þungmálma í íslensku umhverfi. Siglingamálastofnun.
- 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.
- Morcombe, P.W., D.S. Petterson, 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.
- Magnús Jóhannesson, Jón Ólafsson, Sigurður M. Magnússon, Davíð Egilsson, Steinþór Sigurðsson, Guðjón Atli Auðunsson & Stefán Einarsson, 1995. Mengunarmælingar í sjó við Ísland. Lokaskýrsla. Umhverfissráðuneytið. 137 s.
- Ólafur Reykdal & Arngrímur Thorlacíus, 1995. Þungmálmar í lifur og nýrum íslenskra lamba. *Rannsóknastofnun landbúnaðarins, fréttabréf* **16**, 8 bls.
- 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.
- Rühling, Å., G. Brumelis, N. Goltsova, K. Kvietkus, 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.
- Salisbury, C.C., W. Chan & P. 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.
- Smith, S.R., 1994. Effect of soil pH on availability to crops of metals in sewage sludge-treated soils. *Environmental Pollution* **86**: 5–13.
- Spierenburg, Th.J., G.J. De Graf, A.J. Baars, D.H.J. Brus, M.J.M. Tielen & B.J. Arts, 1988. Cadmium, zinc, lead, and copper in livers and kidneys of cattle in the neighbourhood of zinc refineries. *Environmental Monitoring and Assessment* **11**: 107–114.
- Xian, X., 1989. Effect of chemical forms of cadmium, zinc, and lead in polluted soils on their uptake by cabbage plants. *Plant and Soil* **113**: 257–264.
- Yfirdýralæknisembættið, 1998. Niðurstöður úr eftirlitsáætlun embættisins fyrir sláturafurðir.
- 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.
- Þorsteinn Þorsteinsson & Friðrik Pálmason, 1984. Kadmíum í íslensku umhverfi. *Ísl. landbún.* **16(1–2)**: 16–20.