

Lyijy ja kadmium rohdos- ja yrttikasveissa

Marja Roitto ja Bertalan Galambosi



Maa- ja elintarviketalous 66
98 s.

**Lyijy ja kadmium rohdos- ja
yrttikasveissa**
Kirjallisuuskatsaus

Marja Roitto ja Bertalan Galambosi

ISBN 951-729-952-4 (Painettu)
ISBN 951-729-953-2 (Verkkajulkaisu)
ISSN 1458-5073 (Painettu)
ISSN 1458-5081 (Verkkajulkaisu)
<http://www.mtt.fi/met/pdf/met66.pdf>

Copyright

MTT

Marja Roitto ja Bertalan Galambosi

Julkaisija ja kustantaja

MTT, 31600 Jokioinen

Jakelu ja myynti

MTT, Tietopalvelut, 31600 Jokioinen

Puhelin (03) 4188 2327, telekopio (03) 4188 2339

sähköposti julkaisut@mtt.fi

Julkaisuvuosi

2005

Kannen kuvat

Bertalan Galambosi

Painopaikka

Data Com Finland Oy

Lyijy ja kadmium rohdos- ja yrttikasveissa

Kirjallisuuskatsaus

Marja Roitto ja Bertalan Galambosi

MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Ympäristön tutkimus, Ekologinen tuotanto, Karila, Karilantie 2 A, 50600 Mikkeli, marja.roitto@mtt.fi, bertalan.galambosi@mtt.fi

Tivistelmä

Tämän kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on koota yhteen tietoa yrtti- ja rohdoskasvien raskasmetalleista Euroopassa. MTT:n vertailututkimus osoitti yrttien lyijypitoisuuksien olevan Suomessa alhaisempia kuin muualla Euroopassa vuonna 1990. Kadmiumpitoisuudet eivät tuolloin eronneet yhtä selvästi. Vuonna 2003 kotimaisten yrttien lyijypitoisuudet olivat noin 60 % alhaisempia kuin 1990. Yrttien kadmiumpitoisuudet eivät olleet laskeneet samalla aikavälillä.

Yrttien osuus päivittäisessä ravinnossa on pieni, joten niiden merkitys raskasmetallien lähteenä voidaan arvioida vähäiseksi. Kotimaisten yrttien kadmiumpitoisuudet eivät ylittäneet EY-komission asetuksessa 466/2001 määritettyä raja-arvoa, 0,2 mg kg⁻¹ tuorepainoa kohden. Saksalainen suositus sallii rohdoskasveille korkeintaan 0,2 mg kg⁻¹ kadmiumia kuivapainoa kohden. Vuonna 1990 tutkituista kotimaisista kasvinäytteistä 9 % ylitti tämän raja-arvon.

Kasvit voidaan luokitella kadmiumia kerääviin ja sitä välttäviin lajeihin. Ongelmallisia kasvilajeja kadmiumin kerääntymisen suhteen voivat olla rakuuna, mäkikuisma, kamomilla, siankärsämä, tilli, ampiaisyrtti, voikukka, koivu (lehdet), paju, keto-orvokki, unikko (siemenet) ja pellava (siemenet). Niukasti kadmiumia kerääviä lajeja ovat puolestaan sitruunamelissa, salvia, anisiisoppi, piparminttu ja kumina (siemenet). Jatkojalostuksen aikana raaka-aineesta liukeni raskasmetalleja vesiin 5-45 % ja alkoholiin 3-20 %, mutta niiden ei todettu juurikaan siirtyvän raaka-aineista tislattuihin öljyihin.

Tämän selvityksen mukaan Suomella on edellytykset puhtaan yrttiraaka-aineen tuotantoon. Viljelypeltojen ja kasvilajien valinta on tehtävä huolellisesti hyvän lopputuloksen takaamiseksi. Yrttikasvien lajikohtaisten ominaisuuksien huomioimattaminen ja maaperän raskasmetallipitoisuuksien analysointi on suotava toimenpide viljelyn suunnittelussa.

Avainsanat: yrtit, lääkekasvit, raskasmetallit, kadmium, lyijy, maustekasvit, kansainvälinen vertailu

Lead and cadmium in herbs and medicinal plants

Literature survey

Marja Roitto and Bertalan Galambosi

MTT Agrifood Research Finland, Environmental Research, Ecological Production, Karilantie 2A, FI-50600 Mikkeli, Finland, marja.roitto@mtt.fi, bertalan.galambosi@mtt.fi

Abstract

The aim of this literature review was to pool data on heavy metal accumulation in herbs, spices and medicinal plants in Europe. A comparative study performed by MTT Agrifood Research Finland in 1990 showed that lead concentration in Finnish herbs was clearly lower than in herbs produced in other parts in Europe. Cadmium concentrations did not differ much between countries. The lead concentration in Finnish herbs was approximately 60% lower in 2003 compared with in 1990 according to repeated measurements done at MTT. Cadmium concentration in the herbs did not decrease during the same time period.

The proportion of herbs in daily food intake is relatively small and thus their role as source of heavy metals in the human diet is minor. Cadmium concentrations in domestic herbs did not usually exceed the EC threshold limit 0.2 mg Cd kg⁻¹ fresh weight. A German proposal allows 0.2 mg Cd kg⁻¹ plant dry weight for medicinal plants. This limit was exceeded in 9% of the Finnish samples analysed in 1990.

Plants can be classified as cadmium accumulating and cadmium excluding species. Problematic plant species regarding cadmium accumulation from the soil include tarragon, St. John's wort, chamomile, yarrow, dill, dragonhead, dandelion, birch leaves, pansy, poppy (seeds) and flax (seeds). Only trace amounts of cadmium were found in lemon balm, salvia, anise hyssop, peppermint, nettle and caraway (seeds). During further processing 5-45% of the heavy metals in the raw material leached into water and 1-16% into alcohol infusions, but they did not accumulate in the essential oils distilled from the raw material.

The results of our report show that Finland has potential to produce raw herbal material containing low levels of lead and cadmium. Fields and plant species need to be carefully selected however. We recommend that special characteristics of each plant species should be taken into account and heavy metal analyses done on the soil prior to cultivation.

Key words: cadmium, lead, herbs, spices, medicinal plants

Alkusanat

Tämä kirjallisuusselvitys on tehty osan Boreal Herb Center Mikkeli – hanketta. Hankkeen tavoitteena välittää uutta, tutkittua viljelytietoa pohjoisen oloihin soveltuvista mauste- ja rohdoskasveista sekä yrttialan markkinatilanteesta. Hanketta hallinnoi MTT Ympäristöntutkimus, Ekologinen tuotanto, Karila. Päärahoittaja on Etelä-Savon TE-keskus, joka myöntää rahaa EMOTR:n ja kansallisista varoista. Kuntarahoituksesta vastaavat Mikkelin ja Pieksämäen seudun liitot. Yksityisrahoitus saadaan osallistujilta, yrttialan yrityksiltä ja Maiju ja Yrjö Rikalan Puutarhasäätiöltä sekä Etelä-Savon Osuuspankista. Tämän kirjallisuusselvityksen tavoitteena on kerätä yhteen Suomessa ja muualla Euroopassa julkaistuja tutkimustuloksia mauste- ja rohdoskasvien raskasmetallipitoisuuksista. Lisäksi etsitään raskasmetallipitoisuuksille asetettuja raja-arvoja ja arvioidaan yrttien ja rohdosvalmisteiden merkitystä terveydelle haitallisten raskasmetallien lähteenä. Työssä vertaillaan eri kasvilajeja, kasvinosia, sekä arvioidaan metallien kertymistä jalostettuihin yrttituotteisiin. Selvitystä voidaan hyödyntää arvioitaessa suomalaisten yrttien puhtautta todellisena kilpailuetuna kansainvälisillä markkinoilla.

Sisällysluettelo

1 Johdanto	9
2 Raskasmetallien haittavaikutukset terveydelle ja saanti ravinnosta	9
2.1 Mitä raskasmetallit ovat?.....	9
2.2 Lyijy (Pb).....	10
2.3 Kadmium (Cd).....	11
2.4 Kadmiumin ja lyijyn enimmäismäärät elintarvikkeissa.....	12
2.5 Yrtit ravinnossa raskasmetallien lähteenä?.....	14
2.6 Ohjeellisia suosituksia ja raja-arvoja rohdoskasveille	16
3 Rohdos- ja mausteyrttien tuotanto ja raskasmetallitutkimukset Euroopassa	17
3.1 Saksa.....	17
3.2 Itävalta	18
3.3 Ranska	19
3.4 Italia.....	19
3.5 Espanja ja Portugali	20
3.6 Bulgaria	20
3.7 Puola.....	21
3.8 Venäjä.....	22
3.9 Unkari	23
3.10 Slovakia ja Tsekki	24
3.11 Pohjoismaat	25
4 Rohdos- ja mausteyrttien tuotanto ja raskasmetallitutkimukset Suomessa	26
4.1 Mauste- ja rohdosyrttien viljely Suomessa vuosina 1984-2004	26
4.2 Luonnon rohdosyrttien keruutoiminnan merkitys Suomessa	27
4.3 Mauste- ja rohdosyrttien raskasmetallitutkimukset Suomessa	28

4.3.1	Viljeltyjen rohdosyrttien raskasmetallipitoisuuksien kansainvälinen vertailututkimus	28
4.3.2	Viljeltyjen rohdosyrttien lyijy- ja kadmiumpitoisuuden vertailu vuosina 1990-2003	31
4.3.3	Luonnosta kerättyjen teeinesten ja sammalten raskasmetallitutkimuksia	32
5	Raskasmetallien kertymiseen yrttikasveihin vaikuttavia tekijöitä	34
5.1	Maaperän happamuuden ja maalajin vaikutus yrttien raskasmetallipitoisuuksiin	35
5.2	Sadonkorjuun ajankohta	37
5.3	Raskasmetallit eri kasvinosissa	40
5.4	Kadmiumin kertymisessä eri yrtteihin on suuria eroja	42
5.5	Enimmäispitoisuudet ylittyvät	42
6	Rohdos- ja maustekasvien lajikohtaisia tutkimustuloksia	44
6.1	Herba- ja lehtirohdokset ja mausteet	44
6.1.1	Mäkikuisma (<i>Hypericum perforatum</i> L.)	44
6.1.2	Piparminttu (<i>Mentha x piperita</i> L.)	47
6.1.3	Nokkonen (<i>Urtica dioica</i> L.)	49
6.1.4	Persilja (<i>Petroselinum crispum</i> L.)	51
6.1.5	Salvia (<i>Salvia officinalis</i> L.)	52
6.1.6	Sitruunamelissa (<i>Melissa officinalis</i> L.)	54
6.1.7	Lipstikka (<i>Levisticum officinale</i> W.D.J. Koch)	55
6.1.8	Rakuuna (<i>Artemisia dracunculus</i> L.)	56
6.1.9	Tilli (<i>Anethum graveolens</i> L.)	57
6.1.10	Timjami (<i>Thymus vulgaris</i> L.)	59
6.1.11	Kynteli (<i>Satureja hortensis</i> L.)	61
6.1.12	Oregano (<i>Origanum vulgare</i> L.)	62
6.1.13	Meirami (<i>Origanum majorana</i> L.)	63
6.2	Siemenmausteet	64
6.2.1	Oopiumiunikko (<i>Papaver somniferum</i> L.)	64
6.2.2	Kuitu- ja öljypellava (<i>Linum usitatissimum</i> L.) (siemen)	65

6.2.3	Korianteri (<i>Coriandrum sativum</i> L.)	65
6.2.4	Kumina (<i>Carum carvi</i> L.).....	66
6.2.5	Sinappi (<i>Sinapis alba</i> L., <i>Brassica juncea</i> (L.) Czern.,	68
6.3	Kukkarohdokset.....	69
6.3.1	Kamomillasaunio (<i>Matricaria recutita</i> L.).....	69
6.3.2	Siankäsämö (<i>Achillea millefolium</i> L.).....	72
6.4	Juurirohdokset ja -mausteet	74
7	Lyijy ja kadmium uutoksissa ja öljyissä.....	78
7.1	Raskasmetallit vesiuutoksissa.....	78
7.2	Raskasmetallit alkoholiuutteissa.....	79
7.3	Raskasmetallit öljyissä	81
8	Raskasmetallitutkimukset osana laadun valvontaa	81
9	Yhteenveto	82
9.1	Ovatko suomalaisten yrttien lyijy- ja kadmiumpitoisuudet alhaisempia kuin muualla Euroopassa?.....	83
9.2	Yrtit raskasmetallien lähteenä ravinnossa?.....	83
9.3	Mitkä ovat kadmiumin ja lyijyn sallitut enimmäispitoisuudet yrteissä?	84
9.4	Keräävätkö jotkin yrttilajit kadmiumia?.....	84
9.5	Pystymmekö Suomessa kasvattamaan puhtaita yrtejä?.....	84
10	Kirjallisuus	88

1 Johdanto

Tutkimuksissa on seurattu suomalaisten elintarvikkeiden laatua heikentävien vierasainneiden kuten raskasmetallien, torjunta-ainejäämien ja orgaanisten myrkkujen pitoisuuksia. Tulosten mukaan kotimaiset elintarvikkeet ovat olleet puhtaita verrattuina vastaaviin ulkomaisiin tuotteisiin (Sillanpää & Jansson 1992, Tahvonen 1995, Kumpulainen 2001). Vertailua vaikeuttaa kuitenkin se, että erilliset tutkimustulokset ovat harvoin suoraan vertailukelpoisia. Tähän vaikuttavat mm. erot näytteissä ja analyysimenetelmissä.

YK:n elintarvike- ja maatalousjärjestö FAO:n 30 eri maata kattavan vehnän, maissin ja maan hivenaine- ja raskasmetallitutkimuksen mukaan suomalaisten vehnä- ja maanäytteidien lyijypitoisuudet olivat vähäisiä verrattuna muihin maihin (Sillanpää & Jansson 1992). Tutkitut kadmiumpitoisuudet olivat myös pienempiä kuin teollisuusmaissa keskimäärin.

Kotimaisten mauste- ja rohdoskasvien vierasaineita koskevia julkaistuja tutkimustuloksia on melko vähän. Tutkimuksia ovat tehneet Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus (Moilanen 2001, Galambosi ym. 2004), Oulun yliopiston Kajaanin kehittämissäkeskus (Perämäki 1995), ja elintarvikevirasto (Marjamaa 1996). Keski-Euroopassa rohdos- ja maustekasvien raskasmetallipitoisuuksia on seurattu jo aiemmin. Saksassa mittaustuloksia on julkaistu 1970-luvun loppupuolelta alkaen ja siellä on tehty tutkimuksia sopivien lyijyn ja kadmiumin raja-arvojen löytämiseksi näille kasveille. Raskasmetallipitoisuuksia on mitattu sekä raaka-aineista että jalostetuista tuotteista kuten öljyistä ja uutteista.

Tämän työn tavoitteena on koota yhteen rohdos- ja maustekasvien raskasmetallitutkimuksia. Lisäksi arvioidaan yrttien ja rohdosvalmisteiden merkitystä terveydelle haitallisten raskasmetallien lähteenä

2 Raskasmetallien haittavaikutukset terveydelle ja saanti ravinnosta

2.1 Mitä raskasmetallit ovat?

Raskasmetallit määritetään metalleiksi, joiden tiheys ylittää 5 g cm^{-3} . Raskasmetalleja ovat esimerkiksi elohopea (Hg), kadmium (Cd), kromi (Cr), kupari (Cu), nikkeli (Ni), lyijy (Pb) ja sinkki (Zn). Raskasmetallit luovat usein mielikuvan saasteista tai myrkyllisyydestä, ja tätä termiä käytetäänkin monesti osoittamaan ympäristölle ”pahat” metallit (Duffus 2002, Hodson 2004). Osa metalleista on kuitenkin sekä ihmisille että kasveille välttämättömiä. Tällaisia ovat mm. rauta (Fe), sinkki (Zn), molybdeeni (Mb), kupari (Cu) ja kromi (Cr). Haitallisista raskasmetalleista tutkituimpia ovat lyijy, kadmium ja elohopea ja niillä ei ole mitään tunnettua tehtävää ihmisten tai kasvien elin-

toiminnoissa. Raskasmetalleille on ominaista niiden pysyvyys luonnossa ja rikastuminen ravintoketjuissa. Raskasmetallien myrkyllisyys eri eliöryhmille voi huomattavasti vaihdella.

2.2 Lyijy (Pb)

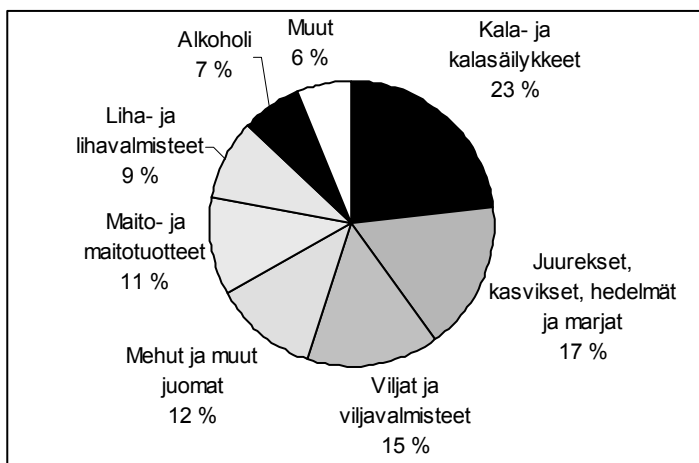
Lyijyn haitalliset vaikutukset kohdistuvat etenkin keskushermostoon. Suurin osa lyijystä kertyy luustoon, mutta osin myös maksaan ja munuaisiin. Ravinnosta peräisin oleva lyijy imeytyy lapsilla tehokkaammin elimistöön kuin aikuisilla.

Lyijylle altistuminen ravinnon kautta on vähentynyt huomattavasti viime vuosikymmeninä. 1970-luvun lopussa lyijyn saanti elintarvikkeista oli $66 \mu\text{g vrk}^{-1}$, 1980-luvun lopussa $20 \mu\text{g vrk}^{-1}$ ja v. 1996 noin $14 \mu\text{g vrk}^{-1}$ (Kumpulainen 1998). Lyijyn saanti elintarvikkeista jakaantuu melko tasaisesti eri tuoteryhmiin (Kuva 1).

Nykyinen altistustaso on melko alhainen verrattuna myös PTWI-rajatarvoon, jonka FAO/WHO on esittänyt suosituksena ravinnosta saatavien raskasmetallien enimmäismäärille (PTWI = provisional tolerable weekly intake = väliaikainen siedettävä viikkosaanti). Lyijyn suurin sallittu altistusmäärä viikossa on $25 \mu\text{g kg}^{-1}$ ruumiinpainoa.

Suomalaisten ravinnosta saaman lyijyn määrä on 5-9 % em. ohjearvosta (Elintarvikevirasto 2002). Tanskassa lyijyn saannin elintarvikkeista on arvioitu olevan 7 % PTWI-arvosta (Larsen ym. 2002) ja Espanjan Kataloniassa 10,8-13,3 % PTWI-ohjearvosta (Llobet ym. 2003).

Korkeita lyijypitoisuuksia on tavattu esimerkiksi saastuneilla alueilla kasvaneista sienistä ja lehtivihanneksista, vanhoista viineistä, sisäelimistä ja lyijyllä saumattujen säilyketoikkien sisällöstä (Elintarvikevirasto 2002).



Kuva 1. Elintarvikkeista saatavan lyijyn jakautuminen eri tuoteryhmiin (Elintarvikevirasto 2002).

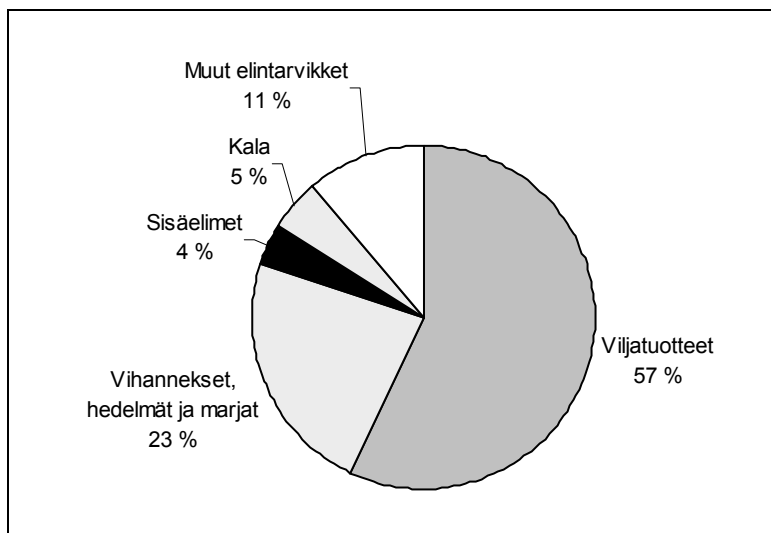
2.3 Kadmium (Cd)

Liiallinen kadmium heikentää munuaisten toimintaa ja vaikuttaa haitallisesti luustoon. Kadmiumin imeytyminen elimistöön on suurempaa henkilöillä, joilla on raudan, kalsiumin tai D-vitamiinin puutostila. Tupakka sisältää kadmiumia, ja tupakointi lisää siten myös altistusta. Tupakoitsijoiden munuaisten keskimääräiset kadmiumpitoisuudet ovatkin noin kaksinkertaiset muuhun väestöön verrattuna. Myös tiettyjen ruoka-aineiden suurkuluttajat voivat altistua huomattavasti kadmiumille. Suomessa yli 1-vuotiaan hirven maksan ja munuaisten käyttöä ei suositella ravinnoksi lainkaan liian korkeiden kadmiumpitoisuuksien vuoksi. Kadmiumiin liittyviä terveysriskejä Suomessa on arvioitu Louekarín ym. (2000) ja Mäkelä-Kurton ym. (2003) julkaisuissa.

Suomalaisten kadmiumin saanti oli 1970-luvulla arviolta $13 \mu\text{g vrk}^{-1}$, 1980-luvun lopussa $10 \mu\text{g vrk}^{-1}$ ja 1996 noin $12 \mu\text{g vrk}^{-1}$ (Kumpulainen 1998). Eniten kadmiumia kertyy viljatuotteista, joista saadaan yli puolet ravinnon sisältämästä kadmiumista (Kuva 2). Suomalaisten ravinnosta saaman kadmiumin määrä on noin 16 % PTWI-ohjearvosta, joka on $7 \mu\text{g Cd kg}^{-1}$ ruumiinpainoa viikossa. Tanskassa kadmiumin saannin arvioitiin olevan 22 % PTWI-arvosta (Larsen ym. 2002) ja Espanjan Kataloniassa 20-26 % (Llobet ym. 2003). Saksassa Ruhrin alueella lasten kadmiumin saanti oli 24,3-55,7 % PTWI-ohjearvosta (Wilhelm ym. 2002).

Korkeita kadmiumpitoisuuksia on tavattu seuraavista tuotteista (Elintarvikevirasto 2002):

- riistaeläinten sisäelimet
- sian maksa ja munuainen
- naudnan maksa ja munuainen
- katkaravut ja simpukat
- pellavan siemenet ja pellavarouhe
- auringonkukan siemenet
- sienet
- viljalajeista vehnä: durum-vehnä ja pasta



Kuva 2. Elintarvikkeista saatavan kadmiumin jakautuminen eri tuoteryhmiin (Elintarvikevirasto 2002).

2.4 Kadmiumin ja lyijyn enimmäismäärät elintarvikkeissa

Ruoka-aineiden vierasaineita rajoittavissa määräyksissä suuntaus on kohti kansainvälisiä raja-arvoja kansallisten sijaan (Berg & Licht 2002). Lisäksi vallalla näyttäisi olevan pyrkimys kohti raja-arvoja ohjeellisten suositusten sijaan. Euroopan unionin lyijyn, kadmiumin ja elohopean enimmäispitoisuudet on esitetty komission asetuksissa 2001/466/EY ja 2002/221/EY (Taulukot 1 ja 2)

Monille elintarvikkeille on määritelty, kuinka paljon ne enimmillään saavat sisältää kadmiumia (Taulukko 1). Yrteissä ja lehtivihanneksissa saa tuorepainossa olla kadmiumia enintään $0,2 \text{ mg kg}^{-1}$. Muilla vihanneksilla enimmäispitoisuudet tuorepainossa ovat $0,05\text{-}0,1 \text{ mg kg}^{-1}$.

Lyijylle, jota esiintyy yleisesti epäpuhtautena elintarvikkeissa, on säädetty enimmäispitoisuudet kaikissa tärkeimmissä ruokaryhmissä (Kuva 2). Lehtivihanneksille raja-arvo on $0,3 \text{ mg kg}^{-1}$. Elohopealla pitoisuusrajat on asetettu vain kalalle, joka on ravinnon suurin elohopean lähde. Yli 70 % ravinnon elohopeasta on peräisin kalatuotteista.

Taulukko 1. Kadmiumin sallitut enimmäismäärät eräissä elintarvikkeissa (2001/466/EY).

	<i>Kadmiumin sallitut enimmäis-pitoisuudet (mg kg⁻¹)</i>
Viljat lukuun ottamatta vehnänalkioita, vehnänjyviä ja riisiä	0,1
Leseet, vehnänalkiot, vehnänjyvät ja riisi	0,2
Soijapavut	0,2
Vihannekset ja hedelmät lukuun ottamatta lehtivihanneksia, tuoreita yrttejä, kaikkia sieniä, varsivihanneksia, juurivihanneksia ja perunoita	0,05
Lehtivihannekset, tuoreet yrtit, sellerit ja kaikki viljellyt sienet	0,2
Varsivihannekset, kuoritut perunat ja juurivihannekset lukuun ottamatta selleriä	0,1

Taulukko 2. Lyijyn sallitut enimmäispitoisuudet eräissä elintarvikkeissa (2001/466/EY).

	<i>Lyijyn enimmäispitoisuudet (mg kg⁻¹)</i>
Viljat (tattari mukaan luettuna), palkokasvit ja palkohedelmät	0,2
Vihannekset lukuun ottamatta kaaleja, lehtivihanneksia ja tuoreita yrttejä, kaikkia sieniä (perunat kuorittuna)	0,1
Kaalit, lehtivihannekset ja kaikki viljellyt sienet	0,3
Hedelmät lukuun ottamatta pienhedelmiä	0,1
Marjat ja pienhedelmät	0,2
Rasvat ja öljyt mukaan luettuna maitorasvat	0,1
Hedelmämehut	0,05
Viinit	0,2

Jatkossa kiinnitetään todennäköisesti yhä enemmän huomiota myös sellaisiin elintarvikkeiden sisältämiin epäpuhtauksiin, joille nykyisin ei ole asetettu pitoisuusrajoja. Tällaisia voivat olla allergiaa aiheuttavat metallit, kuten nikkeli ja koboltti (Berg & Licht 2002).

2.5 Yrtit ravinnossa raskasmetallien lähteenä?

Monet yrtit ovat hyödyllisten hivenaineiden lähteitä, mutta mausteita käytetään ensisijaisesti niiden aistinvaraisten ja lääkekasveja parantavien ominaisuuksiensa takia. Yleensä yrttien osuus päivittäisestä ravinnosta on pieni. Esimerkiksi Saksassa tuoreiden yrttien osuuden kasvikunnan tuotteista on arvioitu olevan 0,2 %, mausteiden 0,04 % ja yrttiteen 0,06 % (kts. Kabelitz 1998).

Suomessa yrttien merkitystä ravinnon raskasmetallilähteenä ei ole erillisenä ryhmänä arvioitu. Vihanneksista arvioitiin saatavan 16 % kadmiumin ja 9 % lyijyn kokonaissaannosta. Juomista, mausteista ja pöytäsuolasta arvioitiin saatavan yhteensä 4 % kadmiumin ja 29 % lyijyn kokonaissaannosta (Kumpulainen 2001).

Koska yrttejä käytetään joskus säännöllisesti esimerkiksi teenä tai lääkeaineena, on niiden merkitystä raskasmetallilähteenä selvitetty muutamassa tutkimuksessa. Brasialaisessa tutkimuksessa arvioitiin lääkekasvien sisältämän kadmiumin merkitystä (Caldas & Machado 2004). Brasilian ginsengin (*Pfaffia glomerata*) kuivatun juuren viikoittaiseksi käyttömääräksi arvioitiin 35-70 g. Tuotteen keskimääräinen kadmiumpitoisuus oli 0,13 $\mu\text{g g}^{-1}$. Tällöin tämän tuotteen käytön myötä tulevan kadmiumin määrä olisi noin 5 % PTWI-ohjearvosta.

Espanjan Kataloniassa selvitettiin yrttiteen käytön myötä tulevaa lyijy-, kadmium- ja arseenialtistusta (Falco ym. 2003). Kaksi teeannosta päivässä á 2 g sisälsi (keskiarvo ja vaihteluväli): lyijyä 2,72 μg (0,12-39,44), kadmiumia 0,2 μg (0,16-6,84) ja arseenia 0,56 μg (0,36-303,8). Näillä arvoilla laskettuna Katalonian väestö saa yrttiteestä lyijyn kokonaiskuormituksesta 5 %, kadmiumin 1 % ja arseenin kokonaiskuormituksesta 0,2 %. Tutkijat päättelivät, että yrttien sisältämät raskasmetallit eivät aiheuta terveydellistä riskiä. Toisaalta he kiinnittivät huomiota tuotteiden metallipitoisuuksien suureen vaihteluun.

Schilcher & Peters (1990) ovat esittäneet seuraavan esimerkin teestä saatavista raskasmetalleista:

- Teejuoman kadmiumpitoisuus on 10 $\mu\text{g Cd l}^{-1}$ ja 80 $\mu\text{g Pb l}^{-1}$.
- Päivittäin kulutus on kaksi annosta (yhteensä 0,3 l).
- Jos juoma sisältäisi em. pitoisuudet raskasmetalleja, niin viikkosaanniksi tulisi 21 μg kadmiumia ja 168 μg lyijyä.
- Keskimääräinen ravinnosta ja juomavedestä tuleva kokonaisaltistus oli 188 $\mu\text{g Cd}$ ja 729 $\mu\text{g Pb}$ viikossa 58 kiloa painavalle henkilölle (nainen) Saksassa 1980-luvulla.
- Teenjuonnin osuus olisi 11,2 % kadmiumin ja 23 % lyijyn viikkosaannista.

Haapajärven kaupungin elintarvikelaboratoriossa tutkittiin, kuinka paljon haudutettuun teehen siirtyy raskasmetalleja. (Marjamaa 1996). Näytteet valmistettiin hauduttamalla 2 g yrttiä 200 ml:ssa kuumaa vettä 10 minuutin ajan. Mittauksissa todettiin, että 25 % teeaineksen sisältämästä lyijystä liukeni juomaan. Ruotsissa on suositeltu, ettei teestä saatavan lyijyn määrä ylitä 4 µg päivässä. Vastaava raja-arvo kadmiumille on 2,5 µg (Hälsokosträdets Produkt Kontroll). Mittaustuloksia verrattiin näihin arvoihin ja todettiin, että Ruotsissa suositellut enimmäismäärät eivät ylity (Taulukko 3). Tässä tutkimuksessa olleista teelaaduista vain vihreän teen juontia olisi syytä rajoittaa. Lyijypitoisuuden takia sitä saisi juoda vain 0,54 l vuorokaudessa.

Edellä esiteltyjen tutkimusten mukaan riski saada yrteistä terveydelle haitallisia määriä raskasmetalleja on pieni. Runsaasti kasvipäisiä lääketuotteita tai yrttijuomia kuluttavien kohderyhmien altistus olisi arvioitava ja raja-arvot pitäisi suhteuttaa käytettäviin määriin ja tuotteiden raskasmetallipitoisuuksiin (Schilcher & Peters 1990, Schilcher 1994).

Taulukko 3. Eri kasveista valmistettujen teejuomien ja -sekoitusten raskasmetallipitoisuudet (Marjamaa 1996).

Näyte	Pb (mg kg ⁻¹) raaka-aineessa	Pb (µg l ⁻¹) teessä	Cd (mg kg ⁻¹) raaka-aineessa	Cd (µg l ⁻¹) teessä
Kiinalainen vihreä tee, mansikka, luumu, nanaquilla, ruiskukka, ruusu, keto-orvokki, auringonkukka	3,0	7,3	0,055	<0,1
Kuivatut koivunlehdet	0,26	1,5	0,44	0,34
Pihlajanlehti, mesiangervo, maitohorsma, anisiisoppi, tilli	1,4	1,5	0,082	<0,1
Vadelmanlehti, maitohorsman lehti, koivunlehti, nokkonen, piparminttu	0,34	5,3	0,15	<0,1

2.6 Ohjeellisia suosituksia ja raja-arvoja rohdoskasveille

Rohdoskasvien raskasmetallipitoisuuksien raja-arvoilla pyritään rajoittamaan kasvipe-
räisten tuotteiden jatkuvan käytön myötä tulevaa altistusta. FAO/WHO on esittänyt
lääkekasveille seuraavat pitoisuusrajat kasvimateriaalin kuivapainoa kohden (WHO
1998).

- arseeni 1 mg kg⁻¹
- kadmium 0,3 mg kg⁻¹
- lyijy 10 mg kg⁻¹

Saksassa terveysministeriö (Health Ministry in Germany) suosittelee seuraavia raja-
arvoja kasveista tai eläimistä peräisin olevien lääketuotteiden raaka-aineille kasvimate-
riaalin kuivapainoa kohden (kts. Schilcher 1994):

- lyijy 5 mg kg⁻¹
- elohopea 0,1 mg kg⁻¹
- kadmium 0,2 mg kg⁻¹

Jatkossa tässä selvityksessä vertaamme mitattuja raskasmetallipitoisuuksia Saksan
terveysministeriön suosituksiin, jotka ovat laajassa käytössä. Tämä kuivien yrttien
kadmiumin pitoisuusraja on tiukempi kuin EU:n asettama sama raja-arvo tuoreille yr-
teille, sillä yrttien vesipitoisuus on yleensä korkea. Jos 0,2 mg Cd kg⁻¹ sisältävän tuo-
reen kasvinäytteen vesipitoisuus on esimerkiksi 80 %, kuivattuna sama kasvieron kad-
miumpitoisuus olisi 1 mg Cd kg⁻¹. Näin korkeita kadmiumpitoisuuksia yrteissä on vain
harvoin.

Sallittuja korkeampia kadmiumin enimmäispitoisuuksia on esitetty sellaisille rohdos-
kasvilajeille, joiden kadmiumpitoisuudet helposti ylittävät 0,2 mg kg⁻¹:

- 0,3 mg Cd kg⁻¹ kp pellavalle (*Linum usitatissimum*), orapihlajalle (*Crategi foli-
um cum flores*) ja siankärsämölle (*Achillea millefolium*)
- 0,5 mg Cd kg⁻¹ kp koivun lehdille (*Betulae folium*), hulluruoholle (*Datura stra-
monium*), pajun kuorelle (*Salicis cortex*) ja mäkikuisimalle (*Hypericum perfo-
ratum*).

3 Rohdos- ja mausteyrttien tuotanto ja raskasmetallitutkimukset Euroopassa

Tässä kappaleessa kuvailemme lyhyesti Euroopan yrttikasvien tuotantoa ja julkaistuja raskasmetallitutkimuksia maittain. Yrttikasvien esitetyt tuotantotiedot perustuvat kansainvälisten markkina-analyysien tuloksiin (Lange 2004, Pank 1998). Yrttejä koskevia raskasmetallitutkimuksia on tehty sekä viljellyistä että luonnosta kerätyistä kasveista. Joissakin tutkimuksissa näytteet on kerätty saastuneilta alueilta. Osassa tutkimuksia on selvitetty kasvinsuojeluaineiden, lannoitteiden tai maanparannusaineiden vaikutuksia kasvien raskasmetallipitoisuuksiin. Lisäksi on erityisten altistuskokeiden avulla pyritty selvittämään metallien kertymistä ja vaikutustapoja kasveihin.

3.1 Saksa

Saksa on mauste- ja rohdoskasvien kulutuksen ja markkinoinnin kärkimaita Euroopassa. Viljely on ammattimaista ja sekä viljelyssä että jatkojalostuksessa käytetään korkeatasoista tekniikkaa. Vuonna 1999 tärkeimpiä viljeltyjä lajeja olivat pellava (1815 ha), persilja (547 ha), kamomilla (841 ha), mäkikuisma (830 ha), maarianohdake (820 ha), ruohosipuli (655 ha), tilli (556 ha) ja fenkoli (479 ha).

1970-luvulta lähtien Saksassa on kiinnitetty huomiota rohdoskasvien raskasmetallipitoisuuksiin (Taulukko 4). Laajimmat julkaistut aineistot sisältävät jopa 12 000 kaupallisen näytteen analyysitulokset ja niiden joukossa oli satoja rohdosten raaka-aineina käytettäviä kasvilajeja (Kabelitz 1998).

Taulukko 4. Rohdos- ja mausteyrttejä koskevia raskasmetallitutkimuksia Saksassa vuosina 1978-2002.

Julkaisu	Kasvilajit
Gaudchau & Schneider (1996)	Iisoppi, meirami, timjami, mäkikuisma, keto-orvokki, pellava
Kabelitz (1998)	12 000 kasvinäytettä
Marquard ym. (1990)	Pellava
Peters (1989)	Nokkonen, siankärsämö, mäkikuisma
Plescher 1997	Kamomilla

Julkaisu	Kasvilajit
Plescher ym. 1995	Sitruunamelissa, salvia, piparminttu, virmajuuri, kehäkukka, kamomilla, siankärsämö, fenkoli, meirami, mäkikuisma
Röchricht ym. 1997	Kamomilla
Schilcher & Peters (1990)	Nokkonen, siankärsämö, mäkikuisma, raja-arvoja
Schilcher (1978)	Kamomilla
Schilcher (1982)	Lääkekasvien ja -valmisteiden epäpuhtaudet
Schilcher (1994)	Rohdoskasvien raskasmetallien enimmäispitoisuuksia
Schneider & Marquard (1996a)	Mäkikuisma, pellava
Schneider & Marquard (1996b)	Mäkikuisma
Schneider & Marquard (1995)	Mäkikuisma
Schneider ym. (1996)	Pellava, viljatatar
Schneider ym. (2002)	Mäkikuisma

3.2 Itävalta

Itävallassa kulutetaan ja viljellään paljon rohdos- ja maustekasveja. Tärkeitä viljelylajeja ovat kumina (900 ha), mausteunikko (654 ha), piparjuuri (300 ha), maarianohdake (270 ha). Pienempiä määriä viljellään fenkolia, anista ja korianteria (pinta-alat 20-80 ha). Isoilla alueilla viljellään helposti koneellistettavia erikoiskasveja, kuten öljypellavaa, safloria (*Carthamus tinctorius*) siemenöljyn takia ja lääkekasviksi käytettävää öljykurpitsaa (yli 10 000 ha). Mauste-, rohdos- ja erikoiskasvien yhteinen viljelyala oli v. 2000 yli 20 000 ha.

Rohdoskasvien raskasmetallipitoisuuksien kehittymistä on seurattu Itävallassa 1980-luvun lopulta lähtien (Chizzola 1989, Chizzola 1997, Chizzola 1998, Chizzola 2001, Chizzola & Franz 1996, Chizzola ym. 2003). 1999-2000 kerättyjen mauste- ja rohdoskasvien raskasmetallipitoisuudet olivat yleisesti melko alhaisia: Cd < 0,2 mg kg⁻¹, Pb < 1,5 mg kg⁻¹ (Chizzola ym. 2003). Em. lukemia korkeammat kadmiumpitoisuudet olivat kuitenkin tyypillisiä mäkikuismaalle (*Hypericum perforatum*), unikkosiemenille ja sian-

kärsämölle (*Achillea millefolium*). Myös kamomillasaunion (*Matricaria recutita*) kukkanäytteissä ja malin (*Artemisia absinthium*) herbanäytteissä tavattiin kohonneita kadmiumpitoisuuksia. Alueelliset erot jäivät vähäisiksi. Lyijypitoisuudet olivat korkeampia lehti- ja herbanäytteissä kuin hedelmissä ja siemenissä. Suurimmat pitoisuudet mitattiin *Artemisia*-lajeista, noin 2 mg kg⁻¹. Kun tutkimustuloksia verrattiin aikaisemmin 1990-luvulla tehtyihin mittauksiin, ei selvää laskevaa trendiä raskasmetallipitoisuuksissa voitu havaita. Mäkikuisman kadmiumpitoisuudet olivat jopa korkeampia kuin aikaisemmissa tutkimuksissa (kts. Chizzola 1989, Chizzola & Franz 1996).

Kasvien raskasmetallipitoisuudet olivat kuitenkin yleisesti ottaen niin alhaisia, ettei niillä oletettu olevan terveydelle haitallisia vaikutuksia (Chizzola ym. 2003). Raskasmetallipitoisuuksien jatkuva seuranta on kuitenkin tarpeen sellaisilla lajeilla, joilla on taipumus kerätä näitä haitallisia metalleja. Tällaisia lajeja ovat esimerkiksi unikko (*Papaver somniferum*) ja pellava (*Linum usitatissimum*).

Galambosin ym. (2004) vertailuaineistossa oli mukana 25 näytettä Itävallasta, näytteet oli kerätty v. 1989-1990. Tuolloin näytteiden keskimääräinen lyijypitoisuus oli 1,3 mg kg⁻¹ (vaihteluvälit: 0,319 – 6,553) ja kadmiumpitoisuus 0,091 mg kg⁻¹, (vaihteluvälit: 0,011-0,625). Korkeimmat kadmiumpitoisuudet mitattiin sellerin lehdistä (0,62 mg kg⁻¹), hirvenjuuren juurista (0,63 mg kg⁻¹) sekä orvokin herbanäytteistä (0,48 mg kg⁻¹).

3.3 Ranska

Ranska on Euroopan suurimpia yrttien tuottajamaita. Erityisesti haihtuvia öljyjä tuottavien lajien viljely on laaja. Aromi-, mauste- ja rohdoskasvien kokonaispinta-ala on noin 25 000 ha (Pank 1998). Eniten viljellään laventelia, 17 500 ha, seuraavaksi eniten oopiumunikkoa, 4300 ha, ja yli 1000 ha myskisalviaa. Fenkolia viljellään 400 ha, neidonhiuspuuta ja koiranruusua 200 ha kumpaakin. Arvioiden mukaan 100 - 1000 ha:n aloilla on rakuunaa, persiljaa, timjamia, iisoppia, piparminttua ja kamomillaa. Pie-nemmillä, 10-100 ha:n aloilla, arvellaan viljeltävän lähes 30 eri yrttikasvia, esim. koiruohoa, artisokkaa, sitruunaverbenaa ja keltakatkeroa.

Myös luonnosta kerätään merkittäviä määriä eri kasveja. Keltakatkeron tuoreita juuria kerätään liköriteollisuudelle vuosittain 2500 t, mustikkaa lääketieteellisuudelle 5000–10 000 t ja parfyymiteollisuudelle islanninjäkälää 2500 t, narsissinkukkia 400 t ja mimosankukkia 100 t.

Isoista viljelyaloista huolimatta ei ranskalaisia raskasmetallitutkimuksia tullut esille.

3.4 Italia

Italiassa viljellään paljon erilaisia erikoiskasveja. Tärkeimpiä lajeja ovat bergamotti (1500 ha), piparminttu (240 ha), saarni (200 ha), kamomilla (170 ha), mäkikuisma (150 ha), lakritsi (146 ha), laventeli (133 ha), tuoksukurjenmiekka (90 ha) ja vermuttiyrtti (20 ha). Muita tärkeitä lajeja ovat mm. rosmariini, kärsimyskukka ja sahrami. Myös

luonnon rohdoskasvien keruu on merkittävää. Eniten kerätään lakritsan ja keltakatkeron juuria, oreganoa, etelänarnikkia, poimulehteä, ruttojuurta ja sianpuolukkaa (Vender 2001).

Italiassa on tutkittu mm. kadmiumin vaikutusta kamomillan ja siankärsämön (De Pasquale ym. 1988a, b) sekä korianterin (De Pasquale ym. 1995) kasvuun ja farmakologisten yhdisteiden pitoisuuksiin. Lisäksi on tutkittu rohdoskasvivalmisteiden kadmiumpitoisuuksia, jotka vaihtelivat 0,01-0,75 mg kg⁻¹ (De Pasquale 1993). Barghigiani & Ristori (1995) käyttivät rosmariinia indikaattorilajina tutkittaessa elohopeakaivoksen vaikutuksia ympäristöön. Liikenteen päästöjen vaikutuksia koskevassa selvityksessä on tutkittu mm. malin (*Artemisia absinthium*) ja päivänkakkaran (*Chrysanthemum leucanthemum*) raskasmetallipitoisuuksia (Badino ym. 1998).

3.5 Espanja ja Portugali

Espanja on Etelä-Euroopan suurin mauste- ja aromikasvien viljelymaa. Yrttejä viljellään yhteensä yli 19 000 ha:n alalla. Siitä on aniksen siementä 5000 ha, oopiumunikkoa 4500 ha, maustesahramia 3800 ha ja laventelia 3000 ha. Noin 800 ha:n alalla viljellään maustefenkolin ja maitokuminan siemeniä, myskisalviaa ja erilaisia minttuja on molempia 500 ha.

Espanjassa kerätään myös paljon luonnon rohdosyrttejä. Tärkeimpiä kasveja ovat timjami (*Thymus zygis*), rosmariini ja Pyreneitten vuoristosta kerättävä etelänarnikki, joka on joutunut uhanalaiseen asemaan.

Portugalin yrttituotannosta on vain vähän tietoja ja yrttialan toiminta perustuu enimmäkseen luonnon kasvustojen hyödyntämiseen. Portugali on maailman suurin mäntyhartsien tuottaja, jota kerätään *Pinus pinaster* mäntylajista. Muista luonnonyrteistä mainittakoon mm. parfyymiteollisuudelle kerätty, kuivilla alueilla kasvavat *Cistus* -lajit. Lämpimässä ilmastossa viljellään muutamia haihtuvia öljyjä sisältäviä lajeja, kuten laventelia 1750 ha ja salviaa 100 ha (Florencio 1992).

Kirjallisuushakumme ei kuitenkaan tuonut esille julkaistuja raskasmetallitutkimuksia näiltä alueilta.

3.6 Bulgaria

Nykyisin Bulgaria on Euroopan yksi merkittävimmistä rohdoskasvien tuottajista. Vuonna 2000 Bulgariasta vietiin yli 20 000 tonnia yrttikasveja. Vientiin menevästä raaka-aineesta yli 75 % on keruutuotteita. Viljelyssä tärkeitä lajeja ovat mm. mintut (*Mentha* sp), maarianohdakkeen siemenet (*Sylibum marianum*) ja rohtovirmajuuri (*Valeriana officinalis*).

Bulgariassa rohdosyrttien raskasmetallitutkimukset liittyivät enimmäkseen Plodivin lähetyvillä sijaitsevan metallisulaton ympäristövaikutuksiin (Taulukko 5.). Metal-

lisulatto kuormittaa ympäristöä suurilla raskasmetallipäästöillään ja kadmiumia, lyijyä, kuparia, mangaania ja sinkkiä päätyy maaperään. Päästöjen vaikutusalueeksi on arvioitu 2800 ha, joista noin 400 ha on pahoin saastunutta. Koska alue ei sovellu enää ravintokasvien tuotantoon, on selvitetty alueen soveltuvuutta lääkekasvien tuotantoon.

Taulukko 5. Bulgarian Plodivin metallisulattojen vaikutuksia rohdoskasveihin käsitteleviä tutkimuksia.

Julkaisija	Kasvilajit
Zheljazkov & Fair 1996	Maruuna (<i>Artemisia maritima</i>), Tuoksuampiaisyrtti (<i>Dracocephalum moldavica</i>), Isohirvenjuuri (<i>Inula helenium</i>)
Zheljazkov & Jekov 1996	Öljyt ja uutteen : <i>Rosa</i> sp., <i>Lavendula</i> , <i>Mentha</i> , <i>Salvia</i> , <i>Ocimum</i> , <i>Foeniculum</i> , <i>Coriandrum</i> , <i>Anethum</i> , <i>Hyssopus</i> , <i>Rhus</i>
Zheljazkov ym.1996	Myskisalvia (<i>Salvia sclarea</i>)
Zheljazkov & Nielsen 1996a	Piparminttu (<i>Mentha x piperita</i>) Japaninminttu (<i>M. arvensis</i> var <i>piperascens</i>)
Zheljazkov & Nielsen 1996b	Laventeli (<i>Lavendula angustifolia</i>)
Zheljazkov & Nikolov 1996	Maarianohdake (<i>Sylibum marianum</i>)
Zheljazkov ym. 1999	Piparminttu (<i>Mentha x piperita</i>) Japaninminttu (<i>M. arvensis</i> var. <i>piperascens</i>)

3.7 Puola

Puolassa viljellään mauste- ja rohdosyrttejä noin 30 000 ha:n alueella, joten se on Euroopan tärkeimpiä yrttien tuottajia. Vuosittain tuotetaan 30 000 tonnia kuivattua raakaainetta, josta noin kolmannes on keruutuotteita. Viljelyssä on kuutisenkymmentä eri lajia. Yleisten kuminan, piparmintun, kamomillan, meiramin lisäksi viljellään erikoisempiakin lajeja kuten latva-artisokkaa, hulluruohoa ja maarianheinää. Puolassa on myös tutkittu paljon yrtti- ja rohdoskasvien sisältämiä raskasmetalleja. Siihen on vaikuttanut sekä yrttituotannon laajuus että maan teollistuneiden alueiden suuret raskasmetallipäästöt (Taulukko 6).

Taulukko 6. Rohdos- ja mausteyrttien raskasmetallitutkimuksia Puolassa vuosina 1995-2002.

Julkaisuja	Kasvilajit
Baranowska ym. 2002	Mäkikuisma , piparminttu , nokkonen , kamomilla
Bulinski & Błoniarz 1995	33 lajia, mm. rakuuna, tilli, korianteri, oregano, rosmariini, timjami
Figura ym. 1998	Herbavalmisteet
Gaweda & Capecka 2001	Nokkonen
Grela & Dzida 2001	Mäkikuisma, siankärsämö, nokkonen, pietarytti ym.,
Gzyl 1990	Persilja ym. keittiövihanneksia
Jasiewicz ym. 2001	Laventeli
Kwapulinski ym. 1996	75 lajia
Łozak ym. 2002	Piparminttu, nokkonen
Lukasik ym. 2000	Siankärsämö, voikukka, kastikka
Mikuła & Indeka 1997	Persilja ym. keittiövihannekset
Mirowski ym. 1995	76 kasvilajia, mm. arnikki, sitruunamelissa, salvia, nokkonen, koivu, kumina, korianteri, mäkikuisma, keto-orvokki, laventeli, kamomilla, tilli, siankärsämö,
Sołtyk & Fijałek 2000	Minttu, nokkonen
Weglarz & Karaczun 1996	Nokkonen

3.8 Venäjä

Venäjäällä on pitkät perinteet lääkekasvien käytössä, keruussa ja viljelyssä. Perinteisessä lääketieteessä käytetään yli 250 eri rohdoskasvilajia. Entisissä Neuvostoliitossa lääkekasvien keruulla, viljelyllä ja tutkimuksella oli oma keskitetty organisaationsa. Lääkekasveja arvioitiin tuotettavan noin 40 000 tonnia vuodessa (Listov & Petrov 1990). Tässä kirjallisuuskatsauksessa Venäjän osiota kuitenkin voidaan pitää hyvin puutteellisenä, koska suuri osa aikaisemmista tutkimuksista on todennäköisesti ilmestynyt sellaisissa julkaisuissa, joita tavanomaiset viitetietokannat eivät kata. 1990-luvulla Venäjäällä on useissa julkaisuissa esitetty rohdosyrttien koskevia tutkimustuloksia erityisesti puhtaalta Altain alueelta. Kuolan niemimaan metallisulattojen ympäristövaikutuksia selvit-

tävissä tutkimuksissa on seurattu luonnonkasvien raskasmetallipitoisuuksia (Haugland ym. 2002, Reimann ym. 2001), (Taulukko 7).

Taulukko 7. Rohdos- ja mausteyrttejä koskevia raskasmetallitutkimuksia Venäjällä vuosina 1994-2002.

Julkaisija	Kasvilajit	Alue
Gravel ym. 1994	Rohtomesikkä (<i>Melilotus officinalis</i>), tummarusokki (<i>Bidens tripartita</i>), mali (<i>Artemisia absinthium</i>), siankärsämö (<i>Achillea millefolium</i>), pietaryrtti (<i>Tanacetum vulgare</i>), nokkonen (<i>Urtica dioica</i>)	Venäjä(Altai)
Gravel ym. 2000	kts. ed.	Venäjä (Altai)
Haugland ym. 2002	Variksenmarja, mustikka, puolukka	Venäjä, Kuola, Monchegorskin metallisulatot
Listov & Petrov 1990	Lääkekasvit ja teesekeitukset	ent. Neuvostoliitto
Pimenova ym. 1998	<i>Patrinia intermedia</i> Ruusujuuri (<i>Rhodiola rosea</i>)	Venäjä (Altai)
Popov & Shpan'ko 1998	Mustikka	
Reimann ym. 2001	Mustikka, puolukka, variksenmarja, koivu, paju	Venäjä, Kuola, Monchegorskin metallisulatot, Suomi

3.9 Unkari

Unkarissa rohdos- ja mausteyrttien viljelyllä ja keruulla on ollut pitkät perinteet ja suuri taloudellinen merkitys. V. 1905 silloisen Unkarin Transilvanian alueella, Kolozsvarissa (nykyisin Romania, Clu-Napoca) perustettiin Euroopan ensimmäinen rohdostutkimuslaitos. Nykyisin tärkeimmät viljellyt lajit ovat sinappi (12 000 –15 000 ha), uniko (8000-12 000 ha), kumina (1500 –2500 ha), korianteri (1500-300 ha), fenkoli (1500-2000 ha), maarianohdake (1500-2000 ha), anis (400-500 ha), tilli (250-400 ha), kamomilla (250-400 ha) ja sitruunamelissa (200-250 ha) (Németh & Bernáth 2001). Muita tärkeitä lajeja ovat meirami, basilika, kynteli ja rohtovirmajuuri. Myös luonnonkasvien keruu on huomattavaa (10 000-15 000 t/v). Tärkeitä keruutuotteita ovat selja,

nokkonen, peltokorte, hevoskastanja, kamomilla, koiranruusu, mäkikuisma, kultapiisku, voikukka, siankärsämä ja misteli.

Laajasta tuotannosta huolimatta rohdosyrttien julkaistuja raskasmetallitutkimuksia löytyi niukasti. Unkarilaiset tutkijat ovat selvittäneet mm. haihtuvien öljyjen alkuainepitoisuuksia (Szentmihályi ym. 1998), lyijyn kulkeutumista nokkosessa laboratorio-oloissa (Fodor ym. 1996), mustikan, salvian ja peltokortteen sekä niistä valmistetun teen alkuainepitoisuuksia (Szentmihályi & Then 2000). Kasvihuonekokeessa tutkittiin keltasinapin lyijy- ja kadmiumpitoisuuksia (Lehoczký ym. 2002).

Galambosin ym. (2004) tutkimukseen oli sisällytetty 33 näytettä Unkarista. Näytteet oli kerätty 1989-1990. Näytteissä oli siemen-, lehti-, herba- ja kukkamausteita. Lyijypitoisuudet vaihtelivat tuolloin 0,099–47 mg kg⁻¹ ja kadmiumpitoisuudet 0,004-0,546 mg kg⁻¹ välillä. Kadmiumin osalta noin kolmannes ylitti ohjeellisen suosituksen rohdoskasveille (0,2 mg Cd kg⁻¹), lyijypitoisuudet ylittyivät (5 mg kg⁻¹) vain kahdessa näytteessä.

3.10 Slovakia ja Tšekki

Slovakiassa on pitkät perinteet ja kehittynyt tuotanto sekä viljelyssä että luonnonyrttien keruussa. Poliittiset ja taloudelliset muutokset vähensivät maan rohdosyrttien viljelypinta-alaa, jota nykyisin on noin 380 ha. Tärkeimmät viljellyt lajit ovat kamomilla (211 ha), heinäratamo (39 ha), piparminttu (18 ha), ja sitruunamelissa (15 ha). Myös luonnonkasvien keruu on tärkeää. Tuotannon lisäämiseksi maassa laadittiin v. 1999 kansallinen kehittämisohjelma.

Slovakian tapaan v. 1996-2002 välillä myös Tšekin rohdosyrttien viljelypinta-ala supistui monesta syistä. Rohdoskasvien viljelyala on pienentynyt 6300 hehtaarista 2800 hehtaariin ja maustekasvien viljelyala 10 000 hehtaarista 5000 hehtaariin. Tärkeimpiä rohdoskasveja ovat maarianohdake (1500-2500 ha), oopiumunikko, torajyvä ja kamomilla (100-150 ha) ja maustekasveista tärkein on kumina (v. 2001:2500 ha). Luonnosta kerätään vuosittain 150-170 tonnia kasveja, joista tärkein on koiranruusun marja (Buchtova- Drosnorova 2003).

Slovakiassa ja Tšekissä on tehty useita tutkimuksia, joissa on käsitelty eri yrttilajien erityisesti kamomillan, kadmiumpitoisuuksia (Taulukko 8).

Taulukko 8. Rohdos- ja mausteyrttien raskasmetallitutkimuksia Slovakiassa ja Tšekissä vuosina 1995-2003.

Julkaisija	Kasvilajit
Dušek ym. (1995)	Voikukka, selja
Grejtovský & Pirč (2000)	Kamomilla
Grejtovský ym. (1998)	Kamomilla
Ivan & Miroslav (2003)	Kamomilla, lehmus, malva, minttu
Králova & Masarovičova (2003)	Kamomilla, mäkikuisma
Králova ym. (2000)	Mäkikuisma
Kummerová ym. (2003)	Kamomilla
Masarovičova ym. (2003)	Kamomilla, mäkikuisma
Svičková & Havránek (1995)	Sitruunamelissa, salvia, <i>Herba agrimoniae</i> , <i>Herba equiseti</i>

Galambosin ym. (2004) vertailuaineistoissa oli 49 näytettä silloisesta Tšekkoslovakiasta. Tuolloin näytteiden keskimääräinen lyijypitoisuus oli 1,43 mg kg⁻¹ ja kadmiumpitoisuus 0,171 mg kg⁻¹. 30 % näytteistä ylitti kadmiumille esitetyn ohjeellisen suosituksen 0,2 mg kg⁻¹

3.11 Pohjoismaat

Historiallisesti Skandinavian maat eivät ole olleet merkittäviä rohdosyrttien tuottajia ja vasta viime vuosikymmenen aikana vaihtoehtokasvien etsiminen on nostanut esille rohdosyrttien viljelyä ja tuotantoa. Viljelypinta alat ovat suhteellisen pieniä.

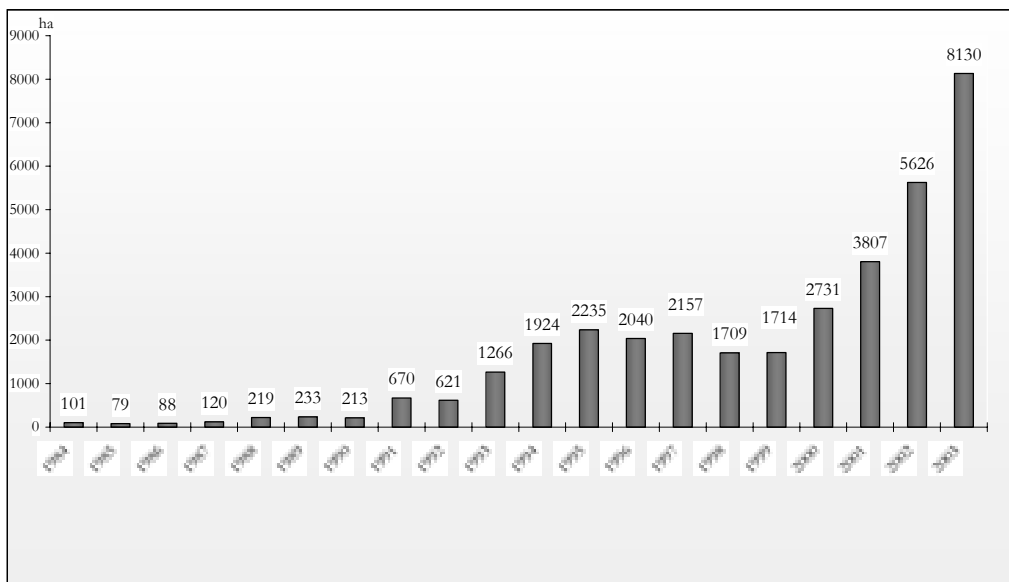
Ruotsissa avomaan yrttilijelyn pinta-ala v. 1999 oli n. 300 ha. Suurin osa tästä on tiliä ja persiljaa. Norjan koko yrttipinta-ala vuonna 2000 oli noin 100 ha. Pääkasvina oli kumina (yli 50 ha). Tanskan viljelypinta-ala arvioidaan 350-400 ha:ksi ja tärkeimpänä lajina on ruohosipuli (yli 200 ha).

Dragland (1996) selvitti kamomillasaunion (*Matricaria recutita*) kukkien sekä reunuspäivänkakkaran (*Tanacetum parthenium*) lehtien lyijy- ja kadmiumpitoisuuksia Norjassa. Näitä kasveja kasvatettiin 43 alueella eri puolella Norjaa. Kamomillan keskimääräinen kadmiumpitoisuus oli 0,2 mg kg⁻¹ ja reunuspäivänkakkaran 0,23 mg kg⁻¹. Kamomillan keskimääräinen lyijypitoisuus oli 0,27 mg kg⁻¹ ja reunuspäivänkakkaran 0,36 mg kg⁻¹. Kasvinäytteiden lyijypitoisuudet olivat alhaisia. Etelä-Norjassa mitattiin korkeampia lyijypitoisuuksia (keskiarvo 0,48 mg kg⁻¹) kuin Pohjois-Norjassa (keskiarvo 0,22 mg kg⁻¹). Sekä kamomilla että reunuspäivänkakkara ovat kadmiumia kerääviä lajeja.

4 Rohdos- ja mausteyrttien tuotanto ja raskasmetallitutkimukset Suomessa

4.1 Mauste- ja rohdosyrttien viljely Suomessa vuosina 1984-2004

Muista pohjoismaista poiketen, mauste- ja rohdosyrttien viljelyala Suomessa on kehittynyt merkittävästi ja on noussut kahdessakymmenessä vuodessa sadasta hehtaarista yli kahdeksaantuhanteen hehtaariin (Kuva 3). Eniten viljellään helposti koneellistettavia siemenmausteita. Suomessa viljelytietoja tilastoi maa- ja metsätalousministeriö (Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus 2004).



Kuva 3. Yrttikasvien viljelypinta-alan kehittyminen (ha) Suomessa vuosina 1984-2003 (Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus 2004).

Siemenmausteeksi luetaan kumina, korianteri ja sinappi, joista eniten viljellään kuminaa. Kuminan viljelyä on edistänyt hyvin onnistunut vienti. Tuotantoa organisoisi kaksi eteläsuomalaisista yritystä: Trans Farm Oy (Hausjärvi) ja Arctic Taste Oy (Janakkala). Vuonna 2003 kuminaa viljeltiin 665 tilalla yhteensä 7119 ha.

Lehtimausteita ovat tilli, persilja ja muut lehtimausteet kuten esim. meirami, timjami, iisoppi. TIKE:n puutarhayritysrekisterin mukaan v. 2003 tillia viljeltiin 319 tilalla, yhteensä 122,8 ha (Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus 2004). Persiljan pinta ala oli 10,8 ha ja sitä viljeltiin 104 tilalla.

Juurimausteita ovat valkosipuli, piparjuuri ja muut juurimausteet kuten väinönputki. Tärkein laji on valkosipuli. V. 2003 sitä viljeltiin 115 tilalla yhteensä 17,7 ha. Tilastoissa muut juurimausteet lasketaan yhteen muiden lehtimausteiden kanssa. Niitä oli v. 2003 yhteensä 39,9 ha 108 tilalla.

Tukihakemusoppaassa **lääkekasveiksi** luokitellaan mm. seuraavia lajeja: etelänarnikki, helokki, keltakatkero, maraljuuri, mäkikuisma, punahattu, ratamot, reunuspäivänkakkara ja rohtovirmajuuri. Muutama lääketehdas käyttää kotimaista raaka-ainetta vientikel-poisten lopputuotteiden valmistamiseen ja ne saavat raaka-aineensa ammattimaisilta rohdosyrttien viljelijöiltä. Lääkekasvien viljelyaloista ei ole saatavissa tarkkaa tietoa, koska ne tilastoidaan yhdessä siemenmausteiden kanssa. Yhteisestä pinta alasta on siemenmausteiden osuus lähes 95-98 %.

Kasvintuotannon tarkastuskeskuksen tilastojen mukaan luonnonmukaisesti viljeltyjen yrttien pinta ala oli v. 2002 295 ha. Siitä lehtimausteita oli 41,7 ha, siemenmausteita ja lääkekasveja 250,7 ha ja juurimausteita 2,7 ha.

Kasvihuoneessa tilli on tärkein tavanomaisesti viljelty kasvi. Sitä viljeltiin vuonna v.2002 11,2 hehtaaria ja satoa saatiin 82 tonnia. Persiljaa viljeltiin 3,9 hehtaarin alalla ja satoa tuli 140 tonnia. Muita kasveja ovat mm. ruohosipuli, basilika, mutta niiden määrä on suhteellisen pieni.

Kun ruukkyrttien tuotanto oli v. 1987 vain 95 000 kpl, vuonna 2003 niitä tuotettiin jo lähes 12 miljoona kpl (Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus 2004). Tuoreyrttien valikoimakin on monipuolistunut huomattavasti. Perinteisten tillin (tuotanto: 4 milj. kpl), persiljan (2,4 milj. kpl) lisäksi tuotettiin pariakymmentä muuta yrttiä, mm. basilikaa, sitruunamelissaa, korianteria, timjamia, minttua, yhteensä 5,4 miljoonaa kpl.

4.2 Luonnon rohdosyrttien keruutoiminnan merkitys Suomessa

Suomessa luonnon yrttikasvien keruulla on pienempi merkitys kuin viljelyllä. Luonnonyrttien käyttö on suosittua enimmäkseen perhepiireissä ja keruusta ei ole muodostunut laajaa yritystoimintaa. Syyksi voidaan arvella perinteiden puuttumista. Raaka-aineiden keruu on myös kallista johtuen pitkistä välimatkoista eikä tarvittavaa logistiikkaakaan ole. Muutama paikallinen pienyritys harjoittaa luonnonyrttien keruuta ja jatkojalostusta paikallisten erikoistuotteiden tuotantoa varten.

Vuonna 1995 suoritetun kyselytutkimuksen mukaan tärkeimpiä keruutuotteita ovat koivu, kihokki ja nokkonen, joita arvioidaan kerättävän vuosittain 1-5 tonnia (Galambosi 1996). Näistä vain kihokkia käytetään lääketieteellisuuden raaka-aineena ja vienti suuntautuu Sveitsiin. Nokkosta ja koivua käytetään muutamissa yrityksissä ja enimmäkseen kotitalouksien tarpeisiin.

Vuosittain 100-500 kg arvioidaan kerättävän seuraavia lajeja: siankärsämö (*Achillea millefolium*), mesiangervo (*Filipendula ulmaria*), mäkikuisma (*Hypericum perforatum*), voikukka (*Taraxacum officinalis*), maitohorsma (*Epilobium angustifolium*), mustikka (lehdet, versot) (*Vaccinium myrtillus*), peltokorte (*Equisetum arvense*) ja pihlaja (lehdet) (*Sorbus aucuparia*).

Vuosittain alle 100 kg arvellaan kerättävän n. 15 yrttilajia, mm. poimulehteä puna-apilan kukkaa ja ratamon lehtiä.

4.3 Mauste- ja rohdosyrttien raskasmetallitutkimukset Suomessa

4.3.1 Viljeltyjen rohdosyrttien raskasmetallipitoisuuksien kansainvälinen vertailututkimus

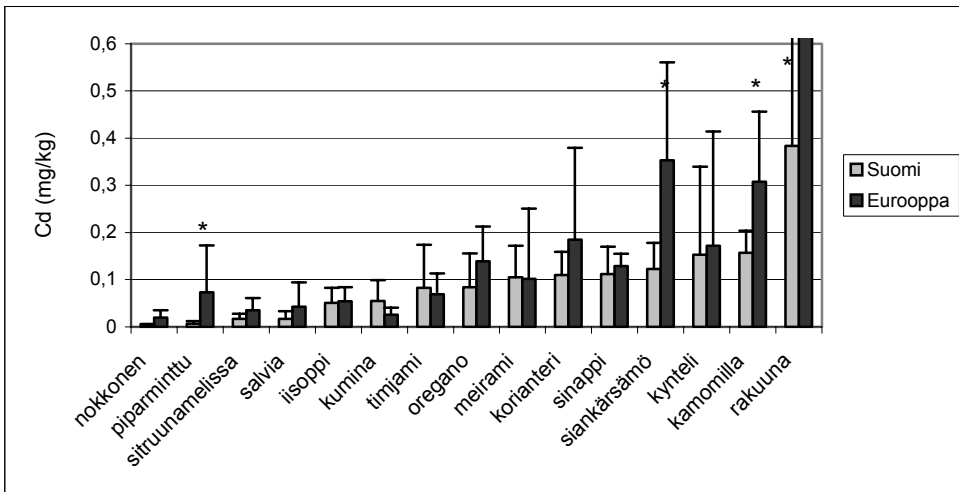
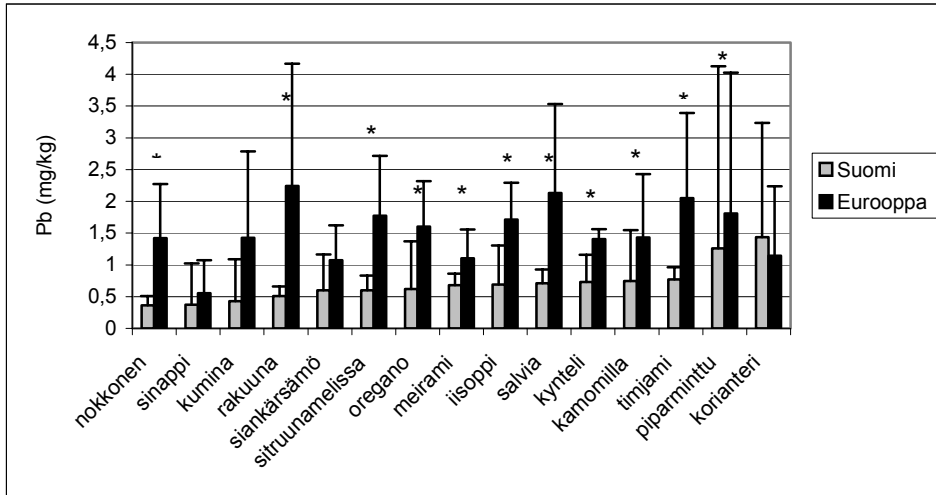
MTT:n vertailututkimuksessa mitattiin lyijyn ja kadmiumin kertymistä mauste- ja rohdoskasveihin vuosina 1989-1990 (Galambosi ym. 2004). Aineisto koostui 230 kotimaisesta ja 168 ulkomaisesta kasvinäytteestä ja mittauksia tehtiin viidestäkymmenestä eri kasvilajista. Suurin osa tutkitusta materiaalista oli viljelmiltä saatuja kuivattuja herba- ja lehtinäytteitä (74 %), mutta myös kukkanäytteitä (11 %) ja maustekasvien siemeniä (10 %) analysoitiin. Kotimaiset näytteet saatiin rohdos- ja yrttikasvien viljelykokeista MTT:n eri tutkimusasemilta, sekä kaupallisilta tuottajilta. Eurooppalaiset vertailunäytteet saatiin tutkimuslaitoksilta sekä kaupallisilta tuottajilta Saksasta, Itävallasta, Unkarista, Tšekkoslovakiasta, Iso-Britanniasta, Italiasta, Puolasta ja Turkista. Ulkomaisissa näytteissä oli muutama keruusta saatu luonnonkasvikin.

Tulosten mukaan ulkomaisten näytteiden lyijypitoisuudet (1,58 mg kg⁻¹) olivat keskimäärin kaksinkertaisia verrattuna kotimaisten näytteiden lyijypitoisuuksiin (0,69 mg kg⁻¹) (Kuva 4). Ulkomaisissa näytteissä 64 %:ssa ja kotimaisissa näytteissä 11 %:ssa lyijypitoisuus ylitti 1 mg kg⁻¹. Kuivatuille rohdoskasveille suositellun kadmiumrajan 0,2 mg kg⁻¹ ylitti 26 % ulkomaisista ja 9 % kotimaisista näytteistä.

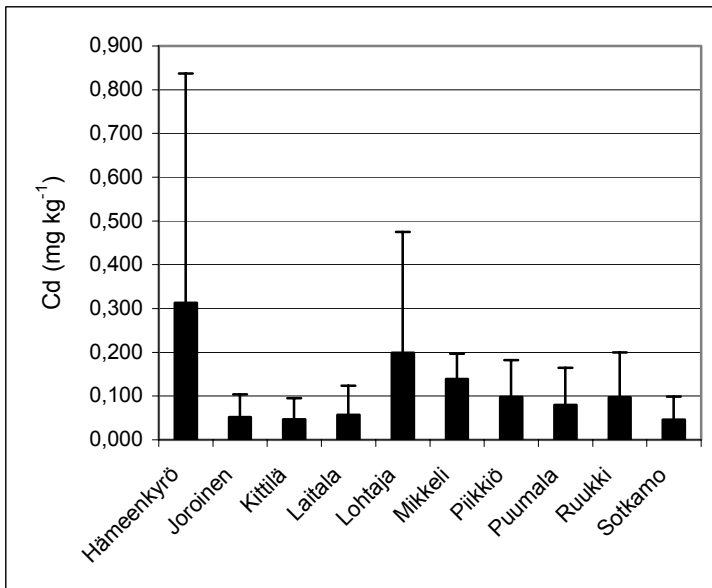
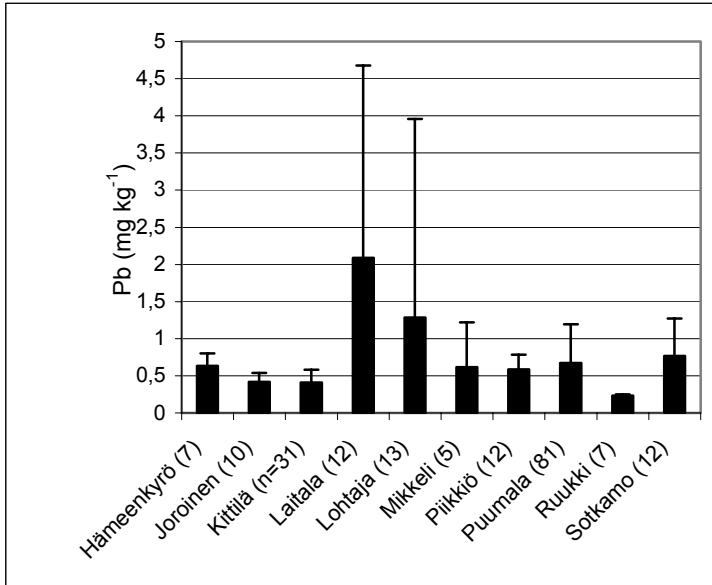
Suomen ja muiden Euroopan alueiden välillä erot olivat selvät. Eroja löytyi myös eri paikkakuntien välillä Suomessa, joskin otos oli liian pieni johtopäätösten tekemiselle. Kasvinäytteiden kadmiumpitoisuudet olivat alhaisia Kittilässä, Sotkamossa ja Joroisissa, yli 0,2 mg Cd kg⁻¹ pitoisuuksia tavattiin Lohtajan, Hämeenkyrön, Piikkiön ja Puumalan näytteistä (Kuva 5). Lyijypitoisuudet olivat tuolloin erityisen alhaisia Kittilässä, Joroisissa ja Ruukissa, kun taas korkeimmat yksittäiset lyijypitoisuudet mitattiin Toholammin ja Lohtajan yrttinäytteistä, noin 10 mg kg⁻¹ kuivapainoa kohden.

Eri kasvilajien kadmiumpitoisuudet vaihtelivat suuresti (Kuva 4). Kotimaisen nokkosien (*Urtica dioica*), piparmintun (*Mentha x piperita*), sitruunamelissan (*Melissa officinalis*), salvian (*Salvia officinalis*) ja anisiisopin (*Agastache foeniculum*) kadmiumpitoisuudet jäivät alhaisiksi (<0,01 mg kg⁻¹ kuivapainoa kohden). Toisaalta rakuunan

(*Artemisia dracunculus*), mäkikuisman (*Hypericum perforatum*), ampiaisyrtin (*Dracocephalum moldavica*) ja kamomillan (*Matricaria recutita*) keskimääräiset kadmiumpitoisuudet ylittivät 0,15 mg kg⁻¹.



Kuva 4. Mauste- ja rohdoskasvien keskimääräisiä lyijy- ja kadmiumpitoisuuksia 1990-luvun alussa Suomessa ja muualla Euroopassa (näytteet Saksasta, Itävallasta, Unkarista, Tšekkosloviasta, Iso-Britanniasta, Italiasta, Puolasta ja Turkista). Tähdet osoittavat tilastollisia eroja ($p < 0,05$) kotimaisten ja ulkomaisten näytteiden välillä (Galambosi ym. 2004).



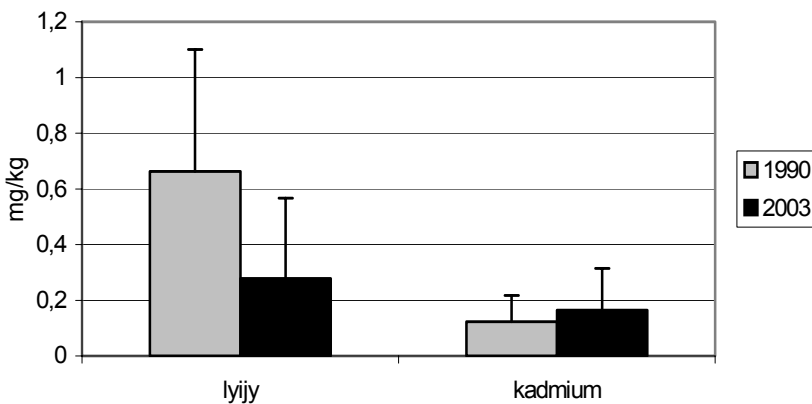
Kuva 5. Mauste- ja rohdoskasvien lyijy- ja kadmiumpitoisuuksia 1990-luvun alussa Suomessa eri paikkakunnilla (keskiarvo ja keskihajonta). Näytteiden määrä on ilmoitettu suluissa (Galambosi ym. 2004).

4.3.2 Viljeltyjen rohdosyrttien lyijy- ja kadmiumpitoisuuden vertailu vuosina 1990-2003

Vuonna 2003 analysoitiin raskasmetalleja samoista kasvilajeista, joita oli tutkittu v. 1990. Tarkoituksena oli selvittää, onko muutosta tapahtunut vuosien 1990 ja 2003 välisenä aikana. Viljelypaikkoina olivat 1990 Puumala ja 2002-2003 Mikkeli.

Vuoden 2003 kasvinäytteiden lyijypitoisuudet olivat keskimäärin 60 % alhaisempia verrattuna vuoden 1990 näytteisiin (Kuva 6). Tämä suuntaus johtuu lyijypäästöjen vähenemisestä, sillä kasveihin kertyvä lyijy on suurelta osin ilman kautta laskeutuvaa lehdistölle tulevaa.

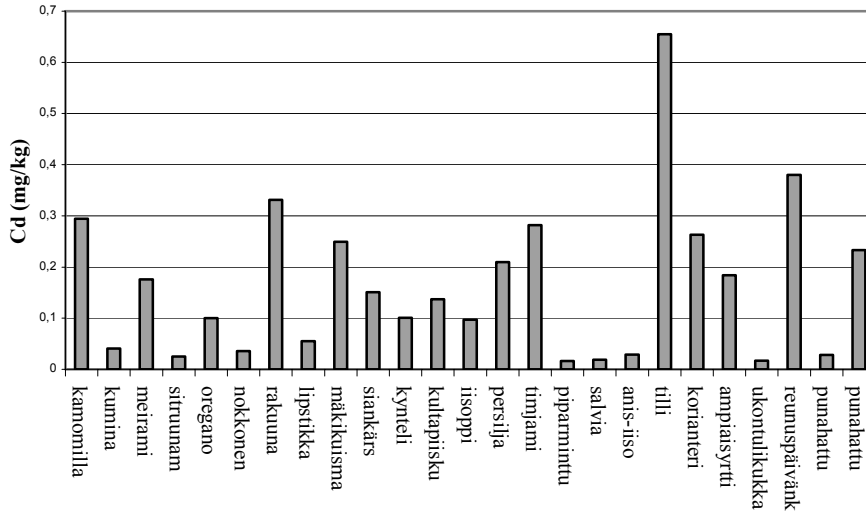
Kadmiumpitoisuudet olivat suunnilleen samalla tasolla molempina ajankohtina. Tulokset ovat samansuuntaisia Mäkelä-Kurton ja Sippolan (2002) toteamuksen kanssa. Heidän mukaansa viljelymaiden helpoliukoisen kadmiumin pitoisuudet olivat pysyneet aikavälillä 1987-1998 ennallaan.



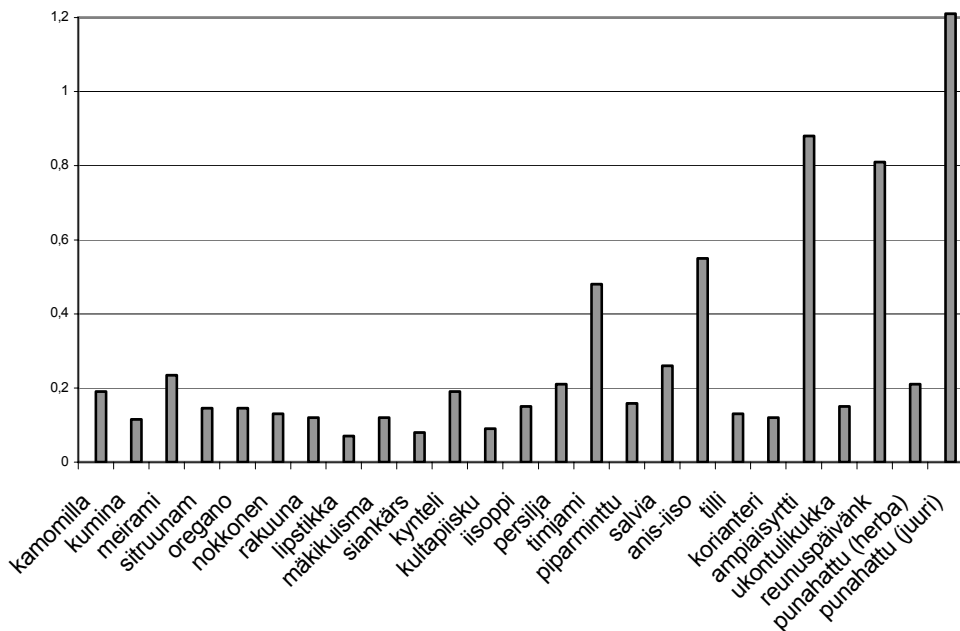
Kuva 6. Yrttinäytteiden lyijy- ja kadmiumpitoisuuksien keskiarvot (\pm hajonta) Puumalassa v. 1990 ja Mikkeliissä v. 2003. (n= 25) (Roitto ym. 2004).

Vuoden 2003 näytteiden kasvilajikohtaiset kadmiumpitoisuudet näyttäisivät noudattavan aiemmin saatuja tuloksia. Sitruunamelissan, nokkosen, minttujen, salvian, anisiisopin ja lipstikan kadmiumpitoisuudet jäivät alhaisiksi (Kuva 7a). Kadmiumpitoisuudet olivat korkeita timjamissa, reunuspäivänkakkarakassa ja erityisesti tillissä.

Lyijypitoisuudet olivat hyvin alhaisia verrattuna rohdoskasvien ohjeelliseen suositukseen 5 mg kg^{-1} (Kuva 7b). Korkein lyijypitoisuus mitattiin punahatun juurinäytteestä, mikä voi olla osoitus siitä, että lyijyä on vielä maaperässä huolimatta vähentyneestä lyijylaskeumasta.



Kuva 7a. Rohdos- ja maustekasvien keskimääräisiä kadmiumpitoisuuksia (mg/kg) Mikkelissä v. 2002-2003 (MTT).



Kuva 7b. Rohdos ja maustekasvien keskimääräisiä lyijypitoisuuksia (mg/kg) Mikkelissä v.2002-2003 (MTT).

4.3.3 Luonnosta kerättyjen teainesten ja sammalten raskasmetallitutkimuksia

Suomessa on tehty kaksi luonnon rohdoskasveja koskevaa raskasmetallitutkimusta 1990-luvulla. Haapajärven kaupungin elintarvikelaboratorion ja Elintarvikeviraston

selvityksen tavoitteena oli tutkia useiden kuntien alueelta luonnosta kerättyjen teeainesten mikrobiologista laatua sekä lyijy- ja kadmiumpitoisuuksia (Marjamaa 1996). Osa teeaineksista oli useiden kasvilajien sekoituksia ja osaan oli käytetty vain yhtä kasvia, esimerkiksi koivun tai nokkosen lehtiä. Tutkimuksessa analysoitiin 19 kotimaisen valmistajan ja 10 ulkomaisen valmistajan tai maahantuojan teeaineksia. Ulkomaiset teeainekset olivat peräisin Saksasta, Puolasta, Unkarista, Egyptistä, Hollannista, Turkista ja Romaniasta. Tässä tutkimuksessa lyijy- ja kadmiummääritykset suoritettiin Tullilaboratorio.

Marjamaan ym. (1996) selvityksessä näytteiden keskimääräinen lyijypitoisuus oli 0,60 mg kg⁻¹. Kotimaisten näytteiden lyijypitoisuus oli keskimäärin 0,42 mg kg⁻¹ ja ulkomaisten 1,1 mg kg⁻¹. Suurimmat pitoisuudet olivat ulkomaisessa vihreässä teessä (3 mg kg⁻¹). Kotimaisten näytteiden kadmiumpitoisuudet olivat keskimäärin 0,14 mg kg⁻¹ ja ulkomaisten 0,05 mg kg⁻¹. Korkeimmat pitoisuudet tavattiin kotimaisessa koivunlehti-teessä (0,44 mg kg⁻¹).

Oulun yliopiston POHERIKA- hankkeessa tehdyssä tutkimuksessa mitattiin v. 1995 Kainuun alueella sekä viljeltyjen mausteyrttien että alueen luonnosta kerättyjen kasvien ja marjojen raskasmetallipitoisuuksia (Oulun yliopisto 1995, Perämäki ym. 1995). Tutkittujen kasvinäytteiden lyijypitoisuudet olivat alhaisia, alle 0,3 mg kg⁻¹. Isohirvenjäkälästä mitattiin korkein lyijypitoisuus, 1,86 mg kg⁻¹. Ilmeisesti jäkälät keräävät helposti laskeuman mukana tullutta lyijyä. Myös Kabelitz (1998) mainitsee tämän lajin näytteistä noin kolmanneksen ylittäneen 5 mg Pb kg⁻¹, ja suosittelee islanninjäkälälle niinkin korkeata sallitua lyijypitoisuutta kuin 14 mg kg⁻¹. Yrttikasvien kadmiumpitoisuudet vaihtelivat POHERIKA-tutkimuksessa seuraavasti (mg kg⁻¹ kuivapainossa): piparminttu (alle 0,05), persilja (0,063-0,198), oregano (0,012), rakuuna (0,223-0,239), tilli (0,102) ja anisiisoppi (0,086). Keruutuotteiden kadmiumpitoisuudet olivat: koivun lehti (0,096-0,220), kultapiisku (0,098-0,198), mesiangervo (max 0,571), vadelma (0,092), siankärsämö (0,092), nokkonen (0,095) ja isohirvenjäkälä (0,111). Kadmiumpitoisuudet olivat melko alhaisia, mutta koivunlehdissä, rakuuna- ja mesiangervonäytteissä tavattiin siis yli 0,2 mg kg⁻¹ kadmiumpitoisuuksia.

Lähes koko Euroopan kattavan sammaltutkimuksen mukaan sammalten raskasmetallipitoisuudet olivat Suomessa alhaisia verrattuna muihin maihin (Buse ym. 2003). Tässä tutkimuksessa kyseessä eivät olleet keruutuotteet, mutta tulokset kuvastavat hyvin ilman kautta laskeumana tulevien raskasmetallien kertymistä ympäristöön. Tulokset mahdollistavat myös eri maiden välisen vertailun, koska näytteenotto- ja analyysimenetelmät oli yhdenmukaistettu. Sammalten alueellinen raskasmetallipitoisuuksien vaihtelu olikin hyvin huomattavaa. Sammalten keskimääräiset lyijypitoisuudet olivat Suomessa 1,38 mg kg⁻¹, Itävallassa 5,76 mg kg⁻¹, Bulgariassa 18,9 mg kg⁻¹, Belgiassa 23,8 mg kg⁻¹, Tsekissä 5,66 mg kg⁻¹, Saksassa 4,62 mg kg⁻¹, Puolassa 9,94 mg kg⁻¹, Unkarissa 15,0 mg kg⁻¹, Ranskassa 5,70 mg kg⁻¹, ja Norjassa 2,70 mg kg⁻¹. Kadmiumpitoisuudet olivat vastaavasti Suomessa 0,12 mg kg⁻¹, Itävallassa 0,18 mg kg⁻¹, Bulgariassa 0,38 mg kg⁻¹, Belgiassa 0,75 mg kg⁻¹, Tsekissä 0,23 mg kg⁻¹, Saksassa 0,21 mg kg⁻¹, Puolassa 0,36 mg kg⁻¹, Unkarissa 0,55 mg kg⁻¹, Ranskassa 0,20 mg kg⁻¹ ja Norjassa

0,09 mg kg⁻¹. Myös Suomessa tiheämmin asutun Etelä-Suomen sammalten raskasmetallipitoisuudet olivat alhaisemmat kuin Pohjois-Suomen (Poikolainen ym. 2004).

5 Raskametallien kertymiseen yrttikasveihin vaikuttavia tekijöitä

Raskasmetallien kertymiseen kasveihin vaikuttavat monet tekijät, kuten maaperän ja kasvien ominaisuudet. Viljelymaiden kadmiumpitoisuuksiin vaikuttavat sekä maa- ja kalliperän geokemialliset ominaisuudet että ihmisen toiminta. Luontaisesti melko korkeita maaperän kadmiumpitoisuuksia tavataan Suomessa mm. Tampereen liuskealueella, Pori-Vammalan nikkeli- ja Lapin granuliittivyöhykkeellä sekä Pohjanmaan happamilla sulfaattimailla (Salminen ym. 2004).

Viljelymaihin raskasmetalleja tulee laskeuman kautta, lannoitteista ja maanparannusaineista. Suomessa peltojen kadmiumkuormituksesta noin kolmannes tulee laskeuman mukana ja noin puolet eläinlannan käytön myötä (Louekari ym. 2000). Laskeumaan vaikuttavat energiantuotannon, jätteenpolton ja teollisuuden päästöt sekä kaukokulkeuma. Kotimaisten fosforilannoitteiden kadmiumpitoisuudet (2,5 mg Cd kg⁻¹ fosforia) ovat alhaisia verrattuna eurooppalaiseen keskitasoon (138 mg Cd kg⁻¹ fosforia) (Louekari ym. 2000). Viljelymaista myös poistuu raskasmetalleja, osin sadonkorjuun mukana.

Kasvien kadmiumin ottoon vaikuttavia maaperä- ja kasvitekijöitä ovat (McLaughlin ym. 1999):

- maaperä:
- maalaji,
- pH (happamuus)
- kadmiumin kokonaispitoisuus
- eloperäisen aineksen määrä kasvualustassa
- kationinvaihtokapasiteetti
- saviaineksen määrä, rauta- ja mangaanioksidien määrät
- muiden hivenaineiden pitoisuudet: sinkki, kupari
- pääravinteiden pitoisuudet: Ca, NH₄, PO₄
- lämpötila, kosteus, tiiviys
- hapetus/pelkistysolot
- lannoitteet ja maanparannusaineet
- viljelykasvi

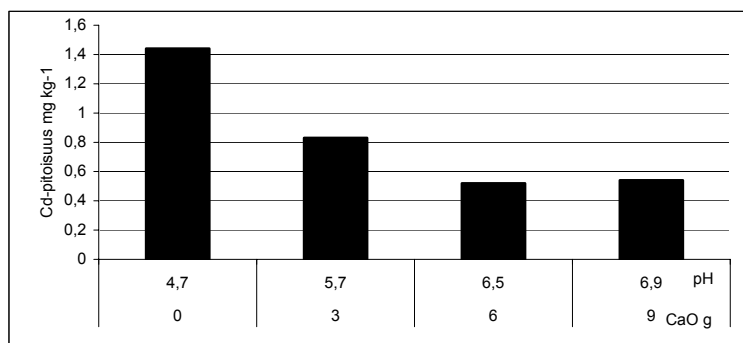
- kasvilaji ja lajike
- kasvinosa: lehti, jyvä, hedelmä, juuri
- juuriston toiminta
- kasvin ikä
- sadonkorjuun ajankohta
- metallin reaktiot solukalvoissa

Eloperäinen aines sitoo raskasmetalleja ja eloperäisen aineksen lisäämisellä kasvualustaan voidaan toisinaan alentaa kasvien raskasmetallipitoisuuksia. Myös viljelykierto, sadon käsittely ym. vaikuttavat maan eloperäisen aineksen määrään, ravinteiden jakaantumiseen maaperässä, maan kosteuteen ja happamuuteen, ja siten myös kasvien raskasmetallipitoisuuksiin.

Seuraavissa alaotsikoissa tarkastellaan yksityiskohtaisemmin vain kolmea osatekijää: maan happamuutta ja maalajia, sadonkorjuun ajankohtaa ja kasvien eri osia. Ne ovat tärkeitä niin yrttiraaka-aineiden kuin lopputuotteiden laadunkin kannalta.

5.1 Maaperän happamuuden ja maalajin vaikutus yrttien raskasmetallipitoisuuksiin

Maan pH:n laskiessa monien raskasmetallien liukoisuus lisääntyy ja kasvien juuret ottavat niitä helpommin. Röhricht ym. (1997) selvittivät maaperän happamuuden vaikutusta kamomillan kukkien kadmiumpitoisuuteen (Kuva 8). Kalkituksen ansiosta maan happamuus väheni, ja samanaikaisesti liukoisen kadmiumin pitoisuus pienentyi. Kamomillan kukkien kadmiumpitoisuudet alenivat kolmanneksella.



Kuva 8. Kalkituksen vaikutus kasvualustan pH-arvoon ja kamomillan kukkien Cd-pitoisuuteen astiakokeessa (Röhricht ym. 1997)

Radanovicin ym. (2002) tutkimuksessa mäkikuisman kadmiumpitoisuus oli yleensä yli $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$, kun maan pH oli alle 5,9. Siankärsämön kadmiumpitoisuus ylitti $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$, kun kasvualustan pH oli alle 4,5. Rohdoskasvien selvästi kohonneet kadmiumpi-

toisuudet happamissa maissa osoittavat, että ne eivät sovellu näiden kasvien tuotantoon. Myös luonnosta kerättyjen rohdoskasvien kadmiumpitoisuuksien seuranta on välttämätöntä keruualueiden vaihtelevien maaperäolosuhteiden takia. Suomessa metsämaa on yleensä hapanta, humuskerroksen pH on keskimäärin 4,1 ja kivennäismaan pintakerroksen 4,3 (Tamminen 1998). Tämän takia myös Suomessa keruutuotteiden raskasmetallipitoisuuksia tulisi tutkia enemmän.

Siirtymäkertoimien avulla voidaan kuvata raskasmetallien siirtymistehokkuutta maaperästä kasveihin. Mitä korkeampi kertoimen arvo on, sitä enemmän kadmiumia kertyy maaperästä kasveihin. Plescher ym. (1995) totesivat tutkimuksessaan, että kadmiumin siirtyminen maaperästä kasveihin väheni osalla tutkituista lajeista, kun pH nousi 0,5 yksikköä (Taulukko 9). Taulukossa näkyy myös, että siirtymäkerroin on korkea kadmiumia keräävällä mäkikuismalla, kun taas kadmiumia vähän keräävällä salvialla arvot ovat hyvin matalia.

Taulukko 9. Kadmiumin siirtymäkertoimen arvoja eri lajeille, kun kasvualustan pH on 6,4 ja 6,9 (Plescher ym. 1995).

<i>Kasvilaji</i>	<i>pH 6,4</i>	<i>pH 6,9</i>
Sitruunamelissa	0,083	0,072
Salvia	0,057	0,061
Piparminttu	0,198	0,154
Virmajuuri	0,307	0,228
Kehäkukka	0,617	0,564
Kamomilla	0,668	0,544
Siankärsämö	0,563	0,524
Fenkoli	0,407	0,319
Meirami	1,009	0,420
Mäkikuisma	1,430	1,200
Keskiarvo	0,536	0,409

Jansson (2002) korostaa kuitenkin, että kalkituksella saadaan hyöty vain silloin, kun kasvualustan pH on alhainen ja kasvien kadmiumpitoisuudet korkeat. Jos maan pH on jo korkea, niin kalkitus ei sovellu kadmiumin vähentämiskeinoksi kasveissa.

Mahdollisia syitä siihen, ettei kalkituksella saavuteta kadmiumpitoisuuksien vähentymistä kasveissa voivat olla:

- Kalkitus vaikuttaa lähinnä maan pintakerrokseen ja juuristo voi ylettyä syvällekin.
- Kalsiumin (Ca^{2+}) lisäys voi joskus jopa lisätä kadmiumin saatavuutta kasveille.

- Liiallinen kalkitus voi aiheuttaa hivenaineiden puutosta kasveissa, mikä vähentää kasvua ja voi siten lisätä kadmiumin pitoisuutta kasveissa.
- Hivenainepuutos voi lisätä juurten erittämien aineiden määrää, mikä puolestaan voi lisätä kadmiumin liukoisuutta.
- Hivenaineiden puute voi vaikuttaa kasveissa jo olevien hivenaineiden kiertoon

Myös sinkkilannoituksella voi olla mahdollista joissakin tapauksissa vähentää sadon kadmiumpitoisuuksia, mutta tulokset ovat olleet vaihtelevia (Jansson 2002).

Viljelymaiden ja eri maalajien kadmiumpitoisuuksia on selvitetty Mäkelä-Kurton ym. (2003) julkaisussa. Viljelymaiden kadmiumpitoisuuksien todettiin olevan alhaisempia kuin monissa muissa Euroopan maissa Suomessa karkeiden kivennäismaiden keskimääräiset kadmiumpitoisuudet (kuningasvesiuutolla mitatut kokonaispitoisuudet) olivat $0,138 \text{ mg kg}^{-1}$, savimaiden $0,222 \text{ mg kg}^{-1}$ ja eloperäisten maiden $0,298 \text{ mg kg}^{-1}$. Tosin on otettava huomioon, että eloperäisten maiden tilavuuspaino on kivennäismaita pienempi eli yleisesti raskasmetallipitoisuuksien tuloksissa käytetty mittayksikkö (mg kg^{-1} kuiva-ainetta) vaikuttaa tuloksiin. Hienojakoisissa maa-aineksissa on korkeampia kadmiumpitoisuuksia kuin karkeammassa, mikä selittää viljelymaiden keskimääräisesti korkeampia kadmiumpitoisuuksia Lounais-Suomessa. Maaveden liukoisen kadmiumin pitoisuudet olivat karkeissa kivennäismaissa $0,066 \mu\text{g l}^{-1}$, savimaissa $0,090 \mu\text{g l}^{-1}$ ja eloperäisissä maissa $0,183 \mu\text{g l}^{-1}$. Yleensä runsaasti liukoista kadmiumia sisältävät maat olivat happamia, pH4,5 tai alle.

Viljavuuspalvelun aineiston perusteella peltomaat voidaan luokitella puhtaiksi, jos niiden kadmiumpitoisuudet ovat alle $0,06 \text{ mg/kg}$ (kokonaispitoisuus) (Mäntylähti 2002). Pitoisuudet ovat kohonneet, jos kadmiumpitoisuus on yli $0,3 \text{ mg/kg}$. Tavanomaiset maat sijoittuvat tälle välille. Lyijylle vastaava puhtaan maan raja-arvo on 2 mg/kg ja lyijyn pitoisuus katsotaan kohonneeksi, jos se ylittää 20 mg/kg .

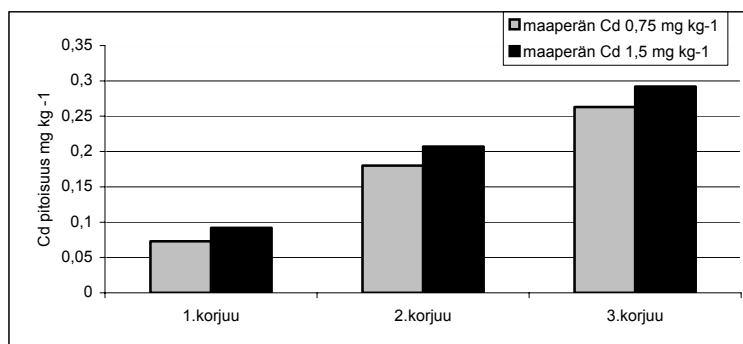
Tähän kirjallisuusselvitykseen ei löytynyt kotimaista aineistoa, jossa olisi selvitetty maalajin ja maan kadmiumpitoisuuden vaikutuksia yrttien kadmiumpitoisuuksiin. Tosiasia on kuitenkin, että yrttikasvien viljely savi- ja eloperäisissä maissa on yleensäkin vaikeampaa kuin muissa maalajeissa.

5.2 Sadonkorjuun ajankohta

Yrttikasvien joukossa on useita lajeja, joista korjataan kaksi tai kolme satoa. Plescher ym. (1995) mukaan toisessa korjuussa kadmiumpitoisuudet näyttäisivät usein kasvavan erityisesti piparmintussa ja meiramissa (Taulukko 10). Piparmintun toisen ja kolmannen sadon kadmiumpitoisuudet samalla kasvukaudella olivat selvästi korkeammat kuin ensimmäisen sadon (Kuva 9).

Taulukko 10. Kadmiumin siirtymäkertoimien arvoja eri kasvilajeilla kahtena eri korjuu-aikana (Plescher ym. 1995). Siirtymäkerroin kuvaa raskasmetallin siirtymistehokkuutta maaperästä kasviin.

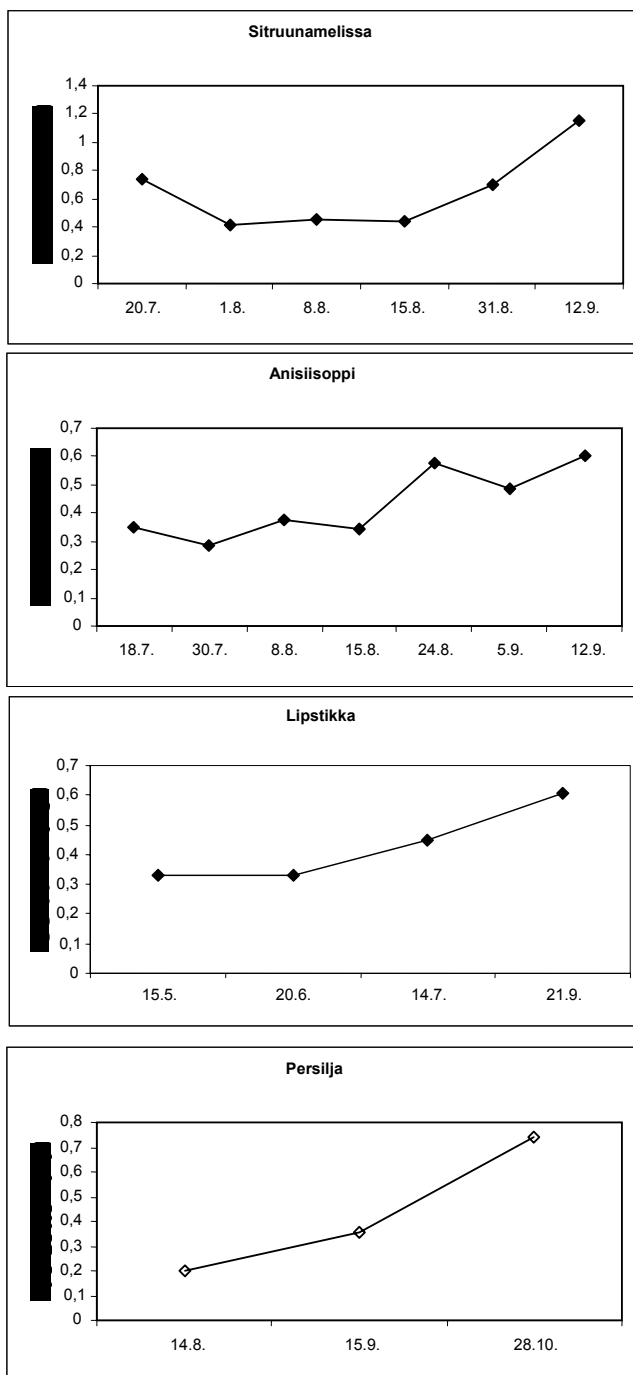
Kasvilaji	Cd:n siirtymäkerroin	
	1. korjuu	2. korjuu
Salvia	0,052	0,065
Sitruunamelissa	0,076	0,078
Piparminttu	0,079	0,198
Siankärsämö	0,394	0,692
Meirami	0,250	1,165
Keskiarvo	0,170	0,439



Kuva 9. Piparmintun kadmiumpitoisuudet kolmessa korjuussa (Plescher ym. 1995).

Samassa tutkimuksessa todettiin, että kylvöajankohta vaikutti selvästi kamomillan kadmiumpitoisuuksiin. Syksyllä kylvetyn kamomillan kadmiumpitoisuus oli keskimäärin $0,690 \text{ mg kg}^{-1}$, kun keväällä kylvetyn kamomillan kadmiumpitoisuus oli $1,180 \text{ mg kg}^{-1}$ (Plescher ym. 1995). Keväällä kylvetty kasvusto korjataan 4-5 viikkoa myöhemmin kuin syksyllä kylvetty, mikä voi osin vaikuttaa kadmiumin kertymiseen.

Myös Galambosi ym. (2004) havaitsivat lehtiyrtteissä lyijypitoisuuksien kohoamista myöhäisissä korjuissa. Sitruunamelissan, anisiisopin, lipstikan ja persiljan lehtien lyijypitoisuudet olivat sitä korkeammat mitä myöhemmin sato korjattiin (Kuva 10). Näin ei käynyt kuitenkaan timjamilla. Kadmiumpitoisuuden osalta vastaavaa trendiä ei ollut havaittavissa. Kadmiumpitoisuudet olivat alhaisia: $0,012\text{--}0,150 \text{ mg kg}^{-1}$. Tulokset mitattiin v. 1989, ennen lyijyttömän bensiinin yleistä käyttöönottoa ja koalue sijaitti 150 metrin päässä vilkkaasta tiestä.



Kuva 10. Sitruunamelissan, anisiisopin, lipstikan ja persiljan lyijypitoisuus (mg kg⁻¹) eri korjuuaikoina. Puumala 1989 (Galambosi ym 2004).

5.3 Raskasmetallit eri kasvinosissa

Yrttikasveista hyödynnetään eri kasvinosia: kukat, lehdet, varret, siemenet, juuret tai kuoret. Tutkimusten mukaan raskasmetallit kertyvät eri tavoin eri kasvinosiin. Usein korkeimmat metallipitoisuudet mitataan juurista. Saastuneilla alueilla kuten liikenneväylien tai teollisuuslaitosten lähialueilla kasvien maanpäällisiin osiin tulee raskasmetalleja laskeuman mukana. Yleensä ei tiedetä, miten suuri osuus kasvien sisältämistä raskasmetalleista on lehtien tai juurten pintakerroksissa.

Lyijy on metalli, joka siirtyy heikosti kasvien juurista versoihin. Laboratoriokokeessa nokkosta kasvatettiin lyijyä sisältävässä liuoksessa ja havaittiin, että suurin osa lyijystä jäi juuristoon (Taulukko 11). Lyijyn kulku versoihin ja erityisesti lehtiin oli rajoitettua ja sitä arveltiin jäävän johtojänteiden puisiin seinämiin (Fodor ym. 1996).

Taulukko 11. Lyijyn jakaantuminen nokkosen eri osiin laboratoriokokeessa. (Fodor ym. 1996).

	Kontrolli ($\mu\text{g Pb kasvinosa}^{-1}$)	Lyijy-altistus ($\mu\text{g Pb kasvinosa}^{-1}$)
Lehdet	0,84	1,29
Varret	0,19	9,69
Juuret	1,19	458,3

Slovakialaisessa tutkimuksessa todettiin huomattavia eroja kahden kamomilla lajikkeen juurten raskasmetallipitoisuuksissa (Kralova & Masarovicova 2003). Cv.Novbona-lajikkeen kadmiumpitoisuudet olivat alhaisemmat kuin cv. Goral-lajikkeen. Kun kasvualustan kadmiumpitoisuus oli $120 \mu\text{mol Cd l}^{-1}$, Goral-lajikkeen juurissa oli kadmiumia $29,5 \text{ mg g}^{-1}$ ja Novbona-lajikkeen juurissa vain $13,99 \text{ mg g}^{-1}$. Versoissa vastaavat pitoisuudet olivat $1,54 \text{ mg Cd g}^{-1}$ (Goral) ja $0,85 \text{ mg Cd g}^{-1}$ (Novbona).

Vaikka kadmiumpitoisuudet ovat yleensä korkeimmat juurissa, voivat myös versojen, lehtien, kukkien ja siementen tai hedelmien kadmiumpitoisuudet nousta melko korkeiksi. Kertymiseen vaikuttaa altistustapa (Taulukko 12). De Pasquale ym. (1995) selvittivät kadmiumin kertymistä korianteriin, kun kadmium sumutettiin kasvustoon tai vaihtoehtoisesti sekoitettiin kasvualustaan. Sumutus nosti lehtien kadmiumpitoisuudet erittäin korkeiksi (Taulukko 12). Suoraan kasvualustaan sekoitettuna kadmium kertyi etenkin juuriin. Kasvualustaan sekoitettu kadmium oli kuitenkin taimille haitallisempi kuin sumutuksen myötä tuleva.

Taulukko 12. Korianterin eri osien kadmiumpitoisuuksia altistuskokeessa (De Pasquale ym. 1995).

Kasvinosa	Kontrolli (ei kadmium-lisäystä)	Kadmium sumutettuna kasveihin		Kadmium sekoitettuna multa	
		Sumutteen väkevyys (10 mg Cd l ⁻¹)	(100 mg Cd l ⁻¹)	Pitoisuus kasvualustassa (10 mg Cd kg ⁻¹)	(100 mg Cd kg ⁻¹)
Hedelmät	0,144	3,586	6,985	0,192	0,139
Lehdet	0,449	27,18	94,55	0,698	0,792
Varret	0,478	5,49	5,97	0,779	0,896
Juuret	0,454	0,733	2,229	3,46	4,49

Myös kasvilajien välillä on eroja siinä, miten kadmium jakaantuu kasvin eri osiin. Osalla kasvilajeista lehtien pinta on vahapeitteinen ja toisilla taas tiheän karvan peittävä. Lehtien pintaominaisuudet voivat vaikuttaa laskeuman kautta tulevien metallien jäämiseen lehtien pinoille. Myöhäisten korjuiden korkeat lyijypitoisuudet havaittiin neljällä isolehtisellä lajilla, mutta ei pienilehtisellä ja vahapintaisella timjamilla (Kuva 10).

Siänkärsämöstä hyödynnetään ennen kaikkea kukkia. Saksassa, Berliinin saastuneelta alueelta kerätyt kasvinäytteet todistivat, että haitallisten raskasmetallien pitoisuudet olivat matalimmat juuri tärkeimmässä kasvinosassa, kukissa (Taulukko 13). Lyijyä kertyi laskeuman mukana enimmäkseen lehdille.

Taulukko 13. Siänkärsämön (*Achillea millefolium*) lyijy- ja kadmiumpitoisuudet kasvin eri osissa Berliinissä (Peters 1989).

	Versot	Kukat	Lehdet	Juuret
Cd ($\mu\text{g g}^{-1}$)	0,36	0,13	0,68	0,44
Pb ($\mu\text{g g}^{-1}$)	8,41	4,66	23,73	4,59

Tiettyjen kasvilajien siemeniin on todettu kertyvän kadmiumia. Unikon siementen todettiin sisältävän 27 % kasvin maanpäällisten osien sisältämästä kadmiumista, vaikka siementen osuudeksi vastaavasta biomassasta arvioitiin vain 11 % (Chizzola 1997). Samanlaista kadmiumin kertymistä öljypitoisiin siemeniin on havaittu myös muilla lajeilla, kuten auringonkukalla ja pellavalla (Marquard ym. 1990).

5.4 Kadmiumin kertymisessä eri yrtteihin on suuria eroja

Raskasmetallien kertymiseen kasveihin vaikuttavat mm. metallin liikkuvuus ja saataavuus maaperässä sekä kasvinosa. Kadmiumin kertymisessä kuitenkin on todettu suuria eroja eri yrttilajien välillä. Tutkimusaineiston pohjalta tutkijat luokittelivat lajeja kadmiumin kertymisen pohjalta eri ryhmiin.

Gaudchau ym. (1996) vertailivat kasvien kadmiumpitoisuuksia suhteessa maaperän kadmiumpitoisuuteen ja maasta kasveihin siirtyvän kadmiumin määrää kuvattiin siirtymäkertoimen avulla. Tulosten perusteella lajit voitiin jaotella eri ryhmiin:

Kerääjäkasveissa kadmiumpitoisuus oli suurempi kuin kasvualustasta uutettavan kadmiumin pitoisuus. Tällaisia kasveja olivat kamomillasaunio (*Matricaria recutita*), timjami (*Thymys vulgaris*), hanhikki (*Potentilla*) joiden siirtymäkerroin oli 1,5-3,5. Pujolla (*Artemisia vulgaris*) ja karvakuismalla (*Hypericum hirsutum*) siirtymäkerroin oli yli 6. Mäkikuismalla (*Hypericum perforatum*) ja keto-orvokilla (*Viola tricolor*) siirtymäkerroin oli 16-17.

Indikaattorikasveilla kasvin kadmiumpitoisuus vastaa kasvualustasta uutettavan kadmiumin määrää. Näitä lajeja olivat mm. siankärsämö (*Achillea millefolium*) ja raunioyrtti (*Symphytum officinale*).

Välttjäkasvien kadmiumpitoisuus jää alhaisemmaksi kuin kasvualustan kadmiumpitoisuus, esimerkiksi salvia.

Lisäksi voidaan mainita erityiset **hyperakkumulaattorikasvit**, jotka sietävät ja keräävät erittäin korkeita metallipitoisuuksia. Hyperakkumulaattorina voidaan pitää kasvia, jonka metallipitoisuus on 1000 mg kg⁻¹, mutta sinkille raja on 10 000 mg Zn kg⁻¹, kullalle 1 mg Au kg⁻¹ ja kadmiumille 100 mg Cd kg⁻¹. Maustekasveista sareptansinappi (*Brassica juncea*) on hyperakkumulaattori. Sen juurten lyijypitoisuudet olivat lyijyaltistuskokeessa jopa yli 6000 mg kg⁻¹ (Jiang ym. 2000). Hyperakkumulaattorikasvit voivat soveltua raskasmetallien saastuttamien alueiden puhdistukseen (fytoimediaatio).

5.5 Enimmäispitoisuudet ylittyvät

Saksassa, jossa käytetään lähes 40000 t rohdoskasvien tuontiraaka-aineita, seurataan tarkkaan niiden laatua. Esimerkiksi Kabelitz julkaisi v.1998 PhytoLab-laboratoriossa tutkittujen 12 000 kaupallisen rohdoskasvinäytteen lyijy- ja kadmiumpitoisuudet. Lyijypitoisuudelle suositeltu 5 mg kg⁻¹ raja-arvo ylittyi harvoin, mutta huomattavassa osassa näytteistä kadmiumpitoisuus ylitti ohjeellisen suosituksen 0,2 mg kg⁻¹. Raja-arvon ylittäminen on este kaupallisten erien maahantuonnille ja käytölle. Lajikohtaisten raja-arvojen määrittämisen perusteena pidettiin sitä, että korkeintaan 10 % tutkituista näytteistä ylittäisi esitetyn enimmäispitoisuuden. (Taulukko 14). Koivu, mäkikuisma ja

pinaatti olivat näiden kadmiumia keräävien lajien joukossa. Kihokki ja islanninjäkälä taas ovat lajeja, joissa on tavattu korkeita lyijypitoisuuksia (Taulukko 15).

Taulukossa 14 kasvit ovat kadmiumia kerääviä lajeja. Siellä esitetyt enimmäispitoisuudet ovat vielä ehdotuksia, eivät voimassaolevia suosituksia, mutta ilmeisesti muutospainetta nykyisille raja-arvoille on olemassa.

Taulukko 14. Ehdotettuja kadmiumin enimmäispitoisuuksia eri kasveille (Kabelitz 1998).

Kasvi	Kasvinosa	Cd (mg kg ⁻¹)
Koivu (<i>Betula alba</i>)	folia	0,7
Peltoemäkki (<i>Fumaria officinalis</i>)	herba	1,1
Kultapiisku (<i>Solidago virgaurea</i>)	herba	0,9
Mäkikuisma (<i>Hypericum perforatum</i>)	herba	1,3
Kava (<i>Piper methysticum</i>)	juuret	0,6
Voikukka (<i>Taraxacum officinale</i>)	herba ja juuret	0,6
Voikukka (<i>Taraxacum officinale</i>)	herba	0,7
Rohtoimikkä (<i>Pulmonaria officinalis</i>)	herba	0,8
Malva (<i>Althaea mollis</i>)	lehdet	1,2
Pinaatti (<i>Spinacia oleracea</i>)	lehdet	0,9
Keto-orvokki (<i>Viola tricolor</i>)	kukat	1,0
Rakkolevä (<i>Fucus vesiculosus</i>)	koko kasvi	1,0
Rätvänä (<i>Potentilla erecta</i>)	herba	2,1
Paju (<i>Salix alba</i>)	kuori, verso	1,8
Sitrusheinä (<i>Cymbopogon nardus</i>)	lehdet	0,6

Taulukko 15. Ehdotettuja lyijyn enimmäispitoisuuksia eri kasveille (Kabelitz 1998)

Rohto Kasvi	Kasvinosa	Pb (mg kg ⁻¹)
Paatsama (<i>Rhamnus frangula</i>)	kuori	7
Neidonhiuspuu (<i>Ginkgo biloba</i>)	lehdet	11
Islanninjäkälä (<i>Cetraria islandica</i>)	Koko kasvi	14
Kihokki (<i>Drosera rotundifolia</i>)	herba	7
Hopeapaju (<i>Salix alba</i>)	kuori	3

6 Rohdos- ja maustekasvien lajikohtaisia tutkimustuloksia

Kirjallisuusselvityksen tässä osassa kootaan tärkeimpien ja eniten tutkittujen rohdos- ja mausteyrttien tutkimustuloksia lajeittain. Yleisosien ja kasvikohtaisten katsausten päällekkäisyyttä on pyritty välttämään.

6.1 Herba- ja lehtirohdokset ja mausteet

6.1.1 Mäkikuisma (*Hypericum perforatum* L.)

Mäkikuisma on monivuotinen rohdoskasvi, joka kasvaa luonnonvaraisena Etelä-Suomessa. Keski-Euroopassa se on merkittävä viljelty rohdoskasvi ja sitä on käytetty perinteisesti lievien psyykkisen ja neurologisen vaivojen hoitoon. Mäkikuismasta tuli 1990 -luvun suosikkirohdos. Mäkikuisman vaikutuksia ja yhteisvaikutuksia muiden lääkkeiden kanssa tutkittiin laajasti. Lääketeollisuuden vaatimusten takia on aloitettu lajikkeiden jalostustyö sekä kontrolloitu peltoviljely.

Tärkeitä tuottajamaita ovat Saksa, Puola ja Unkari. Lajin tärkeydestä ja osittain ongelmallisuudesta johtuen raskasmetallitutkimuksia on suoritettu eri puolilla Eurooppaa laajasti (Taulukko 16, Taulukko 17).

Taulukko 16. Mäkikuisman kadmiumpitoisuuksia eri maissa tehdyissä tutkimuksissa.

Maa	Keskiarvo	Min	Max	Julkaisu
	(mg kg ⁻¹)			
Suomi	0,21	0,184	0,248	Galambosi ym. (2004)
Suomi		0,108	0,304	Moilanen (2001)
Itävalta		0,2	0,7	Chizzola (1989)
Itävalta	0,179	0,040	0,490	Chizzola & Franz (1996)
Itävalta	0,59	0,15	0,98	Chizzola ym. (2003)
Jugoslavia		0,3	3,0	Radanovic ym. (2002)
Saksa		0,73	5,06	Schneider & Marquard (1995)
Saksa		0,39	1,52	Schneider & Marquard (1996a)
Saksa		0,26	1,48	Schneider & Marquard (1996b)
Saksa		0	3,41	Kabelitz (1998)
Saksa		0,04	7,82	Schneider ym. (2002)
Puola	1,53			Miroslavski ym. (1995)
Puola		0,3	1,20	Baranowska ym. (2002)
Venäjä	0,323			Listov & Petrov (1990)

Taulukko 17. Mäkikuisman lyijypitoisuuden vaihtelu eri maissa tehdyissä tutkimuksissa.

<i>Maa</i>	<i>Keskiarvo</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Julkaisu</i>
	<i>(mg kg⁻¹)</i>			
Suomi	0,76	0,73	0,79	Galambosi ym.(2004)
Itävalta		0,3	0,7	Chizzola (1989)
Itävalta	0,3	0,1	0,9	Chizzola (1998)
Itävalta	0,4	0,2	1,0	Chizzola ym. (2003)
Jugoslavia		0,5	3,5	Radanovic ym. (2002)
Puola	5,97			Miroslavski ym. (1995)
Puola		8,12	21,60	Baranowska ym. (2002)
Venäjä	0,67			Listov & Petrov (1990)
Saksa		0	49,27	Kabelitz (1998)

Saksassa tehdyt tutkimukset ovat osoittaneet, että liian korkeat kadmiumpitoisuudet rajoittavat tämän rohdoskasvin tuotantoa. Sellaisten viljelyalueiden löytäminen, joissa mäkikuisman sadon kadmiumpitoisuudet jäisivät riittävän alhaisiksi, on osoittautunut vaikeaksi (Schneider & Marquard 1995). Näin siitakin huolimatta, että mäkikuismaalle sallitaan tavallista 0,2 mg kg⁻¹ korkeampi kadmiumpitoisuus eli 0,5 mg kg⁻¹. Kabelitzin (1998) laajassa tutkimuksessa 57 % (n=60) –kukka- ja 47 % (n=496) herbanäytteistä ylitti 0,5 mg kg⁻¹ suositellun raja-arvon. 5 mg kg⁻¹ lyijypitoisuudet ylittyivät 3,4 % kukka- ja 5,7 % herbanäytteissä vastaavasti. Korkeat lyijypitoisuudet olivat vain harvoin ongelmana.

Kainuulaisessa mäkikuisman viljely- ja jalostus -hankkeessa vuosina 1998-2000 todettiin mäkikuisman kadmiumpitoisuuksien vaihtelevan ensimmäisenä viljelyvuonna 0,074-0,33 mg kg⁻¹ (Moilanen 2001). Toisen vuoden sadossa pitoisuudet olivat pienemmät, alle 0,2 mg kg⁻¹. Maaperän kadmiumpitoisuudet olivat <0,09 mg kg⁻¹ - 0,25 mg kg⁻¹ (kokonaispitoisuudet). Myös Galambosin (2004) vertailututkimuksessa kotimaisen mäkikuisman kadmiumpitoisuudet jäivät verraten alhaisiksi (0,21 mg kg⁻¹), mutta tutkittuja näytteitä oli vain kolme.

Eri mäkikuismakantoihin kertyy hyvin eri tavoin kadmiumia. Schneider ja Marquard (1996a) vertasivat viiden eri mäkikuismakannan menestymistä saastuneella ja puhtaalla alueella. Maan kadmiumin kokonaispitoisuudet olivat 0,13 mg kg⁻¹ Rauschholzhäusenissa ja 2,7 mg kg⁻¹ Kirchainin lähialueella Saksassa. Kaksi mäkikuismakantaa

keräsi erityisen tehokkaasti kadmiumia. Huomattavaa on, että kaikkiin tutkittuihin kantoihin kertyi kadmiumia yli suositellun pitoisuuden ($0,5 \text{ mg kg}^{-1}$) myös puhtaalla alueella.

Schneider ym. (2002) vertasivat mäkikuisman kadmiumpitoisuuksia neljällä eri paikkakunnalla Saksassa. Viljelyvuosia oli kaksi. Tutkimuksen tavoitteena oli löytää sellaisia viljelyyn soveltuvia genotyyppejä, joihin kadmiumia ei rikastuisi. Kasvinäytteiden kadmiumpitoisuudet olivat $0,04\text{--}7,82 \text{ mg kg}^{-1}$. Paikkakuntien väliset erot olivat selviä toisena viljelyvuotena, jolloin mäkikuisman keskimääräinen kadmiumpitoisuus oli $3,51 \text{ mg kg}^{-1}$ Quedlinburgissa ja $0,21 \text{ mg kg}^{-1}$ Erfurtissa. Maaperän liukoisen kadmiumin pitoisuudet olivat vastaavasti $19,3 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$ Quedlinburgissa ja $0,48 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$ Erfurtissa.

Fosforilannoitteiden sisältämä kadmium voi siirtyä maaperästä kasveihin. Egyptissä tehdyssä tutkimuksessa käytetty fosforilannoite sisälsi 26 mg kg^{-1} kadmiumia. Lannoitekokeessa NP-lannoitus lisäsi kukkavarsien määrää ja kasvien hyperisiini-pitoisuutta, mutta lannoitteiden sisältämän kadmiumin lisäsi myös kadmiumin määrää mäkikuismassa (Azizi & Omidbaigi 2002). Korkeimmalla lannoitustasolla ($200 \text{ kg P/ha} + 250 \text{ kg N/ha}$) mäkikuisman kadmiumpitoisuudet olivat $0,269 \text{ mg kg}^{-1}$, kun kadmiumpitoisuus oli vain $0,091 \text{ mg kg}^{-1}$ lannoittamattomissa kasveissa. Suomessa nykyisin käytettävien fosforilannoitteiden kadmiumpitoisuudet ovat kuitenkin hyvin alhaisia (Louekari ym. 2000).

6.1.2 Piparminttu (*Mentha x piperita* L.)

Piparminttu on tärkeä, monivuotinen mauste- ja rohdoskasvi, josta tislattu piparminttuöljy sisältää mentolia ja mentonia. Haihtuvia öljyjä ja mentolia käytetään lääke- ja mausteaineena, likööreihin, purukumiin, tupakan maustamiseen, jne. Maailmassa markkinoidaan vuosittain tuhansia tonneja piparminttuöljyä tai mentolia. Tuoreita ja kuivattuja lehtiä käytetään yleensä teeaineeksi. Suuria tuottajamaita ovat Yhdysvallat, Kiina, Brasilia, Bulgaria.

Tutkimustulosten mukaan piparminttu ei erityisesti kerää haitallista kadmiumia (Taulukot 18 ja 19). Kabelitzin (1998) laajassa tutkimuksessa 6 % piparminttunäytteistä ($n=420$) ylitti $0,2 \text{ mg kg}^{-1}$ kadmiumpitoisuuden ja vain 3,8 % näytteistä ylitti lyijyn 5 mg kg^{-1} :n raja-arvon.

Bulgariassa Plovdivissa, raskasmetallien kuormittamalla alueella suoritetuissa tutkimuksissa selvitettiin piparmintun (*Mentha piperita*) ja rantamintun (*Mentha x arvensis*) raskasmetallipitoisuuksia 400 m, 2 km ja 10 km etäisyyksillä metallisulatosta (Zheljakov & Jekov 1996, Zheljakov ym. 1999). Maaperän kadmiumpitoisuudet olivat $24,7 \text{ mg kg}^{-1}$ (400 m) $3,45 \text{ mg kg}^{-1}$ (2 km) ja $0,79 \text{ mg kg}^{-1}$ (10 km). Myös lyijypitoisuudet sulaton lähellä olivat korkeita: 1067 mg kg^{-1} (400 m), $200,4 \text{ mg kg}^{-1}$ (2 km) ja $29,8 \text{ mg kg}^{-1}$ (10 km). Kasveilla ei kuitenkaan havaittu myrkytysoireita kuten ruskettuneita juuria tai lakastuvia lehtiä edes sulaton läheisyydessä. Kasvien kadmiumpitoisuudet olivat

saastuneimmalla alueella 18,3 mg kg⁻¹ ja kontrollialueella 1,2 mg kg⁻¹. Lyijypitoisuudet olivat vastaavasti 173,2 mg kg⁻¹ ja 7,4 mg kg⁻¹.

Piparmintun sato oli 9-16 % alhaisempi sulaton läheisyydessä verrattuna 10 km:n etäisyydellä kasvaneisiin taimiin. Mintun haihtuvien öljyjen kokonaispitoisuus ei pienentynyt raskasmetallikuormituksen lisääntyessä, mutta vähentynyt biomassan tuotanto vähensi vastaavasti öljyjen määrää. Mentolin pitoisuus laski sulattojen läheisyydessä. Haihtuvien öljyjen raskasmetallipitoisuudet jäivät alhaisiksi.

Samansuuntaista tuloksia esittivät myös Scora & Chang (1997). Yhdyskuntalietteen sisältämät raskasmetallit eivät vaikuttaneet lietteellä lannoitettujen piparminttujen biomassaan. Kasvien kadmium-, lyijy-, kromi-, kupari- ja nikkelpitoisuudet eivät eronneet puhtaalla alueella kasvaneiden minttujen metallipitoisuuksista. Myöskään lehdistä uutettuihin öljyihin ei kertynyt raskasmetalleja ja öljyjen kemiallinen koostumus ei ollut erilainen liete- ja kontrollikäsitteilyjen välillä.

Taulukko 18. Piparmintun kadmiumpitoisuuden vaihtelu eri maissa tehdyissä tutkimuksissa.

Maa	Keskiarvo	Min	Max	Julkaisu
	(mg kg ⁻¹)			
Suomi	0,007	0,005	0,017	Galambosi ym. (2004)
Itävalta		0,026	<0,050	Chizzola (1989)
Itävalta	0,028	0,010	0,060	Chizzola & Franz (1996)
Itävalta	0,05	0,02	0,27	Chizzola ym. (2003)
Puola	0,52			Miroslavski ym. (1995)
Puola		0,20	1,28	Baranowska ym. (2002)
Jugoslavia	0,47			Sovljanski ym. (1989)
Serbia			<0,5	Radanovic ym. (2001)
Venäjä	0,009			Listov & Petrov (1990)
Saksa		0	0,74	Kabelitz (1998)
Slovakia	0,021			Ivan & Miroslav (2003)

Taulukko 19. Piparmintun lyijypitoisuuden vaihtelu eri maissa tehdyissä tutkimuksissa.

Maa	Keskiarvo	Min	Max	Julkaisu
	(mg kg ⁻¹ dw)			
Suomi	1,26	0,201	9,88	Galambosi ym. (2004)
Itävalta		0,5	1,7	Chizzola (1989)
Itävalta	0,7	0,3	1,4	Chizzola & Franz (1996)
Itävalta	0,8	0,2	2,4	Chizzola ym. (2003)
Puola	5,90			Miroslavski ym. (1995)
Puola		5,0	46,15	Baranovska ym. (2002)
Jugoslavia	2,6			Šovljanski ym. (1989)
Serbia		1,2	2,6	Radanovic ym. (2001)
Venäjä	0,3			Listov & Petrov (1990)
Saksa		0	27,7	Kabelitz (1998)

6.1.3 Nokkonen (*Urtica dioica* L.)

Nokkonen on perinteisesti tärkeä rohdoskasvi. Lehtiä ja maanpäällistä osa käytetään mm. reumatismin, virtsatieinfektion ja tulehdusten hoitoon ja ehkäisyyn, juuria prostata-avaivojen hoitoon. Rohdosmarkkinoilla myydään vuosittain lähes tuhat tonnia kuivattuja lehtiä, joista suurin osa kerätään luonnosta. Tärkeitä tuottajamaita ovat Unkari, Albania, Bulgaria. Nokkosen viljely on aloitettu useissa maissa.

Nokkosen maanpäälliset osat eivät kerää erityisesti kadmiumia (Taulukko 20). Tätä käsitystä tukevat myös saksalaisen PhytoLab:n analyysit (Kabelitz 1998). Nokkosen herbanäytteiden kadmiumpitoisuudet jäivät yleensä alle 0,2 mg kg⁻¹ (n=142). Lehti- näytteistä 5,2 % ja juurinäytteistä 20,6 % ylitti tämän raja-arvon. Lyijyn suositusarvon 5 mg kg⁻¹ylitti 4,2 % herba-, 5,8 % lehti- ja 5,9 % juurinäytteistä.

Koska nokkonen on yleinen kasvilaji, se voi soveltua myös ympäristön kuormituksen bioindikaattoriksi. Muutamissa tutkimuksissa on mitattu melko korkeita nokkosen lyijypitoisuuksia, esimerkiksi Belgiassa (Taulukko 21).

Laajan juuristonsa avulla nokkonen ottaa erilaisia hivenaineita. Puolalaisessa tutkimuksessa selvitettiin nokkosen mangaani- (Mn), kromi- (Cr), rauta- (Fe), nikkeli- (Ni), sinkki- (Zn), kupari- (Cu), lyijy- (Pb) ja kadmium- (Cd) pitoisuuksia Puolan Malopolskan alueella suhteessa maaperän vastaaviin pitoisuuksiin (Gaweda & Capecka 2001). Tutkimuksessa tuotiin esille myös maan eloperäisen aineksen vaikutus maan metallien

kertymiseen kasveihin. Kasveille käyttökelpoisten, liukoisten metallien saatavuus näytti kasvavan, jos eloperäistä ainesta oli maassa vain vähän. Nokkosen juuristosta mitattiin korkeimmat rauta-, nikkeli-, kromi-, sinkki- ja kadmiumpitoisuudet, lehdistä korkeimmat lyijy- ja mangaani- sekä kukista korkeimmat kuparipitoisuudet. Näytteiden keskimääräiset lyijy- ja kadmiumpitoisuudet ylittivät Puolassa ravinnolle asetetut raja-arvot.

Taulukko 20. Nokkosen kadmiumpitoisuuden vaihtelu eri maissa tehdyissä tutkimuksissa.

Maa	Keskiarvo	Min	Max	Julkaisu
	(mg kg ⁻¹ kp)			
Suomi	0,005	0,003	0,006	Galambosi ym.(2004)
Suomi	0,095			Perämäki ym.(1995)
Suomi	0,022			Marjamaa (1996)
Saksa	0,26	0,08	1,08	Peters (1989)
		0,00	0,16	Kabelitz (1998)
Puola	5,5			Miroslavski ym. (1995)
Puola	0,27	0,02	0,92	Gaweda & Capecka (2001)
Puola		0,27	1,42	Baranowska ym. (2002)
Venäjä	0,115			Listov & Petrov (1990)
Venäjä		0,01	0,02	Gravel ym. (2000)
Belgia	0,43	0,03	9,26	Tack & Verloo (1996)

Taulukko 21. Nokkosen lyijypitoisuuden vaihtelu eri maissa tehdyissä tutkimuksissa.

Maa	Keskiarvo	Min	Max	Julkaisu
	(mg kg ⁻¹ kp)			
Suomi	0,361	0,181	0,567	Galambosi ym. (2004)
Suomi	<0,300			Perämäki ym. (1995)
Suomi	0,64			Marjamaa (1996)
Saksa	9,07	2,13	44,40	Peters (1989)
Saksa		0	26,53	Kabelitz (1998)
Puola	20			Miroslawski ym. (1995)
Puola	10,91	5,21	20,57	Gaweda & Capecka (2001)
Puola		7,23	51,00	Baranowska ym. (2002)
Venäjä	0,83			Listov & Petrov (1990)
Venäjä		0,07	0,24	Gravel ym. (2000)
Belgia	34	0	357	Tack & Verloo (1996)

6.1.4 Persilja (*Petroselinum crispum* L.)

Persilja on yksi käytetyimmistä ja suosituimmista mausteyrteistä. Siitä käytetään sekä aromaattisia ja vitamiinipitoisia lehtiä että palsternakan kaltaisia, mausteisia, valkoisia juuria. Lehtimausteeksi suositellaan aromikasta, silolehtistä persiljaa ja koristeeksi kurttulehtistä muotoa. Sekä lehti- että juuripersiljaa viljellään yleisesti kotipuutarhoissa. Tärkeimmät tuotantomaat ovat Ranska, Saksa, Unkari.

Persilja näyttää kuuluvan kasvilajeihin, jotka ainakin jossain määrin keräävät kadmiumia yli suositusten ((Taulukko 22.). Kabelitzin (1998) tutkimuksessa persiljan lehtinäytteistä (n=155) 11,5 % ja juurinäytteistä (n=31) 38,7 % ylitti rohdoskasveille suositellun 0,2 mg Cd kg⁻¹. Suomessa 1989-1990 tutkituista seitsemästä lehtinäytteestä vain yksi näyte ylitti 0,2 mg kg⁻¹. Lohtajalla kasvatetusta persiljasta mitattiin korkein kadmiumpitoisuus, 0,932 mg kg⁻¹. Puumalassa persiljan kadmiumpitoisuudet olivat 0,126 ja Kittilässä 0,061 mg kg⁻¹.

Taulukko 22. Persiljan lehtien kadmiumpitoisuuden vaihtelu eri maissa tehdyissä tutkimuksissa.

Maa	Keskiarvo	Min	Max	Julkaisu
	(mg kg ⁻¹)			
Suomi	0,222	0,050	0,932	Galambosi ym. (2004)
Suomi	0,160	0,063	0,198	Perämäki ym. (1995)
Itävalta	1,0			Chizzola (1989)
Puola	0,97	0,30	13,50	Gzyl (1990)
Puola	0,34		0,92	Mikula & Indeka (1997)
Saksa		0	0,6	Kabelitz (1998)

Taulukko 23. Persiljan lyijypitoisuuden vaihtelu eri maissa tehdyissä tutkimuksissa.

Maa	Keskiarvo	Min	Max	Julkaisu
	(mg kg ⁻¹)			
Suomi	1,86	0,21	10,16	Galambosi, ym. (2004)
Suomi	<0,300			Perämäki ym. (1995)
Itävalta	<0,1			Chizzola (1989)
Puola	3,21			Mikula & Indeka (1997)
Puola	7,9	1,3	49,5	Gzyl (1990)
Saksa		0	4,15	Kabelitz (1998)

6.1.5 Salvia (*Salvia officinalis* L.)

Salvia on Välimeren alueelta kotoisin oleva monivuotinen puolipensas. Voimakasaro-mista lehteä tai siitä tislattua öljyä käytetään mausteeksi ja lääkkeeksi. Salvialla on antimikrobisia ja antioksidanttivaikutuksia. Suuria kaupallisia määriä (useita tuhansia tonneja vuodessa) tuottavat Balkanin alueen maat ja Turkki, joissa tätä kasvia kerätään enimmäkseen luonnosta. Salvian peltoviljely on aloitettu Keski- Euroopan tuottajamaissa.

Salvia on niukasti kadmiumia keräävä laji (Taulukot 24 ja 25). Tämän osoittaa Kabelitzin (1998) selvitys, jossa tutkituista 160 salvian lehtinäytteestä ainoastaan 0,6 % ylitti 0,2 mg kg⁻¹ rajan. 90 % näytteistä alitti 0,08 mg kg⁻¹ pitoisuuden. Myös vuoden 1990 vertailututkimuksessa suomalaisten salvianäytteiden kadmiumpitoisuudet jäivät alhaisiksi (Galambosi ym. 2004, Taulukko 24). Samaan aikaan tutkittujen muiden maiden

salvianäytteiden kadmiumpitoisuudet olivat myös matalia, keskimäärin 0,043 mg kg⁻¹. Esimerkiksi tšekkoslovakialaisten salvianäytteiden keskimääräiset kadmiumpitoisuudet olivat 0,042 mg kg⁻¹ (n=5) ja itävaltalaisten näytteiden 0,015 mg kg⁻¹ (n=3) (Galambosi ym. 2004).

Taulukko 24. Salvian kadmiumpitoisuuden vaihtelu eri maissa tehdyissä tutkimuksissa.

Maa	Keskiarvo	Min	Max	Julkaisu
	(mg kg ⁻¹)			
Suomi	0,017	0,004	0,052	Galambosi ym. (2004)
Slovakia		<0,1	0,29	Sviceková & Havránek (1995)
Saksa		0	0,23	Kabelitz (1998)
Itävalta		<0,05	0,06	Chizzola (1989)
Itävalta	0,061	0,010	0,170	Chizzola & Franz (1996)
Itävalta	0,01	<0,01	0,03	Chizzola ym. (2003)
Puola	0,53			Miroslavski ym. (1995)

Taulukko 25. Salvian lyijypitoisuuden vaihtelu eri maissa tehdyissä tutkimuksissa.

Maa	Keskiarvo	Min	Max	Julkaisu
	(mg kg ⁻¹)			
Suomi	0,71	0,39	1,01	Galambosi ym.(2004)
Slovakia		0,56	3,71	Sviceková & Havránek (1995)
Saksa		0	8,66	Kabelitz (1998)
Itävalta		1,4	2,1	Chizzola (1989)
Itävalta	2,1	0,5	8,3	Chizzola & Franz (1996)
Itävalta	0,8	0,6	1,3	Chizzola (2003)
Puola	6,0			Miroslavski ym. 1995

6.1.6 Sitruunamelissa (*Melissa officinalis* L.)

Sitruunamelissa on kotoisin Välimeren alueelta. Se on monivuotinen, miellyttävätuoksuinen ja hyvin suosittu yrtti- ja rohdoskasvi. Tuoreita ja kuivattuja lehtiä käytetään mausteeksi tai lääkinnällisiin tarkoituksiin. Uutteissa hyödynnetään sen rauhoittavaa vaikutusta. Haihtuva öljy on antibakteerinen, antifungaalinen ja antiviraalinen. Tärkeitä tuottajamaita ovat Italia, Tanska, Unkari ja Puola. Kaupallinen tuotanto tulee peltoviljelystä.

Sitruunamelissa kuuluu lajeihin, jotka eivät kerää kadmiumia (Taulukko 26). Saksalaisen PhytoLab:n tutkimien sitruunamelissanäytteiden kadmiumpitoisuudet jäivät yleensä alle $0,2 \text{ mg kg}^{-1}$, vain 2,1 % tutkituista lehtinäytteistä ($n=236$) ylitti tämän rohdoskasveille suositellun raja-arvon. Yli 5 mg kg^{-1} :n lyijypitoisuuksia ei tutkituissa näytteissä juurikaan ollut (0,4 % näytteistä) (Kabelitz 1998). Vuoden 1990 vertailututkimuksessa sekä suomalaisen että muualla Euroopassa tuotetun sitruunamelissan kadmiumpitoisuudet olivat alhaisia (Galambosi ym. 2004). Myös Chizzola (1989, 1996) on raportoinut alhaisia sitruunamelissan kadmiumpitoisuuksia Itävallassa (Taulukko 26).

Taulukko 26. Sitruunamelissan kadmiumpitoisuuksia eri maissa tehdyissä tutkimuksissa.

Maa	Keskiarvo	Min	Max	Julkaisu
	(mg kg ⁻¹)			
Suomi	0,017	0,005	0,04	Galambosi ym. (2004)
Itävalta		<0,05	0,08	Chizzola (1989)
Itävalta	0,022	0,010	0,050	Chizzola & Franz (1996)
Itävalta	0,02	0,01	0,04	Chizzola ym. (2003)
Puola	0,52			Miroslavski ym. (1995)
Jugoslavia	0,40			Šovljanski ym. (1989)
Slovakia		<0,1	0,23	Sviceková & Havránek (1995)
Saksa		0	0,31	Kabelitz (1998)

Taulukko 27. Sitruunamelissan lyijypitoisuuksia eri maissa tehdyissä tutkimuksissa.

Maa	Keskiarvo	Min	Max	Julkaisu
	(mg kg ⁻¹)			
Suomi	0,601	0,305	1,152	Galambosi ym. (2004)
Itävalta		1,4	1,8	Chizzola (1989)
Itävalta	1,3	0,2	5,9	Chizzola & Franz (1996)
Itävalta	0,8	0,5	1,6	Chizzola ym. (2003)
Puola	5,91			Miroslavski ym. (1995)
Jugoslavia	3,50			Šovljanski ym. (1989)
Slovakia		0,5	1,75	Sviceková & Havránek (1995)
Saksa		0	5,67	Kabelitz (1998)

6.1.7 Lipstikka (*Levisticum officinale* W.D.J. Koch)

Lipstikka on kylmää kestävä, monivuotinen, voimakasarominen maustekasvi. Ennen vanhaan sitä käytettiin ruokahalua kiihottamaan ja ilmavaivojen parantamiseen, ja edelleenkin nesteenoistoon. Aromaattisia lehtiä ja juuria tai niistä tislattuja öljyjä käytetään mausteena ruuanlaitossa ja elintarviketeollisuudessa. Kaupallinen tuotanto tulee peltoviljelystä Ranskasta, Unkarista, Puolasta, Hollannista.

Lipstikan raskasmetallipitoisuuksia ei ole paljon tutkittu ja mainintoja siitä löytyi vain muutamista seurantatutkimuksista. (Taulukko 28 ja 29). Näissä tutkimuksissa lipstikan lehtien kadmiumpitoisuudet olivat melko alhaisia. Sen sijaan noin kolmannes tutkituista 23 lipstikan juurinäytteistä ylitti suositellun kadmiumin raja-arvon 0,2 mg kg⁻¹ (Kabelitz 1998).

Taulukko 28. Lipstikan kadmiumpitoisuuksia Suomessa ja Itävallassa.

Maa	Keskiarvo	Min	Max	Julkaisu
	(mg kg ⁻¹)			
Suomi	0,034	0,016	0,062	Galambosi ym. (2004)
Itävalta		<0,05	0,1	Chizzola (1989)
Itävalta	0,076	0,010	0,270	Chizzola & Franz (1996)
Itävalta	0,06	0,02	0,13	Chizzola ym. (2003)

Taulukko 29. Lipstikan lyijypitoisuuksia Suomessa ja Itävallassa.

Maa	Keskiarvo	Min	Max	Julkaisu
	(mg kg ⁻¹)			
Suomi	0,43	0,258	0,809	Galambosi ym. (2004)
Itävalta		0,7	0,9	Chizzola (1989)
Itävalta	0,6	0,1	1,1	Chizzola & Franz (1996)
Itävalta	1,9	0,4	4,3	Chizzola ym. (2003)

6.1.8 Rakuuna (*Artemisia dracunculus* L.)

Ranskalainen rakuuna on kotoisin Siperiasta. Se on hienoarominen, monivuotinen ruoho ja se on ranskalaisen keittiön perusmausteita. Tuoreita ja kuivattuja lehtiä tai niistä tislattua öljyä käytetään mausteeksi. Lehtien tuoksu muistuttaa anista. Sen venäläisessä alalajissa on vähemmän aromia kuin ranskalaisessa rakuunassa. Kotipuutarhoissa rakuunaa viljellään yleisesti. Suuret kaupalliset viljelykset ovat Ranskassa ja Italiassa.

Rakuuna kerää maaperän kadmiumia myös kasvin maanpäällisiin osiin (Taulukko 30 ja 32). Myös v. 1990 Suomessa tehdyssä vertailututkimuksessa osa tutkituista näytteistä ylitti 0,2 mg kg⁻¹ pitoisuuden (Taulukko 32). Kotimaassa korkein pitoisuus mitattiin tuolloin Hämeenkyrössä ja alhaisin Joroisissa. Koska tehtyyn tutkimukseen ei sisällynyt maa-analyyssejä eikä laskeumatietoja ollut käytettävissä, niin syytä erityisen korkeisiin pitoisuuksiin ei tiedetä. Lisäksi on otettava huomioon, että nämäkin tulokset olivat suuntaa antavia. Luotettavuuden lisäämiseksi näytteitä pitäisi olla paljon ja seuranta-
vuosia pitäisi olla useita.

Taulukko 30. Rakuunan kadmiumpitoisuuksia eri maissa tehdyissä tutkimuksissa.

Maa	Keskiarvo	Min	Max	Julkaisu
	(mg kg ⁻¹)			
Suomi	0,384	0,149	1,490	Galambosi ym. (2004)
Suomi	0,239			Perämäki ym. (1995)
Itävalta		0,2	0,9	Chizzola (1989)
Puola	0,407	0,350	0,490	Bulinski & Bloniarz (1995)

Taulukko 31. Rakuunan lyijypitoisuuksia eri maissa tehdyissä tutkimuksissa.

Maa	Keskiarvo (mg kg ⁻¹)	Min	Max	Julkaisu
Suomi	0,510	0,298	0,736	Galambosi ym. (2004)
Suomi	<0,300			Perämäki ym. (1995)
Itävalta		0,7	1,8	Chizzola (1989)
Puola	2,108	1,800	2,750	Bulinski & Bloniarz (1995)

Taulukko 32. Rakuunan kadmiumpitoisuuksia v. 1990 tehdyssä vertailututkimuksessa (Galambosi ym. 2004).

Näytteiden alkuperä	n	keskimääräinen Cd-pitoisuus (mg kg ⁻¹)
Itävalta	2	0,230
Puola	1	0,214
Skotlanti	3	1,932
Tšekkoslovakia	1	0,180
Suomi		
Piikkiö	1	0,174
Joroinen	1	0,149
Laitala (Toholampi)	1	0,190
Sotkamo	1	0,171
Kittilä	1	0,183
Puumala	1	0,334
Hämeenkyrö	1	1,490

6.1.9 Tilli (*Anethum graveolens* L.)

Tilli on yksi tärkeimmistä lehtimausteistamme. Lehdet käytetään tuoreena, kuivattuna tai pakastettuna. Erityisen suosittu tilli on Pohjois-Euroopassa, jossa se on myös ympärivuotisen kasvihuoneviljelyn tärkein maustelaji. Kukkivasta kasvustosta tislataan Eu-

roopassa kymmeniä tonneja haihtuvia öljyä elintarviketeollisuuden käyttöön. Kotipuutarhoissa tilliä viljellään yleisesti, kaupalliset viljelykset ovat USA:ssa, Puolassa, Unkarissa ja pohjoismaissa. Suomessa avomaalla tilliä viljellään 120-160 ha:n alalla ja vesiviljeltynä ruukkuyrttinä useita miljoonia kappaleita.

Tilliä koskevia raskasmetallitutkimuksia esitellään taulukoissa 33 ja 34. Kabelitzin (1998) tutkimuksen mukaan tilli kuuluu kadmiumia kerääviin lajeihin. Tutkituista herbanäytteistä 83 % ja hedelmä (= siemen) näytteistäkin 23 % ylitti rohdoskasveille suositellun 0,2 mg kg⁻¹:n raja-arvon. Korkeimmat mitatut kadmiumpitoisuudet olivat 0,80 mg kg⁻¹ herba- ja 0,48 mg kg⁻¹ hedelmänäytteissä. Vuoden 1990 vertailututkimuksessa tilliä oli mukana vain muutama näyte, joiden kaikkien pitoisuudet olivat lähellä tai ylittivät 0,2 mg Cd kg⁻¹ (Taulukko 33). Kainuulaisen tillin kadmiumpitoisuudet olivat alhaisia, keskimäärin 0,102 mg kg⁻¹ (Perämäki 1995).

Kirjallisuuskatsauksessamme vertaamme tuloksia saksalaiseen kuivatuille rohdoskasveille suositeltuun pitoisuusrajaan. EU:ssa tuoreille yrteille on asetettu 0,2 mg kg⁻¹ pitoisuusraja (kts. 2.4), joka vastaa noin 1 mg Cd kg⁻¹ kuivapainoa kohden. Tillillä ei tässä katsauksessa esiintynyt kertaakaan niin korkeita kadmiumpitoisuuksia.

Taulukko 33. Tillin kadmiumpitoisuuksia eri maissa tehdyissä tutkimuksissa.

Maa	Keskiarvo	Min	Max	Julkaisu
	(mg kg ⁻¹)			
Suomi	0,219	0,190	0,247	Galambosi ym. (2004)
Suomi	0,102			Perämäki ym. (1995)
Itävalta	0,15			Chizzola & Franz (1996)
Saksa		0	0,8	Kabelitz (1998)
Puola	0,211	0,160	0,260	Bulinski & Bloniarz (1995)

Taulukko 34. Tillin lyijypitoisuuksia eri maissa tehdyissä tutkimuksissa

Maa	Keskiarvo	Min	Max	Julkaisu
	(mg kg ⁻¹)			
Suomi	0,401	0,366	0,435	Galambosi ym. (2004)
Suomi	<0,300			Perämäki ym. (1995)
Itävalta		0,7	1,8	Chizzola (1989)
Saksa		0	3,5	Kabelitz (1998)
Puola	1,650	1,500	1,725	Bulinski & Bloniarz (1995)

6.1.10 Timjami (*Thymus vulgaris* L.)

Timjami on Välimeren alueelta kotoisin oleva, monivuotinen, vanha mauste- ja rohdoskasvi. Aromikkaita lehtiä ja kukkia käytetään mausteeksi ja erityisesti limaa irrottavaksi teeksi. Lehtien haihtuvalla öljyllä on todettu olevan antibakteerinen, fungisidinen ja karminatiivinen vaikutus. Timjamia myydään satoja tonneja, mistä suurin osa kerätään luonnosta. Tärkeitä tuottajamaita ovat mm. Espanja ja Turkki, joissa kerätään useita timjamin alalajeja (*Thymus zygis*, *T. serpyllum*). Timjamin peltoviljelykin on aloitettu Ranskassa, Saksassa ja Unkarissa.

Myös timjami näyttää keräävän kadmiumia jossain määrin. (Taulukko 35 ja 36). Kabelitzin tutkimuksessa (1998) lajin *Thymus serpyllum* näytteistä 30,6 % ja *Thymus vulgaris* näytteistä 51 % ylitti 0,2 mg kg⁻¹ kadmiumpitoisuuden.

Taulukko 35. Timjamin kadmiumpitoisuuksia eri maissa tehdyissä tutkimuksissa.

Maa	Keskiarvo	Min	Max	Julkaisu
(mg kg ⁻¹)				
Suomi	0,083	0,021	0,328	Galambosi ym. (2004)
Itävalta	0,1			Chizzola (1996)
Saksa		0	0,99	Kabelitz (1998)
Puola	0,274	0,245	0,325	Bulinski & Bloniarz (1995)

Taulukko 36. Timjamin lyijypitoisuuksia eri maissa tehdyissä tutkimuksissa

Maa	Keskiarvo	Min	Max	Julkaisu
(mg kg ⁻¹)				
Suomi	0,77	0,387	1,457	Galambosi ym. (2004)
Itävalta	0,1			Chizzola (1989)
Saksa		0	4,55	Kabelitz (1998)
Puola	2,200	2,100	2,475	Bulinski & Bloniarz (1995)

Vuoden 1990 vertailututkimuksessa koti- ja ulkomaisten timjaminäytteiden kadmiumpitoisuudet eivät juurikaan eronneet. Neljästätoista kotimaisesta timjaminäytteestä kadmiumpitoisuudet ylittivät 0,2 mg raja arvon kuitenkin kahdessa, näytteessä (Taulukko 37). Lyijypitoisuudet olivat tuolloin selvästi alhaisempia kotimaisissa näytteissä kuin ulkomaisissa näytteissä.

Taulukko 37. Timjamin lyijy- ja kadmiumpitoisuuksia vuoden 1990 vertailututkimuksessa (Galambosi ym. 2004).

Maa	paikkakunta	Pb	Cd
		(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)
Italia		0,782	0,016
Itävalta		0,943	0,019
Puola		4,961	0,091
Saksa		4,348	0,050
Skotlanti		1,286	0,093
Skotlanti		1,614	0,021
Tšekkoslovakia		1,713	0,051
Tšekkoslovakia		1,851	0,046
Tšekkoslovakia		2,202	0,143
Tšekkoslovakia		0,592	0,072
Turkki		2,327	0,142
Unkari		1,994	0,080
	keskiarvo	2,051	0,069
Suomi	Joroinen	0,502	0,036
Suomi	Kittilä	0,387	0,077
Suomi	Kittilä	0,657	0,055
Suomi	Toholampi (Laitala)	0,644	0,021
Suomi	Lohtaja	0,526	0,328
Suomi	Piikkiö	0,864	0,235
Suomi	Puumala	1,023	0,070
Suomi	Puumala	0,798	0,051
Suomi	Puumala	0,822	0,050
Suomi	Puumala	0,657	0,046
Suomi	Puumala	1,022	0,049
Suomi	Puumala	0,677	0,052
Suomi	Puumala	1,457	0,063
Suomi	Sotkamo	782	0,022
	keskiarvo	0,77	0,083

6.1.11 Kynteli (*Satureja hortensis* L.)

Kynteli on yksivuotinen maustekasvikasvi, joka on kotoisin Välimeren seudulta. Sen kaupallinen merkitys ei ole kovin suuri. Keski-Euroopassa sen käyttö on melko yleistä, mutta Suomessa sitä käytetään harvoin

Kynteli näyttää olevan kasvilaji, joka ainakin tietyissä olosuhteissa voi kerätä kadmiumia. Kabelitz (1998) analysoi 36 kyntelinäytettä, ja niistä kolmanneksessa (30,6 %) kadmiumpitoisuus ylitti 0,2 mg kg⁻¹ rajan.

Kyntelin kadmiumpitoisuudet vaihtelivat suuresti vuonna 1990 tehdyssä vertailututkimuksessa. Tutkituista 12 kotimaisista näytteestä kaksi ylitti 0,2 mg kg⁻¹ kadmiumpitoisuuden ja ulkomaalaista näytteistä vain yksi (Taulukko 38).

Taulukko 38. Koti- ja ulkomaisen kyntelinäytteiden lyijy (Pb) ja kadmium (Cd)-pitoisuuksia v. 1990 (Galambosi ym. 2004).

	Pb	Cd
	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)
Piikkiö	0,549	0,148
Puumala	0,649	0,489
Joroinen	0,477	0,068
Lohtaja	0,853	0,588
Toholampi (Laitala)	1,959	0,028
Ruukki	0,252	0,133
Kittilä	0,402	0,052
Kittilä	0,623	0,037
Puumala	0,566	0,074
Lohtaja	0,765	0,040
Puumala	0,913	0,156
Sotkamo	0,753	0,028
keskiarvo	0,730	0,153
Tšekkoslovakia	1,266	0,013
Unkari	1,519	0,083
Unkari	1,439	0,049
Puola	1,578	0,114
Skotlanti	1,218	0,599
keskiarvo	1,404	0,172

6.1.12 Oregano (*Origanum vulgare* L.)

Italialaisen ruokakulttuurin ansiosta oreganosta on tullut maailman suosituimpia yrtti-mausteita. Sitä käytetään eri tyyppisissä liha-, kala ja tomaattiruoissa, mutta ennen kaikkea pizzan mausteena. Maailmassa kuivattua oreganoa käytetään vuosittain tuhansia tonneja. Etelä-Euroopan maissa kasvavien Oregano-heimon eri lajeja ja alalajeja kerätään luonnosta. Keski-Euroopassa ja Skandinaviassa alkuperäinen laji (*Origanum vulgare ssp. vulgare*) on aromiltaan heikompi, kuin esim. kreikkalainen oregano (*Origanum heracleoticum*). Oreganon viljely on myös aloitettu eri maissa ja lajikkeita jalostetaan mm. Israelissa.

Oreganon raskasmetallipitoisuuksia esitellään taulukoissa 39 ja 40. Tutkimuksista voidaan todeta, että oreganon kadmiumpitoisuudet ovat yleensä melko alhaisia. Vuonna 1990 tutkituista kotimaisesta 15 näytteestä yksi oreganonäyte (Lohtaja) kuitenkin ylitti 0,2 mg Cd kg⁻¹ arvon (Taulukko 41).

Taulukko 39. Oreganon kadmiumpitoisuuksia eri maissa tehdyissä tutkimuksissa.

Maa	Keskiarvo	Min	Max	Julkaisu
(mg kg ⁻¹)				
Suomi	0,084	0,016	0,206	Galambosi ym. (2004)
Itävalta		<0,05	0,2	Chizzola & Franz (1996)
Venäjä	0,095			Listov & Petrov (1990)
Puola	0,066	0,055	0,085	Bulinski & Bloniarz (1995)

Taulukko 40. Oreganon lyijypitoisuuksia eri maissa tehdyissä tutkimuksissa

Maa	Keskiarvo	Min	Max	Julkaisu
(mg kg ⁻¹)				
Suomi	0,62	0,200	0,752	Galambosi ym. (2004)
Itävalta		0,9	1,3	Chizzola (1989)
Venäjä	2,01			Listov & Petrov (1990)
Puola	1,330	1,115	1,400	Bulinski & Bloniarz (1995)

Taulukko 41. Suomessa vuonna 1990 viljeltyjen oreganonäytteiden lyijy- ja kadmiumpitoisuuksia.

<i>Paikkakunta</i>	<i>lyijy- pitoisuus</i>	<i>kadmium-pitoisuus</i>
		<i>(mg kg⁻¹)</i>
Hämeenkyrö	0,752	0,195
Joroinen	0,367	0,018
Kittilä	0,200	0,017
Kittilä	0,622	0,018
Laitala	3,071	0,039
Lohtaja	0,501	0,084
Lohtaja	0,312	0,206
Piikkiö	0,325	0,082
Puumala	0,293	0,108
Puumala	0,365	0,165
Ruukki	0,210	0,063
Sotkamo	0,474	0,016
keskiarvo	0,62	0,084
Kittilä (muovihuone)	0,402	0,022
Puumala (muovihuone)	0,364	0,035

6.1.13 Meirami (*Origanum majorana* L.)

Maustemeirami on kotoisin Välimeren alueelta ja se on eräs Keski-Euroopan tärkeimmistä viljellyistä mausteista. Kuivattuja lehtiä käytetään mausteeksi lihateollisuudessa ja makkaranvalmistuksessa. Lehtiä käytetään myös tuoreena ja niistä tislataan haihtuvia öljyjä useita kymmeniä tonneja vuosittain. Meirami on lämpöä vaativa yksivuoti-

nen kasvi, jonka parhaat perinteiset viljelyalueet ovat Saksan Thyringian alueella ja Etelä- Unkarin paprikaviljelyalueella.

Plescher ym. (1995) totesivat, että kadmium siirtyy melko tehokkaasti maaperästä meiramiin verrattuna moniin muihin lajeihin (Taulukko 10). Muutamissa tutkimuksissa mitattuja meiramin kadmium- ja lyijypitoisuusarvoja esitellään taulukoissa 42 ja 43. Kotimaisen meiramin kadmiumpitoisuudet olivat suunnilleen samaa luokkaa kuin oregononkin vuoden 1990 tutkimuksessa (Galambosi ym. 2004). Meiramin kadmiumpitoisuudet olivat seuraavat: Lohtajalla 0,224 mg kg⁻¹, Kittilässä 0,058 mg kg⁻¹ ja Puumalassa 0,093 mg kg⁻¹.

Taulukko 42. Meiramin kadmiumpitoisuuksia eri maissa tehdyissä tutkimuksissa

Maa	Keskiarvo	Min	Max	Julkaisu
(mg kg ⁻¹)				
Suomi	0,105	0,055	0,224	Galambosi ym. (2004)
Itävalta		0,05	0,2	Chizzola & Franz(1996)
Puola	0,203	0,188	0,219	Bulinski & Bloniarz (1995)

Taulukko 43 Meiramin lyijypitoisuuksia eri maissa tehdyissä tutkimuksissa

Maa	Keskiarvo	Min	Max	Julkaisu
(mg kg ⁻¹)				
Suomi	0,618	0,521	0,841	Galambosi ym. (2004)
Itävalta		0,7	4,5	Chizzola (1989)
Puola	1,675	1,563	1,938	Bulinski & Bloniarz (1995)

6.2 Siemenmausteet

6.2.1 Oopiumiunikko (*Papaver somniferum* L.)

Unikko on maailman tärkeimpiä rohdos- ja maustekasveja. Siemeniä käytetään elintarvikkeissa mausteeksi. Siemenkodista uutetaan erilaisia alkaloideja (morfium, papave-

rin, kodein, jne), jotka ovat tärkeitä lääkaineita. Unikkoa viljellään maailmassa lähes 300 000 ha:n alalla. Koska merkittävä osa tuotannosta menee huumetarkoituksiin, tarkkoja pinta-aloja on mahdotonta saada. Maailmassa suurimpia unikontuottajamaita ovat Afganistan, Burma ja Australia. Keski-Euroopassa tärkeitä tuotantomaita ovat Unkari, Ranska, Espanja ja Hollanti.

Tutkimustulosten mukaan unikon siemenet keräävät kadmiumia ja Saksassa niiden enimmäispitoisuudeksi on asetettu 0,8 mg Cd kg⁻¹ (Bundesgesundheitsblatt 1997). Altistuskokeessa, jossa kadmiumia lisättiin kasvualustaan enimmillään 6 mg Cd kg⁻¹ maata, siemenissä oli kasvien sisältämästä kadmiumista 15-42 %, vaikka niiden osuus kokonaisbiomassasta oli vain 2,5 -12,9 % (Chizzola 2001).

6.2.2 Kuitu- ja öljypellava (*Linum usitatissimum* L.) (siemen)

Pellava on eräs vanhimmista ja käytetyimmistä tekstiilikasveista. Öljypellavan siemeniä käytetään paljon sekä maaliteollisuudessa että terveydenhuollossa. Öljypellavan siemeniä käytetään niiden sisältämien monitydyttymättömien rasvahappojen, valkuaisaineiden ja kuitujen takia leipomotuotteissa ja erikoistuotteissa, kuten laksatiiveissa. Tärkeitä öljypellavan tuottajamaita ovat Argentiina, Kanada, USA, Venäjä, Belgia ja Englanti.

Pellavassa kadmium kertyy erityisesti siemeniin. Saksassa on pellavan siementen suurimmaksi sallituksi kadmiummääräksi esitetty 0,3 mg Cd kg⁻¹. Kabelitzin (1998) tutkimuksessa pellavan siemennäytteistä yli kolmannes (35,8 %) ylitti tämän suositusarvon. Kuitu- ja öljypellavan eri lajikkeiden ja alkuperien sisältämissä kadmiumpitoisuuksissa on kuitenkin oli suuria eroja (Marquard ym. 1990, Schneider & Marquard 1996b, Schneider ym. 1996). Esimerkiksi kasvin sisältämästä kokonaiskadmiumista siementen sisältämän kadmiumin osuus Maxigold-lajikkeella oli 39 %, mutta McGregor-lajikkeella vain 8 % (Schneider & Marquard 1996b).

Suomessa Elintarvikevirasto on lausunnossaan E 4/213/94 suositellut, että ihmisravinnoksi tarkoitettun pellavarouheen kadmiumpitoisuus ei saisi olla yli 0,5 mg kg⁻¹. Elintarvikeviraston selvityksessä tutkittujen pellavansiemenien keskimääräinen kadmiumpitoisuus oli 0,48 mg kg⁻¹, ja vaihteluväli oli 0,35-0,84 mg kg⁻¹ (Niemi & Hallikainen 1996). Näytteet olivat kaupallisista tuotteista ja korkeimmat pitoisuudet mitattiin pellavarouhevalmisteista. Tutkimuksessa todettiin, että kokonaisia pellavansiemeniä käytetään perinteisesti laksatiivina, jolloin kadmiumin imeytyminen on todennäköisesti vähäistä. Kadmiumin imeytymisen arvioitiin olevan suurempaa pellavarouhetta käytettäessä.

6.2.3 Korianteri (*Coriandrum sativum* L.)

Korianteri on vanhimpia viljelykasvejamme ja sen ensimmäiset löydöt ovat Egyptissä ajalta 6000 v. ennen ajanlaskumme. Korianteria käytetään paljon, koska sitä voi käyt-

tää monin eri tavoin. Tuoreita lehtiä käytetään mausteena, siemenet ovat elintarviketeollisuuden tärkeä raaka-aine mm. liha- ja säilyketeollisuudessa ja curry-maustesekoituksen valmistuksessa. Siemenistä tislattua haihtuvaa öljyä (vuosittainen tuotanto 100 t) käytetään sekä elintarvike- että parfyymiteollisuudessa. Maailman viljelypinta-alaksi arvioidaan 550 000 ha ja satoa saadaan yli 600 000 t/vuosi. Päätuotantomaa-alueet ovat Intia (340 000 ha), Venäjä (250 000-300 000 ha), Argentiina, Marokko, Meksiko ja Romania.

Korianterin siemenetkin keräävät kadmiumia. Kabelitzin (1998) tutkimuksessa korianterin siemenistä 18,9 % ylitti 0,2 mg kg⁻¹ kadmiumpitoisuuden.

De Pasqualin ym. (1995) tutkimustulosten mukaan kadmiumaltistus (Kts. Taulukko 12) vähensi huomattavasti korianterin siementen öljyn pääkomponentin, linanolin määrää. Myös kasvu oli heikompi ja myrkytysoireina näkyivät kellastuvat lehdet, verson ja juurten vähentynyt kasvu. Juurialtistuksella oli voimakkaampi vaikutus kuin kasvuston sumuttamisella kadmiumliuoksella.

6.2.4 Kumina (*Carum carvi* L.)

Kumina on yleisesti käytetty ja suosittu siemenmauste, jota käytetään maailmalla vuosittain n. 20 000 tn, elintarvike- ja alkoholiteollisuudessa sekä kotitalouksissa. Kuminan viljely on lisääntynyt merkittävästi Suomessa viimeisen vuosikymmenen aikana ja viljelyala oli v. 2003 yli 7000 ha. Kumina on niitä harvoja viljelykasvejamme, jotka ovat kilpailukykyisiä maailmanmarkkinoilla. Se johtuu suomalaisen kuminan korkeasta öljypitoisuudesta, kuminan sopivuudesta pohjoiseen ilmastoon, peltoviljelykoneiden soveltuvuudesta ja taitavasta markkinoinnista. Lähes 10 % koko maailman kuminasadosta tuotetaan Suomessa.

Kuminan siementen raskasmetallipitoisuuksia esitetään taulukoissa 44 ja 45. Kuminan siementen kadmiumpitoisuudet ovat yleensä alhaisia. Kabelitzin (1998) tutkimuksessa vain 1,2 % tutkitusta 82 kuminanäytteestä ylitti rohdoskasveille suositellun 0,2 mg kg⁻¹:n raja-arvon. 90% näytteiden kadmiumpitoisuuksista oli alle 0,15 mg kg⁻¹. Muiden siemenmausteiden, kuten pellavan, tillin ja korianterin siementen kadmiumpitoisuudet olivat korkeampia (Kabelitz 1998).

Taulukko 44. Kuminansiementen kadmiumpitoisuuksia eri maissa tehdyissä tutkimuksissa.

Maa	Keskiarvo	Min	Max	Julkaisu
	(mg kg ⁻¹)			
Suomi	0,055	0,009	0,136	Galambosi ym. (2004)
Itävalta		<0,05	0,1	Chizzola (1989)
Itävalta	0,062	0,031	0,100	Chizzola & Franz (1996)
Itävalta	0,05	0,02	0,1	Chizzola ym. (2003)
Puola	0,101	0,095	0,110	Bulinski & Bloniarz (1995)
Puola	1,51			Miroslavski ym. (1995)
Jugoslavia	0,2			Šovljanski ym. (1989)
Saksa		0	0,25	Kabelitz (1998)

Taulukko 45. Kuminansiementen lyijypitoisuuksia eri maissa tehdyissä tutkimuksissa.

Maa	Keskiarvo	Min	Max	Julkaisu
	(mg kg ⁻¹)			
Suomi	0,430	0,130	1,921	Galambosi ym. (2004)
Itävalta		<0,1	0,2	Chizzola (1989)
Itävalta	0,2	<0,1	0,7	Chizzola & Franz (1996)
Itävalta	0,2	0,1	0,4	Chizzola ym. (2003)
Puola	0,33	0,275	0,375	Bulinski & Bloniarz (1995)
Puola	5,90			Miroslavski ym. (1995)
Jugoslavia	2,0			Šovljanski ym. (1989)
Saksa		0	0,83	Kabelitz (1998)

Kotimaisen kuminan raskasmetallipitoisuudet ovat alhaisia. Vuonna 1990 tutkittujen kotimaisten kuminanäytteiden kadmiumpitoisuudet olivat alle 0,2 mg kg⁻¹ (Taulukko 46).

Taulukko 46. Vuonna 1990 kerättyjen kuminansiementen raskasmetallipitoisuuksia Suomessa (Galambosi ym. 2004)

<i>Maa</i>	<i>Paikkakunta</i>	<i>Pb</i>	<i>Cd</i>
			(mg kg ⁻¹)
Suomi	Puumala	0,275	0,094
Suomi	Puumala	1,921	0,136
Suomi	Puumala	0,169	0,032
Suomi	Vöyri	0,13	0,046
Suomi	Kittilä	0,229	0,009
Suomi	Janakkala	0,134	0,036
Suomi	Janakkala	0,154	0,033
Unkari		1,199	0,031
Unkari		2,886	0,009
Hollanti		0,187	0,037

MTT Ekologisen tuotannon viljelykokeista Mikkelissä vuosina 2002-2003 kerättyjen kuminan siementen kadmiumpitoisuudet olivat myös erittäin matalia, alle 0,05 mg kg⁻¹ (Taulukko 47).

Taulukko 47. Kuminansiementen raskasmetallipitoisuuksia Mikkelissä v. 2002-2003.

<i>Vuosi</i>	<i>Pb</i>	<i>Cd</i>	<i>Zn</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>
			(mg kg ⁻¹)		
2002	0,06	0,047	41,2	15,7	2,27
2003	0,17	0,035	51,4	11,9	1,66

6.2.5 Sinappi (*Sinapis alba* L., *Brassica juncea* (L.) Czern.

Sinappi on siemenmauste, jota viljellään ja käytetään paljon ja sen kulutuksen maailmassa arvioidaan olevan n. 200 000 t/v. Viljeltyjä sinappilajeja on useita: keltasinappi (*Sinapis alba*), sareptansinappi (*Brassica juncea*) sekä mustasinappi (*Brassica nigra* (L.) W.D.J.Koch). Tärkeimpiä viljelymaita maailmassa on Kanada, Intia, Venäjä ja Unkari. Suomessa ilmatoriskin takia viljelyalat vaihtelevat suuresti.

Tutkimuksissa todettiin, että lyijy ja kadmium kertyy sinapissa erityisesti juuriin, versoihin ja lehtiin, ei niinkään siemeniin. (Jiang ym. 2000, Lehoczy ym. 2002).

Sinapin siementen kadmiumpitoisuudet olivat vuonna 1990 Suomessa tehdyssä vertailututkimuksessa melko alhaisia (Taulukko 48), tosin tutkituista 11 näytteistä kaksi ylitti 0,2 mg Cd kg⁻¹. Tutkitussa sinappivalmisteesta kadmiumpitoisuudet olivat alhaisia (0,026 mg kg⁻¹).

Taulukko 48. Sinapin siementen lyijy- ja kadmiumpitoisuuksia vuoden 1990 vertailututkimuksessa.(Galambosi ym. 2004)

Laji	Maa	näytemäärä (kpl)	Pb (mg kg ⁻¹)	Cd (mg kg ⁻¹)
Keltasinappi	Suomi	3	0,124	0,067
	Unkari	3	0,518	0,150
Sareptansinappi	Suomi	8	0,467	0,129
	Unkari	3	0,548	0,107

6.3 Kukkarohdokset

6.3.1 Kamomillasaunio (*Matricaria recutita* L.)

Kamomilla on eräs vanhimmista lääkekasveistamme. Kamomillan kukkaa käytetään paljon teenä, uutteenä ja erilaisissa lääkevalmisteissa, sekä sisäisesti että ulkoisesti. Erityisesti suosittu kamomilla on Keski-Euroopassa. Saksaan tuodaan vuosittain yli 3000 tonnia kuivattua kukkarohdosta jatkojalostukseen. Merkittäviä määriä kerätään vielä luonnon kasvustoista, mutta lääketeollisuuden laatuvaatimusten takia useita lajikkeita on jalostettu ja kasvia viljellään tuhansia hehtaareja teollisuusmaisesti Argentiinassa, Saksassa, Unkarissa ja Puolassa. Tärkeänä lääkekasvina kamomilla on ollut erilaisten tutkimuksien kohteena. Raskasmetallitutkimuksien mukaan kamomillan kadmium- ja lyijypitoisuudet vaihtelivat melkoisesti (Taulukko 49 ja 50).

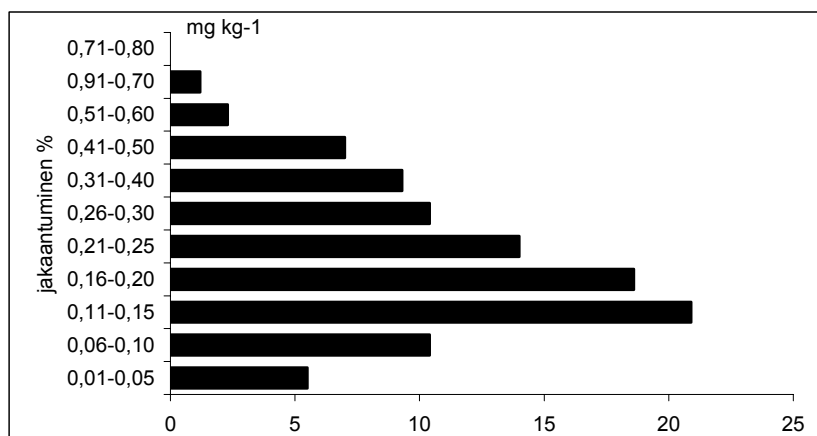
Taulukko 49. Kamomillan kadmiumpitoisuuksia eri maissa tehdyissä tutkimuksissa.

Maa	Keskiarvo (mg kg ⁻¹)	Min	Max	Julkaisu
Suomi	0,157	0,106	0,236	Galambosi ym. (2004)
Norja	0,20	0,07	0,68	Dragland (1996)
Jugoslavia	0,55			Šovljanski ym. (1989)
Jugoslavia	<0,10			Šovljanski ym. (1992)
Itävalta		0,1	0,9	Chizzola (1989)
Itävalta	0,23			Chizzola ym. (2003)
Venäjä	0,54			Listov & Petrov (1990)
Saksa		0	1,15	Kabelitz (1998)
Puola	0,52			Miroslavski ym. (1995)
Puola		0,30	1,07	Baranowska ym. (2002)
Slovenia	0,180			Ivan & Miroslav (2003)

Taulukko 50. Kamomillan lyijypitoisuuksia eri maissa tehdyissä tutkimuksissa.

Maa	Keskiarvo	Min	Max	Julkaisu
	(mg kg ⁻¹)			
Suomi	0,746	0,185	2,2	Galambosi ym. (2004)
Norja	0,27	0,01	0,90	Dragland(1996)
Jugoslavia	1,9	1,0	4,0	Šovljanski ym. (1989)
Jugoslavia	0,2			Šovljanski ym. (1992)
Itävalta		<0,1	1,2	Chizzola (1989)
Itävalta	0,31			Chizzola ym. (2003)
Venäjä	12,95			Listov & Petrov (1990)
Saksa		0	10,12	Kabelitz (1998)
Puola	5,88			Miroslavski ym. (1995)
Puola		8,08	66,42	Baranowska ym. (2002)

Tutkimustulosten pohjalta voidaan todeta, että kamomilla on kadmiumin kerääjälaaji. Kabelitzin (1998) tutkimuksissa 36,4 % tutkituista kamomillan kukkanäytteistä ylitti 0,2 mg kg⁻¹:n rajan. Myös toisessa, Saksassa Thüringenissa v. 1993-1996 tehdyssä, tutkimuksessa v. 1993-1996 tutkituista kamomillanäytteistä noin kolmannes ylitti suositellun 0,2 mg kg⁻¹ raja-arvon (Kuva 11).



Kuva 11. Kadmiuminpitoisuuden jakaantuminen Saksassa, Thüringiassa viljelyissä kamomillanäytteissä 1993-1996. Näytemäärä = 86 kpl. (Plescher 1997).

Kamomillan kokeellinen kadmiumaltistus (10, 20 ja 30 mg kg⁻¹ maata) osoitti, että kadmiumia kertyi eniten kasvien juuriin (Grejtovsky & Pirc 2000). Juurten kadmiumpitoisuus oli korkeimmillaan 214 mg kg⁻¹. Altistus kohotti myös versojen kadmiumpitoisuudet 25-80-kertaisiksi verrattuna kontrolleihin. Lukuun ottamatta kasvun vähentymistä, kadmium ei aiheuttanut näkyviä vaurioita kasveihin tässä kokeessa. Kamomillan versojen kadmiumpitoisuudet olivat jopa 114 mg kg⁻¹. Myös kukintoihin kertyi huomattavasti kadmiumia, noin 60 mg kg⁻¹ korkeimmassa altistuksessa.

Toisessa astiakokeessa kadmiumia lisättiin maahan 25 mg kadmiumia kiloa kohden. Altistus kohotti kukkien kadmiumpitoisuuksia moninkertaiseksi. Kun kontrollien kadmiumpitoisuudet olivat 0,59 mg kg⁻¹, altistettujen kasvien kukkien kadmiumpitoisuudet olivat keskimäärin 26,96 mg kg⁻¹ (Grejtovsky ym. 1998). Kadmiumaltistus ei kuitenkaan vähentänyt kasvua eikä kukkien painoa, vaikka kukkien määrä väheni. Kamomillan on todettu yleensäkin sietävän korkeita kivennäisainepitoisuuksia. Unkarissa kamomilla kasvaa yleensä neutraalissa maassa (pH 7), mutta laajan levinneisysselvityksen mukaan kasvustoja esiintyi alueilla, missä pH oli 8 ja jopa 9 (Mathe 1979). Näissä maissa mineraalien (Ca, Mg) pitoisuus on niin korkea, että käytännössä kasvien viljely on melko mahdotonta. Mineraaleja on kertynyt maan pinnalle valkoisiksi kerroksiksi. Kamomilla kestää näitäkin olosuhteita, mutta kasvu on vaatimatonta.

Viljelytoimenpiteiden suunnittelussa tulisi ottaa huomioon kamomillan taipumus kerätä kadmiumia. Keski-Euroopassa kamomillaa viljellään sekä kevät- että syyskylvönä ja hyvin perustettua kamomillapeltaa voidaan viljellä useamman vuoden ajan. Plescher (1997) on laatinut kamomillalle suosituksia viljelymaan kadmiumpitoisuuden, maan pH-arvojen ja kylvötoimenpiteiden suhteen (Taulukko 51). Suosituksen mukaan korkeampi pH-arvo ”sallii” myös suuremman kadmiumin kokonaispitoisuuden maassa.

Taulukko 51. Viljelymaiden sallitut korkeimmat kadmiumpitoisuudet (mg/kg) kamomillan viljelyssä maan eri pH-arvoissa. Kadmiumpitoisuudet ovat kuningasvedellä uutettuja kokonaispitoisuuksia (Plescher 1997).

Maan pH-arvo	Viljelymaan Cd-pitoisuudet (max)	
	kevätkylvö	syyskylvö
5,5	0,13	0,20
6,0	0,16	0,24
6,5	0,20	0,29
7,0	0,27	0,36
7,5	0,42	0,49

Myös lajikevalinnalla voidaan vaikuttaa kukkasadon lopullisen laatuun. Slovakialaisten tutkimusten mukaan kamomillan ”Novbona” lajikkeen kadmiumpitoisuudet olivat keskimäärin 1,8 kertaa korkeampia kuin ”Lutean” lajikkeen (Grejtovsky & Pirc 2000).

6.3.2 Siankärsämö (*Achillea millefolium* L.)

Siankärsämö on suosittu ja perinteisesti käytetty monivuotinen rohdoskasvi. Tuoreita lehtiä käytetään vihannesten tapaan ja kuivattuja kukkia rohdoksena ruoansulatusvai-voihin ja tulehduksien ehkäisemiseksi, sisäisesti ja ulkoisesti. Markkinoilla olevat siankärsämön kukat ovat yleensä luonnosta kerättyjä. Siankärsämö esiintyy luonnossa yleensä eri alalajien seoksena. Sen peltoviljely on aloitettu ja viljelyyn on käytettävissä jalostettuja lajikkeita.

Siankärsämön raskasmetallipitoisuuksia on tutkittu melko paljon. Koska tutkimukset koskevat sadon kahta päämuotoa, kukka- ja herbasatoa, esitellään julkaistut kadmium- ja lyijypitoisuudet erikseen. Taulukoissa 52 ja 53 esitellään kukka- ja herbasadon kadmiumpitoisuuksia ja taulukoissa 54 ja 55 ovat kukka- ja herbasadon lyijypitoisuudet.

Tutkimustulosten mukaan siankärsämö kerää maaperän kadmiumia melko tehokkaasti. Siankärsämö kuuluu rohdoskasveihin, joille on Saksassa sallittu tavallista 0,2 mg Cd kg⁻¹ pitoisuutta korkeampi enimmäispitoisuus eli 0,3 mg kg⁻¹. Kabelitzin (1998) tutkimuksessa 41,3 % näytteistä (n=109) ylitti tämänkin raja-arvon.

Kotimaisen siankärsämön kukkien kadmiumpitoisuudet olivat alhaisia, alle 0,2 mg kg⁻¹ (Galambosi ym. 2004, Marjamaa 1996). Kabelitzin (1998) tutkimuksessa sekä kukka- että herbasadon korkeimmat pitoisuudet olivat noin 1 mg Cd kg⁻¹. Puolassa liikenteen ympäristövaikutuksia selvittäneen tutkimuksen mukaan herbasadosta mitatut kadmiumpitoisuudet olivat korkeimmillaan yli 18 mg kg⁻¹ ja lyijypitoisuudet yli 75 mg kg⁻¹ (Lukasik ym. 2000).

Taulukko 52. Siankärsämön kukkasadon kadmiumpitoisuuksia eri maissa tehdyissä tutkimuksissa.

Maa	Keskiarvo	Min	Max	Julkaisu
(mg kg ⁻¹)				
Suomi	0,123	0,038	0,176	Galambosi ym. (2004)
Suomi	0,090			Marjamaa (1996)
Itävalta	0,1			Chizzola (1989)
Itävalta	0,073	0,02	0,210	Chizzola & Franz (1996)
Venäjä	0,210			Listov & Petrov (1990)
Venäjä		0,05	0,1	Gravel ym. (2000)
Saksa		0	0,96	Kabelitz (1998)

Taulukko 53. Siankärsämön herbasadon kadmiumpitoisuuksia eri maissa tehdyissä tutkimuksissa.

Maa	Keskiarvo	Min	Max	Julkaisu
	(mg kg ⁻¹)			
Venäjä	0,210			Listov & Petrov (1990)
Venäjä		0,11	0,16	Gravel ym. (2000)
Saksa	0,34	0,09	2,01	Peters (1989)
		0,3	1,0	Radanovic ym. (2002)
Itävalta	0,21	0,09	0,39	Chizzola ym. (2003)
Saksa		0	1,05	Kabelitz (1998)
Puola	1,53			Miroslavski ym. (1995)
Puola		0,125	18,2	Lukasik ym. (2000)

Taulukko 54. Siankärsämön kukkasadon lyijypitoisuuksia eri maissa tehdyissä tutkimuksissa.

Maa	Keskiarvo	Min	Max	Julkaisu
	(mg kg ⁻¹)			
Suomi	0,601	0,177	1,225	Galambosi ym. (2004)
Suomi	0,1			Marjamaa (1996)
Itävalta	0,5			Chizzola (1989)
Itävalta	0,5	0,2	0,7	Chizzola & Franz (1996)
Saksa		0	4,08	Kabelitz (1998)
Venäjä	2,91			Listov & Petrov (1990)
Venäjä		0,59	0,26	Gravel ym. (2000)

Taulukko 55. Siankärsämön herbasadon lyijypitoisuuksia eri maissa tehdyissä tutkimuksissa.

Maa	Keskiarvo	Min	Max	Julkaisu
	(mg kg ⁻¹)			
Saksa	4,46	1,18	29,4	Peters (1989)
Saksa		0	4,14	Kabelitz (1998)
Jugoslavia		0,5	3,0	Radanovic ym. (2002)
Itävalta	1,0	0,2	1,7	Chizzola (2003)
Venäjä	2,90			Listov & Petrov (1990)
Venäjä		0,41	0,73	Gravel ym. (2000)
Puola	5,69			Miroslavski ym. (1995)
Puola		1,2	75,63	Lukasik ym. (2000)

6.4 Juurirohdokset ja -mausteet

Monien kasvien juuria voidaan hyödyntää joko mausteeksi tai rohdokseksi. Tärkeimpiä juurimausteita ovat piparjuuri, juuripersilja, väinönputki, lipstikka ja keltakatkerok. Joistakin kasveista käytetään muitakin kasvinosia kuin juuria, kuten väinönputkesta tai lipstikasta lehtiä. Tärkeimpiä juurirohdoksia ovat mm. kaunopunahattu, ginsengjuuri, ruusujuuri, maraljuuri ja rohtovirmajuuri. Juurirohdosten raskasmetallipitoisuuksista on olemassa paljon vähemmän tutkimustietoa kuin lehti- ja herbarohdosten raskasmetallipitoisuuksista. Vaikka tässä otsikossa juurikasveja käsitellään käytetyn kasvinosan mukaan yhtenä ryhmänä, mukana on hyvin erilaisia kasvilajeja. Valitettavasti seuraavissa esimerkeissä ei ole mukana tuloksia maaperän raskasmetallipitoisuuden vaikutuksista juurten metallipitoisuuksiin.

Kabelitzin (1998) tutkimuksen laajasta aineistosta (12 000 kasvinäytettä) on poimittu erikseen juurirohdosten ja -mausteiden pitoisuuksia (Taulukko 56). Myös suomalaisten tutkimuksien kasvivalikoimaan on sisällynyt juurirohdoksia (Taulukko 57).

Kabelitzin (1998) tutkimuksessa suositellut kadmiumin enimmäispitoisuudet (0,2 mg kg⁻¹) ylittyivät melko usein seuraavilla lajeilla: väinönputki, sikuri, voikukka, rohtosalokoruusu, persilja, suopayrtti ja rätvänä. Rohtoraparperin, kalmojuuren ja ginsengjuuren kadmiumpitoisuudet jäivät alhaisiksi. Korkeimmat yksittäiset pitoisuudet mitattiin keltakatkeron, rätvänän ja väinönputken juurinäytteistä (Taulukko 56). Erityisesti väinönputken juurien kadmiumpitoisuudet olivat usein yli suositellun 0,2 mg kg⁻¹ raja-

arvon. MTT:n tutkimusten mukaan Kittilässä v. 1990 kasvaneen väinönputken kadmiumpitoisuus oli hyvin alhainen, vain 0,009 mg kg⁻¹.

Vuonna 1990 Puumalassa viljellyn punahatun juurten kadmiumpitoisuudet olivat myös matalia, keskimäärin 0,118 mg kg⁻¹. Vastaavien saksalaisten vertailunäytteiden pitoisuudet olivat korkeampia, 0,585 mg kg⁻¹. Kabelitzin (1998) mukaan *Echinace* sp. juurinäytteistä 22,8 % ylitti 0,2 mg kg⁻¹ kadmiumpitoisuuden. Herbanäytteiden kadmiumpitoisuudet eivät ylittäneet tätä ohjearvoa. Vuonna 2003 MTT:n Mikkelin tutkimus-
asemalla kasvaneiden punahattujen (*E. purpurea*) hiusmaisten juurien kadmiumpitoisuus oli hieman korkeampi (0,233 mg kg⁻¹) kuin *E. pallida*-lajin paksujen juurien pitoisuudet (0,168 mg kg⁻¹).

Keltakatkeron juurten kadmiumpitoisuudet olivat Mikkeliässä v. 1994 0,15 mg kg⁻¹, 1996 0,11 mg kg⁻¹ ja 2003 0,13 mg kg⁻¹, eli kaikki mittaustulokset alittivat rohdoskasvien ohjeellisen raja-arvon. Vuoden 2003 Mikkelin ginseng-näytteiden kadmiumpitoisuus oli myös alhainen, 0,057 mg kg⁻¹. Kabelizin (1998) tutkimuksenkin mukaan kaupallisten ginsengnäytteiden kadmiumpitoisuudet jäivät alhaisiksi.

Mikkeliässä MTT:n tutkimusasemalla v. 1995-2000 kasvatettujen rohdoskasvien juurien kadmiumpitoisuudet olivat alhaisia seuraavilla lajeilla : rohtopäivänhattu, rohtokurjenherne, amerikanginsengjuuri, koristeraparperi, baikalinvuohennokka, japanintatar (Taulukko 57). Toisaalta useiden kasvilajien kadmiumpitoisuudet ylittivät 0,2 mg kg⁻¹ pitoisuuden. Tällaisia lajeja olivat konnantatar, maraljuuri, leopardinkukka, kiinanpeikokello ja kudzuapapu.

Venäläiset tukijat (Pimenova ym. 1998) tutkivat Venäjän Altailta peräisin olevien juurirohdosten *Patrinia intermedia* ja ruusujuuren (*Rhodiola rosea*) raskasmetallipitoisuuksia. *Patrinia intermedia* -lajin kadmiumpitoisuudet olivat 0,38-1,5 mg kg⁻¹ ja ruusujuuren kadmiumpitoisuus oli 0,16 mg kg⁻¹.

Juurirohdoksista lyijypitoisuudet ovat yleensä matalia verrattuna ohjeelliseen 5 mg kg⁻¹ pitoisuuteen (Taulukko 56). MTT:lla Mikkeliässä v. 2000 korjattujen juurirohdosten lyijypitoisuudet olivat kaikissa tutkituissa näytteissä alhaisia, alle 0,8 mg kg⁻¹ (Taulukko 57).

Venäläisten tutkimusten mukaan (Pimenova ym. 1989) ruusujuuren lyijypitoisuus oli myös matala, 1,9 mg kg⁻¹, mutta *Patrinia intermedia* lajin lyijypitoisuudet olivat korkeita ne vaihtelivat paljon: (3,2-21,8 mg kg⁻¹)

Taulukko 56. Juurirohdojen ja –mausteiden kadmium (Cd)- ja lyijy(Pb) pitoisuuksia. (Kabelitz, 1998). p% tarkoittaa, kuinka suuri osuus näytteistä ylittää ohjearvot (0,2 mg Cd kg⁻¹ ja 5 mg Pb kg⁻¹) vastaavasti.

Kasvilaji		min	max	p%
<i>Angelica archangelica</i> väinönputki	Cd	0	0,92	81,6
	Pb	0	10,88	2,0
<i>Acorus calamus</i> kalmojuuri	Cd	0,02	0,37	5,9
	Pb	<0,15	1,83	0,0
<i>Cichorium intybus</i> sikuri	Cd	0	0,75	61,1
	Pb	0	0,55	0,0
<i>Agropyron repens</i> juolavehnä	Cd	0	0,26	11,8
	Pb	0	8,88	2,0
<i>Taraxacum officinalis</i> voikukka	Cd	0	0,99	80,3
	Pb	0	4,73	0
<i>Echinacea sp</i> punahattu	Cd	0	0,47	22,8
	Pb	0	8,24	2,2
<i>Gentiana lutea</i> keltakatkerokero	Cd	0	4,46	22,6
	Pb	0	10,04	3,2
<i>Allium sativum</i> valkosipuli	Cd	0,01	0,09	0
	Pb	0	1,59	0
<i>Panax ginseng</i> ginsengjuuri	Cd	0	0,32	4,9
	Pb	0	28,60	8,2
Kasvilaji		min	max	p%
<i>Levisticum officinale</i> lipstikka	Cd	0	0,48	30,4
	Pb	0	2,27	0
<i>Glycyrrhiza glabra</i> lakritsikasvi	Cd	0	1,05	3,7
	Pb	0,07	1,61	0
<i>Althea officinalis</i> rohtosalkoruusu	Cd	0,10	0,37	53,8
	Pb	<0,15	2,40	0
<i>Urtica dioica</i> nokkonen	Cd	0	0,45	20,6
	Pb	0	21,10	5,9
<i>Petroselinum crispum</i> persilja	Cd	0	0,44	38,7
	Pb	0	0,46	0
<i>Rheum officinale</i> rohtoraparperi	Cd	0	0,14	0
	Pb	0	5,03	3,4
<i>Saponaria officinalis</i> suopayrtti	Cd	0	0,41	45,5
	Pb	0	0,00	0,0
<i>Potentilla erecta</i> rätvänä	Cd	0	2,24	91,7
	Pb	0	7,02	9,1
<i>Valeriana officinalis</i> rohtovirmajuuri	Cd	0	0,99	25,7
	Pb	0	21,88	4,4

Taulukko 57. Juurirohdosten lyijy- ja kadmiumpitoisuuksia v. 1994-2000 Mikkelissä.

Laji		Vuosi	Pb	Cd
		(mg kg ⁻¹ kp)		
<i>Echinacea pallida</i>	rohtopäivänhattu	1996	0,27	0,07
<i>Taraxacum officinale</i>	voikukka	1995-1996	0,40	0,38
<i>Gentiana lutea</i>	keltakatkerokero	1994	0,10	0,12
<i>Leuzea carthamoides</i>	maraljuuri	1996	0,76	0,35
<i>Acanthopanax senticosus</i>	venäjänjuuri	2000	1,24	0,11
<i>Achyranthes bidentata</i>	tähkähäntä	2000	0,22	0,83
<i>Angelica dahurica</i>	dahuriankarhunputki	2000	0,31	0,15
<i>Astragalus membranaceus</i>	rohtokurjenherne	2000	0,09	0,06
<i>Belamcanda chinensis</i>	leopardinkukka	2000	0,66	0,64
<i>Bistorta major</i>	konnantatar	2000	0,60	1,16
<i>Codonopsis pilosula</i>	kiinanpeikonkello	2000	0,13	0,24
<i>Fallopia japonica</i>	japanintatar	2000	0,17	0,09
<i>Panax quinquefolius</i>	amerikanginsengjuuri	2000	0,14	0,05
<i>Pueraria lobata</i>	kudzupapu	2000	0,46	0,22
<i>Rheum palmatum</i>	koristeraparperi	2000	0,17	0,06
<i>Scutellaria baikalensis</i>	baikalinvuohennokka	2000	0,12	0,04
keskiarvo			0,36	0,29

7 Lyijy ja kadmium uutoksissa ja öljyissä

Pelloilta korjattuja mauste- ja rohdosyrttejä muokataan monin tavoin elintarvike- ja lääketieteellisuuden eri työvaiheissa. Siksi on hyvä tietää, kuinka raaka-aineen sisältämät raskasmetallit käyttäytyvät jatkojalostuksessa, millaisia riskejä on ja missä ovat raskasmetallien osalta laatuvalvonnan kriittiset pisteet. Tämän otsikon alla esitellään tähän kysymyksen liittyviä julkaistuja tutkimustuloksia.

7.1 Raskasmetallit vesiuutoksissa

Lozak ym. (2002) tutkivat mintun alkuaineiden uuttumista kuumassa vedessä. Nämä kasvit ovat suosittuja teeaineksia. Piparmintun sisältämästä lyijystä uuttui noin puolet kuumassa vedessä. Piparmintun kadmiumista uuttui vastaavasti vain kymmenesosa (8,9 %). Piparmintun lehdistä nikkeli (Ni) ja strontium (Sr) siirtyivät melkein täysin, mutta näiden aineiden pitoisuudet raaka-aineessa olivat alhaisia (Taulukko 58). Muiden alkuaineiden uuttumisprosentti oli melko vaihteleva.

Nämä tulokset ovat yhdensuuntaiset Marjamaan (1996) tutkimustulosten kanssa, joiden mukaan erilaisissa teejuomissa (= vesiuutoksissa) raskasmetallipitoisuudet olivat alhaisia (Taulukko 3).

Taulukko 58. Piparmintun alkuainepitoisuudet ja uuttuminen kuumassa vedessä (Lozak ym. 2002).

Alkuaine	Alkuaine- pitoisuudet raaka- aineessa (mg kg ⁻¹)	Alkuaine- pitoisuudet vesiuutteessa (mg l ⁻¹)	Uuttumisprosentti (%)
	minttu	minttu	minttu
Ca	15331	2871	18,9
Mg	5778	2219	38,4
Fe	239	20,2	8,3
Sr	2,40	2,26	93,8
Mn	188	26,6	13,9
Ba	31,2	0,758	2,4

Alkuaine	Alkuaine- pitoisuudet raaka- aineessa (mg kg ⁻¹)	Alkuaine- pitoisuudet vesiuutteessa (mg l ⁻¹)	Uuttumisprosentti (%)
Zn	51	6,34	12,4
Cu	12	2,96	24,8
Ni	2,99	2,58	87
Ti	3,26	1,10	18,9
Pb	2,41	1,12	46,5
Cr	0,941	0,39	41,9
Se	0,147	0,087	60,8
V	0,502	0,113	22,5
I	0,325	0,206	63,5
As	0,122	0,048	35,5
Li	0,515	0,339	65,8
Co	0,102	0,056	53,9
Cd	0,090	0,008	8,9

7.2 Raskasmetallit alkoholiuutteissa

Tutkimustulosten mukaan kasvimateriaalin sisältämistä raskasmetalleista vain osa siirtyi metanoliuutteisiin (Peters 1989). Taulukossa 59 esitetään nokkosen, siiankärsämön ja mäkikuisman metanoliuutteiden kadmium- ja lyijypitoisuuksia. Raaka-aineen kadmium- ja lyijypitoisuudet vaihtelivat keruupaikasta riippuen, saastuneilla paikoilla sekä lyijyn että kadmiumin pitoisuudet olivat korkeita.

Näiden tulosten mukaan raaka-aineiden kadmiumista uuttuu 4-21 % ja lyijystä 3-12 %. Vähän kadmiumia sisältävästä raaka-aineesta uuttuu 13-21 %, kun paljon kadmiumia sisältävästä raaka-aineesta uuttui vain 4-6 %. Lyijyn osalta suunta oli sama, mutta erot uuttumisprosentissa olivat pienemmät.

Taulukko 59. Raskasmetallien siirtyminen raaka-aineesta alkoholiuutteisiin (70% metanoli) nokkosesta, siankärsämöstä ja mäkuismasta. (Peters 1989).

		Nokkonen		Siankärsämö		Mäkuisma	
		Raaka-aineen metallipitoisuus					
		Alhainen	Korkea	Alhainen	Korkea	Alhainen	Korkea
Cd	raaka-aine (mg kg ⁻¹)	0,30	1,08	0,36	1,48	0,39	5,62
	uuttumis-%	14 %	5 %	21 %	4 %	13 %	6 %
Pb	raaka-aine (mg kg ⁻¹)	7,47	12,43	3,02	8,41	2,19	10,90
	uuttumis-%	9 %	5 %	3 %	12 %	6 %	6 %

Kabelitzin (1997) mukaan kuuma vesi uuttaa yrttien sisältämiä raskasmetalleja tehokkaammin kuin esimerkiksi etanoli tai dikloorimetaani (Taulukko 60).

Galambosin ym. (2004) tutkimuksessa kotimaisen punahatun alkoholiuutteiden raskasmetallipitoisuudet olivat hyvin matalia, lyijypitoisuudet olivat alle 0,01 ja kadmiumpitoisuudet alle 0,005 mg l⁻¹. Tutkittujen saksalaisten (n=2) ja sveitsiläisen (n=1) punahattu-uutteiden lyijy- ja kadmiumpitoisuudet olivat myös alhaisia.

Taulukko 60. Lyijyn ja kadmiumin siirtyminen yrttien vesi-, alkoholi- ja dikloorimetaaniuutoksiin (Kabelitz 1997).

Uuttotapa	Lyijy (%)	Kadmium (%)
vesi (100 °C)	15-35	20-45
metanoli 70 %	3-21	4-21
etanoli 95 %	1-15	7-16
dikloorimetaani	1-9	1-10

7.3 Raskasmetallit öljyissä

Bulgarialaisen tutkimuksen mukaan raskasmetallit eivät siirtyneet aromikasveista niistä tislattuihin haihtuviin öljyihin, vaikka kasvit viljeltiin erittäin saastuneilla alueilla metallisulattojen läheisyydessä. Zheljazkov & Jekov (1996) totesivat, että kadmium-, lyijy-, kupari-, mangaani-, sinkki-, kromi- ja arseenipitoisuudet olivat matalia ruusu-, laventeli-, minttu-, salvia-, basilika-, fenkoli-, korianteri-, tilli- ja iisoppiöljyissä.

Maarianohdakeen (*Sylibum marianum*) siemenistä puristetussa öljyn raskasmetallitutkimuksissa on saatu ristiriitaisia tuloksia. Bulgarianlaisessa tutkimuksessa todettiin, että vaikka viljely-ympäristön raskasmetallikuormitus oli korkea, siemenöljyissä ei todettu korkeita raskasmetallipitoisuuksia. Peltomaiden korkea raskasmetallikuormitus ei vaikuttanut myöskään siementen silimarinin pitoisuuksiin (Zheljazkov & Nikolov 1996).

Szentmihályin ym. (1998) tulokset olivat kuitenkin vastakkaisia. Heidän koetuloksensa osoittivat, että sekä ylikriittisellä uutolla että perinteisellä Soxhlett -uutolla uutetut maarianohdakkeen öljyt sisälsivät raskasmetalleja. Siemenet sisälsivät kadmiumia $0,47 \mu\text{g g}^{-1}$, ja ylikriittisellä uutolla tuotetuissa öljynäytteissä kadmiumia oli enimmillään $0,75 \mu\text{g g}^{-1}$ ja Soxhlett-uuton öljyissä $1,77 \mu\text{g g}^{-1}$. Myös kromi-, nikkeli- ja molybdeenipitoisuudet olivat öljyissä huomattavia.

Otsikoissa 7.1. –7.3. esitettyjen tutkimustulosten valossa näyttää siltä, että vesi- , öljy- ja alkoholiuutoksissa riski korkeista raskasmetallipitoisuuksista on melko pieni. Raskasmetallit eivät siirry tai siirtyvät vain vähäisissä määrin uutoksiin. Koska uuttaminen tehdään yleensä jatkojalostuslaitoksissa, niillä on omia laadunvalvontajärjestelmiä ja -normistoja. Raskasmetallien vähäinen uuttuminen ei kuitenkaan anna helpotusta kasvi-raaka-aineiden tuottajille, vaan viljelijöiltä vaaditaan raja-arvot alittavaa raaka-ainetta.

Otsikossa 0 esitetyt rohdoskasvien ohjeelliset raja-arvot koskevat kuivattuja raaka-aineita. Niitä yleensä käytetään tablettien ja pillereiden, mutta myös nestemäisten tuotteiden, kuten vesi-, alkoholi- tai öljyjuotteiden raaka-aineina. Koska laadunvalvonnassa raaka-aineiden tarkastus tapahtuu ennen jatkojalostuslaitokselle siirtämistä, raaka-aineen korkea lyijy- tai kadmiumpitoisuus voi olla esteenä erän käytölle. Tämä korostaa raaka-aineiden laatuun vaikuttavien tekijöiden huomioon ottamisen tärkeyttä koko viljelyprosessin aikana (Otsikko 5).

8 Raskasmetallitutkimukset osana laadun valvontaa

Elintarvikeviraston riskiraportin (2002) mukaan kadmiumin osalta valvontaa tulisi kohdistaa maaperään ja kasvu-ympäristöön sekä oikean viljelylajikkeen valintaan. Sekä raaka-aineiden että lopputuotteiden puhtaus tulisi tarkistaa niistä elintarvikkeista, joiden tiedetään keräävän helposti kadmiumia. Kuluttajia tulisi informoida elintarvikkeista, jotka saattavat sisältää korkeita kadmiumpitoisuuksia, mutta joilta sääntely puuttuu

(esim. siemenet). Näitä periaatteita on osin jo sovelluttu etenkin rohdoskasvien ja niistä valmistettujen tuotteiden laadun seurantaan.

EU:n lääkevalvonnasta vastaava järjestö EMEA (European Medicines Agency) on luonut säännöt, joiden pohjalta tarkastellaan kasvirohdosten laatua. Vierasaineiden ja raskasmetallien määrittäminen kuuluu tarkistusprosessiin, joskin koko Euroopan kattavat säädökset kasvipohjaisten rohdosten raskasmetalleista puuttuvat. EU:ssa on laadittu rohdoskasvipohjaisten tuotteiden yhteisiä laatukriteerejä, jotka tunnetaan nimellä hyvät tuotantotavat (GMP= Good Manufacturing Practice). GMP-sääntöjen tarkoitus on lääketehaiden tuotanto-olosuhteiden ja tuotteiden laadun parantaminen ja varmistaminen (European Commission 1997). Nykyisin rohdoskasvipohjaisten tuotteiden tuotanto tapahtuu vain lääketehaitaissa GMP sääntöjen mukaisesti. Suomessa rohdosvalmisteiden valmistuksessa noudetaan lääkkeiden hyviä tuotantotapoja ja EU:n GMP-ohjeiston noudattaminen on lakisäättäinen vaatimus (Läkelaki 395/1987, 11§).

Pitkän kehittämisprosessin tuloksena on laadittu ohjeisto myös rohdosyrttien peltoviljelyn laadun varmistamiseksi. Hyvä maataloustuotantotapa -ohjeisto (GAP= Good Agricultural Practice) on hyväksytty v. 1989 eurooppalaisten yrttituottajien keskusjärjestössä (European Herb Growers Association) ja yhä useammat eurooppalaiset tuottajat toimivat sen mukaan (EUROPAM 1999). Hyvät tuotantotavat -ohjeisto edellyttää, että lääkekasvien viljelyprosessin aikana huomioidaan ympäristöhaittojen lähteetkin. Viljelymaa ei saa olla raskasmetallien, kasvinsuojeluaineiden tai muiden kemikaalien saastuttama. Myös torjunta-aine- ja raskasmetallijäämien seurannan tulisi kuulua laatu- tarkastusten piiriin. Suomessa on ensimmäisiä kertoja sovellettu rohdoskasvien GAP-ohjeistoa tuotantotiloilla. Kajaanin alueella ohjeistoa sovellettiin mäkikuisman tuotantoon (Moilanen 2001) ja Puumalassa kaunopunahatun, piparmintun ja nokkosraaka-aine tuotantoon (Galambosi 2000).

Oulun yliopiston Kajaanin kehittämisskeskuksessa valmisteltiin laatukäsikirjan malli ”Laatu yrtti- ja marjatuotannossa” (Lehtinen ym. 2001). Laatukäsikirjan tavoitteena on auttaa erikoisviljelytilaa laatimaan kokonainen laatujärjestelmä, joka kattaa tuotannon eri vaiheita. Laatujärjestelmän tärkeitä osia ovat laatua todistavat analyysit, kuten aro- miaine-, raskasmetalli- ja mikrobiologiset analyysit.

9 Yhteenveto

Rohdos- ja maustekasvien viljely on Suomessa suhteellisen uusi tuotannonala ja kasvi- valikoima on hyvin laaja. Siksi tässä kirjallisuusselvityksessäkin on mukana nelisen- kymmentä eri kasvilajia. Pohjoinen ilmasto rajoittaa tuotantoa ja monivuotisten kasvi- en talvehtiminen on usein epävarmaa. Kustannustaso on korkea, mikä näkyy myös tuotteiden hinnoissa. Markkinoinnin edistämiseksi tuotteille on tarpeen etsiä erityisiä vahvuuksia, esimerkiksi niiden alhaiset raskasmetallipitoisuudet.

Tässä selvityksessä pyrittiin etsimään vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

- Ovatko suomalaisten yrttien lyijy- ja kadmiumpitoisuudet alhaisemmat kuin muualla viljeltyjen pitoisuudet?
- Mikä on yrttien osuus ravinnon haitallisista raskasmetalleista?
- Mitkä ovat kadmiumin ja lyijyn sallitut enimmäismäärät yrteissä?
- Onko yrteissä kadmiumia kerääviä kasvilajeja?
- Pystymmekö Suomessa tuottamaan puhtaita yrttiraaka-aineita?

9.1 Ovatko suomalaisten yrttien lyijy- ja kadmiumpitoisuudet alhaisempia kuin muualla Euroopassa?

Kotimaisten yrttien keskimääräiset lyijypitoisuudet olivat yli puolet alhaisempia verrattuna muualla Euroopassa kasvatettuihin yrteihin MTT:llä vuonna 1990 tehdyssä vertailututkimuksessa. Aineistossa oli lähes 400 yrttinäytettä Suomesta ja muualta Euroopasta. Koti- ja ulkomaisten yrttien kadmiumpitoisuuksissa erot eivät olleet yhtä selkeitä.

Suomen ja koko Euroopan raskasmetallikuormitus on vähentynyt huomattavasti 1990-luvulla. Vuonna 2003 Mikkelissä viljeltyjen yrttien lyijypitoisuudet olivat noin 60% alhaisemmat kuin Puumalassa viljeltyjen yrttien pitoisuudet vuonna 1990. Tässä vertailussa oli mukana 25 kasvilajia. Lannoitteiden alhainen kadmiumpitoisuus sekä pienentynyt ilman kautta tuleva laskeuma ovat vähentäneet peltojen kadmiumkuormitusta. Tästä huolimatta yrttien kadmiumpitoisuudet eivät olleet laskeneet. Vuonna 2003 Mikkelissä kasvaneiden yrttien kadmiumpitoisuudet olivat keskimäärin 0,14 mg kg⁻¹ (mediaani) ja Puumalassa vuonna 1990 keskimäärin 0,12 mg kg⁻¹.

9.2 Yrtit raskasmetallien lähteenä ravinnossa?

Mausteiden, yrttien, rohdosten ja yrttiteen osuus ravinnosta ja siten myös raskasmetallikuormituksesta on pieni. Suomalaisten arvioidaan saavan vihanneksista 16 % kadmiumin ja 9 % lyijyn kokonaissaannosta. Yrttien kulutus tavanomaisessa ruokavaliossa on melko vähäistä, joten niistä saatavan raskasmetallitoksisuuden riski on erittäin pieni. Runsaasti kasviperäisiä lääketuotteita tai yrttijuomia kuluttavien kohderyhmien altistus on kuitenkin arvioitava erikseen.

Tutkimustulosten mukaan lopputuotteisiin siirtyy vain osa raaka-aineen sisältämistä raskasmetalleista. Vesiuutoksiin (eli teehen) raaka-aineen sisältämästä lyijystä ja kadmiumista siirtyy noin kolmannes. Alkoholiuutteisiin on raportoitu liukenevan 3-20 % raaka-aineen lyijystä ja kadmiumista. Aromikasveja tislattaessa raskasmetallit eivät tutkimusten mukaan siirtyneet tislaustuotteisiin eli haihtuviin öljyihin.

9.3 Mitkä ovat kadmiumin ja lyijyn sallitut enimmäispitoisuudet yrteissä?

Mauste- ja rohdoskasvit kuuluvat yleensä vihanneskasvien ryhmään. Vihannesten lyijy- ja kadmiumpitoisuuksien enimmäismäärät on esitetty Euroopan komission asetuksissa EY2001/466 ja 2002/221. Tuoreille yrteille on em. asetuksen mukaan korkein sallittu kadmiumpitoisuus $0,2 \text{ mg kg}^{-1}$ tuorepainoa kohden. Lehtivihannesten suurin sallittu lyijypitoisuus on $0,3 \text{ mg kg}^{-1}$ tuorepainossa. Nämä enimmäispitoisuudet eivät yleensä ylity kotimaisissa yrteissä.

Kuivattujen rohdoskasvien enimmäispitoisuuksista on Saksassa annettu ohjeelliset suositukset: $0,2 \text{ mg Cd kg}^{-1}$ ja 5 mg Pb kg^{-1} . Saksalainen suositus sallii edellä mainittua korkeammat kadmiumpitoisuudet tietyille kadmiumia kerääville kasvilajeille, kuten esimerkiksi siankärsämölle $0,3 \text{ mg kg}^{-1}$ ja mäkikuismalle $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$. MTT:n tutkimuksessa vuonna 1990 kotimaisista yrtinäytteistä 9 % ja ulkomaisista 26 % ylitti kadmiumille suositellun enimmäispitoisuuden. Rohdoskasveille suositeltu lyijyn enimmäismäärä ei yleensä ylittynyt.

Rohdosyrttipohjaisten terveystuotteiden laatuvaatimukset kiristyvät Euroopassa jatkuvasti. Lääketehtaiden laadunvarmistusmenetelmän GMP (Hyvät tuotantomenetelmät) lisäksi on v. 1998 otettu käyttöön myös GAP (Hyvät maataloustuotantotavat). GAP-ohjeiston tärkeänä osana on haitallisten aineiden määrän ennaltaehkäisy ja hallinta.

9.4 Keräävätkö jotkin yrtilajit kadmiumia?

Tässä selvityksessä kävi ilmi, että rohdoskasvien kadmiumpitoisuudet on arvioitava lajikohtaisesti. Tutkimustuloksien mukaan rohdosyrtit voidaan jakaa kadmiumia kerääviin ja välttäviin lajeihin. Taulukossa 61 esitetty ryhmittely perustuu lähinnä Kabelitzin (1998) rohdoskasvituloksiin sekä osin MTT:n tutkimuksiin (Galambosi ym. 2004). Tässä yhteydessä kadmiumia kerääväksi lajiksi on luokiteltu sellaiset kasvilajit, joihin on havaittu kertyvän kadmiumia yli $0,2 \text{ mg kg}^{-1}$ (kuivapainossa). Kadmiumia välttävien lajien pitoisuudet jäävät yleensä tämän raja-arvon alapuolelle. MTT:n tutkimuksissa kotimaisen piparmintun, sitruunamelissan, salvian, anisiisopin, nokkosen ja kuminan kadmiumpitoisuudet jäivät alhaisiksi. Rakuuna, ampiaisyrtti kamomilla, timjami ja tilli taas keräsivät maaperän kadmiumia. Saksassa on tutkittu mäkikuisman ja kamomillan viljelytekniikkaa tavoitteena alentaa sadon kadmiumpitoisuuksia.

9.5 Pystymmekö Suomessa kasvattamaan puhtaita yrtejä?

Suomalaisilla viljelijöillä on edellytykset tuottaa puhtaita rohdos- ja maustekasveja. Kirjallisuusselvitys tuo esille tarpeen saada lisää tietoa sekä kasveista että viljelypaikoista. Koska viljelyyn otetaan uusia rohdosyrttilajeja, niiden taipumus kerätä maaperän kadmiumia olisi lajikohtaisesti selvitettävä. Lajiketutkimuskin olisi tarpeen, koska

eri lajikkeiden on osoitettu keräävän eri tavoin kadmiumia. Lisätutkimuksia toivotaan rohdosyrttien kuluttajaryhmien osaltakin.

Kadmiumia keräävistä lajeista monet ovat merkittävä yrtti- tai rohdoskasveja (Taulukko 61), mutta viljelytekniikalla on mahdollista vähentää tuotteiden laaturiskejä ainakin osittain. Viljelyalueiden ja kasvilajien valinta ovat tärkeimmät viljelytekniset keinot. Maaperän laadun alueelliset erot on otettava huomioon viljelyä suunniteltaessa. Lohkokohtainen raskasmetallianalyysi on suositeltava. Sen tuloksiin pohjautuen on arvioitava tiettyjen yrttien viljelymahdollisuutta. Hyviä esimerkkejä on saatu kamomillan viljelypeltojen valinnasta Saksassa, jossa on tutkittu maan happamuuden ja kadmiumpitoisuuden vaikutuksia kamomillan kukkien kadmiumpitoisuuksiin. Maaperän happamuudesta riippuen ohjeistettiin viljelymaan kadmiumpitoisuudet, ja sadon laatu pysyi hyvänä. Myös kalkituksella voidaan vähentää liukoisten raskasmetallien määrää maassa.

Kotimaisten näytteiden tutkimuksissa tuli esille yrttien raskasmetallipitoisuuksien alueellinen vaihtelu. Tähän vaikuttivat todennäköisesti sekä erot maan raskasmetallipitoisuuksissa että laskeumassa. Yrttien kadmiumpitoisuudet olivat MTT:n vuoden 1990 tutkimuksessa alhaisia Kittilässä, Sotkamossa ja Joroisissa, kun yli $0,2 \text{ mg kg}^{-1}$ kadmiumpitoisuuksia tavattiin Lohtajan Hämeenkyrön, Piikkiön ja Puumalan näytteistä. Nämä tutkimustulokset olivat vain suuntaa-antavia, sillä näytemäärät olivat pieniä. Lisäksi seurantavuosia pitäisi olla useampia.

Korjuuajankohta näytti myös vaikuttavan sadon raskasmetallipitoisuuksiin. Esimerkiksi piparmintun ensimmäistä korjuusta saadun sadon kadmiumpitoisuudet olivat alhaisemmat kuin myöhemmin samasta kasvustosta kerätyn sadon (toinen ja kolmas korjuu). Tällöin ensimmäinen sato soveltuu matalan kadmiumpitoisuutensa takia lehtisadoksi, toinen tai kolmas korjuu tislataan öljyiksi..

Johdannossa esitetyille kysymyksille ei voida antaa täysin yksiselitteisiä vastauksia. Taulukossa 62 ryhmitellään Suomen osalta niitä etuja, haittoja ja epävarmuustekijöitä, joita kirjallisuusselvityksemme pohjalta pystyimme toteamaan. Kirjallisuusselvityksen laatijat toivovat, että tämä tutkimusselvitys auttaa rohdosyrttien ja mausteiden viljelijöitä ja tuotteiden valmistajia perehtymään raskasmetallien osalta yrttien tuotannon ja laadunvarmistukseen kysymyksiin. Kirjallisuusselvitys tuo esille tarpeen saada lisää tietoa sekä kasveista että viljelypaikoista.

Taulukko 61. Taulukkoon on kerätty kirjallisuuden perusteella kadmiumia kerääviä ja kadmiumia välttäviä lajeja. Ryhmittely perustuu lähinnä Kabelitzin (1998) rohdoskasvituloksiin sekä osin MTT:n tutkimuksiin (Galambosi ym. 2004). Tässä yhteydessä kadmiumia kerääväksi lajiksi on katsottu sellaiset kasvilajit, joihin on havaittu kertyvän yli 0,2 mg Cd kg⁻¹ (kuivapainossa).

Kadmiumia kerääviä lajeja	luokka	Kadmiumia välttäviä lajeja	luokka
Keto-orvokki (<i>Viola tricolour</i>) herba	xxxx	Anis (<i>Pimpinella anisum</i>) siemen	x
Paju (<i>Salix sp.</i>) kuori	xxxx	Anisiisoppi (<i>Agastache foeniculum</i>) herba	x
Peltoemäkki (<i>Fumaria officinalis</i>) herba	xxxx	Basilika (<i>Ocimum basilicum</i>) herba	x
Pinaatti (<i>Spinacia oleracea</i>) lehti	xxxx	Fenkoli (<i>Foeniculum vulgare</i>) siemen	x
Rätväinä (<i>Potentilla erecta</i>) juuret	xxxx	Humala (<i>Humulus lupulus</i>) käpy	x
Siankärsämö (<i>Achillea millefolium</i>) kukka	xxxx	Iisoppi (<i>Hyssopus officinalis</i>) herba	x
Sikuri (<i>Cichorium sp.</i>) juuri	xxxx	Kehäkukka (<i>Calendula officinalis</i>) kukka	x
Tilli (<i>Anethum graveolens</i>) herba	xxxx	Kumina (<i>Carum carvi</i>) siemen	x
Voikukka (<i>Taraxacum officinale</i>) herba/juuri	xxxx	Lipstikka (<i>Levisticum officinale</i>) lehti	x
Väinönputki (<i>Angelica archangelica</i>) juuri	xxxx	Mustaherukka (<i>Ribes nigrum</i>) lehti	x
Ampiaisyrtti (<i>Dracocephalum moldavica</i>) herba	xxx	Mustikka (<i>Vaccinium myrtillus</i>) lehti	x
Kamomillasaunio (<i>Matricaria recutita</i>) kukka	xxx	Mänty (<i>Pinus sp.</i>) neulaset	x
Kaunokainen (<i>Bellis perennis</i>) kukka	xxx	Nokkonen (<i>Urtica dioica</i>) herba	x
Kihokki (<i>Drosera sp.</i>) herba	xxx	Nukula (<i>Leonorus cardiaca</i>) herba	x
Kiltomalva (<i>Malva sylvestris</i>) lehti	xxx	Paatsama (<i>Rhamnus frangula</i>) kuori	x
Kultapiisku (<i>Solidago virgaurea</i>) herba	xxx	Piparminttu (<i>Mentha x piperita</i>) herba	x
Lipstikka (<i>Levisticum officinale</i>) juuri	xxx	Punahattu (<i>Echinacea purpurea</i>) herba	x
Lutukka (<i>Capsella bursa-pastoris</i>) herba	xxx	Rosmariini (<i>Rosmarinus officinale</i>) lehti	x
Mäkikuisma (<i>Hypericum perforatum</i>) herba	xxx	Rohtomesikkä (<i>Melilotus officinalis</i>) lehti	x
Ora-pihlaja (<i>Crataegus spp.</i>) lehti	xxx	Salvia (<i>Salvia officinalis</i>) lehti	x
Persilja (<i>Petroselinum crispum</i>) juuri	xxx	Sianpuolukka (<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>) lehti	x
Piennarpoimulehti (<i>Alchemilla vulgaris</i>) herba	xxx	Sitruunamelissa (<i>Melissa officinalis</i>) herba	x
Raate (<i>Menyanthes trifoliata</i>) lehti	xxx		
Rakuuna (<i>Artemisia dracunculus</i>) herba	xxx		
Suopayrtti (<i>Saponaria officinalis</i>) juuri	xxx		
Timjami (<i>Thymus vulgaris</i>) herba	xxx		
Vadelma (<i>Rubus idaeus</i>) lehti	xxx		
Öljypellava (<i>Linum usitatissimum</i>) siemen	xxx		
Arnikki (<i>Arnica montana</i>) kukka	xx		
Heinäratamo (<i>Plantago lanceolata</i>) herba	xx		
Koivu (<i>Betula pendula</i>) lehti	xx		
Korianteri (<i>Coriandrum sativum</i>) siemen	xx		
Kynteli (<i>Satureja hortensis</i>) herba	xx		
Leskenlehti (<i>Tussilago farfara</i>) lehti	xx		
Meirami (<i>Origanum majorana</i>) herba	xx		
Persilja (<i>Petroselinum crispum</i>) lehti	xx		
Pihatatar (<i>Polygonum aviculare</i>) herba	xx		
Reunuspäivänkakkara (<i>Tanacetum parthenium</i>) herba	?		
Rohtosalkoruusu (<i>Althaea officinalis</i>) juuri	xx		
Rohtovirmajuuri (<i>Valeriana officinalis</i>) juuri	xx		
Selleri (<i>Apium graveolens</i>) siemen	xx		
Tilli (<i>Anethum graveolens</i>) siemen	xx		

Luokat: x =välttäviä lajeja, 0,2 mg Cd kg⁻¹> 0-10 % näytteistä
 xx =kerääviä lajeja 0,2 mg Cd kg⁻¹> 11-30 % näytteistä
 xxx 0,2 mg Cd kg⁻¹> 31-70 % näytteistä
 xxxx 0,2 mg Cd kg⁻¹> 70 % näytteistä

Taulukko 62. Yhteenveto yrttien raskasmetallien kannalta edullisista ja haitallisista tekijöistä Suomessa.

Edut	Haitat	Epävarmuustekijät
Suomen peltojen kadmiumpitoisuudet ja raskasmetallilaskeuma ovat alhaisempia kuin monissa Euroopan maissa	Maaperän happamuus	Suomessa ei olla tutkittu maaperän liukoisen kadmiumin suhdetta yrttien kadmiumpitoisuuteen Alueellinen vaihtelu
Kotimaisten yrttinäytteiden lyijypitoisuudet olivat puolet alhaisempia kuin Keski-Euroopan näytteissä v. 1990	Kadmiumia keräävät kasvilajit ylittävät melko usein rohdoskasveille suositellut raja-arvot. Kotimaisista yrteistä 9 % ylitti rohdoskasveille suositellun kadmiumin raja-arvon v. 1990	MTT:n tutkimus 15 vuotta vanha Kasvilajien välillä on suurta vaihtelua Uusien yrttilajien /lajikkeiden osalta tutkimustulokset puuttuvat
EU:n kadmiumin ja lyijyn raja-arvot lehtivihanneksille ja tuoreille yrteille eivät ylity		
Yrttien lyijypitoisuudet laskeneet huomattavasti aikajaksolla 1990-2003	Kadmiumpitoisuuksissa ei ollut laskevaa trendiä	Seurantatutkimus olisi tarpeen
Yrttien käyttö ei lisää terveydellistä riskiä raskasmetallien muodossa		Yrttien tai yrttituotteiden suurkuluttajien osalta lisätutkimus on tarpeen

10 Kirjallisuus

- Azizi, M. & Omidbaigi, R. 2002. Effect of NP supply on herb yield, hypericin content and cadmium accumulation of St. John's wort. *Acta Horticulturae* 576:267-271.
- Badino, G., Gulmini, M., Ostacoli, G., Zelano, V., Sberze, A. & Magri, G. 1998. Biomonitoring method for mountain areas, design aspects and results. *Acta Horticulturae* 457: 29-36.
- Baranowska, I., Srogi, K., Wlochowicz, A. & Szczepanik, K. 2002. Determination of heavy metal contents in samples of medicinal herbs. *Polish Journal of Environmental Studies* 11: 467-471.
- Barghigiani, C. & Ristori, T. 1995. Preliminary study on mercury uptake by *Rosmarinus officinalis* L. (rosemary) in a mining area (Mt. Amiata, Italy). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 54: 519-525.
- Berg, T. & Licht, D. 2002: International legislation on trace elements as contaminants in food: a review. *Food Additives and Contaminants*. 19:916-927.
- Buchtova, I. & Drosnorova, Z. 2003. Medicinal aromatic and spice plants. Situation and longterm report. Ministry of Agriculture, Czech republic. 45 s.
- Bulinski, R. & Błoniarczyk, J. 1995. Studies on some trace element content in vegetable spices and their blends. Part I. Cadmium, lead, chromium, zinc, manganese, copper, nickel and iron content in vegetable spices. *Bromatologia I Chemia Toksykologiczna* 28: 133-142.
- Bundesgesundheitsblatt 1997. Bekanntmachungen: Richtwerte für Schadstoffe in Lebensmitteln. *Bundesgesundheitsblatt* 40:182-184.
- Buse, A., Norris, D., Harmens, H., Büker, P., Ashenden, T. & Mills, G. 2003. Heavy metals in European mosses: 2000/2001 survey. UNECE ICP Vegetation. Bangor, UK. Centre for Ecology and Hydrology. 45 s.
- Caldas, E.D & Machado, L.L. 2004. Cadmium, mercury and lead in medicinal herbs in Brazil. *Food and Chemical Toxicology* 42:599-603.
- Chizzola, R. 1989. Metallic trace elements in herbs and spices grown in Austria. International symposium on heavy metals and pesticide residues in medicinal, aromatic and spice plants, Novi Sad, Yugoslavia, 25-28 May, 1988. *Acta Horticulturae* 249: 89-96.
- Chizzola, R. 1997. Comparative cadmium uptake and mineral composition of cadmium treated *Papaver somniferum*, *Triticum durum* and *Phaseolus vulgaris*. *Angewandte Botanik* 71:147-153.
- Chizzola, R. 1998. Aufnahme und Verteilung von Cadmium in Sonnenblume, Kamille und Johanniskraut. *Zeitschrift für Arznei and Gewürzpflanzen* 3:91-95.

- Chizzola, R. 2001. Micronutrient composition of *Papaver somniferum* L. grown under low cadmium stress condition. *Journal of Plant Nutrition* 24:1663-1677.
- Chizzola, R. & Franz, C. 1996. Metallic trace elements in medicinal and aromatic plants from Austria. *Angewandte Botanik* 70: 52-56.
- Chizzola, R., Michitssch, M. & Franz, Ch. 2003. Monitoring micronutrients and heavy metals in herbs, spices and medicinal plants from Austria. *European Food Research Technology* 216:407-411.
- De Pasquale, A., Paino, E., De Pasquale, R., Germano, M.P. 1993. Contamination by heavy metals in drugs from different commercial sources. *Pharmacological Research* 27: 9-10.
- De Pasquale, R., Ragusa, S., Iauk, L., Barbera, R., Galati, E.M. 1988. a). Effect of cadmium on germination, growth and active principle contents of *Matricaria recutita* L. *Pharmacological Research Communications*. 20. Suppl. 5:151-154.
- De Pasquale, R., Ragusa, S., Iauk, L., Barbera, R., Galati, E.M. 1988. b) Effect of cadmium on germination, growth and active principle contents of *Achillea millefolium* L. *Pharmacological Research Communications*. 20. Suppl. 5:145-149
- De Pasquale, A., Rapisarda, A., Germanó, M.P, Ragusa, S., Kirjavainen, S. & Galati, E.M. 1995. Effects of cadmium on growth and pharmacologically active constituents of the medicinal plant *Coriandrum sativum* L. *Water, Air and Soil Pollution* 84: 147-157.
- Dragland, S. 1996. Content of cadmium and lead in chamomile (*Chamomilla recutita* L.) and feverfew (*Tanacetum parthenium* L.) grown in different parts of Norway. *Norsk Landbruksforskning* 10: 181-188.
- Duffus, J.H. 2002. "Heavy metals" – a meaningless term? *Pure and Applied Chemistry* 74:793-807.
- Dusek, J., Tumova, L. & Duskova, J. 1995. Possibilities of using medicinal plants from the area exposed to lead. *Herba Polonica* 41: 77-79.
- Elintarvikevirasto 2002. Riskiraportti – elintarvikkeiden ja talousveden kemialliset vaarat. Valvontaopas-sarja 2. Helsinki: Elintarvikevirasto. 67 s.
- European Commission 1997. The rules Governing Medicinal Products In European Union, Volume IV. Good Manufacturing Practices. Luxemburg: European Commission. 143 s.
- EUROPAM 1989. Guidelines for Good Agricultural Practice (GAP) of Medicinal and Aromatic Plants. *Zeitschrift for Arznei-und Gewurtzpflanzen*.3:166-178.
- Falco, G., Gomez-Catalan, J., Llobet, J.M. & Domingo, J.L. 2003. Contribution of medicinal plants to the daily intake of various toxic elements in Catalonia, Spain. *Trace Elements and Electrolytes* 20:120-124.

- Figura, B., Pluta, J. & Lorenz, K. 1998. Assessment of the level of certain heavy metals in Polish galenic preparations. *Pharmazie* 53: 458-462.
- Florencio, M.I. 1992. A industria de aromas e fragancias em Portugal. I Jordanas Inericas de plantas medicinales, Aromaticas y de aceuite Esenciales. Institute Nac. De Investigacion y tecnologia Agraria y Alimentaria. Madrid. s. 333-352.
- Fodor, F., Cseh, E., Dao Thi Phuong, D. & Záray, G. 1996. Uptake and mobility of lead in *Urtica dioica* L. *Acta Phytogeographica Suecica* 81: 106-108.
- Galambosi, B. 1996. Production of aromatic and medicinal plants in Finland. Teoksessa: Verlet, N. & Leclercq, G.(eds.): Towards a Model of technical and economic Optimization of Special Minor Crops. Concerted Action AIR3-CT-94_2076. 1995-1996. Final report, Vol. II. Economic Data Base s. 155-187.
- Galambosi, B. 2000. GAP: Tärkeimpien rohdoskasvien Hyvät tuotantotavat- GMP:tä pellolla? Hankintatukku Oy:n koulutusseminaari, Hotelli Aulanko, Hämeenlinna, 26.-27. 8. 2000. Luentomoniste. 3 s.
- Galambosi, B., Roitto, M., Kumpulainen, J. & Lindstedt, L. 2004. Lead and cadmium concentrations of Finnish herbs compared with herbs from other European countries. *Zeitschrift für Arznei- und Gewürzpflanzen*, 9(1): 34-42.
- Gaudchau, M., Schneider, M. & Pank, F. 1996. Investigation of heavy metal accumulation in various medicinal plants and linseed. Proceedings Quedlinburg, Germany. 30 June - 4 July, 1996. *Beiträge zur Züchtungsforschung – Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen* 2: 381-384.
- Gaweda, M. & Capecka, E. 2001. The content of some metals in stinging nettle (*Urtica dioica* L.) plants from natural sites in Malopolska. *Herba Polonica* 47: 149-156.
- Gravel, I. V., Yakovlev, G. P. & Petrov, N. V. 2000. Content of heavy metals in vegetable raw material of some medicinal plants, grown under conditions of atmospheric pollution (Altai Republic). *Rastitel'nye Resursy* 36: 99-106.
- Gravel, I.V., Yakovlev, G.P., Petrov, N.V., Stulovskii, S.S. & Listov, S.A. 1994. Content of heavy metals in some species of medicinal plants in the Altaiskii Krai. *Rastitel'nye Resursy* 30:101-108.
- Grejtovský, A. & Pirč, R. 2000. Effect of high cadmium concentrations on growth, uptake of nutrients and some heavy metals of *Chamomila recutita* (L.) Rauschert. *Journal of Applied Botany* 169-174.
- Grejtovský, A., Repcák, M. & Gianits, L. 1998. The influence of soil cadmium eliminating sorbents of *Chamomila recutita*. *Journal of Environmental Science and Healthy* 33:307-316.
- Grela, E. R. & Dzida, K. 2001. Influence of the environment on the content of mineral components in some herbs. *Annales Universitatis Mariae Curie Sklodowska, Sectio EEE, Horticultura* 9: 159-165.

- Gzyl, J. 1990. Lead and cadmium contamination of soil and vegetables in the upper Silesia region in Poland. *The Science of the Total Environment* 96: 199-209.
- Haugland, T., Steinnes, E. & Frontasyeva, M. 2002. Trace metals in soils and plants subjected to strong chemical pollution. *Water Air Soil Pollution* 137:343-353.
- Hodson, M.E. 2004. Heavy metals –geochemical bogey men?. *Environmental Pollution* 129:341-343.
- Ivan, Š. & Miroslav, H. The environmental risks in regard to production and collection of selected medicinal plant species. *Proceeding of Scientific Conference with International Participation. Sustainable Agriculture and Rural Development. 25.-26. septembra 2003, SPU v Nitre, Slovensk'a republika. Absract in English. s. 292-294.*
- Jansson, G. 2002. Cadmium in arable crops. The influence of soil factors and liming. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Agraria* 341. 41 s.
- Jasiewicz, C., Pisulewska, E. & Antonkiewicz, J. 2001. Concentration of Cd, Pb, Ni, Cu and Zn in Lavender (*Lavandula officinalis*) plants grown in soils contaminated with heavy metals. *Annales Universitates Mariae Curie-Skłodowska. Sectio EEE.* 9:167-173.
- Jiang, W., Liu, D. & Hou, W. 2000. Hyperaccumulation of lead by roots, hypocotyls, and shoots of *Brassica juncea*. *Biologia Plantarum* 43:603-606.
- Kabata-Pendias, A. & Pendias, H. 2001. *Trace Elements in Soils and Plants*. Third edition. CRC Press, Boca Raton. 331 s.
- Kabelitz, L. 1997. Korrekturmassnahmen bei Qualitätsmängeln von Drogen. *Zeitschrift für Arznei und Gewürzpflanzen.* 3:120-126.
- Kabelitz, L. 1998. Heavy metals in herbal drugs. *European Journal of Herbal Medicine* 4: 1-9.
- Králova, K. & Masarovičova, E. 2003. *Hypericum perforatum* L. and *Chamomilla recutita* (L.) Rausch. –accumulators of some toxic metals. *Pharmazie* 58: 359-360.
- Králova, K., Masarovičova, E. & Bumbálová, A. 2000. Toxic effect of cadmium on *Hypericum perforatum* plants and green alga *Chorella vulgaris*. *Chemia I Inzynieria Ekologiczna* 7: 1199-1205.
- Kummerová, M., Kmentová, E., Masarovičova, M. & Králova, K. 2003. Sensitivity of chamomile to interaction of cadmium and environmental acidity. 6th International Symposium on Structure and Function of roots, September 2-6, 2003. Stará Lesná, Slovakia. Programme and Book of Abstracts. Poster. s. 75.
- Kumpulainen, J. 1998. *Suomalaisten elintarvikkeiden kilpailukyky –turvallisuus ja ravitsemuksellinen laatu*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. 98 s.
- Kumpulainen, J. 2001. Selected nutrients, natural antioxidants and chemical contaminants in Finnish food. MTT, Jokioinen, Finland. 46 p.

- Kwapulinski, J., Mirosławski, J., Wiechuła, D., Rochel, R., Burczyk, J., Sowada, B. & Iwanek, K. 1996. The use of ecotoxicological parameters for estimation of the quality of medicinal plant yielding areas. *Bromatologia I Chemia Toksykologiczna* 29: 253-259.
- Lange, D. 2004. Medicinal and Aromatic Plants: Trade, Production, and Management of Botanical Resources. *Acta Horticulturae* 639:177-197.
- Larsen, E., Andersen N., Moller, A., Petersen, A., Mortensen, G. & Petersen, J. 2002. Monitoring the content and intake of trace elements from food in Denmark. *Food Additives and Contaminants* 19:33-46.
- Lehoczyk, É., Lóth, I. & Kiss, Z. 2002. Cadmium and lead uptake by white mustard (*Sinapis alba* L.). *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 33:3167-3176.
- Lehtinen, U., Tikka, K. & Kajalo, M. 2001. Laatu yrtti- ja marjatuotannossa. Oulun yliopisto, Kajaanin kehittämiskeskus. Biotekniikan laboratorio. 176 s.
- Listov, S. & Petrov, N. 1990. Schwermetallgehalt von Arzneipflanzen aus der UdSSRR. *Deutsche Apotheker Zeitung* 130: 2629-2630.
- Llobet, J., Falcó, G., Casas, C., Teixidó, A., & Domingo, J. 2003. Concentrations of arsenic, cadmium, mercury, and lead in common foods and estimated daily intake by children, adolescents, adults, and seniors of Catalonia, Spain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51:838-842.
- Louekari, K., Mäkelä-Kurto, R., Pasanen, J., Virtanen, V., Sippola, J. & Malm, J. 2000. Fertilizers –Risks to human health and the environment. Publications of the Ministry of Agriculture and Forestry 4/2000. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö. 119 s.
- Łozak A, Sołtyk K, Ostapczuk P & Fijałek Z. 2002. Determination of selected trace elements in herbs and their infusions. *Science of Total Environment* 289:33-40.
- Lukasik, I., Palowaki, B., Kmsa, T. & Ciepal, R. 2000. Effect of road traffic on heavy metal concentrations in soil and plants. *Acta Biologia Silesiana* 34:50-63.
- Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus 2004. Puutarhayritysrekisteri 2003. SVT. Maa- metsä- ja kalatalous 64. 120 s.
- Marjamaa, H. 1996. Luonnosta kerättyjen teeainesten mikrobiologinen laatu sekä lyijy- ja kadmiumpitoisuudet. Elintarvikevirasto. Tutkimuksia 5. Helsinki: Elintarvikevirasto. 10 s
- Marquard, R., Böhm, H. & Friedt, W. 1990. Untersuchungen über Cadmiumgehalte in LeinSaat (*Linum usitatissimum* L.). *Fat Science Technology* 92: 468-472.
- Marquard, R. & Schneider, M. 1996. Investigations into the uptake and storage of cadmium in different medicinal plants. *Kongressband 1995 Garmisch Partenkirchen* 541-544.
- Masarovičova, E., Králová, K., Kummerová M. & Kmentová, E. 2003. Root growth and respiration rate under toxic metal administration. 6th International Symposium on Structure and Function of roots, September 2-6, 2003. Stará Lesná, Slovakia. Programme and Book of Abstracts. Poster no. 43, s. 80.

- Masarovičova, E., Králová, K. & Streško. 2003. Effect of metal ions on some medicinal plants. *Chemia I Inzynieria Ekologiczna* 10: 275-279.
- Mathe, I. 1979. A kamomilla (*Matricaria chamomilla* L.) Magyarorszag kulturfloraja 45. VI.kötet, 18.fuzet. Akademia kiado, Budapest. 79 s.
- McLaughlin, M.J., Parker, D.R., Clarke, J.M. 1999. Metals and micronutrients –food safety issues. *Field Crops Research* 60:143-163.
- Mikula, W. & Indeka, L. 1997. Heavy metals in allotment gardens close to an oil refinery in Plock. *Water, Air, and Soil Pollution* 96:61-71.
- Mirowski, J., Wiechula, D., Kwapiński, J., Rochel, R., Loska, K. & Ciba, J. 1995. The occurrence of Pb, Cd, Cu, Mn, Ni, Co and Cr in selected species of medicinal plants in Poland. *Bromatologia I Chemia Toksykologiczna* 28:369-375.
- Moilanen, T. 2001:Kainuulaisen mäkikuisman viljely ja jalostus. Loppuraportti 7539. MTT, Kainuun tutkimusasema. 24 s.
- Mäkelä-Kurto, R., Louekari, K., Nummivuori, S., Sippola, J., Kaasalainen, M., Kuusisto, E., Virtanen, V., Salminen, R., Tarvainen, T. & Malm, J. 2003. Kadmium Suomen peltoekosysteemeissä: pitoisuuksia, taseita ja riskejä. *Maa- ja elintarviketalous* 27. MTT: Jokioinen. 51 s.
- Mäkelä-Kurto, R., Sippola, J. 2002. Monitoring of Finnish arable land: changes in soil quality between 1987 and 1998. *Agricultural and Food Science in Finland* 11:273-284.
- Mäntylähti, V. 2002. Laatumaa – luokittelurajat käyttöön. Mikkeli. Viljavuuspalvelu Oy. Viitattu 15.3.2004. Saatavissa internetistä: <http://www.viljavuuspalvelu.fi/article1.htm>
- Nemeth, E. & Bernath, J. 2001. Arznei- und Gewürzpflanzen in Ungarn. *Zeitschrift für Arznei- & Gewürzpflanzen* 6(3): 101-108.
- Niemi, E. & Hallikainen, A. 1996. Elintarvikkeena käytettävien siementen syaniinivety- ja kadmiumpitoisuudet. *Elintarvikeviraston julkaisu* 3/1996. Helsinki: Elintarvikevirasto. 6 s.
- Oulun yliopisto 1995. POHERIKA (Pohjoisen Erikoiskasvit) 1996-1999. Hankesuunnitelma. Oulun yliopisto, Kajaanin kehittämiskeskus. Moniste, 24 s.
- Pank, F. 1998. Der Arznei- und Gewürzpflanzenmarkt in der EU. *Zeitschrift für Arznei- & Gewürzpflanzen* 3:77-81.
- Perämäki, P. & Kokkonen P. & Karjalainen M. 1995. Kainuussa luonnosta kerättävien ja viljeltyjen kaupallisten yrttituotteiden raskasmetallipitoisuuksien (Ni, Cd ja Pb) taso. Oulun yliopisto, Kajaanin kehittämiskeskus. Moniste. 3s.
- Peters, H. 1989. Untersuchungen zur Blei- und Cadmiumbelastung von Arzneipflanzen und deren Pharmazeutischen Zubereitungen. Inaugural-Disertaion zur Erlangung der Doktorwürde des Fachbereichs Pharmazie der Freien Universität Berlin. 215 s.

- Pimenova, M. E., Fedorova, A. I. & Belousova, M. Y. 1998. Natural resources of *Patrinia intermedia* (Hornem.) Roem. et Schult. in the Altai region and levels of heavy metals in its roots. *Rastitel'nye Resursy* 34: 18-27.
- Plescher A, Pohl, H, Vetter, A. & Förtsch, A. 1995. Übergang von Schwermetallen aus dem Boden in Arznei- und Gewürzpflanzen. *Herba Germanica* 3: 116-125.
- Plescher, A. 1997. Verfahrenstechnische Entwicklungen zum Anbau von Kamille (*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert). *Zeitschrift für Arznei und Gewürzpflanzen* 2: 193-201.
- Poikolainen, J., Kubin, E., Piispanen, J. & Karhu, J. 2004. Atmospheric heavy metal deposition in Finland during 1985-2000 using mosses as bioindicators. *The Science in of the Total Environment* 318:171-185.
- Popov, A. I. & Shpan'ko, D. N. 1998. The influence of soil on the formation of elemental composition of the medicinal raw material of *Vaccinium myrtillus* L. *Rastitel'nye Resursy* 34: 35-44.
- Radanovic, D., Antic, M. S., Jakovljevic, M., Bernath, J., Zamborine, N. E., Craker, L. & Kock, O. 2002. Influence of some soil characteristics on heavy metal content in *Hypericum perforatum* L. and *Achillea millefolium* L. Proceedings of the international conference on medicinal and aromatic plants, possibilities and limitations of medicinal and aromatic plant production in the 21st Century, Budapest, Hungary, 8 11 July, 2001 *Acta Horticulturae* 576. 295-301
- Radanovic, D., Antic, M. S., Jakovljevic, M. & Maksimovic, S. 2001. Content of Pb, Ni, Cr, Cd and Co in peppermint (*Mentha piperita* L.) cultivated on different soil types from Serbia. *Rostlinna Vyroba* 47: 111-116.
- Reimann, C., Koller, F., Kashulina, G., Niskavaara, H. & Englmaier, P. 2001. Influence of extreme pollution on the inorganic chemical composition of some plants. *Environmental Pollution* 115:239-252.
- Roitto, M., Galambosi, B., Lindstedt, L. 2004. Heavy metal concentrations of herbs in South-Savo province, Finland during 2002-2003. In: Actual problems of creation of new medicinal preparations of natural origin : the 8th international congress phytopharm 2004 Mikkeli, Finland June 21-23, 2004 : proceedings of congress. St.-Petersburg: VVM.co.. p. 318-321.
- Röhricht, C., Manicke, S. & Grunert, M. 1997. The cultivation of (*Chamomilla recutita* [L.] Rauschert) in Saxony. *Zeitschrift für Arznei und Gewürzpflanzen* 2: 135-146.
- Salminen, R., Chekushin, V., Tenhola, M., Bogatyrev, I., Glavatskikh, S. P., Fedotova, E., Gregorauskiene, V., Kashulina, G., Niskavaara, H., Polischuok, A., Rissanen, K, Selenok, L., Tomilina, O. & Zhdanova, L. 2004. Geochemical atlas of the eastern Barents region. *Journal of Geochemical Exploration*. 83: 1-530.
- Schilcher, H. 1978. Influence of herbicides and some heavy metals on growth of *Matricaria chamomila* L. and the biosynthesis of essential oils. *Acta Horticulturae* 73: 339-341.

- Schilcher, H. 1982. Rückstände und Vereinigungen bei Drogen und Drogenzubereitungen. 19. Mitteilung: Zur Wertbestimmung und Qualitätsprüfung von Drogen. *Planta Medica* 44:65-77.
- Schilcher, H. 1994. Zur Frage der Schadstoffe in Arznei- und Gewürzpflanzen sowie deren Zubereitungen -Übersicht und aktuelle rechtliche Bewertung von Rückständen. *Herba Germanica* 2: 11-18.
- Schilcher, H. & Peters, H. 1990. Empfehlungen von Richtlinien- und Grenzwerten für den maximalen Blei- und Cadmium-Gehalt von Arzneidrogen und daraus hergestellter pharmazeutischer Zubereitungen. *Pharmazeutische Industrie* 52: 916-921.
- Schneider, M. & Marquard, R. 1995. Untersuchungen zur Schwermetallaufnahme von *Hypericum perforatum* L. mit besonderer Berücksichtigung der Cadmiumakkumulation. *Herba Germanica* 3: 104-105.
- Schneider, M. & Marquard, R. 1996a. Investigations on the uptake of cadmium in *Hypericum perforatum* L. (St. John's wort). *Acta Horticulturae* 426:435-441.
- Schneider, M. & Marquard, R. 1996b. Uptake and accumulation of cadmium and other heavy metals in *Hypericum perforatum* L. and *Linum usitatissimum* L. *Zeitschrift für Arznei and Gewürzpflanzen* 1: 111-116.
- Schneider, M., Marquard, R., Kuhlmann, H. & Pank, F. 1996. Cadmium accumulation of *Fagopyrum esculentum* and *Linum usitatissimum* grown on different soils in pot and field areas. Proceedings Quedlinburg, Germany. 30 June-4 July, 1996. Beiträge zur Zuchtungs-forschung Bundesanstalt für Zuchtungs-forschung an Kulturpflanzen 2: s. 385-388.
- Schneider, E., Pank, F., Koball, G., Foltys de Garcia, E., Dehe, M., & Blüthner, W. 2002. Einfluss von Genotyp und Umwelt auf die Cadmiumaufnahme des Johanniskrautes (*Hypericum perforatum* L.). *Zeitschrift für Arznei and Gewürzpflanzen* 7:329-335.
- Scora, R. W. & Chang, A. C. 1997. Essential oil quality and heavy metal concentrations of peppermint grown on a municipal sludge-amended soil. *Journal of Environmental Quality* 26: 975-979.
- Sillanpää, M. & Jansson, H. 1992. Status of cadmium, lead, cobalt and selenium in soils and plants of thirty countries. *FAO Soils Bulletin* 65. 195 s.
- Sołtyk, K. & Fijałek, Z. 2000: Conductively-coupled plasma mass spectrometric (ICP-MS) and graphite-furnace atomic absorption spectrometric (GF-AAS) determinations of arsenic, cadmium and lead impurities in medicinal herbal raw materials. *Chemia Analytyczna* 45: 879-886.
- Sovljanski, R., Lazic, S, Kisgeci, J., Obradovic', S. & Macko, V. 1989. Heavy metal contents in medicinal and spice plants treated with pesticide during the vegetation. *Acta Horticulturae* 249:51-60.
- Sovljanski, R., Lazic, S., Macko, V. & Obradovic, S. 1992. Heavy metal content in medicinal and spice plants cultivated in Yugoslavia. *Acta Horticulturae* 306:155-160.

- Svičeková, M. & Havránek, E. 1995. Determination of heavy metals in samples of plant drugs by differential pulse polarography. *Pharmazie* 50: 302-
- Szentmihályi, K. & Then, M. 2000. Teas of *Equiseti herba*, *Myrtilli folium* and *Salviae folium*. *Acta Alimentaria Budapest* 29: 43-49.
- Szentmihályi, K., Then, M., Pernecky, S., Sandor, Z., Lakatos, B. & Vinkler, P. 1998. Phytochemical examination of oils obtained from the fruit of mille thistle (*Sylibum marianum* L. Gaertner) by supercritical fluid extraction. *Zeitschrift für Naturforschung C: Journal of Biosciences* 53 c:779-784.
- Tack, F. M. & Verloo, M. G. 1996. Metal contents in stinging nettle (*Urtica dioica* L.) as affected by soil characteristics. *Science of the Total Environment* 192: 31-39.
- Tahvonen, R. 1995. Contents of lead and cadmium in foods in Finland. Academic Dissertation. Department of Biochemistry and Food Chemistry. University of Turku. 115 s.
- Tamminen, P. 1998. Maaperätekiijät. Teoksessa: Mälkönen, E. (toim.). Ympäristömuutos ja metsien kunto – Metsien terveydentilan tutkimusohjelman loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 691.s. 64-82.
- Weglarz, Z. & Karaczun, W. 1996. Influence of plantation age and date of harvesting of herb on yield and chemical composition of the nettle (*Urtica dioica* L.). *Herba Polonica* 42: 88-95.
- Vender, C. 2001. Survey on size and characteristics of medicinal and aromatic plants production in Italy (data 1999). ISAFSA Comunicazioni di ricerca 2001/3. 72 s.
- Wilhelm, M., Wittsiepe, J., Schrey, P., Budde, U. & Idel, H. 2002. Dietary intake of cadmium by children and adults from Germany using duplicate portion sampling. *The Science of the Total Environment* 285:11-19.
- World Health Organization 1998. Quality control methods for medicinal plant materials. Geneva. Viitattu 15.3.2004. Saatavissa internetistä: <http://www.who.int/medicines/library/trm/medicinalplants/qualcontrolmethods.shtml>
- Zheljazkov, V. & Fair, P. 1996. Study of the effect of highly heavy metal polluted soils on metal uptake and distribution in plants from genera *Artemisia*, *Dracoccephalum*, *Inula*, *Ruta*, and *Symphytum*. *Acta Horticulturae* 426: 397-417.
- Zheljazkov, V. & Jekov, D. 1996. Heavy metal content in some essential oils and plant extracts. *Acta Horticulturae* 426: 427-433.
- Zheljazkov, V. D., Jeliakova, E. A., Craker, L. E., Yankov, B., Georgieva, T., Kolev, T., Kovatcheva, N., Stanev, S., Margina, A., Caffini, N., Bernath, J., Craker, L., Jatisatiennr, A. & Giberti, G. 1999. Heavy metal uptake by mint. Proceedings of the Second World Congress on Medicinal and Aromatic Plants, WOCMAP 2 sustainable use, conservation and ethnobotany, Mendoza, Argentina, 10-15 November, 1997. *Acta-Horticulturae* 500: 111-117.

- Zheljazkov, V. D. & Nielsen, N. E. 1996a. Effect of heavy metals on peppermint and cornmint. *Plant and Soil* 178: 59-66.
- Zheljazkov, V. & Nielsen, N. E. 1996b. Studies on the effect of heavy metals (Cd, Pb, Cu, Mn, Zn and Fe) upon the growth, productivity and quality of lavender (*Lavandula angustifolia* L. production. *Journal of Essential Oil Research* 8: 259-272.
- Zheljazkov, V. D., Nielsen, N. E., Craker, L. E., Nolan, L. & Shetty, K. 1996. Growing clary sage (*Salvia sclarea* L.) in heavy metal-polluted areas. *Acta Horticulturae* 426: 309-328..
- Zheljazkov, V. & Nikolov, S. 1996. Accumulation of Cd, Pb, Cu, Mn, and Zn by *Silybum marianum* L. grown on polluted soils. *Acta Horticulturae* 426: 297-308.
- Zheljazkov, V., Zheljazkova, E. & Pank, F. 1996. Uptake and distribution of Cd, Mn, Cu and Fe in three cultivars from *Salvia sclarea* L. grown on polluted soils. Proceedings Quedlinburg, Germany. 30 June-4 July, 1996. *Beitrage zur Zuchtungsforshung - Bundesanstalt fur Zuchtungsforshung an Kulturpflanzen* 2: 210-213.

Maa- ja elintarviketalous –sarjan ympäristöteemassa ilmestyneitä julkaisuja

2005

66 Lyijy ja kadmium rohdos- ja yrttikasveissa. Kirjallisuuskatsaus. *Roitto, M. & Galambosi, B.* 98 s. Hinta 20 euroa.

65 Recept ur marknadsförarens kokbok: ingredienser och tillredningsanvisningar för en inbjudande lägerskola. Miljölägerskola Eco Learn. *Miemois, A.* 53 s. (webbpublikation: www.mtt.fi/met/pdf/met65.pdf)

2004

63 Maan laadun arviointi tiloilla – kirjallisuuskatsaus. *Kukkonen, S. ym.* 86 s. Hinta 20 euroa

59 Maatalouden ympäristötuen seuranta MYTVAS 2. Osahankkeiden 2-7 väliraportit 2000-2003. *Turtola, E. & Lemola, R. (toim.).* 175 s. Hinta 25 euroa.

47 Suuret pihatot – eläinten hyvinvointi, lypsyn työnmenekki, työolot ja ympäristönhoito. *Uusi-Kämpä, J. & Rissanen, P. (toim.).* 184 s. Hinta 25 euroa

2003

38 Valuma-alueen ja vesistön välisen vuorovaikutuksen arviointi. *Nyholm, A-M. ym.* 75 s. Hinta 20 euroa.

27 Kadmium Suomen peltoekosysteemeissä: pitoisuuksia, taseita ja riskejä. *Mäkelä-Kurtti, R.* 51 s. Hinta 20 euroa.

35 Emmental Sinileima –juuston tuotantoketjun ympäristövaikutukset ja parannusmahdollisuudet. *Voutilainen, P. ym.* 91 s. Hinta 20 euroa.

34 Kesäpöytä Juustokermaperunoiden ja Pirkka-perunajauhon ympäristövaikutukset. *Voutilainen, P. ym.* 54 s. Hinta 20 euroa.

33 Elovena-kaurahiutaleiden ympäristövaikutukset. *Katajajuuri, J-M. ym.* 47 s. Hinta 15 euroa.

Julkaisuviitteet löytyvät sarjojen internetsivuilta www.mtt.fi/julkaisut/sarjathaku.html.

