

Tõnu Püssa

TOIDU KEEMILISED OHUD



Euroopa Maaelu Arengu
Põllumajandusfond:
Euroopa investeringud
maapiirkondadesse

Regionaal- ja põllumajandusministeeriumi ning
Põllumajanduse Registre ja Informatsiooni Ameti (PRIA)
tellimisel koostanud Eesti Maaülikooli Veterinaarse biomeditsiini ja
toiduhügieeni õppetool.
Kõik autoriõigused on kaitstud.

Teadussuure pikaajaline programm toiduohutuse valdkonnas
viiakse läbi "Eesti maaelu arengukava 2014-2020" raames ning seda
rahastatakse Euroopa Maaelu Arengu Põllumajandusfondist (EAFRD).

Tõnu Püssa

Toidu keemilised ohud – toidu saasteained

Sihtrühm: toidu (väike)käitlejad

Eesmärk: Käitlejate teadlikkuse tõstmine toidu keemilistest ohtudest, nendega seotud õigusaktidest ja juhendmaterjalidest, ning ohtude vältimisest toidukäitlemisettevõttes, kajastamisest enesekontrolliplaanis (HACCP), saasteainete ohjamisest ettevõtte enesekontrollisüsteemis.

ISBN 978-9949-698-37-0 – täiendatud versioon, 2025

Sisukord

1. Üldisemate lühendite seletus	4
2. Sissejuhatus. Risk ja oht. Toiduohutuse mõiste, teda määravad tegurid, toiduohutuse nõuete rikkumise põhjused	5
3. Toiduohutust käsitlevad õigusaktid ja juhendmaterjalid. Piirnormid, häiretasemed ja soovituslikud sisaldused	6
4. Toidu keemiliste ohtude ohjamine ettevõtte enesekontrolliplaanis (HACCP). Ennetavad abinõud, kohased ohje meetmed. Ohuanalüüsi ja ohje meetmete regulaarne ülevaatus. Saasteainete ohje protseduuride auditeerimine, proovide võtmine ja analüüs	7
5. Probleemsed saasteained toidutootmises, nende esinemise sagedus ja põhjused Eestis, nendega seotud ohud, riskid ja riskivähendusmeetmed	9
5.1. Mükotoksiinid	9
5.1.1. Alfatoksiinid	10
5.1.2. Ohratoksiin A	10
5.1.3. Zearaleoon	11
5.1.4. Trihhotetseenid	11
5.1.5. Fumonisiinid	11
5.1.6. Ergotalkaloidid	11
5.1.7. Patuliin	12
5.2. Looduslikud taimetoksiinid	12
5.2.1. Pürrolisidiinalkaloidid	12
5.2.2. Glükoalkaloidid solaniin ja sakoniin kartulites ja kartulitoodetes.	13
5.2.3. Oopiumalkaloidid	14
5.2.4. Tropaanalkaloidid (TA)	14
5.2.6. Fütohemaglutiniin (PHA)	15
5.3. Metallid: elavhõbe, plii, kaadmium, arseen, nikkel	15
5.3.1. Elavhõbe	15
5.3.2. Plii	16
5.3.3. Kaadmium	16
5.3.4. Arseen	17
5.3.5. Nikkel	18
5.4. Biogeensed amiinid kalades ja fermenteeritud toodetes	19
5.5. Dioksiinid ja dioksiinilaadsed polükloorbifenüülid (DL-PCB) kalades	20
5.6. Polütsükliilised aromaatsed süsivesinikud (PAH) suitsutatud toodetes	21
5.7. Akrüülamiid teravilja- ja kartulitoodetes ning kohvis	22

5.8. Taimekaitsevahendite jäägid vees, puu- ja köögiviljades ning mees ja vees.....	23
5.9. Veterinaarravimite jäägid loomset päritolu toidus	25
5.10. Nitraadid köögiviljades	26
5.11. Polüküllastamata rasvhapete oksüdatsiooni (räasumise) produktid	26
5.14. Klorometüülpropaandioolid ja derivaadid	27
5.16. Perfluoroalküülühendid ja leegiaeglustid	28
5.16.1 Perfluoroalküülühendid	28
5.16.2 Leegiaeglustid.....	29
6. Tekstis viidatud teabeallikad täiendavaks lugemiseks.....	30

1. Üldisemate lühendite seletus

ADI – *acceptable daily intake*; vastuvõetav/talutav ööpäevane kogus. Toidus sisalduv toimeaine kogus, mille tarbimisel iga päev terve inimese eluea jooksul ei esine terviseriski (ühik: mg / kehamassi kg). Mõistet kasutatakse üldjuhul lisaainete korral aga ka pestitsiidide ja veterinaarravimite jääkide korral.

ARfD – *acute reference dose*; akuutne standarddoos. Toimeaine ohutu doos ühel toidukorral või ühe ööpäeva jooksul kõige haavatavama inimrühma jaoks, väljendatakse kehamassi kg kohta.

EFSA – *European Food Safety Authority*; Euroopa Toiduohutusamet. Teadusliku riskihindamise asutus Euroopa Liidu toidu- ja söödaohutuse, toitumise, loomatervise ja loomakaitse ning taimetervise ja taimekaitse valdkonnas.

EK – Euroopa Komisjon

HACCP – *Hazard Analysis and Critical Control Points*; Ohuanalüüs ja kriitilised kontrollpunktid

IARC – *International Agency for Research on Cancer*; Rahvusvaheline vähiuuringute agentuur

MRL – *maximum residue level*; toimeaine jäägi maksimaalne lubatud sisaldus tootes.

JECFA – *Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives* – FAO/WHO toidu lisaainete ühine ekspertkomisjon, tegeleb lisaainete, veterinaarravimite jääkide, saasteainete ja looduslike mürkide riski hindamisega toidus.

TDI – *tolerable daily intake*; lubatav ööpäevane kogus - mittetoitainelise aine hinnanguline kogus toidus või joogivees, mida kasutatakse toidu saasteainete korral (välja arvatud pestitsiidid ja veterinaarravimite jäägid) ja mida võib tarbida igapäevaselt kogu eluea vältel, ilma organismi kahjustamata; väljendatakse kehamassi kilogrammi kohta.

UN FAO – *United Nations Food and Agriculture Organisation*; ÜRO Toidu ja Põllumajanduse Organisatsioon

WHO – *World Health Organization*; Maailma Tervishoiuorganisatsioon.

2. Sissejuhatus. Risk ja oht. Toiduohutuse mõiste, teda määravad tegurid, toiduohutuse nõuete rikkumise põhjused

Toit koosneb väga paljudest erinevatest, enamikus kasulikest ja ohututest ainetest. Samas võib toit sisaldada ka inimesele kahjulikke aineid, mis võivad olla looduslikud, aga võivad ka tekkida toidu valmistamise käigus ohutute ainete omavahelisel reageerimisel või nende lagunemisel. Toit peab olema ohutu, ta ei tohi põhjustada mingeid terviserikkeid. Et see oleks tõesti nii, tuleb heade põllumajandus-, kalandus- ja tootmistavade järgimise ja kontrolliga hoida kahjulike ainete sisaldus toidus võimalikult madalal.

Toiduhügieen – see on meetmed ja tingimused ohtude ohjamiseks ning toidu kõlblikkuse tagamiseks inimtarbimiseks. Toiduhügieeni nõuete eiramise tagajärjel võib toit näiteks rikneda ning saastuda ohtlike võõrainete ja kahjurite elutegevusjälgedega, saastunud toidu kaudu võivad levida haigused. Toidu ohutuse eest vastutab toidu käitleja.

Heast tootmishügieenist tõuseb mitmekülgne tulu: toidu säilivusaeg pikeneb, töötajad on rahul, sest on tagatud head töötingimused ja üldine õhkkond, aitab tootmist paremini organiseerida, tegevus on seadusega kooskõlas, ettevõtte on hea maine, tarbija on rahul ning pikas plaanis on tagatud majanduslik kasum.

Toiduhügieeni taseme määravad järgmised tegurid:

1. Põhitoiduaine ja lisatavad ained – põllult või farmist või merest tarbijani (lõpptooteni).
2. Ruumid, seadmed, vahendid - hoone ja ruumide planeering, niiskus ja temperatuur - seadmete, vahendite valik - hooldus, puhastamine, desinfitseerimine, kahjurite kontroll.
3. Inimesed - personali hügieen ja tervislik seisund, töösse suhtumine, tööriietus, koolitus.

Hügieeninõuete rikkumise põhilised põhjused on nende mittetundmine või mitteküllaldane tähelepanu hügieeninõuetele. Nõuete rikkumise vältimiseks tuleb:

- õppida hügieeninõudeid tundma,
- tuletada neid perioodiliselt meelde,
- neid ka pidevalt järgida.

Võimalikud ohud toidus jagatakse: 1. füüsikalisteks (võõrkehade), 2. keemilisteks (saasteained) ja 3. bioloogilisteks (kahjurid ja muud haigustekitajad).

Toit võib saastuda igas käitlemise etapis alates toorme kasvatamisest kuni valmistoote tarbimiseni. Toidu saasteaineid võib jagada:

- aineteks, mis sisalduvad juba konkreetse käitlejani jõudnud toidutoormes, nagu keskkonnast pärit saasteained (raskmetallid, pestitsiidide jäägid, polüklooritud bifenüülid), taimse või loomse päritoluga kahjulikud ained [1],
- toidu käitlemisel ja säilitamisel tekkida (lisanduda) võivad ained nagu näiteks akrüülamiid või PAH-id, ka ained, mis igale neist omastel madalatel sisaldustel on ohutud, aga

kõrgematel võivad põhjustada haigestumisi (näiteks toiduga kokkupuutuvatest materjalidest toitu eralduvad ained) [2].

3. Toiduohutust käsitlevad õigusaktid ja juhendmaterjalid. Piirnormid, häiretasemed ja soovituslikud sisaldused

Toidu käitlemisel tuleb arvestada rea õigusaktide ja juhenditega:

1. **Toiduseadus (25.02.1999)**. Seadus sätestab toidu käitlemise alused, käitleja enesekontrolli ning riikliku järelevalve toidu ohutuse ja muudele nõuetele vastavuse tagamiseks [3].
2. **Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus (EL) 2017/625** ametlike kontrollide kohta, mida tehakse sööda- ja toidualaste õigusnormide ning loomatervishoidu ja loomade heaolu käsitlevate eeskirjade täitmise kontrollimise tagamiseks [4].
3. **Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus (EÜ) nr 852/2004** toiduainete hügieeni kohta. Selle järgi lasub esmane vastutus toidu ohutuse eest toidukäitlejal [5].
4. Lisaks ühisele alusele on teatavate toiduainete nagu näiteks loomset päritolu toiduainete jaoks hügieeni erieeskirjad, mis kehtestati **Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrusega (EÜ) nr 853/2004**, [6].
5. **Komisjoni määrus (EL) 2023/915**, mis asendab varem kehtinud määrust (EÜ) nr 1881/2006, ja millega sätestatakse teatavate saasteainete piirnormid toiduainetes. [7].
6. **Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus (EÜ) nr 396/2005** pestitsiidide jääkide piirnormide kohta toidus ja söödas [8].
7. **Komisjoni määrus (EL) nr 37/2010**, mis käsitleb farmakoloogilisi toimeaineid ja nende liigitust loomsetes toiduainetes sisalduvate jääkide piirnormide järgi [9].
8. **Komisjoni määrus (EÜ) nr 124/2009**, millega sätestatakse piirnormid koktsidiostaatikumide ja histomonostaatikumide esinemisele toidus [10].
9. **Codex Alimentarius (C. A.)** on rahvusvaheline ühtsete toidustandardite programm, mille eesmärk on panustada toidu ohutuse ja kvaliteedi ning õiglase rahvusvahelise toidu ja põllumajandussaaduste kaubanduse tagamisele. C. A. standardid katavad toidu märgistamist, hügieeni, lisa- ja saasteaineid, üldiseid toiduohutuse põhimõtteid ja paljusid muid teemasid [11].

Piirnorm on õigusaktiga sätestatud aine maksimaalne sisaldus toidus. Piirnormid on saavutatavad heade põllumajandus-, kalandus- ja tootmistavade järgimisel ning toidu tarbimisega seotud riske arvestades. Saasteainete puhul, mida loetakse genotoksilisteks kantserogeenideks, ning juhtudel, mil elanikkonna või riskigruppi kuuluvate elanikkonnarühmade toidukaudne kokkupuude saasteainetega on lubatava koguse lähedane või ületab seda, tuleb kehtestada nii madalad piirnormid, kui on mõistlikkuse piires võimalik (ALARA). Sellise lähenemisega tagatakse, et toidukäitlejad võtavad tarvitusele võimalikult palju meetmeid saastumise vältimiseks ja vähendamiseks, eesmärgiga kaitsta rahva tervist. Lisaks sellele on riskigruppi kuuluvate

elanikkonnarühmade – eeskätt imikute ja väikelaste tervise kaitseks asjakohane kehtestada saasteainetele madalamad piirnormid, mis on saavutatavad vastavate toitude tootmiseks kasutatavate toorainete range valiku teel. Rahvatervise kaitse tagamiseks ei tohi piirnormist kõrgema saasteainesisaldusega tooteid turule viia ei olemasoleval kujul, ega ka segatuna teiste toiduainetega või teiste toiduainete koostisosana [7].

Pestitsiidide ja veterinaarravimite jääkidele on EK sätestanud **piirnormid** (*MRL – maximum residue limit*). MRL (mg/kg) on kõrgeim toimeainete jääkide sisaldus, mis on seaduslikult lubatud toidus juhul kui pestitsiidide või ravimite kasutamine vastab Heade Põllumajandustavade põhimõtetele. Koktsidiostaatikumid ja histomonostaatikumid on ained, mis on ette nähtud algloomade hävitamiseks või nende kasvu pärssimiseks ning mida võib Euroopa Parlamendi ja nõukogu 22. septembri 2003. aasta määruse (EÜ) nr 1831/2003 kohaselt muu hulgas lubada kasutada söödalisanditena [12]. Söödalisandina kasutamise lubades on toodud loomaliik, kellele asjaomased söödalisandid on mõeldud ja vajadusel sätestatud täiendavad tingimused ja piirangud ning piirnormid erinevates loomsetes toiduainetes [10]. MRL-id pestitsiidide toimeainete jääkidele leiab EL pestitsiidide andmebaasist [13] ning veterinaarravimite farmakoloogilistele toimeainetele komisjoni määrusest (EL) nr 37/2010 [9].

Häiretase (*action level*) on saasteaine määratletud sisaldus, mille ületamist peetakse piisavaks uurimise algatamiseks, et teha kindlaks aine saasteallikas ja rakendada meetmeid saaste vähendamiseks või kõrvaldamiseks [14].

Soovituslik sisaldus (*guideline level – GL*) on Codex Alimentarius’ e Komitee (CAC) poolt soovitatud aine piirsisaldus toidu- või söödakaubas, mis läheb rahvusvahelisse kaubandusse. Juhul kui GL on ületatud, peavad valitsused otsustama, kas ja millistel tingimustel võib kaupa jaotada nende jurisdiktsiooni all oleval territooriumil. Väärtus on seega suuniseks partii nõuetekohasuse hindamisel [15].

4. Toidu keemiliste ohtude ohjamine ettevõtte enesekontrolliplaanis (HACCP). Ennetavad abinõud, kohased ohje meetmed. Ohuanalüüsi ja ohje meetmete regulaarne ülevaatus. Saasteainete ohje protseduuride auditeerimine, proovide võtmine ja analüüs

Toidu käitlemise alustamisel peab käitleja esitama pädevale asutusele majandustegevusteate või taotlema tegevusluba. Samuti HACCP põhimõtetel rajanev enesekontrolliplaan, mille koostamisel on kindlasti abiks allikas [16]. Lisaks leiab sektorispetsiifilisi abimaterjale järgmistest allikatest nagu Hea hügieenitava juhendid: „Pagarikoda, Puu- ja köögiviljatöötleja,”

Piimatöötleva ning Abiks väikekäitlejale: „Piim ja piima töötlemine, Liha töötlemine, Tera- ja kaunviljade ning õlikultuuride töötlemine“.

Käitleja enesekontrolli teostamise kohustus on sätestatud toiduseaduse §-is 34. Käitleja vastutab nii enda valmistatava toidu kui ka selle käitlemise nõuetekohasuse eest ning on kohustatud kasutama kõiki võimalusi nõuetekohasuse tagamiseks.

Toiduseadusest tulenevate nõuete täitmiseks tuleb käitlejal rakendada konkreetseid meetmeid näiteks puhastamise ja desinfitseerimise, kahjuritõrje, toorme ja valmistoodangu laboratoorse kontrolli osas. Rakendatavad abinõud tuleb vormistada kirjalikult ja need moodustavadki enesekontrollisüsteemi ehk plaani. Käitleja peab määrama kindlaks toidu ohutuse seisukohalt olulised käitlemisetapid, sealhulgas **kriitilised kontrollpunktid**, kontrollima neid ja registreerima kontrolli tulemused Euroopa Parlamendi ja nõukogu määruse (EÜ) nr 852/2004 toiduainete hügieeni kohta artikli 5 ning Euroopa Parlamendi ja nõukogu määruse (EÜ) nr 853/2004, millega sätestatakse loomset päritolu toidu hügieeni erireeglid nõuete kohaselt.

Euroopa Parlamendi ja nõukogu määruse (EÜ) nr 852/2004 artikli 5 kohaselt käitlejad kehtestavad, rakendavad ja haldavad HACCP – ohuanalüüsi ja kriitiliste kontrollpunktide põhimõtetel – rajanevaid meetmeid ja menetlusi nendes tootmise, töötlemise ja turustamise etappides pärast esmatootmist ja sellega seonduvaid tegevusi.

HACCP rajaneb järgneval seitsmel põhimõttel [17].

- ohtude, mida tuleb vältida, kõrvaldada või vähendada vastuvõetavale tasemele, väljaselgitamine;
- **kriitiliste kontrollpunktide** kindlakstegemine etapis või etappides, mille kontrollimine on oluline ohtude vältimiseks, kõrvaldamiseks või vastuvõetavale tasemele vähendamiseks;
- **kriitilistes kontrollpunktides kriitiliste piiride kehtestamine**, mis eraldavad vastuvõetava ja mittevastuvõetava taseme väljaselgitatud ohtude vältimiseks, kõrvaldamiseks või vastuvõetava tasemeni vähendamiseks;
- **tõhusate seiretoimingute** väljatöötamine ja rakendamine kriitilistes kontrollpunktides;
- **korrigeerivate tegevuste kavandamine** juhaks, kui seire tulemusel selgub, et kriitilised kontrollpunktid ei ole kontrolli all ;
- **toimingute kehtestamine**, mida teostatakse regulaarselt punktides 1 kuni 5 esitatud meetmete tõhususe kontrollimiseks;
- käitlemisettevõtte suurusele ja liigile vastavate dokumentide ja andmete loomine, mis tõendavad punktides 1 kuni 6 esitatud meetmete rakendamise tõhusust.

Käitleja vastutab oma ettevõttes toidu käitlemise hügieeninõuete täitmise eest, esitab järelevalveasutusele viimase nõudel asjakohased ja ajakohastatud dokumendid enesekontrollisüsteemi rakendamise ja toimimise kohta ning säilitab neid dokumente vajaliku aja jooksul.

5. Probleemsed saasteained toidutootmises, nende esinemise sagedus ja põhjused Eestis, nendega seotud ohud, riskid ja riskivähendusmeetmed

5.1. Mükotoksiinid

Mükotoksiinid on hallitusseente ainevahetussaadused, mis söödas ja toidus piisavalt suures koguses sisaldudes võivad kahjustada nii loomade kui ka inimeste organismi [18]. Teada on üle 250 erineva mükotoksiini, mida soodsates tingimustes toodavad umbes 120 erinevat hallitusseent. Hinnanguliselt on 25% maailma taimsest toidust saastatud mükotoksiinidega ning teatud haigused on põhjustatud just selliste toitude söömisest [19]. Uuemad andmed näitavad, et ka ruumiõhu saastumine toksiine tootvate seentega omab just mükotoksiinide kaudu palju suuremat tähtsust krooniliste haiguste tekkes kui seni arvati.

Toiduohutuse seisukohalt tähtsamad mükotoksiinid pärinevad põhiliselt perekondade *Aspergillus* (aflatoksiinid, ohratoksiinid, sterigmatotsüstiin), *Penicillium* (tsitriniin, patuliin, tsitreoviridiin, ohratoksiin A (OTA)) ja *Fusarium* (zearalenoon e. F-2 toksiin, fumonisiinid, trihhotetseenid, dioksünivalenool (DON e vomitoksiin, nivalenool) liikide seentest.

Kokkuleppeliselt jagatakse mükotoksiine tootvad mikroseened „põllu“ ehk taimpatogeenideks ja „säilitamise“ (riknemise) patogeenideks. Esimesed kasvavad ja toodavad toksiine edukalt juba põllul viljaterade küpsemise ajal ja võivad jätkata kasvamist pärast viljakoristust, teised hakkavad vohama alles vilja koristusjärgsel säilitamisel. *Claviceps*, *Fusarium* ja *Alternaria* kuuluvad klassikaliselt esimesse, *Aspergillus* ja *Penicillium* teise rühma. Keskkonna piisavalt kõrge niiskusesisaldus ja temperatuur on seente kasvu ja toksiinide tootmise seisukohalt tähtsaimad parameetrid. Kõige erinevamad mükotoksiinide esilekutsutud kahjulikud toimed organismile on kokkuleppeliselt ühendatud mõistes „mükotoksikoos“.

Olulisemad mükotoksiinid Eestis. Kuna *Aspergillus*'e perekonna liigid eelistavad kuumi niiskeid piirkondi, siis võivad nad Eestisse jõuda vaid lõuna poolt pärit taimse materjaliga. Eestis on olulisemad hallitusseente *Fusarium*, aga ka *Penicillium* toksiinid. *Fusarium* spp toksiinid tekivad peamiselt koristuseelselt, *Penicillium*'i toksiinid aga pigem sööda koristusjärgse säilitamise ajal silohoidlates. Söötades sisalduvate mükotoksiinide mõju võib ulatuda söömuse langusest isutuseni, kuid võib kaasa tuua ka neuroloogilised, östrogeensed, hepatotoksilised ja immuunotoksilised nähud erinevatel koduloomadel. *Fusarium*'i toksiinidest on Eestis enamlevinud A- ja B-trihhotetseenid, DON, fumonisiinid, zearalenoon (ZEA), *Penicillium*'i toksiinidest OTA [20]. Toidutaimede saastumise vältimiseks mikroseentega ja nende toodetud mükotoksiinidega on välja töötatud rida meetmeid [21].

Paljudel juhtudel leidub samas taimses materjalis mitut erinevat mükotoksiini, mis võivad üksteise toimet nõrgendada (antagonistid), aga toime võib ka summeeruda või koguni võimenduda. Viimasel juhul on ülioluline tagada ebasoodsad tingimused hallitussente arenguks taimedel.

Kuidas saab vähendada toidu mükotoksiinidega saastumise ohtu? Hallitusseened ei kasva korralikult kuivatatud ja säilitatud teraviljadel, seega on põhjalik kuivatamine veesisalduseni 12–14% ja kuivalt säilitamine siin esmaseks tingimuseks. Seened kasvavad aga hästi näiteks viljateradel, mida on enne ja pärast kuivatamist vigastatud ja millel on seetõttu alanenud vastupanuvõime hallitussente sissetungile ja seega ka mükotoksiinide tekkele. Taimset materjali, millel on kalduvus saastuda ohtlike mükotoksiinide tootvate hallitussentega tuleb pärast koristamist säilitada võimalikult lühikest aega madalal temperatuuril ja kuivalt ning sellele ei tohi ligi pääseda putukad. Näiteks saab vähendada maa- ja muude pähklite ja kuivatatud puuviljade aflatoksiinisaldust sorteerimise ja teiste füüsiliste töötlemismeetoditega [22].

Olulisemad on järgmised mükotoksiinid:

5.1.1. Aflatoksiinid

Aflatoksiine (AF) toodavad suhteliselt kõrgetel temperatuuridel (optimaalne vahemik 25–42°C) ja niiskuse tasemetel (suhteline niiskus 80–85%) hallitusseene perekonna *Aspergillus* erinevad liigid. AF-id võivad sisalduda paljudes toiduainetes, aga enim saastuvad pähklid (eriti maapähkel), teraviljad, puuviljad ja kakaoaad. Neli põhilist AF-i on B₁, B₂, G₁ ja G₂, neist aflatoksiin B₁ (AFB₁) on üks kõige tugevamaid teadaolevaid kantserogeenseid aineid. Tema ainevahetusproduktiks on mäletsejatel aflatoksiin M₁ (AFM₁), mida esineb saastunud sööta söönud loomadelt saadud piimas ja piimatoodetes. Aflatoksiinid mõjuvad negatiivselt ennekõike maksale, kuid ka sapiteedele, veresoontele, närvisüsteemile, kopsudele, seedeelunditele, neerudele ja ajule, võivad tingida kaalukaotust ja suurendada organismi vastuvõtlikkust erinevatele haigustele. AFB₁ on vähki tekitava toimega nii inimesel kui ka teistel imetajatel, ka kaladel ja lindudel. Lisaks on AF-idel näidatud seost ka teratogeneesi ehk embrüokahjustuste tekitamisega [23].

5.1.2. Ohratoksiin A

Ohratoksiini A (OTA) toodavad perekondade *Penicillium* ja *Aspergillus* seened. OTA-t leidub üle kogu maailma mitmesugustes taimekasvatussaadustes – teraviljades, kohvi- ja kakaoubades, lüditud kaunviljades, kuivatatud puuviljades, maapähklis, viinamarjamahlas, veinides, õlles ning maitseainetes. OTA satub toiduga organismi peamiselt teraviljasaaduste kaudu aga ka rosinatega, mis on oluliseks OTA organismi sattumise allikaks neid rohkesti tarbivatel inimestel, eriti lastel. OTA on ka teratogeen ja kantserogeen.

5.1.3. Zearaleoon

Zearalenoon (ZEN, ka F2-toksiin) on mikroseentest *Fusarium* pärit hormoonsüsteemi häirijad, mis saastavad eeskätt maisi, aga ka nisu, otra, kaera, maniokki, sojat, sorgot, banaane jt vilju, teda on leitud ka õllest. ZEN-i teket teraviljadel soodustavad pikaajased külmumistemperatuurilähedased keskkonnatemperatuurid ning kõikumised madala ja keskmise temperatuuri vahel. Kantserogeensus inimesele pole tõestatud. ZEN-iga kaasnevad muud mükotoksiinid pole üldjuhul hormoonsüsteemi häirijad.

5.1.4. Trihhotetseenid

Trihhotetseene nagu vomitoksiin (DON-*deoxynivalenol*) või T-2 ja HT-2 toksiidid (viimane on T-2 ainevahetussaadus) toodavad põhiliselt *Fusarium*'i liigid eeskätt kaeral. Mürgistuse tulemusteks on luuüdi ja tüümuse täielik kõhetumine ehk atroofia, teatud tüüpi valgeliblede vähesus ehk agranulotsütoos, neelupõletik, sepsis, verejooksud. T-2 toksiin võib põhjustada ka loote surma ja aborte ning väärarenguid. EFSA on leidnud, et toksiinide T-2 ja HT-2 ülekandumine söödast loomset päritolu toitu on vähene [24]. Nivalenooli toodab *F. nivale* nisu, odra, riisi jt teraviljade ning söödataimede õitsevates viljapeades. Juhiseid T-2 ja HT-2 vähendamiseks teraviljades ja teraviljatoodetes annab EK vastav soovitus [24].

5.1.5. Fumonisiinid

Fumonisiine toodavad mikroseene *Fusarium* erinevad liigid ning neid leidub peamiselt maisis ja maisitoodetes, aga ka sorgol, erinevatel aedubadel, nisul, odral, sojaoal, mustal teel ja ravimtaimedel. Tuntuimad on kolm – B₁, B₂ ja B₃. B₁ moodustab ligikaudu 70% fumonisiinide koguhulgast saastatud toidus või söödas. Fumonisiinidega seostatakse näiteks söögitoruvähi kõrget sagedust Lõuna-Aafrika Vabariigi Transkei piirkonnas ja endeemset maksavähki mõnel pool Hiinas. Edasikandumine loomssesse toitu on tühine.

5.1.6 Ergotalkaloidid

Ergotalkaloidid on ained, mida toodavad mitmed *Hypocreales*'e ja *Eurotiales*'e seltsi kuuluvad seeneliigid ning millest tuntumad kuuluvad perekonda *Claviceps* (nt *Claviceps purpurea*, harilik tungaltera, Eestis levinuim). Nakatuvad peamiselt kõrrelised taimed nagu rukis, nisu, riis, mais, oder, hirss ja kaer. Nakatunud viljapeas tekivad umbes 3–4 nädala jooksul terade asemele mustjad sirbikujulised, tervetest teradest eristuvad ergotalkaloide sisaldavad tungalterad. Toimeaineteks on

alkaloidid ergotoksiin, ergotamiin, jt. Sõltuvalt erinevate ergotalkaloidide suhtest toidus areneb sööjal kas gangreenne või konvulsiivne, kesknärvisüsteemi mürgistuse vorm. Esimest iseloomustavad punane higivilliklööve ja külmatunne jäsemetes ning pundunud, põletikulised, nekrootilised ja gangreenised jäsemetipud, mis ära kukuvad. Põhjuseks veresoonte kitsenemine, mille tulemusena verevarustus perifeeriasse katkeb. Konvulsiivse ergotismi korral ilmnevad peavalu, hallutsinatsioonid, kangeistus, tugevad krampid ja surm. Ergotalkaloidide ülekannetungalteradega saastunud teravilja söönud lehmade piima on madal, lihasse nad ei kandu [32].

Tänu teadmiste kasvule ja arengutele põllumajanduses ning vilja jahvatustehnoloogiates ei ole viimastel aastakümnetel raskeid toidutekkelisi ergotismipuhanguid maailmas esinenud. Vilja sorteerimine, puhastamine ja jahvatamine eemaldab suurema osa võimalikest tungalteradest ning edasise kuumtöötlemisega (nt. küpsetamisega) on võimalik alkaloidide sisaldust veelgi vähendada [32].

5.1.7. Patuliin

Patuliin on genotoksiline aine, mis ei lagune pastöriseerimisel või termilisel denaturatsioonil. Fermenteerimine siiski mõnevõrra vähendab tema sisaldust viljades. Patuliini toodavad eriti *Penicillium* (rohehallitus), *Aspergillus*, ja *Byssoschlamus*. Kõige sagedamini leidub patuliini mädanevates õuntes ja õunatoodetes, harvemini teistes puuviljades ning tera- ja köögiviljades. Patuliini tekkeks sobiv temperatuurivahemik on 0–24 °C ning minimaalne vee aktiivsus (a_w) 0,99. Patuliini sisaldus on heaks õunte kvaliteedi ja ohutuse mõõduks. Peamiselt võivad patuliini negatiivsed mõjud avalduda seede-, närvi- ja immuunsüsteemis.

Patuliini teket saab vähendada õunte pesemisega, mädanenud või vigastatud õunte vältimisega küpsetamisel, konserveerimisel ja mahla valmistamisel. Üksikasjaliku ülevaate patuliini vältimise ja vähendamise meetoditest leiab Maaeluministeeriumi koostatud voldikust [25].

5.2. Looduslikud taimetoksiinid

Paljud toidutaimed sisaldavad neis endis tekkinud mürgiseid ainevahetussaadusi ehk metaboliite, põhiliselt alkaloide.

5.2.1. Pürrolisidiinalkaloidid

Pürrolisidiinalkaloidide (PA), mida leidub rohkem kui 6000 eri liigi taimedes, mürgisus on tingitud nendest imetajate organismides tekkivate ainevahetussaaduste toimest. Mürgistuse tulemuseks võivad olla mitmesugused kopsude, maksa ja seedeelundite tõsised häired, mis on põhjustanud lastel isegi surmajuhtumeid. PA-sid seostatakse ka vähkkasvajate ja sünnidefektide tekitamisega.

Maitsetaimed ja taimeteed võivad saastuda PA-dega kas vastavatel põldudel küllaltki sageli esineva punktsaastumise või koos maitse- või ravimtaimedega korjatud alkaloidide sisaldavate umbrohtude kaudu. PA-de sisaldus mõningates taimedes võib olla väga kõrge, näiteks ristirohu ja heliotroobi taimedes vahemikus 1–13 g /kg kohta. Juba väike hulk selliseid taimi annab saagis detekteeritavad hulgad, nii näiteks võivad kuus taime, milles alkaloidide sisaldus 1,3 g/kg kohta, anda 60 000 piparmündi taime hulgas kuivatatud droogis PA-de sisalduseks 0,13 mg/kg kohta [26].

Kõige efektiivsem tee PA-taimede kontrolliks on järgida põllumajanduslike, mehaaniliste ja keemiliste meetodite kompleksi (integreeritud umbrohutõrje). Söötade saastumise vähendamiseks PA-dega tuleb teha õigeaegset umbrohutõrjet. Pürrolisidiinalkaloidide sisalduse vähendamiseks leiab juhiseid allikast [27].

Sellistes taimedes nagu ristirohud, jaapani katkujuur, paiseleht, harilik varemerohi, laiguline kobarpea sisalduvad erinevad pürrolisidiinalkaloidid on ohtlikud produktiivloomade endi maksale. Tänu PA-de kiirele muundumisele ja olematule ladestumisele loomade organismis on nende liha saastumine siiski võimalik vaid juhul kui loom tapetakse kohe pärast vastavate taimede suurte koguste söömist.

Täiskasvanutele on PA-sid sisaldavate taimede õietolmu tarbimine riskivaba; PA-sid sisaldavate tee, taimeteede ja mee korral on risk madal, hoopis riskantsem võib olla aga nii PA-sid kui ka paljusid teisi kontsentreeritud taimseid aineid sisaldavate toidulisandite tarbimine [27].

5.2.2. Glükoalkaloidid solaniin ja sakoniin kartulites ja kartulitoodetes.

Glükoalkaloide (GA) nagu α -solaniin, α -sakoniin või tomatiin leidub perekonna maavitsad (*Solanum*) taimedes – kartulis, baklažaanis ja tomatil. Enim on GA-de seotud probleeme tekitanud kartul. Kui tavaliselt on mugulates glükoalkaloide 20–100 mg/kg kohta, siis kartulite idanemisel, seismisel valguse käes, mehaaniliste vigastuste või seenhaiguste toimel võib GA-de sisaldus tõusta kuni 5000 mg/kg kohta. Suhteliselt kõrge on GA-de sisaldus kauem säilivatel talvesortidel. Enamuses on GA-d mugula pindkihis, seega koorimisel nende sisaldus kartulis väheneb. Solaniini+sakoniini toksiline doos on 2–5 mg/kg kehakaalu kohta, letaalne doos 3–6 mg/kg, Sakoniin on mürgisem, mõlemad GA-d on ka teratogeensed. Mürgistuse sümptomid nagu peavalu, oksendamine, kõhulahtisus, närvisüsteemi häired ja koguni surm ilmnevad GA-de summaarsetel sisaldustel üle 200 mg/kg mugulate kohta. Viimane on ka solaniini piirnormiks kartulites mõningates EL liikmesriikides, EL üleselt kohaldatakse soovitusliku künnisena solaniini ja sakoniini summat 100 mg/kg mugulate kohta. GA piirnorme kartulile ei ole kehtestatud [28].

Kartulimugulate küpsetamine, keetmine või mikrolaineahjus töötlemine glükoalkaloide ei lagunda. Nende tekke pidurdamiseks tuleb mugulaid säilitada pimedas. Tomati korral on mürgine kogu taim – varred, lehed ja toored (rohelised) viljad. Küpsemisel alkaloidide tomatiini ja dehüdrotomatiini sisaldused viljades oluliselt vähenevad ja küpsed punased tomatid on ohutud (EMÜ Toiduhügieeni ja ohutuse üksuse analüüsi andmed).

5.2.3. Oopiumalkaloidid

Oopiumalkaloidid ehk opiaadid sisalduvad mooni ehk unimaguna (*Papaver somniferum* L.) kõigis osades välja arvatud seemned. Moonitaim sisaldab kokku üle 20 narkootilise toimega opiaadi, millest tuntuimad on morfiin ja kodeiin. Mooniseemned, mida kasutatakse kondiitritoodetes ja magustoitudes ning toiduõli saamiseks võivad saastuda opiaatidega näiteks putukakahjustuste tõttu või saagikoristuse käigus. Opiaatide sisaldus moonis sõltub taime sordist, aga ka muudest teguritest nagu näiteks kliima, mullastik, koristusaeg jne.

EK soovitus 2014/662/EU [29] on öeldud, et opioidide sisalduse vähendamiseks või vältimiseks seemnetes ja neid sisaldavates toodetes tuleks rakendada taimede kasvatamise, koristamise ja säilitamise ning töötlemise käigus häid tootmistavasid, eeltötlusi ja töötlemismeetodeid. Seemnete pesemine ja leotamine, kuumutamine temperatuuril vähemalt 135 °C, eelistatavalt üle 200 °C, madalamad temperatuurid (nt 100 °C) kombineerituna niisutamise ja pesemisega ning samuti jahvatamine ja eri töötlemismeetodite kombineerimisega võivad opiaatide sisaldust vähendada kuni 90 % ning eeltötluse ja kuumtötluse kombineerimisel isegi kuni 100%. Morfiini sisaldus alaneb oluliselt seemnete jahvatamisel, kuid ei jätku toote edasisel säilitamisel. Samas on andmeid, et seemnete optimaalne töötlemisskeem, mis koosneb nende pesemisest sooja veega temperatuuril 60°C, kuivatamisest ja jahvatamisest vähendab morfiini sisaldust umbes 70% võrra, sealjuures parandades ka toote organoleptilist kvaliteeti [30].

5.2.4. Tropaanalkaloidid (TA)

Tropaanalkaloidid (TA) on metaboliidid, mis esinevad mitmesse sugukonda, sealhulgas ristõieliste, maavitsaliste ja punapuuliste hulka kuuluvates taimedes. Praeguseks on kindlaks tehtud üle 200 TA, millest on kõige rohkem uuritud (–)-hüostüamiini ja (–)-skopolamiini. Enimtuntud on atropiin, mis koosneb (–)-hüostüamiinist ja (+)-hüostüamiinist, millest üksnes esimesel on antikolinergiline toime.

Tropaanalkaloidide esinemine ogaõuna (*Datura*) perekonna taimedes on hästi teada. Harilik ogaõun on laialt levinud nii parasvöötmes kui ka troopikas, mistõttu on tema seemneid leitud linaseemnete, sojaubade, sorgo, hirsi, päevalillseemnete ja tatra hulgas ning nendest valmistatud toodetes. Sorteerimise ja puhastamisega ei ole ogaõuna seemneid teiste taimede seemnetest lihtne eemaldada. TA-dega võivad olla saastunud ka mitmed taimepõhised toidulisandid ning taimeteed. Toidu saastumise põhjuseks on tropaanalkaloide sisaldava taime või taimeosa sattumine toiduvilja, mida saab ennetada umbrohutõrjega [31].

Mesi ei pruugi olla ohutu, kui nektar on korjatud belladonna õitelt, milles sisaldub atropiini, skopolamiini ja hüostüamiini, mis võivad esile kutsuda deliiriumi ja hallutsinatsioonid, ka samu alkaloidide sisaldava Mehhiko, Ungari või Poola päritolu ogaõuna taimedelt. Inimtoiduna tuleks vältida ka Ungari koerapöörirohu mett ning kanarbikuliste sugukonna taimede kalmia ja

rododendroni mett, milles leidub graianotoksiini ja arbutiini. Eesti taimedest sisaldavad graianotoksiini rododendroni perekonda kuuluv sookail ja lood-angervars. Viimane neist on küll Eestis üliharuldane.

5.2.6. Fütohemaglutiniin (PHA)

PHA on taimne lektiinide rühma kuuluv valk, mida leidub mitmes toores kaunviljas, eriti suurtes kogustes aga erinevates aedubades (*Phaseolus vulgaris*), vähemal määral ka põldubades (*Vicia faba*). Aedoa eri sordid võivad oluliselt erineda PHA sisalduselt. PHA on võimeline kokku kleepima (aglutineerima) erinevaid vererakke, tal on ka muid kahjulikke toimeid. Mürgistuseks pole sageli vaja rohkem kui viit uba, sümptomid kuni ohtra oksendamise ja kõhulahtisuseni ilmnevad kolme tunni jooksul. Taastumine on tavaliselt kiire, 3–4 tunni jooksul pärast sümptomite tekkimist.

Mürgistuse oht PHA-ga väheneb kui kaunvilju keeta vähemalt 30 minutit 100 °C juures. Ebapiisav termiline töötlemine, näiteks aeglane kuumutamine 80 °C juures võib ohtu isegi suurendada, tõstes ubade hemaglutinineerimisvõimet kuni viis korda (põhjuseks PHA molekuli osaline denatureerumine) [33].

5.3. Metallid: elavhõbe, plii, kaadmium, arseen, nikkel

5.3.1. Elavhõbe

Elavhõbe (Hg) on looduslikult esinev metalliline element, mille hulk on keskkonnas viimasel ajal kasvanud seoses heitvete ning fossiilsete kütuste põletamise suurenemisega. Eesti ja teiste põhjamaade vetesse jõuab palju elavhõbedat soojematelt aladelt atmosfääri kaudu [34]. Veekogu põhja mikroorganismid muudavad suhteliselt vähemürgise anorgaanilise elavhõbeda oksiidi Hg₂O orgaaniliseks hästiimenduvaks metüülelavhõbedaks, mis toiduahelat pidi liigub röövkaladesse. Metüülelavhõbe on erakordselt tugev kesknärvisüsteemi mürk, kuid ta võib kahjustada ka neerusid ning põhjustada ärrituvust, depressiooni ja mäluhäireid. Kõige rohkem saabki inimene elavhõbedat toiduga, eelkõige kaladega, milles on üle 90 protsendi elavhõbedast mürgisema metüülelavhõbeda vormis. Muus toidus sisalduv elavhõbe on teisejärgulise tähtsusega. WHO on määranud lubatavaks ööpäevaseks koguseks TDI 2 µg/kg ning EFSA oma 2012. aasta arvamuses anorgaanilise elavhõbeda lubatavaks nädalakoguseks TWI 4 µg/kg kehakaalu kohta ning metüülelavhõbedale 1,3 µg/kg kehakaalu kohta.

Ookeanikaladest sisaldavad kõige rohkem elavhõbedat kuningmakrell, marliin, mõõkkala, tuunikala [35]. Mitmed uuringud on näidanud, et elavhõbeda keskmine sisaldus Läänemere kalades on kehtestatud piirnormist palju madalam [36] ning Läänemere kalade korral ei tohiks elavhõbeda probleeme olla. Peipsi kalade elavhõbedasisaldus on küll mõnevõrra kõrgem, kuid siiski mitte

piirnormi ületav. Küll aga on elavhõbeda sisaldus kõrge Skandinaavia vähetoiteliste järvede kalades, näiteks haugis. Üldreeglina sisaldavad vanemad ja suuremad sama liigi kalad rohkem elavhõbedat kui nooremad ja väiksemad, sest esimesed on jõudnud rohkem metüülelavhõbedat oma elu jooksul veest akumulierida. Nii nagu dioksiinide ja PCB-ide korral on ka elavhõbeda puhul soovitatav suuremaid kalu töötajatel vältida, see soovitus kehtib eriti loetletud ookeanikalade korral [37].

5.3.2. Plii

Veel üsna hiljuti sattus peaaegu kogu plii (Pb) keskkonda inimtegevuse tulemusena, millest pool pärines bensiinist. Enamust sellest pliist võib endiselt leida mõnekümne meetrise intensiivse liiklusega tee äärses ribas olevast mullast. See kogus siiski tasapisi väheneb. Suure lehepinnaga taimed nagu spinat või kapsas, mis on kasvatatud selles ribas või mujal plii emissiooni piirkonnas võivad praegugi sisaldada kõrgendatud pliikoguseid. Seega tuleks vältida toidutaimede kasvatamist selles ribas. Ligikaudu pool organismi jõudnud pliist tuleb toidust, millest omakorda pool pärineb kõrge plii sisaldusega taimedest. Plii on omastatav ka veest ja õhust. Kuigi toidus võib plii sisaldus olla kõrgem kui õhus, on imendumine kopsude kaudu efektiivsem. Plii soolade ja metallilise plii imendumine suust on aeglane ja mittetäielik. 97% imendunud pliist transporditakse valgukompleksina punalibledesse, kus tema poolestusaeg on 2–3 nädalat. Tunduvalt mürgisem on rasvlahustuv orgaaniline plii. Nii läbib bensiini põlemisel tetraetüüpliiist tekkiv trietüüplii kergesti nahka ning jõuab ajusse, mis on plii esimeseks märklauaks, eriti väikelastel. Osa pliist jaotub di- või trifosfaadina ajast ümber maksa ja neerudesse ning edasi sappi ning luudesse. Luuüdis olev plii surub alla hematopoeesi ehk vererakkude tekke. Plii läbib platsenta ja akumulieerub lootes, tulemuseks loote närvisüsteemi hilinenud areng, iseeneslik abort või enneaegne sünnitus. Madalatel sisaldustel veres eritub plii organismist aktiivsel transpordil sapi, kõrgetel sisaldustel uriini kaudu.

Pliiga saastumise erijuhtum on uluk, kes on tapetud pliikuulide või –haavlitega. Plii kogused võivad sellise looma lihases, eriti kuuli sisenemise piirkonnas olla ohtlikult kõrged. Selline liha on toiduks kõlbmatu. Suures ohus on ka linnud, kes on alla neelanud märgist möödaläinud pliikuule või -haavleid [38].

5.3.3. Kaadmium

Kaadmium (Cd) on raskmetall, mida leidub keskkonnas nii looduslikult kui ka inimtegevuse tulemusena. Kaadmium satub atmosfääri peamiselt sulatusahjudest ja teda sisaldavate toodete (plastmassid, värvained, kumm, patareid) tootmisel või põletamisel. Kaadmiumi saaste allikateks on ka mineraalvæetised ja fungitsiidid ning reoveesetted. Kaadmiumi lenduvus sõltub tema vormist (näiteks kaadmiumkloriid lendub hästi, oksiid aga mitte). Kaadmium on klassifitseeritud inimese jaoks kantserogeenseks aineks. Toit on mitesuitsetavatele inimestele peamine kokkupuute allikas. Inimestel on kaadmiumi imendumine söödud toidus suhteliselt madal (3–5%), kuid kaadmium

akumuleerub neerudes ja maksas ning selle bioloogiline poolestusaeg on väga pikk, 10–30 aastat. Kaadmium võib põhjustada neerufunktsiooni häireid ja luude demineraliseerumist. Samuti seostatakse kaadmiumi toidukaudset saadavust vähiriski suurenemisega, näiteks kopsu-, endomeetriumi-, põie- ja rinnavähi puhul. [39]. Erinevalt plii (Pb^{2+}) ja elavhõbeda (Hg^{2+}) ioonidest absorbeerivad kaadmiumi (Cd^{2+}) ioone nende kõrge liikuvuse ja biosaadavuse tõttu mullas edukalt taimed. Kaadmiumisisaldused taime eri osades ei ole ühesugused – üldjuhul on sisaldused kõrgemad lehtedes, eeskätt vanemates lehtedes. Kultuuride võrdluses koguneb kõige rohkem kaadmiumi lehtkõögiviljadesse (salat, spinat jms); juurkõögiviljad (porgand, redis, sibul, kartul jms) on keskmise sisaldusega ning teraviljades (nisu, kaer, oder jms) ja puuviljades on sisaldused madalaimad [41]. Kaadmium akumuleerub hästi ka seentes [42]. Määrusega (EL) 2023/915 on kehtestatud kaadmiumi piirnormid toidus [7].

Kaadmiumi sisalduse vähendamiseks toidus on välja pakutud rida meetmeid nagu näiteks [40]:

- Taime kaadmiumi omastamise vähendamiseks fosfaatväetistega rikastatud mullast võib kasutada tsinki sisaldavaid väetisi. Kuna kaadmium ja tsink konkureerivad taimede poolt omastamise pärast, võib tsinkväetiste lisamine aidata vähendada kaadmiumi akumuleerumist. Ka räniväetised võivad mõjutada mulla pH-d ja sellega kaadmiumi biosaadavust.
- Kaadmiumi vähendamiseks toidutootmise ahelas peab hoiduma võimalikest kaadmiumi saaste allikatest nagu galvaniseeritud ja kaadmiumiga kaetud toiduvalmistamise vahendid, kaadmiumi sisaldavate stabilisaatoritega plastikud ja kaadmiumipõhised keraamikaglasuurid.

Meetmeid kaadmiumi sisalduse vähendamiseks taimekasvatuses leiab ka Regionaal- ja põllumajandusministeeriumi koostatud materjalist Kaadmiumist toidus taimekasvatussaaduste tootjale

5.3.4. Arseen

Arseen (As) on **metalloid ehk poolmetall**, mille vajalikkust inimese organismile pole seni tõestatud, on aga teada, et tema ühendid on väikestes kogustes vajalikud rottidele, kitsedele ja ka noortele lindudele. Soovituslikud sisaldused lindude söödas kasvu soodustamiseks on vahemikus 0,012 kuni 0,05 mg/kg sööda kohta [43]. Selline arseeni ühendite kasutamine vajab siiski veel põhjalikku uurimist. Looduses on arseen laialt levinud, olles näiteks seotud tsiingi, vase ja plii maakidega. Lihtainena ei ole arseen mürgine, orgaanilises vormis (metüül- ja teised alküülarseenid) arseen on vähetoksiline, ning väljub organismi sattunult kiiresti neerude kaudu. Anorgaanilises vormis arseen (oksiidid) aga akumuleerub luudes, nahas ja lihastes pooleluajaga 2–40 päeva ning on seetõttu oluliselt mürgisem kui orgaaniline arseen. Arseeni on seostatud paljude vähivormide (nt kopsu-, naha-, maksa-, põie- ja neeruvähi) aga ka närvisüsteemi, südame-veresoonkonna, ülemiste hingamisteede, maksa, naha, soolestiku ning vereloomesüsteemi haiguste tekkega. Kuna arseeni mürgistusel pole enamikest teistest mürgistustest eristavaid sümptomeid, on

sesta raske diagnoosida. Inimesele on kõige olulisemaks arseeni allikaks toit – kala, liha ja teraviljad ja teatud kohtades ka joogivesi. WHO standardi järgi on arseeni lubatud kõrgeim doos joogivees 10 µg/L.

Arseen on võimeline umbes 10 korda efektiivsemalt kui teistes taimedes akumuleeruma riisitaimedes, kuhu ta on jõudnud riisipõllu ülejutamiseks umbrohutõrje eesmärgil kasutatud kõrge arseenisisaldusega veest. Erinevad riisisordid akumulēerivad arseeni erinevas koguses, erinevused võivad olla ka piirkonniti/põlluti/aastati. Arseeni sisaldus on kõrgem töötlemata pruunis riisis, millest on vaid kest eemaldatud, edasisel kroovimisel arseeni sisaldus väheneb. *in vitro* seedetrakti simulaatori abil on näidatud, et arseeni biosaadavus keedetud riisist on üsna kõrge – 37–58%. On tehtud ka katsetusi, kuidas eemaldada arseeni riisist keetmisega nii et riisi toiteväärtus samal ajal oluliselt ei langeks [44].

5.3.5. Nikkel

Nikkel (Ni) on maakoos levinud metalliline keemiline element, mida leidub kogu biosfääris. See võib sattuda toitu nii looduslikest kui ka inimestekkelistest allikatest. EFSA [45] on oma teaduslikus arvamuses jõudnud järeldusele, et niklil võib olla nii krooniline kui ka akuutne mõju. Nurisünnituse kui kriitilise kroonilise mõju alusel kehtestas EFSA TDI väärtuseks 13 µg kehamassi kg kohta. Kriitiline akuutne mõju on niklitundlikel inimestel ekseemipuhangud nahal, mis puudutab ligikaudu 15 % elanikkonnast. Akuutse mõju puhul on vähim täheldatavat kahjulikku toimet avaldab kogus 4,3 µg niklit kehamassi kg kohta. Keskmisi kõrgemaid sisaldusi on leitud sojaubadest, sojajahust, kastanitest, kašupähklitest ja eritoitudest. Nikli ühekordne suukaudne annus 67 µg võib põhjustada nikli suhtes tundlikel inimestel ACD (kroonilise põletikulise haiguse aneemia) kordumist, ekseemi ägenemist või süsteemset dermatiiti.

Samuti võib nikli manustamine põhjustada prolaktiini sekretsiooni alanemist ajuripatsist (hüpofüüs) ning insuliini sekretsiooni alanemist pankreasest. Loomkatsed on näidanud ka nikli mürgist toimet neerudele ja maksale, immuunotoksilisust ning teratogeensust (mürgisust järglastele). Sissehingamisel võib nikkel põhjustada ninaõõne- ja kopsuvähki. Ülevaate nikli mürgisusest saab allikast [46] ning veelgi täielikuma ülevaate allikast [47].

Nikli piirnormid erinevatele toidugruppidele kohalduvad 1. juulist 2025. a. [7]. Nikli sisaldus toidus sõltub ennekõike selle metalli sisaldusest mullas, milles toidutaimed on kasvanud [84]. Vajalikud on regulaarsed nikli sisalduse määramised toodetes.

5.4. Biogeensed amiinid kalades ja fermenteeritud toodetes

Ohtlikeks aineteks on siin eelkõige histamiin, aga ka türamiin, kadaveriin, putrestsiin jt, mis tekivad toidu säilitamisel, konserveerimisel jne. Esimesed kaks on kõige mürgisemad, seega toiduohutuse seisukohalt kõige olulisemad.

Histamiin on imetajate normaalsesse füsioloogiasse kuuluv aine, mida leidub näiteks tüvirakkudes, ta tekib aminohape histidiinist. Analoogiliselt tekivad vastavatest aminohapetest ka teised biogeensed amiinid. Kadaveriin ja putrestsiin on tähtsaimad diamiinid ehk riknemise indikaatorid, seda nii kala kui ka liha korral.

Histamiin põhjustab kõrgematel doosidel perifeersetes veresoontes haiguslikku laienemist, mille tulemusena tekkivad nõgestõbi, alavererõhk, õhetus ja peavalu. Tema indutseeritud soole silelihase kokkutõmme põhjustab kõhukrampe ja –lahtisust ning oksendamist.

Biogeensete amiinide mürgistusega võib olla tegemist eriti kala, aga ka fermenteeritud (hapendatud) toitude nagu juustu või veini korral. Histamiinimürgistus võib tekkida näiteks riknenud või bakteritega saastunud kala söömisel, kusjuures kalal võib sageli olla värske kala välimus ja lõhn. Juustudest on kõige rohkem probleeme olnud šveitsi juustuga.

Mürgistus areneb kiiresti – silmapilkselt kuni poole tunni jooksul, kestab tavaliselt 3 tundi, ka kuni mitu ööpäeva. Algul pakitsus või põletustunne suus, ohatis ülakehal ning vererõhu langus. Lõpuks iiveldus, oksendamine ning kõhulahtisus. Diagnoos pannakse oletatud sümptomite ning antihistamiinse ravi edukuse põhjal ning seda kinnitab kahtlustavas toidus mõne tunni jooksul määratud kõrgendatud histamiinisaldus (vähemalt 200 mg/kg kohta).

Ohtlikuimad on eelkõige tuunikala, makrell, makrellhaug, vähemal määral ka sardiinid, anšoovis ja heeringas (kokku umbes 70 liiki). Kõigi nende kalade lihastes on suhteliselt kõrge vaba histidiini sisaldus, 1 ja 15 mg/kg kohta vastavalt heeringas ja tuunikalas. Teised kalad sisaldavad värskena alla 1 mg/kg vaba histidiini. Histidiinirikastes kalades algab histamiini süntees kohe pärast surma bakterite toimel, mis toimub veel enne kui surmajärgsed protsessid vabastavad valkudest lisahistidiini. Mõningate püügitehnikate korral sureb kala veel enne veest välja tõmbamist. Seetõttu võibki histamiini sisaldus kalades tõusta väga kõrgele ilma riknemisele iseloomuliku lõhna tekketa. Histidiini jt amiinidega on tegemist ka fermenteeritud liha- ning piimatoodetes. Histamiini leidub palju pika valmimisajaga juustudes ja punases veinis. Kirjanduse andmetel ei tekitanud tervetel inimestel 50 mg histidiini toidukorra kohta mingeid negatiivseid toimeid, tundlikutel inimestel aga oli probleeme juba ülimaldala doosidega, mida suudeti avastada üksnes kõrgefektiivse kromatograafiaga, mida kasutatakse laialdaselt toidutoorme kontrolliks.

NB! Ükski toiduvalmistamise meetod, kaasa arvatud külmutamine, suitsutamine ega konserveerimine ei lagunda juba tekkinud amiine, aitab vaid nende tekke takistamine.

Selleks on vajalik hügieeninõuete täitmine amiine tekitavate mikroorganismide minimeerimiseks toormaterjalis, täiendav mikrobioloogiline kontroll ja teisalt histamiini mittetekitavate starterkultuuride kasutamine fermenteeritud vorstide valmistamisel.

5.5. Dioksiinid ja dioksiinilaadsed polükloorbifenüülid (DL-PCB) kalades

Dioksiinid on rühm keskkonnas väga püsivaid orgaanilisi aineid (kokku 75 polüklooritud dibenso-p-dioksiini (PCDD) analoogi ja 135 polüklooritud dibensofuraani (PCDF) analoogi. **PCB-d** (209-st analoogist koosnev rühm) on täielikult inimtekkelised ained [48], mida kasutati varem sünteetiliste polümeeride plastifikaatoritena, värvides, hüdraulilistes pressides, elektritransformaatorites. PCB-del on kõrge termiline ja keemiline vastupidavus vees, hapetes ja leelistes. Kuigi nende tootmine on praktiliselt lõpetatud, leidub PCB-sid siiski tänu tööstuslikele leketele ja jääkidele mitmel pool keskkonnas (muld, õhk ja vesi) ning sealt lähtuvalt ka toidus (munad, ulukiliha, kalad, piim jne). PCB-del on tänu lahustuvusele rasvkoos tugev kontsentreerumisvõime piki toiduahelat. Kuumtöötlemine vähendab mõnevõrra PCB-de sisaldust kalades ja ka muus toidus. Poolestusaeg organismides on umbes 10 aastat. 12 analoogi on oma toksikoloogilistelt omadustelt lähedased dioksiinidele ja neid nimetatakse seetõttu dioksiinilaadseteks PCB ühendeiks (DL-PCB).

Dioksiinid moodustuvad peaaegu kõigi tööstuslike protsesside tulemusena, milles osalevad kloori sisaldavad orgaanilised ained, näiteks jäätmete põletamisel, paberitööstuses kloorvalgendamisel, PVC plastmasside tootmisel või keemiatööstuses. Dioksiinide sadestumine õhust toidu- ja söödataimedele tähendab paratamatult nende jõudmist nii loomade kui ka inimesteni.

Igal dioksiini või dioksiinilaadse PCB analoogil on erinev toksilisuse tase. Nende eri analoogide summaarse toksilisuse leidmiseks ning riskianalüüsi ja kontrolli võimaldamiseks on välja töötatud toksilisuse ekvivalentfaktori (TEF) mõiste. See tähendab, et analüüsi tulemused kõigi dioksiini analoogide ja dioksiinilaadsete PCB analoogide jaoks väljendatakse ühe määratava ühiku, TCDD (2,3,7,8-tetraklorodibensodioksiin) toksilisuse ekvivalentkontsentratsiooni (TEQ) alusel. Kõige toksilisema analoogi 2,3,7,8-TCDD-sisaldus proovides võrdsustatakse ühega ning teiste analoogide sisaldused korrutatakse vastava WHO-TEF koefitsendiga ja saadakse toksilisuse ekvivalendid väärtused. Nende summeerimisel saadakse toksilisuse näitaja. Dioksiinide kõrge sisaldus toidus võib põhjustada maksa, kesknärvisüsteemi ja immuunsüsteemi kahjustusi ning mõningatel juhtudel ka vähkkasvajaid.

Läänemere kalad sisaldavad mitu korda rohkem PCB-sid ja dioksiine kui näiteks Põhja-Atlandi kalad. Eestis läbiviidud uuringute tulemuste põhjal võib väita, et dioksiinide ja dioksiinilaadsete PCB-de sisaldused sõltuvad oluliselt kala vanusest ja suurusest. Räime korral võivad piirnorme ületada eeskätt suuremad kalad pikkusega sõltuvalt püügipiirkonnast 17–22 cm; kilude korral 12,5 cm. Meie vetes elava räime suhteliselt madalam dioksiinisaldus on ilmselt seletatav asjaoluga, et meie räim on väiksem ja väherasvasem kui liigikaaslased Soome ja Rootsi vetes. Välistamiseks kõrge dioksiinide ja PCB-de sisaldusega kala jõudmist toidulauale, tuleb kõik nimetatud piirsuursi ületavad kalad pakutava kauba hulga sorteerida. Lisaks kilule ja räimele võivad piirnorme ületada ka lõhe, meriforell ja jõesilm [49, 50].

5.6. Polütsüklilised aromaatsed süsivesinikud (PAH) suitsutatud toodetes

PAH-id on arvukas rühm kahest või enamast kondenseeritud aromaatses süsivesiniktsüklist koosnevast ühendist, mida leidub nii õhus, vees, pinnases kui ka toidus. Nad moodustuvad põhiliselt orgaaniliste ainete nagu puit mittetäielikul põlemisel toimuval pürolüüsil, nende peamisteks allikateks keskkonnas on tööstuslikud protsessid, liiklus ja kütuste põletamine. Toit võib saastuda PAH-idega liha või kala suitsutamisel või grillimisel lahtistel sütel, juustu suitsutamisel, teraviljade otsesel kuivatamisel põlemisgaasidega, ka atmosfäärisadestuse kaudu tööstuspiirkondade aedades. On veel rida muid teid PAH-ide jõudmiseks toitu või seal tekkimiseks [51].

Olulisim PAH on benso[a]-püreen (BaP, indikaatoraine), aga kokku on neid üle 80 ühendi, millest umbes 60% on võimelised tekitama vähkkasvajaid. PAH-ide üldise sisalduse hindamiseks nii keskkonnas kui ka toidus on seni kasutatud benso(a)püreeni (BaP) kui kõige kantserogeensemata PAH-i. Arvestades asjaolu, et BaP sisalduse põhjal ei ole toidu ohutuse hindamine piisav, on sätestatud piirnormid ka benso(a)püreeni, bens(a)antratseeni, benso(b)fluoranteeni ja krüseeni summale (PAH4) [7].

PAH-ide sisaldus toidus tuleb hoida nii madalal kui on mõistlikkuse piires võimalik. Tundes PAH-ide moodustumise teid ning identifitseerides protsessi kriitilised punktid, on toidu saastumist tootmisprotsessi käigus võimalik oluliselt vähendada [52].

Liha- ja kalatoodete suitsutamise, küpsetamise ja grillimise korral on kontrollpunktideks rasvasisaldus, põlemissaaduste allikad, aeg ja temperatuur. Seetõttu peab suitsutamisprotsessi kontrollima ja jälgima. Toidu küpsetamisel või grillimisel tekivad PAH-id kuumusallikale tilkuva rasva pürolüüsil, kusjuures tekkivate PAH-ide kogus on suurem küpsetatava toote kõrgema rasvasisalduse, pikema küpsetusaja ja väikese vahekauguse korral kuumaallikast. Seega tuleks töötlemiseks valida võimalikult väikese rasvasisaldusega liha või kala, vältida toidu otsest kontakti kuumusallikaga ning vähendada kasutatavate rasvade ja õlide hulka.

Traditsiooniline suitsutustehnoloogia, milles puidu mittetäielikust põlemisest tekkiv suits puutub otseselt kokku toiduga, võib viia toidu märkimisväärse saastumiseni PAH-idega. Kriitilisteks parameetriteks on suitsutamise temperatuur, aeg, niiskus, puidu liik (eelkõige ligniini sisaldus) ja ahju konstruktsioon. Tuleks vältida toidu otsest kontakti lahtise leegiga. Suitsutamisprotseduur peab olema alati ühesugune ning kindla kontrolli all. Liha suitsutamise optimaaltemperatuur on vahemikus 90–100°C. Mikrobioloogilise ohutuse tagamiseks tuleb lihasid suitsutada vähemalt sisetemperatuurini 70°C ja hoida sellel temperatuuril vähemalt 2 minutit, et saavutada sihtmärkpatogeeni arvukuse miljonikordne (kuus Log₁₀ ühikut) vähenemine, mis tähendab patogeeni algse arvukuse 99,9%-list langust [53].

Suitsutatud toidu PAH-ide sisaldust on võimalik märgatavalt vähendada, asendades traditsioonilistes suitsutuskambrites kasutatava otsese suitsutamise kaudse suitsu genereerimisega. Tööstustes kasutatavad kaasaegsed kaudse suitsugeneraatoriga ahjud on automatiseeritud, millega

tagatakse täpselt kontrollitud suitsutustingimused. Suitsu moodustumise temperatuuri alandamine kombineeritult filtrite kasutamisega võib alandada lõpptoodete PAH-ide sisaldust mitmekordselt. Keskmise või madalam kuumus ning liha paigutamine kuumusallikast kaugemale aitavad samuti oluliselt PAH-ide moodustumist vähendada. Hea suitsutusjuhendi leiab ajalehest „Postimees“ [52].

TUMEDAKS SUITSUTAMINE EI ANNA TOOTELE PAREMAT MAITSET!

Samas ei tohi aga töötlemisega väga lühendada ja temperatuuri ka väga madalale viia, sest toidu valmistamise meetod peab tagama võimalike ohtlike bakterite ja/või endogeensete toksiinide inaktiveerimise. Kuna PAH-id jäävad ennekõike toote pinnakihti, siis on väga oluline, et toote pind oleks võimalikult väike. Ka on oluline suitsukambri pinna põhjalik puhastamine sinna jäänud mittetäieliku põlemise saadustest, milles on eriti kõrge PAH-ide sisaldus. Teraviljatoodete ja taimsete õlide PAH-idega saastatuse minimeerimiseks tuleb kuivatusprotsessi käigus vältida teravilja ja õliseemnete kokkupuudet puidu põlemisaadustega.

5.7. Akrüülamiid teravilja- ja kartulitoodetes ning kohvis

2002. aastal avaldas Rootsi Toiduamet esimesed andmed akrüülamiidi (AA) sisaldumise kohta erinevates toiduainetes, seejärel on olukorda uuritud paljudes riikides, püüdes hinnata nende ja ka teiste toiduainete tarbimisega seotud riski nii neis sisalduva AA kui närvimürgi kui ka kantserogeeni seisukohalt. IARC on kvalifitseerinud AA tõenäoliseks või võimalikuks kantserogeeniks või ühendiks, mille metaboliit on potentsiaalne kantserogeen.

AA-d loetakse üheks kõige olulisemaks temperatuuril üle 120°C tekkivaks saasteaineks kartuli- ja teraviljatoodetes nagu friikartulid, kartulikrõpsud, küpsised, leib, imikute-ja väikelaste toidud ning hommikusöögihelbed. Teda on leitud ka kohvist, eriti teravilja baasil valmistatud kohviasendajatest. AA tekib praadimise, röstimise ja küpsetamise käigus, teda pole üldiselt leitud keedetud või mikrolaineahjus soojendatud toitudest.

AA teket pole võimalik täielikult vältida, kuid seda on võimalik vähendada võtetega, mida on kirjeldatud EK määruse (EL) 2017/2158 lisas [54]. AA riski vähendamise võtetega saab tutvuda ka internetis [55], millest leiame järgmised soovitusel:

- Kartulitoodetes tuleks valida väiksema aminohappe asparagiini ja glükoosi ning teiste lihtsuhkrute sisaldusega kartulisorte, lisada toodetele ensüüm asparaginaasi vaba asparagiini sisalduse vähendamiseks, säilitada kartuleid temperatuuril, mis on kõrgem kui 6°C, pesta kartuliviile enne küpsetamist soojas vees lahustuvate suhkrute eemaldamiseks, kasutada võimalikult pakse kartuliviilusid, millel on väiksem pindala/ruumala suhe, pikendada krõpsude eelkuivatusaega, mis võimaldab lühemaid praadimisaegu, alandada praadimise temperatuuri ning lühendada aega. Mitte praadida pruuniks. Toitlustusasutustele on välja töötatud värvikaardid, mis aitavad määrata akrüülamiidi ohtlikku kogust friikartulites.

- Küpsetatud teraviljatoodetes tuleks samuti kasutada võimalikult madala asparagiini sisaldusega toorainet – rukis, nisu, oder ja kaer tuleks asendada võimalusel maisi või riisiga ning lisada ensüüm asparaginaasi, mis asparagiini lagundab. Täistera ja kliid tekitavad rohkem akrüülamiidi. Ammooniumvesinikkarbonaadi asemel tuleks kasutada mõnda teist kergitusainet ning tuleks alandada praadimise temperatuuri ja lühendada aega. Samuti peaks vähendama taandavaid suhkruid sisaldavate koostisosade hulka, näiteks asendades fruktoos glükoosiga.
- Kohvis tekib AA röstimise algetapis, röstimise jätkudes hakkab AA sisaldus langema, jäädes vaid 20–30%-ni maksimaalsest tasemest. Kohvisortide vaheline asparagiini ja redutseerivate suhkrute sisalduste erinevus on väike, mõningal määral võib AA teke olla kõrgem Robusta sortidel. Uuringud on näidanud, et ka pikemaegse säilitamise korral kinnises nõus AA sisaldus kohvis väheneb. Mistahes röstimise meetodi muutmised aga võivad viia kohvi organoleptiliste omaduste ja tarbija poolse aktsepteeritavuse alanemisele.
- Kohvijoogi valmistamisel kandub AA tänu oma kõrgele lahustuvusele vees peaaegu täielikult üle jooki. Röstitud kohvi ja lahustuva kohvi puhul on ühes tassis joogis sisalduv AA hulk sarnane, espressos võib olla sisaldus spetsiifilisest ekstraktsiooniprotsessist tingituna madalam.

EK määruse (EL) 2017/2158 lisas [54] toodud võrdlusväärtused ei ole tervisohutusel põhinevad piirnormid, vaid nad on indikaatorväärtusteks, mis annavad käitlejale aimu rakendatavate vähendamismeetodite toimivusest ning mille ületamise korral tuleks uurida võimalusi akrüülamiidi sisalduse vähendamiseks.

5.8. Taimekaitsevahendite jäägid vees, puu- ja köögiviljades ning mees ja vees

Taimekaitsevahendid (TKV) on ained, mida kasutatakse erinevate taimekahjurite kasvu kontrollimiseks või nende hävitamiseks. Neid kasutatakse eeskätt kahjurputukate (insektitsiidid), umbrohu (herbitsiidid) ja taimehaigusi põhjustavate mikroosente (fungitsiidid) tõrjeks. Konkreetse TKV valik sõltub põllukultuurist, kliimast ja esinevatest kahjuritest. TKV hoiab ära, hävitab või tõkestab kahjurit või haigust või kaitseb taimi või taimseid saadusi tootmise, ladustamise või transpordi käigus.

Taimekaitsevahendeid kasutatakse eelkõige kasvuperioodi vältel taimede kaitsmiseks ja saagikuse tõstmiseks. Lisaks toorainest tulenevale kahjuriohule peab arvestama ka TKV-dega ristsaastumise võimalust igal toidutootmise etapil. Näiteks võivad tõrjevahendid sattuda tootesse töötajate või kahjuritõrjet tegeva isiku lohakuse tõttu. Seega on TKV-de kasutamise eesmärgiks vähendada loomade ja taimede tekitatud kahju toiduainete tootmisele, töötlemisele, säilitamisele, transportimisele ja turustamisele. Mõne taimekaitsevahendiga, mis sisaldavad aineid, mis ei ole toitained, saab mõjutada taimede elutsükli, näiteks taimede kasvu.

Euroopa Liidu määruses (EÜ) nr 396/2005 on pestitsiidide jääkidele kehtestatud piirnormid puu-, köögi- ja teraviljade sees ning pinnal, mille leiab EL-i pestitsiidide andmebaasist [56]. Piirnormide kehtestamisel lähtutakse nii põldkatsete tulemustest kui ka inimeste toitumusharjumustest ning toksikoloogilistest võrdlusväärtustest (talutav ööpäevane kogus ehk ADI, akuutne standarddoos ehk ARfD). Piirnormide kehtestamisel arvestatakse kõigi tarbijagruppidega, kaasa arvatud imikud, lapsed ja taimetoitlased. NB! Koorimine ja kuumtöötlemine või nende meetodite ühendamine vähendavad oluliselt pestitsiidide jääkide sisaldust puu- ja köögiviljades [57].

TKV-de kasutamise vajadust vähendab integreeritud taimekaitse põhimõtete ja meetodite rakendamine:

- Põllumajanduskultuuride rotatsioon, mis väldib antud kultuuri eelistavate kahjurite kogunemist.
- Hoolikas sordivalik tagab kultuuri kohastumuse kohalikele tingimustele, mis suurendab tema resistentsust haiguste või putukate rünnakule
- Kohane mulla ettevalmistus ning istutamine (külvamine) võimaldavad viljal areneda kiiresti, sellega vähendades varajasi haigusi, putukate kahjustusi ning umbrohtude efektiivsust.
- TKV-sid tuleb kasutada eesmärgipäraselt ja õigel ajal. Selleks tuleb eelnevalt kindlaks teha, milliste kahjuritega on tegemist ning püüda vältida TKV-de korduskasutamist.

TKV-de sattumist pinna- ja põhjavette aitavad vältida järgmised meetmed:

- Mulla orgaanilist osa suurendavate haljasväetistaimede ehk vahekultuuride kasutamine, mis omakorda pidurdab ainete leostumist mullast ja kiirendab nende lagundamist mikroobide poolt.
- Kohaste taimekasvatuseadmete kasutamine vähendab mulla kokkusurumist, mis võib aeglustada kultuuri kasvu ning suurendada vedeliku äravoolu põllult.
- Veekaitsevööndi loomine TKV-de liikumise pidurdamiseks enne jõudmist pinnavette. Selleks sobivad looduslikud rohumaad kombineerituna põõsaste ja puudega ümber põldude. Sellised puhvrid püüavad kinni pestitsiide, baktereid, väetisi ja mullasadet.
- TKV-de lekke vältimiseks nende hulga mõõtmise ja segamise ajal peab vastav ala olema eemal kaevudest, jõgedest ning järvedest vähemalt 30 meetrit (täpsustada konkreetse TKV kasutamise juhendist). Soovitav on neid toiminguid läbi viia betoonalusel ja ettevaatlikult, suletud süsteemis. Kui pole võimalik teha alusel, tuleks laadimis- ja segamiskohta aegajalt nihutada vältimaks lekkinud materjali kuhjumist. Eelnevalt peab teadma lähiümbruse kaevude asukohti, põhjavee sügavust antud kohas ning pinnavete liikumist, võtma kasutusele kaitsemeetmed, pidevalt jälgima laadimist ja segamist ning olema valmis kiirtegutsemiseks lekke korral.
- Pritsimiseks kasutatud seadmete ja mahutite kolmekordne loputamine, loputusvedeliku viimine samale põllule, mida pritsiti, sealjuures jälgides, et sellega ei ületata kasutunorme. TKV-de mahutid, mida pole vähemalt kolm korda loputatud, on riski allikaks, samuti mahutid, mis on jäetud välja vihma kätte.
- Oluline on ka TKV-de korrektne säilitamine lukustatud tulekindlas ruumis.

Mesilaste korjetaimede põldude töötlemine TKV-dega võib viia nende jääkide sisaldumisele mees. Pestitsiidid võivad sattuda meesse ka mittemeetaimede pritsimisel põlluäärsete meetaimede kaudu ning selliselt võib mesi sisaldada kogu mesila ümbruskonnas kasutatud pestitsiidijääkide spektrit. Mesilaste ja teiste kasulike putukate kaitsmiseks kehtib Eestis juba aastaid kõikide õitsvate taimede, sealhulgas ka umbrohtude pritsimise keeld. Erandina võib õitsvaid taimi pritsida ainult siis, kui TKV-l on vastav märg. Sellisel juhul võib TKV-sid kasutada varahommikul või hilisõhtul, mil mesilased ja teised tolmeldajad ei lenda (kell 22.00–05.00) [58]. Pritsimistöid ei tohi teha, kui õhutemperatuur on kõrgem kui 25°C ja tuule kiirus suurem kui 4 m/s. Arvestada tuleb ka tuule suunda lähedal asuvate tundlike objektide suhtes, et ära hoida nende võimalik saastumine. Selleks et vältida TKV-de sattumist pinna- ja põhjavette, on oluline kinni pidada kõigist veekaitsevööndi ja teistest kasutuspiirangutest. Samuti tuleks kasutada vähemmürgiseid ja kiirestilagunevaid TKV-sid ja mesinikele soovitame paigutada mesilad võimalusel vähemohtlikesse kohtadesse.

5.9. Veterinaarravimite jäägid loomset päritolu toidus

Tänapäeval kasutatakse loomakasvatustes palju farmakoloogilisi toimeaineid, mida EL-is on lubatud kasutada vaid loomade raviks, aga mitte haiguste profülaktikas ja lihaskasvu stimulaatoritena. Käesolevaks ajaks on paljude varem lubatud veterinaarravimite kasutamine toiduks kasutatavate loomadel EL-is keelatud. Näitena võib tuua antibiootikumi klooramfenikooli, millel on näidatud verevähki tekitav toime. Klooramfenikooli on lubatud kasutada vaid lemmikloomade ja inimese ravimina äärmistel juhtudel [59]. Kasvustimulaatorid nagu stilbeenid, türeostaatikumid, östrogeenid, androgeenid ja gestageenid ning beeta-agonistid on EL-is kas täielikult keelustatud või lubatud kasutada vaid rangelt määratletud haigusjuhtudel. Keelatud ainete hulka kuuluvad ka steroidid, resortsüülhappe laktoonid, beeta-agonistid ja nitrofuraanid [60].

Farmakoloogiliste toimeainete jääke võib leiduda nii loomade lihas, maksas ja neerudes, kui ka kalades, piimas, linnunudades ja mees. Neid jääke ei ole võimalik toidust eemaldada ega kahjutustada, kuna enamik neist, eriti antibiootikumid on termostabiilsed ning ei lagune kuumtöötlemisel. Selleks, et viia farmakoloogilise toimeaine jäägi sisaldus allapoole MRL-i tuleb järgida ooteaegu, mille vältel pärast ravikuuri lõppu ning enne tapmist ei tohi loomale üht või teist ravimit manustada. Samuti on kinnitatud ooteajad, mille vältel kogutud piima või mune ei ole lubatud kasutada toiduks. Ooteaja jooksul peab farmakoloogilise toimeaine jäägi sisaldus vastavas toidus langema allapoole MRL väärtust. Loodud on vastavad kontrolli ja seire süsteemid (programmid), paljudele farmakoloogilistele toimeainetele on kehtestatud MRL-id ($\mu\text{g/kg}$ või mg/kg toidu kohta).

5.10. Nitraadid köögiviljades

Nitraatide ja nendest bakterite toimetel tekkivate nitritite ADI on vastavalt 3,7 ja 0,07 mg/kg kehakaalu kohta [61, 62]. Kogu ööpäevasest nitraatide tarbimisest (10–150 mg inimese kohta) annavad lehttaimed üle 90%. Nitraadid on looduslikud ained, nad kuuluvad taimede lämmastiktsükklisse. Taimede nitraadisaldus sõltub mitmetest keskkonna- ja agrotehnilistest faktoritest [63]. Eriti rikkad on nitraatide poolest rohelised lehttaimed nagu lehtsalat, lehtkapsas, spinat, aga ka peedid, redised, kaalikad, hiinakapsas, seller, sibul, küüslauk. Horvaatias tehtud uuringus leiti sügisestest taimedes umbes 2 korda kõrgemaid nitraadisaldusi kui kevadistes [64].

Köögiviljade nitraadisaldust saab mõjutada ka töötlemise meetoditega. Pesemine ja keetmine vähendavad nitraadisaldust kõigis köögiviljades, samuti väheneb nitraadisaldus kupatamisel ja püreestamisel. Töötlemisel nitraadisaldus üldiselt väheneb.

Nitraadid ise ei ole inimese tervisele reaalselt tarbitavates kogustes ohtlikud. Probleemne on nende taandamine nitrititeks imetajate soolestikumikroobide poolt. Nitrititel on kaks organismile kahjulikku toimet:

1. Vere hemoglobiini muutmine hapnikku mittekanadvaks methemoglobiiniks. Kui viimast koguneb verre liiga palju, võib kudedes tekkida hapnikupuudus, eriti kõrge on oht väikelaste korral.
2. Reageerimisel amiinidega annavad nitritid nitroosamiine, mis on tugevad näriliste kantserogeenid, sama toimet inimestele pole küll veel tõestatud.

Nitraatide sisalduse kohta erinevates taimedes ja selle vähendamise võimalustest, muutustest köögiviljade säilitamisel, ja töötlemisel, samuti nende kahjulike mõjude kohta organismile saab hea ülevaate allikast “Nitraadihirmus köögiviljade tarbimist piirama ei pea” [65]. Nitraat- ja nitritioonidel on aga kõrvuti kahjulike toimetega näidatud ka tervistavaid omadusi, eriti südame- ja veresoonehaiguste korral [66].

5.11. Polüküllastamata rasvhapete oksüdatsiooni (rääsumise) produktid

Erinevate toidu koostisosade oksüdatsioon on paljude toksiliste toimete mehhanismide üks komponente. Polüküllastamata rasvhapped (*polyunsaturated fatty acids* – PUFA) on kergesti oksüdeeruvad ühendid, mis sisalduvad peaaegu kõigis toitudes, kõrgeim on nende sisaldus lihas ja lihatoodetes ning teatud taimsetes õlides. Toidu pikemaajalisel säilitamisel, ka nullilähedastel temperatuuridel PUFA-d oksüdeeruvad, kõrgematel temperatuuridel ka polümeriseeruvad. Nii reaktsioonivõimeliste vabade radikaalide kui ka oksüdatsiooniensüümide toimetel tekivad mitmesugused produktid nagu oksülipiidid, mis edasi lagunevad halvalõhnalisteks riknemisproduktideks nagu aldehüüdid, ketoonid, lühikese ahelaga süsivesinikud. Eriti olulised on neist laguproduktidest olulisi makromolekule nagu DNA või valke ristsiduv kõige genotoksilisem

ja mutageensem maloondialdehüüd (MDA) ning kõige üldtoksilisem 4-hüdroksünonenaal (4-HNE) [67]. Oksüdeerunud liha või taimeõliga seedetrakti jõudnud ja sealt vereringesse sisenenud oksülipiinid aga võivad rakus toimuvaid normaalseid protsesse ala- või ülereguleerida, tulemuseks on häired rakkude ja organismi talitluses. Nii võib mingi oksülipiini liig närvirakus katkestada närviimpulsside ülekannet, olla kantserogeenne, suurendades ka ateroskleroosi tekke tõenäosust. Loomkatsetega on näidatud, et oksülipiinide segu söötmise katseloomadele võib põhjustada maksapõletikku ja rakkude enneaegset programmeeritud lagunemist ehk apoptoosi [68]. Rääsunud rasvade suuremad kogused (üle 5%) võivad põhjustada kaalukaotust, kõhulahtisust ja juuste väljalangemist [69]. Ka kolesterooli oksüdatsiooniproduktid on mürgised.

Kuigi praegu pole piirnorme rasvhapete oksüdatsiooni sisaldusele toidus kehtestatud, on EFSA andnud soovitusel mitte ületada MDA sisalduse toksikoloogilise ohu künnist (*threshold of toxicological concern (TTC)*) 30 µg/kg kehakaalu kohta ööpäevas [70]. MDA sisaldus lihatoodete korral 0.5 mg/kg on näidanud mõningast oksüdeerimist ja sellest kõrgemad MDA väärtused viitavad juba märgatavale oksüdatsioonile. Suhteliselt lihtne meetod MDA kontsentratsiooni määramiseks on nn. TBARS meetod [71]. Problemaatiliselt võivad osutada siin ka osa taimseid lihaalternatiive, mida on vastavale lihatootele omase välimuse ja maitse saavutamiseks töödeldud kõrgsurveekstraktsiooni abil, mille käigus taimset valgusegu kuumutatakse sõltuvalt tootest ja seadmest temperatuurini 100-200 °C, selleks et muuta valkude struktuur kiuliseks ja lihalaadseks.

Riskivähendusmeetodid on: võimalikult madal töötlemis- ja säilitustemperatuur (analoogia bakterikasvu pidurdamise meetodiga), hapniku ligipääsu takistamine, antioksüdantide kasutamine kus võimalik. Näiteks liha- ja kalatoodetes on efektiivseteks lahendiks mitmesugused taimsete põlu fenoolide ja karoteenide lisamine toodetele.

5.14. Klorometüülpropaandioolid ja derivaadid

Taimsete õlide, eriti palmiõli, ka kreeka pähkli õli või viinamarjaseemne õli rafineerimisel kõrgel temperatuuril (umbes 200°C) tekivad õlis sisalduvast glütseroolist ja lisatud vesinikkloriid- ehk soolhapest, aga ka taimede kasvumullast pärit kloriididest kantserogeensed 3-monokloorpropaandiool (3-MCPD) ja 2-monokloorpropaandiool (2-MCPD) ning nende estrid rasvhapetega, samuti glütüülrasvhapete estrid (GE). Teoreetiliselt on võimalik seitsme erineva kloorpropanooli teke. 3-MCPD suukaudne LD₅₀ on 150 mg/kg bw, tema mürgisuses ajule, neerudele (doosist sõltuv progresseeruv nefropaatia ja tubulaarne hüperplaasia) ja munanditele (muutused sperma morfoloogias mitmetel imetajatel koos alanenud viljakusega) mängib suurt osa jälle oksüdatsioon [72]. Kuna MCPD-de ja GE-de tekke mehhanismid on erinevad, siis pole sõltuvust nende ainerühmade sisalduste vahel konkreetsetes õlis:

- 3-MCPD-d tekkivad temperatuuridel 160–200 °C ning nende teke ei kiirene kõrgematel temperatuuridel;
- GE-d aga hakkavad tekkima alles 200 °C juures ning nende teke kasvab temperatuuri tõustes eksponentsiaalselt eeskätt temperatuuridel üle 230 °C.

Kuigi need ained tekivad ennekõike taimsete õlide lõhnatustamisel, saab vähendamismeetodeid rakendada kogu õli tootmise protsessis alates taimekasvatusest, saagi koristamisest, viljade ja seemnete säilitamise tingimustest kuni toorõli valmistamise ja rafineerimiseni. Kasulikud on rafineerimisjärgsed lisaetapid nagu lisapleegitamine ja lõhnatustamine. Soovitusi nende ainete tekke minimeerimiseks leiab Codex Alimentariuse standardist [73].

5.16. Perfluoroalküülühendid ja leegiaeglustid

5.16.1 Perfluoroalküülühendid

Perfluoroalküülühendid (*Perfluoroalkyl substances* – PFAS) on üldnimetus suurele fluoritud ühendite rühmale, kuhu kuuluvad oligomeerid ja polümeerid, mis koosnevad neutraalsetest ja anioonsetest pindaktiivsetest ainetest ning mis on suure termilise, keemilise ja bioloogilise inertsusel. PFAS-e kasutatakse laialdaselt tööstuslikes ja tarbijarakendustes, sealhulgas mustust ja niiskust hüljavate tekstiilide, paberitoodete ja toiduainete pakkematerjalina, kustustusvahas, elektroonikas jm. [74–76]. Kuna süsinik-fluor side on üks stabiilsemaid keemilisi sidemeid üldse, siis on need ained nii keskkonnas kui ka organismides raskesti lagunevad. PubMedi andmetel on selliseid aineid kokku umbes 7 miljonit ning neile on antud üldnimetus “*Forever chemicals*” – “Igavesed kemikaalid”.

PFAS-ide laialdane kasutamine ning püsivus keskkonnas on tekitanud ulatusliku keskkonnasaaste. Toidu saastumine kõnealuste ainetega tuleneb peamiselt bioakumulatsioonist vee- ja maismaaorganismide toiduahelates ning peamine PFAS-iga kokkupuude toimub toidu kaudu. PFAS-id, mida on toidus ja inimestes leitud kõige suuremas kontsentratsioonis, on perfluorooktaansulfoonhape (PFOS) ja perfluorooktaanhape (PFOA) ning nende soolad [77].

EFSA on oma teaduslikus arvamuses jõudnud järeldusele, et perfluorooktaansulfoonhape (PFOS), perfluorooktaanhape (PFOA), perfluorononaanhape (PFNA) ja perfluorohexaansulfoonhape (PFHxS) võivad avaldada mõju arengule, seerumis sisalduvale kolesteroolile, maksale ja immuunsüsteemile ning sünnikaalule. Kõige kriitilisemaks peeti toimet immuunsüsteemile ning EFSA määras PFOS-i, PFOA, PFNA ja PFHxS-i kui rühma summaarseks TWI-iks 4,4 ng 1 kg kehamassi kohta nädalas, mis on kogus, mille puhul ollakse kaitstud ka nende ainete muude mõjude eest [78]. PFAS-ide immunotoksilisuse mehhanismidest saab ülevaate artiklist [79]. PFAS-idele hakati piirnorme munades, lihas, kalades, koorikloomades ja kahepoolmelistes molluskites kohaldama alates 1. jaanuarist 2023 [80].

Riski minimeerimiseks võib toidutootjatele soovitada tundma õppida kogu oma varustusahelat koos kõigi võimalike PFAS-i allikatega, kasutada PFAS-vabu toormaterjale, pakkematerjale, sobivaid vee ja õhu puhastussüsteeme, roostevabast terasest või malmist kööginõusid, kuna mittenakkuvad nõud võivad sisaldada PFAS. Soovitusi leiab näiteks allikast [81].

EL-is on kavas järk-järgult keelustada kõik PFAS-id, lubades nende kasutamist vaid üksikudel juhtudel kui on tõestatud, et mõni neist on asendamatu ja hädavajalik. 2024. aastal võeti, toetudes REACH määrusele vastu uued meetmed, piirates näiteks keskkonna ja inimeste tervise kaitsmiseks perfluorohexaanhappe (PFHxA) ja sellega sarnaste ainete müüki ja kasutamist. Nimetatud PFAS-ide alarühmad on vees väga püsivad.

5.16.2 Leegiaeglustid

Leegiaegustid (*Flame retardants* – FR) on mitmesugused kemikaalid, mida kasutatakse erinevates materjalides, selleks et vältida nende põlemist või pidurdada või aeglustada nende süttimist tulekahju korral. Orgaanilisi FR-e on kolme tüüpi: broom (BFR), kloor ((CFR) ja fosfaat (PFR). Paljud FR-id on püsivad inimese loodud mürgised orgaanilised saasteained, millele on toksiline mõju keskkonnale ja inimestele. Neid kasutatakse laialdaselt mitmesuguste tarbekaupade, näiteks elektroonikatoodete, autode, mööbli ja ehitusmaterjalide süttivuse vähendamiseks. Kuna FR-id ei lagune kergesti, võivad nad keskkonnas ja organismides püsida aastaid.

Broomitud leegiaeglusteid (BFR) kasutatakse paljudes elektroonikamaterjalides, tekstiilides, mööblis ja ehitusmaterjalides ja neid on seostatud mitmesuguste endokriinsete, sealhulgas kilpnäärme talitlushäiretega. BFR-id jagunevad nelja klassi – heksabromotsüklododekaanid (HBCDD), polübroomitud difenüüleetrid (PBDE), tetrabromobisfenool A (TBBPA) ja teised fenoolid ning polübroomitud bifenüülid (PBB). EL-is on teatud BFR-de kasutamine kas keelatud või piiratud, aga tänu püsivusele keskkonnas on nad siiski veel riskiallikaks inimeste tervisele. BFR-e leidub peamiselt loomset päritolu toidus nagu kala, liha ja piim [82].

Fosforil põhinevaid leegiaeglusteid (PFR) kasutatakse laialdaselt tekstiili- ja elektroonika tööstuses. PFR-id jagunevad kolme rühma – anorgaanilised, orgaanilised ja halogeeni sisaldavad. Mõned neist toimivad tahkes faasis süte moodustumisel, mõned on aga aktiivsed ka gaasi faasis. Mõnda neist on pakutud pärast BFR-ide keelustamist viimaste asendajateks, aga mõned on mürgised veeorganismidele. Uuringud näitavad, et organofosfaadid võivad ohustada aju ja luude tervist. Ainult kloori sisaldavad PFR-id on kantserogeensed. Täpsemat teavet iga PFR-i kohta leiab allikast [83].

6. Tekstis viidatud teabeallikad täiendavaks lugemiseks

1. <https://www.agri.ee/toiduohutus-taime-ja-loomatervis/toiduohutus/keemiline-ohutus#saasteained>
2. <https://toiduteave.ee/valjaanded/>
3. <https://www.riigiteataja.ee/akt/ToiduS>
4. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/ALL/?uri=CELEX:32017R0625&qid=1591963783594>
5. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/ALL/?uri=CELEX:32004R0852&qid=1591963734892>
6. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/ALL/?uri=CELEX:32004R0853&qid=1591963699511>
7. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/915/oj/eng>
8. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2005/396/oj>
9. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/ALL/?uri=CELEX:32010R0037&qid=1591963475095>
10. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/ALL/?uri=CELEX:32009R0124&qid=1591962988058>
11. <https://www.agri.ee/toiduohutus-taime-ja-loomatervis/toiduohutus/codex-alimentarius>
12. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/ALL/?uri=CELEX:32003R1831&qid=1591964854589>
13. <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=homepage&language=EN>
14. <https://www.merriam-webster.com/dictionary/action%20level>
15. http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/livestockgov/documents/1_CXS_193e.pdf
16. https://www.maheklubi.ee/upload/Editor/v%C3%A4ikek%C3%A4itlejate_infomaterjal_2016.pdf
17. <https://www.xn--toiduhgieen-yhb.ee/haccp/mis-see-on/>
18. <https://www.agri.ee/mukotoksiinid>
19. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1658570>
20. <https://dea.digar.ee/cgi-bin/dea?a=d&d=AKpollumeheteataja20171017.2.19>
21. <https://www.agri.ee/mukotoksiinid>
22. <http://mukotoksiinid.edicypages.com/toiduohutus>

23. https://vl-vana.emu.ee/userfiles/instituudid/vl/VLI/terveloom2020/t6_pyssa.pdf
24. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013H0165&from=ET>
25. https://toiduteave.ee/wp-content/uploads/2018/09/voldik-patuliin_MeM_2017.pdf.
26. <https://pta.agri.ee/sites/default/files/documents/2021-01/PMA%20Integreeritud%20taimekaitse%20%281%29.pdf>
27. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/pt/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXC%2B74-2014%252FCXC_074e.pdf
28. <https://www.eurofins.de/food-analysis/food-news/food-testing-news/analysis-of-glykoalkaloids/#:~:text=The%20EU%20sets%20an%20indicative,potatoes%20and%20potato%2Dderived%20products>.
29. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reco/2014/662/oj/eng>
30. <https://doi.org/10.1007/s00217-006-0522-7>
31. <https://www.agri.ee/looduslikud-taimetoksiinid>
32. <https://www.agri.ee/ergotalkaloidid>
33. <http://www.foodreference.com/html/artredkidneybeanpoisoning.html>
34. <https://maaleht.delfi.ee/news/keskkond/uudised/eesti-veekogudes-leiduv-elavhobe-lendab-siia-troopikast?id=80768289>
35. <https://www.fda.gov/food/consumers/advice-about-eating-fish>
36. <https://www.agri.ee/sites/default/files/documents/2021-09/uuring-2015-saasteained-kala.pdf>
37. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17852384>
38. <https://www.kotkas.ee/files/Pliilaskemoon-Imeline-Teadus.pdf>
39. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2009.980>
40. <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1750-3841.14997>
41. <https://www.agri.ee/sites/default/files/documents/2023-04/v%C3%A4ljaanne-2019-kaadmium.pdf>
42. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-78091-1>
43. <https://doi.org/10.1017/S0043933919000394>
44. <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1750-3841.14997>
45. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2020.6268>
46. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2012.01.002>
47. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2022/ra/d2ra00378c>

48. <https://www.nap.edu/read/10041/chapter/4>
49. <https://www.agri.ee/dioksiinid-ja-dioksiinilaadsed-pcb-d-poluklooritud-bifenuulid-toidus>
50. <https://www.agri.ee/uudised/efsa-avaldas-uue-dioksiinide-riskihinnangu>
51. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26776034>
52. <https://maaelu.postimees.ee/4212223/opime-suitsutama-liha>
53. https://toiduteave.ee/wp-content/uploads/2019/12/Toidu_sailimisaja_maaramise_juhend_I_osa_korrigeeritud_variant_2019_detsember.pdf
54. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/ALL/?uri=CELEX:32017R2158&qid=1591964569036>
55. <https://www.agri.ee/akruulamiid-toidus-ja-selle-vahendamise-voimalused>
56. <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=homepage&language=EN>
57. <https://tervis.postimees.ee/4205365/normi-piires-taimekaitsevahendite-jaagid-toidus-tervist-ei-kahjusta>
58. <https://www.pria.ee/uudised/pollumajandus-ja-toiduamet-taimekaitsetoodel-peavad-koik-kasutajad-jargima-noudeid>
59. <https://majandus24.postimees.ee/1962307/klooramfenikool-pohjustab-verevahki>
60. <https://pta.agri.ee/sites/default/files/documents/2024-10/Saasteainete%20kontrolliprogramm%202023.pdf>
61. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2017.4787>
62. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2017.4786>
63. <https://toitumine.ee/artiklid/toidu-saasteained-puu-ja-koogiviljades>
64. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5412236/>
65. <https://toitumine.ee/artiklid/nitraadihirmus-koogiviljade-tarbimist-piirama-ei-pea-2>
66. <https://www.healthline.com/nutrition/are-nitrates-and-nitrites-harmful#section3>
67. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4066722/>
68. <https://doi.org/10.1016/j.plefa.2021.102316>
69. <https://doi.org/10.1073/pnas.2120691119>
70. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12535>
71. <https://doi.org/10.3390/molecules22111988>
72. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.110957>

73. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/it/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXC%2B79-2019%252FCXC_079e.pdf
74. <https://www.agri.ee/sites/default/files/documents/2021-09/uuring-2015-saasteained-kala.pdf>
75. <https://www.oecd.org/en/topics/sub-issues/risk-management-risk-reduction-and-sustainable-chemistry/per-and-poly-fluorinated-chemicals.html>
76. <https://www.niehs.nih.gov/health/topics/agents/pfc>
77. <https://www.nature.com/articles/s41545-023-00274-6>
78. https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/consultation/consultation/PFAS_Draft_Opinion_for_public_consultation_Part_I.pdf
79. <https://ehjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12940-022-00958-5>
80. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/et/ip_24_4763
81. <https://evel.ee/uudised/evel-uudised-4-2-2-2-3-2-2-2-2-2-2-2/>
82. <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/brominated-flame-retardants>
83. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.03.067>
84. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-024-12335-5>