

Riikliku programmi “Põllumajanduslikud
rakendusuuringud ja arendustegevus
aastatel 2015–2021”

Toidu lisaainetena kasutatavate nitritite (E 249-250) kvantitatiivne riskihinnang

Projektijuht: dots Terje Elias
Projekti põhitäitjad: Mati Roasto, PhD, Mari Reinik, PhD., Andres Elias, MSc., doktorant

Tartu, 2016

Asutus: Eesti Maaülikool, Kreutzwaldi 1, Tartu, 51014; registrikood: 74001086; e-posti aadress: info@emu.ee, telefon: 7313001; pangarekvisiidid: EE571010102000084008

Projektijuhi kontaktandmed: Telefon: 7313433, GSM: 5029362, terje.elias@emu.ee

Projekti algus: 29.07.2015

Tulemuste esitamise tähtpäev: 01.05.2016

Projektis osalenud osapooled:

Eesti Maaülikool

Terviseamet

Tervise Arengu Instituut

Projekti põhieesmärk: Projekti eesmärk oli anda hinnang, kas nitritite tarbimine Eesti laste (vanusegruppides 12-35 kuud ning 36 kuud - 10 aastat) poolt ületab kehtestatud ADI piirväärtust.

Abstract

This study examined the intake of nitrite among Estonian children by consumption of water and processed meat products. Daily intake estimates were based on the data of National Institute for Health Development concerning food consumption. In addition, the laboratory analyses data of the meat and processed meat products within the current project for determination of nitrite/nitrate concentrations were used for nitrite intake estimation. The mean intake of nitrite (from all meat products incl. drinking water) among 1087 studied children was 0.015 and 0.016 mg/kg body weight day⁻¹ in age groups 12 – 36 month and 36 - 131 month, respectively. Among these age groups, for 34 individuals (3.13% of the studied children) acceptable daily intake (ADI) of 0.07mg nitrite kg⁻¹ body weight day⁻¹ was exceeded. If children (n=1007) who consumed cured meat products (excluded those who did not consumed nitrite containing meat products, n=80) are taken into account then the mean intake of nitrite was 0.017 and 0.017 mg kg body weight day⁻¹ for children aged 12 – 36 month and 36 - 131 month, respectively. Among these age groups, for 34 individuals (3.38% of the studied children) acceptable daily intake (ADI) of 0.07mg nitrite kg⁻¹ body weight day⁻¹ was exceeded. All products which needed heat treatment were heat treated prior analyses according to the manufacturer instructions. Among analysed meat products, the highest nitrite concentration was 93.1 mg/kg and it was determined in non-ready to eat meat product which needed heat treatment. The overall mean nitrite concentration among studied meat products varied from 9.7 – 30.3 mg/kg in dependence on meat product category with the highest mean nitrite concentrations among sausages and pates. Taking into account the consumption of processed meat and water by all surveyed children the mean nitrite intake in age groups 12 – 36 month and 36 - 131 month was respectively 21.9% and 22.9% from ADI value.

ADI values of nitrites were exceeded for in total of 34 children (3.13%), whereby the most exceeding's were registered for the age group of 12 – 36 month boys and girls, respectively 4.10% and 4.70%. Less exceedings were determined for age group 36 - 131 month, respectively 3.76% and 1.68% for boys and girls.

Nevertheless, statistical analyses did not show significant differences among different age groups and genders, respectively p=0,157 and p=0,179 in logistic regression.

Presuming that the food consumption data is representative, we can state that among the total population the age group 12 months to 10 years is exceeding the ADI values 3.13% (95% CI; 2,18 – 4,34). Probability to exceed the ADI value for nitrites for 100.000 children (age group 12 months to 10 years) is 3140 (95% CI; 2180 – 4340). Generally, among 100 children three child are exceeding ADI value.

Sisukord

Sissejuhatus	5
1. Nitraatide ja nitritite lihatoodetes kasutamise ajalooline taust.....	6
2. Nitraadi ja nitriti toime.....	7
3. Nitraadi ja nitriti toksilisus	8
4. Nitraatide ja nitritite sisaldused lihatoodetes ja toiduga tarbimine, varasemad uuringud	11
5. Nitraadi ja nitriti kasulikud toimed	12
6. Nitrititega töödeldud lihatoodete säilitamisel nitrititega toimuvad muutused	13
PROJEKTI TULEMUSED	17
1. Katsematerjal ja meetodika	17
2. Meetodika.....	17
3. Töödeldud lihatoodetest laste poolt saadavate koguste arvutamine.....	17
4. Ülevaade nitritite sisaldumisest lihavalmististes ja -toodetes ning peamised	18
tarbimisallikad.....	18
5. Tarbimisuuring - Kvantitatiivse riskihinnangu tulemused ning võrdlus kehtestatud ADI	
väärtusega.....	28
5.1. Tarbimisuuringus osalenute üldiseloomustus	28
5.3. Nitritite proportsionaalne saadavus lihavalmististest ja -toodetest ning joogiveest..	34
KOKKUVÕTE ja JÄRELDUSED.....	40
Soovitused edaspidiseks nitriteid sisaldava toidu tarbimiseks	41
Kasutatud kirjandus	43

Sissejuhatus

Maaailma Terviseorganisatsiooni (WHO) rahvusvahelise vähiuuringute esindus avaldas hiljuti 22 eksperdi arvamuse, kus töödeldud liha paigutati gruppi 1, mis tähendab, et teadusuuringud on tõestanud seose töödeldud liha söömise ja vähi tekke vahel (WHO, 2015). Eksperdid avaldasid arvamust, et iga 50-grammine töödeldud liha (s.t. *hot dog*'id, singid, vorstid, konserveeritud veiseliha, vinnutatud ja kuivatatud veiseliha, lihavalmistised ning lihakastmed) portsjon igapäevase tarbimisena suurendab käär- ja pärasoole vähiriski 18%. Risk suureneb koos tarbitava töödeldud liha koguse suurenemisega ning üldise soovitusena tuleks piirata liha tarbimist tervikuna. Samasuguseid järeldusi ei saa teha punase liha kohta, kuna kindlad tõendid punase liha söömise ja vähitekke seostest antud hetkel veel puuduvad. Võimaliku kantserogeense efekti põhjusena esitati nii punases lihas kui töödeldud lihas sisalduv heemi raud ning liha töötlemisel tekkivad kantserogeensed kemikaalid nt PAH-id (polütsükliilised aromaatsed süsivesinikud) ja N-nitrosoühendid (WHO, 2015). Töödeldud lihatoodetes nitritite kasutamine võib põhjustada kantserogeensete nitrosoamiinide teket. Samas nitritid avaldavad teatud lihatoodetes konserveerivat toimet, eelkõige seeläbi, et inhibeerivad mitmete ebasoovitavate mikroorganismide k.a. *Clostridium botulinum* kasvu. Samas Direktiiv 2006/52/EC, mis reguleerib nitritite kasutamist toidus, arvestab kriteeriumite kehtestamisel mainitud kahe riskiga, võttes arvesse Euroopa Liidus toodetavaid ning müüdavaid väga paljusid erinevaid lihatooteid (EFSA, 2010).

Eelmainitud direktiiv võtab arvesse Toidu teaduskomisjoni ja Euroopa Toiduohutusameti (EFSA) arvamust, mis järeldab, et 50-100 mg nitritit kg liha kohta on piisav kogus enamike lihatoodete jaoks. Teiste toodete jaoks, mille soolasisaldusi on vähendatud, kuid millele on määratud pikad säilimisajad, on vaja *Clostridium botulinum*'i inhibeerimiseks lisada 50-150 mg nitritit kg liha kohta. Sellegipoolest on näiteks Taani taotlenud võimalust kehtestada siseriiklikud karmimad nõuded nitritite kasutamise osas lihatoodetes.

Toidus lubatud lisaainete kasutamise tingimused ja kord on sätestatud Euroopa Parlamendi ja nõukogu määruses (EÜ) nr 1333/2008. Nimetatud määrust on muudetud ja täiendatud mitmeid kordi. Nitritite ja nitraatide kohta käivat infot muudeti viimati, 25. juunist 2014, millal jõustus komisjoni määrus (EÜ) nr 601/2014, millega muudeti Euroopa Parlamendi ja nõukogu määruse (EÜ) nr 1333/2008 II lisa seoses liha toidugruppidega ja teatavate lisaainete lubamisega lihavalmististes, sh traditsioonilistes lihavalmististes.

Toidu lisaained on toiduainete tehnoloogias väga olulised. Neid lisatakse toiduainetele erinevatel põhjustel. Lisaaineid lisatakse tehnoloogilistel eesmärkidel, töötlemise käigus, valmistamise käigus, pakkimise ja transpordi või toidu säilitamise käigus. Igale lisaainele on antud „E“ täheline tähis koos numbriga (Codex Alimentarius, 1989). See number koosneb kolmest kuni neljast märgist, mis on jagatud kasutuseesmärgi järgi (värvid E1xx; säilitusained E2xx jne.) Nt. naatriumnitrit (E 250) ja naatriumnitrat (E 251).

Veterinaar- ja Toiduameti kodulehel on kirjas: "Lisaainete ohutust kontrollitakse loomkatsetega. Toiduainetes lubatavad hulgad on 100 korda väiksemad nendest, millest alates loomkatsetes enam ohtu ei tuvastata". Samal ajal võivad ka mõned nn naturaalsed toiduained sisaldada aineid, mis klassifitseeruvad lisaaintena, kuid seda 5–50 korda väiksemates kogustes. Seega ei saa alati väita, et toiduained, millesse on tahtlikult lisatud lisaaineid, oleksid ohtlikumad kui need millesse lisaaineid pole lisatud.

Enamik lisaaineid aitab kas paremini säilitada toidu toiteväärtust ja maitset (takistades ohtlike mikroorganismide arengut) või parandada konsistentsi, maitset või aroomi. On ka selliseid lisaaineid, mida kasutatakse kaubandusliku välimuse parandamiseks. Lisaainete hulka kuuluvad ka kunstlikud magusained, millega magustatud toiduaineid tarvitavad diabeetikud ja liigse kehakaaluga inimesed.

Enamikes arenenud riikides on seadusandlusega määratud, milliseid lisaaineid ja millistes kogustes on lubatud kasutada. Alates 1. jaanuarist 1995 peavad toiduainete pakendil olema näidatud kasutatud lisaained rühma ja lisaaine nimetusega või EL maades kehtiva numbrilise koodiga /E-numbritega/.

Pitsi et al. (2016) Eesti toitumis- ja liikumissoovitustes selgitatakse mõistet "töödeldud liha" ning kirjutatakse lahti tervele Eesti tarbijaskonnale liha tarbimise soovitus: „Mõistet „töödeldud liha“ defineerivad WCRF/AICR (Maailma Vähiuuringute Fond ja Ameerika Vähiuuringute Instituut) kui lihatooteid (harilikult punast liha), mis on muudetud kaua säilivaks suitsutamise, vinnutamise või soolamise abil või säilitusainete (nt nitritid) lisamise abil. Niisuguste töödeldud lihatoodete hulka kuuluvad nt sink, peekon, salaami, erinevat tüüpi vorstid ja suitsuliha. Keedetud, praetud, kuivatatud, laagerdatud või külmutatud liha ei ole töödeldud liha. Töödeldud ja punase liha mõõdukas tarbimine (väikesed kogused, mõned korrad nädalas) ei seostu terviseriskidega. Järeldusena soovitatakse töödeldud liha tarbimist vähendada või pigem vältida, ning punase liha tarbimist piirata keskmise tarbimiseni, mis on maksimaalselt 500 grammi nädalas.“

Pitsi et al. (2016) Eesti toitumis- ja liikumissoovitustes ei ole eraldi maimikutele lihatoodete tarbimise soovitusi välja toodud. Küll aga on kirjas, et alates 1400 kcal vajadusega vanusegrupi lastest (umbes alates 4-aastased lapsed) kuni 10aastastele lastele (vajadus kuni 1800 kcal päevas) soovitatakse kuni 1 portsjon päevas, täiskasvanutele 2-3 portsjonit. Siiski on toitumissoovitustes eraldi tähelepanu pööratud ka sellele, et soovitatav on vähem tarbida sinke, keeduvorste, viinereid, sardelle, grillvorste, lihakonserve, maksapasteete, kanalihasülte, kana- ja kalkunisinke, kanaviinereid, kanafrikadelle, kanalihast keeduvorste, kanalihast grill- ja šašlõkivorsti (Pitsi et al., 2016).

FAO/WHO ühine ekspertide komisjon toidu lisaainete alal (JECFA) on hinnanud nitraatide ja nitritite ohutusega seonduvat ning leidnud, et aktsepteeritav päevane kogus (ADI) nitraadi jaoks on 3,7 mg/kg kehakaalu kohta ning kehtestas nitriti jaoks ADI 0,07 mg/kg inimese kehakaalu kohta. Viimane otsus põhines rahvusliku toksikoloogia programmi raames teostatud mitmeaastasel uuringul rottidega (JECFA, 2002). ADI põhines kahe-aastasel rottide uuringul, kus leiti, et NOEL (*No Observed Adverse Effect Level*, mitte täheldatud kahjuliku mõju tasand) on 10 mg/kg kehakaalu kohta päevas väljendatud naatriumsoolana või anioonina 6,7 mg/kg kehakaalu kohta päevas, mis viib omakorda ADI-ni 0,1 mg/kg kehakaalu kohta päevas väljendatud naatriumsoolana või 0,07 mg/kg kehakaalu kohta päevas väljendatud anioonina (Maekawa et al., 1982).

1. Nitraatide ja nitritite lihatoodetes kasutamise ajalooline taust

Soola kasutamine liha ning lihatoodete konserveerimiseks on sajandite pikkune traditsioon, nt muistsed kreeklased kasutasid soola kala konserveerimiseks ning roomlased kasutasid liha ja kala säilitamiseks marinaade, mis sisaldasid nii soola kui ka teisi koostisaineid (Pegg ja Shahidi, 2000).

Soolade kasutamine lihatoodete säilitamiseks muutus järjest olulisemaks, kuid ajapikku hakkas levima ka suundumus eelistada pigem neid soolasid, mis andsid lihale spetsiifilise maitse ning kahvatupunase värvuse. Viimati mainitud omadus leiti olema kivisoolal. Nimelt tehti hilisemate uuringutega kindlaks, et kivisool sisaldab teatud määral nitraati, mis lihaga kokku puutudes muundatakse nitritiks. Viimane omakorda annab töödeldud lihatoodetele punaka värvuse, spetsiifilise maitse ning pikendab säilivust.

Liha ja lihatoodete töötlemine arenes edasi keskajal, mil töötlemislisanditena hakati kasutama salpeetrit ning erinevaid suhkruid. Üheksateistkümnenda sajandi lõpuks oli võetud kasutusele

juba väga erinevaid liha soolamise ning muude ainetega töötlemise viise, nagu kuiv- ja määrgsoolamine või nende erinevad kombinatsioonid.

Muistsete tavade järgi tapeti sead reeglina hilissügisel või talve algul, kui ilm muutus külmaks. Liha soolati ja järelsoolati talvekuudel ning kuivatati ning laagerdati kevadel või suvel. Selline liha kuivtöötlemise traditsioon oli levinud pigem keskmäestikes, kus jahe ning kuiv kliima seda võimaldas (Todra, 2002).

Kuivtöötlemisel hõdruti soolasegu hoolikalt lihapinnale, kus see liha koemahladega kokkupuute tagajärjel aja jooksul lahustus. Sellisel viisil soolasegu lihakoosse jõudmine võtab aega ning tavaliselt tuleb liha säilitamisaja vältel teha mitu kuivsoolamist. Kogu säilimisaja jooksul hoitakse liha kuivas ning jahedas keskkonnas, mis aegamööda vähendab liha niiskusesisaldust. Soolamisi viiakse läbi mitmeid kordi, millele omakorda järgneb tsüklitena soola maha pesemine, liha kuivatamine ning külmladustamine. Selline liha sooladega töötlemise meetod on veel tänapäevalgi kasutusel mõnedes kaasaegsetes Euroopa lihatööstustes. Kuivsoolamist kasutatakse tänapäeval mõnede riikide traditsionaalsete lihatoodete valmistamiseks nagu Hispaania Serrano, Ibeeria ning Parma singid ja prosciuttod, mida reeglina tarbitakse toorelt. Tänapäeval on selliste lihatoodete valmistamiseks võimalik kasutada spetsiaalseid kambreid, kus arvuti kontrollib nii temperatuuri, õhu liikumist kui suhtelist õhuniiskust. Samuti on võimalik kuivatamiskambrites imiteerida kõiki nelja aastaaga, et lõpptoode oleks võimalikult sarnane traditsionaalsele. Toote ohutuse tagamiseks rakendatakse kogu protsessi vältel rangeid ohje- ja hügieenimeetmeid (Toldra, 2002).

Sukeldamise ehk immersiooni meetodi puhul kastetakse suured lihatükid (tükiliha) soolvee lahusesse. Mõnede traditsiooniliste lihatoodete nagu nt Wiltshire valmistamiseks kasutatakse nn elusoolveelahust, mis sisaldab rangelt kontrollitud spetsiifilist mikrofloorat.

Multi-injektor soolveepritsiga soolalahuste nn süstimine lihasse on oluliselt lühendanud soolamisliisanditega töödeldavate lihatoodete valmistamisega, mistõttu on see tänapäeval antud tootekategooria toodete põhiline tootmisviis. Väikestes ettevõtetes võidakse aga kasutada ka arteriaalset soolvee pumpamist, mis nagu nimetuski ütleb, tähendab seda, et soolvesi jõuab lihaskoesse lihas olevate arterite kaudu. Käsitööna kasutatakse ka pistepumpamist, kus soolvee sisestamiseks lihaskoesse kasutatakse vaid ühte nõela (Mulvey et al., 2010).

2. Nitraadi ja nitriti toime

Enne nitritit kasutati liha ja lihatoodete töötlemiseks naatrium- ja kaaliumnitraati. Seejärel avastati, et nitraat muundatakse bakterite elutegevuse toimele nitritiks, mis omakorda säilitab lihatoodetele sobiliku (lihale iseloomuliku) värvuse ning seda kulub võrreldes nitraadi kogustega tunduvalt vähem (Gray ja Pearson, 1984). Leiti, et lisaks eeltoodud omadusele on nitritil ka antimikroobsed ning teised liha säilivust mõjutavad omadused nt rääsumist takistavad omadused (Jones ja Betts, 2009; Sebranek ja Bacus, 2007). Samas on teada, et jääknitrit võib olla katserogeensete N-nitrosoamiinide tekke faktoriks. Nitriti jääkkoguste kontrollimine on raskendatud nitraatide kasutamise korral, seetõttu on nitritsoolade kasutamine levinum (Sebranek ja Bacus, 2007).

Nitritil on liha sooladega töötlemisel mitmeid olulisi funktsioone nagu toote värvuse säilitamine, maitseomaduste parandamine, mikroobide kasvu inhibeerimine ning rääsumise aeglustamine (Gray ja Pearson, 1984). Kuna nitrit on kergesti reageeriv ühend, siis on selle lisamisega seonduvad keemilised protsessid lihas kompleksed, hõlmates reaktsioone mitmesuguste substraatidega.

Toorestes soolamisliisanditega töödeldud lihatoodetes on punane värvus tingitud nitrosüülmüoglobiinist. Viimane moodustub müoglobiini lämmastikoksiidiga reageerimisel. Nitritsool on lämmastikoksiidi põhiallikas ning lahustes on nitritioon tasakaalus dissotsieerimata lämmastikushappega. Nõrgalt happelistes tingimustes lagundatakse

lämmastikushape lämmastikoksiidiks. Nitrit on ka oksüdeerija, mis kergesti muundab müoglobiini metmüoglobiiniks, mis omakorda taandatakse nitrosüülmüoglobiiniks. Müoglobiini muundamine nitrosüülvormiks on mittetäielik ega ole alati ühtemoodi kulgev protsess, kõikudes erinevates lihaproovides 35% ja 75% vahel juhul, kui nitriti algne kogus on 100 kuni 150 ppm-i (*parts per million*) (Ranken, 2000). Kuumutamise ajal nitrosüülmüoglobiin denatureerib roosakaks nitrosüülmüokromogeeniks, mida tuntakse ka CCMP (*Cooked Cured Meat Pigment*) nimetuse all. Seega, võrreldes värvi tekitamisega nitritsooladega töödeldud lihatoodetes, nitrit pigem seob roosakat värvust mainitud toodetes (Pegg ja Shahidi, 2000). Oluline on teada, et soolamislisanditega töödeldud lihatoodete punase värvuse intensiivsus ei ole seotud niivõrd nitriti kontsentratsiooniga, kuivõrd lämmastikoksiidi poolt stabiliseeritud müoglobiini kogusest lihases. Näiteks, kui töödelda ühesuguse koguse soolamislisanditega veiselihakonservi ning sinki, siis konserveeritud veiselihale tekib oluliselt punakam värvus. Askorbiinhappe, askorbaatide või eritorbaatide lisamine kiirendab nitriti redutseerumist lämmastikoksiidiks ning viimase reaktsiooni müoglobiiniga (Sebranek ja Bacus, 2007; Pegg ja Shahidi, 2000). Arvatakse, et askorbaat tugevdab soolamislisandite mõju, mistõttu selle kasutamisel koos nitritsoolaga oleks võimalik toodetes vähendada nitritite kogust ligikaudu ühe kolmandiku võrra. Samuti aitab askorbaat eemaldada hapniku jääke, mille olemasolu pärsib iseloomuliku värvi teket soolamislisanditega töödeldud lihatoodetes (Ranken, 2000).

Liha maitseomaduste seosed nitritsooladega töötlemisel on kõige vähem arusaadav osa nitritite keemiast (Sebranek ja Bacus, 2007). Üks võimalik faktor võib olla tingitud nitriti mõjust lipiidide oksüdatsioonile. Gray ja Pearson (1984) teatasid, et nitrit aeglustab rääsumist ning lipiidide oksüdeerumist lihatoodetes. On selge, et rääsumine tekitab kõrvalmaitse. Arvatakse, et nitriti antioksidantne efekt on sarnane värvitekke mehhanismiga, mis põhineb heemi raua redutseerimisel vormiks, mis ei soodusta oksüdeerumist (Pierson ja Smoot, 1982). Mõnede teiste antioksidantide kasutamine aga ei oma lihatoodete maitse tekkele nitritile sarnast toimet, mistõttu võib järeldada, et tegemist ei ole üksnes antioksidantse efekti mõjuga. On leitud, et nitritil on antioksidantne toime veel 50 ppm kontsentratsiooni juures, mis on võimeline redutseerima tiobarbituurhappe (rääsumise faktor) väärtusi 64% ulatuses veise-, sea- ning kanaliha puhul (Sebranek ja Bacus, 2007). On väidetud, et nitritsooladega töödeldud lihale omane maitse võib olla tingitud ka nitriti komponentide reageerimisest lihastes sisalduvate väevliühenditega. Mitmed sensoorse analüüsi katsed on näidanud, et hindamispaneeli skoor on lihamaitsesele seda kõrgem, mida rohkem on lihatoodetele lisatud nitritit (Pierson ja Smoot, 1982). Nitritit kasutamata on võimalik lihatoodete maitseomadusi ning antioksidantsust tõsta ka nt suitsutamise (Tichivangana et al., 1984). Pegg ja Shahidi (2000) väitsid, et aktsepteeritava maitsega peekonit on võimalik toota ka ilma nitritita, kuna keedusoolal on töödeldud lihatoodete maitsele nitritist olulisem roll.

Erinevad uuringud on jõudnud järelduseni, et nitritit on võimalik töödeldud lihatoodetes asendada, kuid see eeldab kindlasti erinevate ühendite kombinatsiooni kasutamist, kuna ei ole olemas ühest alternatiivi nitritile. Võrreldes nitriti täieliku eemaldamisega, võimaldavad alternatiivsed ained pigem nitriti koguste vähendamist lihatoodetes, seeläbi ka tervisele ohtliku nitrosoamiinide tekke vähendamist. Tooted, kuhu nitritit ei ole lisatud, on lühema säilimisajaga, värvuselt hallikad või tumedad ning eeldavad väga kõrgete hügieenistandardite ning külmaketi katkematus rakendamist kogu tootmisprotsessi ning turustamise vältel (Mulvey et al., 2010).

3. Nitraadi ja nitriti toksilisus

Nitraadi ja nitritiga seonduvad terviseprobleemid võib jagada akuutseks ehk ägedaks toksilisuseks või pikaajaliseks kokkupuuteks, mille tagajärjel võib avalduda krooniline

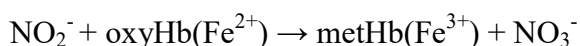
toksilisus. On teada, et nitraatioonid ise on madala toksilisusega, kuid nende muundumine nitritiks, kas toidus või inimorganismis, võib kujutada tähelepanuväärset riski terviseprobleemide tekkes inimesel. Nitraatide redutseerumine nitrititeks võib toimuda ensüüm nitraadi reduktaas või siis bakterite elutegevuse toimetel, samuti nitraatide kokkupuutel metallidega. Happelises keskkonnas on nitrit ebastabiilne, mistõttu võivad kergesti moodustuda nitraat või lämmastikoksiid. Samuti võib nitrit happelises keskkonnas kergesti reageerida erinevate toidus sisalduvate ühenditega nagu amiinid, amiidid, fenoolid ja tioolid (Hill, 1996). Arvatakse, et ligikaudu 5-9% erinevate toiduga saadavast nitraadist muudetakse nitritiks ainuüksi suuõõne mikrofloora poolt (McKnight et al. 1999; Mensinga et al., 2003; WHO 2003; EFSA 2008; Larsson et al. 2011). Kuid Leth et al. (2008) põhjal võib nitraadist nitritiks muundumise määr olla veel suurem 5-20%. Soomes teostatud kvantitatiivse riskihinnangu saamiseks võtsid Suomi et al. (2016) aluseks konservatiivse määra 7%.

Nitraati toodetakse ka imetajate organismis endogeenselt läbi lämmastikoksiidi oksüdatsiooni, kusjuures on leitud, et tekkinud nitraat toimib söödud toidule koguni desinfitseerivalt (Benjamin, 2000; Archer, 2002).

Võrreldes nitraadiga omab nitrit suuremat akuutset toksilisust ning ebastabiilse ioonina teeb toidus läbi terve reaktsioonide seeria. Happelises keskkonnas muundatakse nitrit lämmastikuhappeks, mis omakorda laguneb lämmastikoksiidiks. Lihatoodete töötlemisel nitritsooladega reageerib tekkinud lämmastikoksiid müoglobiiniga, mille tulemusena tekib punane pigment – nitrosomüoglobiin. Viimastest tuleneb üks põhjustest, miks nitritit kasutatakse toidu lisaainena. Muidugi on ka teisi põhjuseid, kusjuures kõige olulisemaks tuleb pidada *Clostridium botulinum*'i vastast toimet.

Võrreldes toksilise doosiga on toiduga saadavad nitritite kogused tavapäraselt madalad, kuid probleemiks on see, et selle olemasolul toidus ning inimorganismis, võivad tekkida kantserogeense toimega nitrosoamiinid ning väikelastel methemoglobineemia haigusele iseloomulikud kliinilised sümptomid (Vermeer et al., 1998; Sanches-Echaniz ja Benito-Fernandez, 2001).

Nitriti akuutse toksilisuse põhimehhanism on oksühemoglobiinis (oxyHb) raud II iooni (Fe^{2+}) oksüdeerumine raud III iooniks (Fe^{3+}), produtseerides seeläbi methemoglobiini (metHb).



Methemoglobiin on pöördumatult võimetu siduma, seega ka transportima hapnikku. Nitriti akuutse toksilisuse ning seega ka tervisele kahjuliku efekti kõige laialdasemalt levinud tagajärjeks on methemoglobiini teke ning sellest tulenevad methemoglobineemia sümptomid, mida nimetatakse nn sinise beebi sündroomiks (Knobeloch et al., 2000). Sellegipoolest esineb kliiniliste sümptomitega haigestumisi suhteliselt harva ning need esinevad reeglina beebidel, kes on alla 90 päeva vanused. Haigusele iseloomulike sümptomite teke vanematel lastel võib olla tingitud nt C-vitamiini vaegusest ning täiskasvanutel liiga madalast maohappesusest (Hill, 1996). Juhul, kui methemoglobiini sisaldus kogu hemoglobiinis ületab 10%, põhjustab see tsüanoosi, mis väljendub selles, et inimese huuled ja nahk muutuvad sinakas-halliks ning vere värvus šokolaadikarva. Kui methemoglobiini sisaldus kogu hemoglobiini hulgas tõuseb 60%-ni, siis on see inimesele letaalne. Tavapäraselt on täiskasvanud organismis methemoglobiini 1-4% kogu hemoglobiini hulgast. Kirjanduse andmetel (Rechetzki et al. 2012) võib veel kliiniliselt tervetel 6-10aastastel lastel olla methemoglobiini 3,6 kuni 6,4%. Kui juba üle 10% on hemoglobiin veres seotud, siis kutsutakse seda seisundit methemoglobineemiaks.

Juba 1996. aastal avaldas Speijers andmed nitraatioonide toksilisuse kohta, leides, et methemoglobiini teke, seega ka nitraat ioonide toksiline toime leiab aset juhul, kui

nitraatioonide kontsentratsioon on vahemikus 33 – 350 mg/kg kehakaalu kohta. Samuti väitista, et nitraatioonide sellised kontsentratsioonid võivad kergesti põhjustada imikute surma (Speijers, 1996). Nitritid reageerivad kiiresti hemoglobiiniga ning tekib methemoglobiin, millisel puudub võime transportida hapnikku.

Imikud, kelle toidu valmistamisel kasutatakse kõrge nitraadi sisaldusega joogivett, on eriti tundlikud methemoglobineemia suhtes, kuna tarbivad kg/kehakaalu kohta rohkem vedelikke. Kuna imikute maohappe produktsioon on suhteliselt väike, siis muundavad bakterid nitraadi kergesti nitritiks ning seda just seedekanali ülaosas (Hill, 1996). Kaevuvee tarbimisega seonduvad methemoglobineemia juhtumid on eelkõige seotud olnud ebahügieeniliste kaevudega, mistõttu tuleks eelistada joogivee standardile vastava vee tarbimist, seda eriti väikelaste puhul.

Võrreldes lihatoitudega on nitraatide ja nitritite poolt väikelastele tekitatud terviseriskid märkimisväärselt suuremad kõrge nitraadisaldusega köögiviljade ning nendest valmistatud püreede söömisel. Oluline riskifaktor väikelaste methemoglobineemia tekkes on ka kodus valmistatud köögiviljapüreede vale säilitamine ehk säilitamine pika aja jooksul toatemperatuuril (Sanches-Echaniz ja Benito-Fernandez, 2001).

Krooniline efekt on tingitud redutseerunud nitriti reageerimisvõimest amiinide ja amiididega, mille tulemusena moodustuvad N-nitrosoühendid. Nagu eelnevalt mainitud võib nitrosoühendite teke toimuda peamiselt kahte teed pidi: esiteks toidu valmistamise ja säilimise jooksul ning teiseks endogeenselt maos, kuhu jõuab suuõõnes sülje ensüümide toimel endo- ja eksogeenselt nitraadist redutseerunud nitrit (Du et al., 2007). Bakterite olulisust nitraatide muundamisel nitrititeks on tõestatud uuringutes, kus on leitud, et mõned laiatoimespektriga antibiootikumid vähendasid oluliselt süljes nitritite teket (Dougall et al., 1995).

Loomkatsetega on tõendatud, et N-nitrosoühendid on kantserogeensed, tabandades erinevaid organeid enam kui 40-l loomaliigil, k.a. primaatidel (Eichholzer ja Gutzwiller, 2003), mistõttu on enam kui tõenäone, et kantserogeenne efekt võib avalduda ka inimestel (Gangolli et al., 1994; Turrini et al., 1991). Kuigi N-nitrosoamiinide kantserogeensust ei saa inimestel samadel alustel hinnata, viitavad mitmed epidemioloogilised uuringud nitrosoamiinidest tingitud vähkkasvajate tekke võimalikkusele inimesel (Knekt et al., 1999; Pegg ja Shahidi, 2000). Kasutada olevate andmete põhjal ei saa lõplikult tõendada ega ka välistada toiduga saadavate nitraatide ja nitritite ning N-nitrosoühendite seoseid. On võimalik, et kahjulike ühendite tekkes omavad seost ka teised olulised faktorid nt töödeldud liha- ja kalatoode mõned koostisosad, samuti juur- ja puuviljades sisalduvate ainete ning mõnede nitroseerivate (*nitrosation*) inhibiitorite toiduga omastamine (Eichholzer ja Gutzwiller, 2003). Kuigi teaduspõhiseid tõendeid on vähe seostatakse toiduga saadavate nitritite kantserogeensust maosoolkanali, eriti kõhunäärmevähi tekkega (Pour et al., 1981). Nitroseerivaid ühendeid on loomkatsetes avaldanud ka teratogeenset efekti läbi DNA alküleerimise, mis avaldab tsütotoksilist efekti. Loote väärarengud on indutseeritud kas idurakkude mutatsioonidest või nitrosoühendite transplantsentaarsest ülekandumisest loote organismi (Dougall et al., 1995). Mõned autorid oletavad, et N-nitrosoühendid ning nende lähteained või ainevahetuse modulaatorid võivad olla erinevat tüüpi ajukasvajate tekke riskifaktoriteks. Samas on uurimistööde järeldustes öeldud, et nii köögiviljade, joogivee kui töödeldud lihatoodete tarbimise seoseid nitraatidest ja nitrititest tingitud vähi tekkega inimestel ei ole senini suudetud veel piisavalt tõendada, mistõttu tuleb jätkata teaduspõhiste andmete kogumist (Eichholzer ja Gutzwiller, 2003; Brambilla ja Martelli, 2007; EFSA, 2008). Hiljutise (2015. a.) Maailma Terviseorganisatsiooni (WHO) rahvusvahelise vähiuuringute esindusorgani (IARC, *International Agency for Research of Cancer*) poolt esitatud teadusliku arvamuse alusel paigutatakse töödeldud liha gruppi 1, mis tähendab seda, et uuringud on tõestanud toitumise ja vähi seose. Avaldati arvamust, et iga 50-grammine töödeldud liha portsjon

igapäevase tarbimisena suurendab käär- ja pärasoolevähi riski 18%. Punane liha paigutati gruppi 2A, mis tähendab seda, et inimeste puhul kindlad tõendid punase liha tarbimise ja vähitekke seostest veel senini puuduvad. Võimaliku kantserogeense efekti põhjusena esitati nii punases lihas kui töödeldud lihas olev heemi raud ning liha töötlemisel tekkivad kantserogeensed kemikaalid nt PAH-id (polütsüklilised aromaatsed süsivesinikud) ja N-nitrosoühendid (WHO, 2015).

4. Nitraatide ja nitritite sisaldused lihatoodetes ja toiduga tarbimine, varasemad uuringud

Avaldatud on mitmeid nitraatide ja nitritite saadavust käsitlevaid hinnanguid, kahjuks on neid raske või võimatu omavahel võrrelda ning isegi tõlgendada, sest puuduvad olulised aspektid uuringute läbi viimise detailide kohta. Ideaalseks tuleb arvata uuringut, kus nitraatide ja nitritite saadavuse (eksponeringu) hindamisel on arvesse võetud kõikvõimalikke allikaid, kasutatud on piisava tundlikkusega analüüsimeetodeid ning on olemas erinevate vanusegruppide kohta väga põhjalikud toidu tarbimise andmed. Siiski on enamikes uuringutes keskendutud nitraatide ja nitritite rikaste toitude ning joogivee uuringutele. Leth et al. (2008) uuringus leiti vahemikus 1995. kuni 2006. aastani töödeldud lihatoodetes nitriteid: maksapasteedis 0-4 mg/kg, pasteedis 4,1-7,6 mg/kg, rasvase lihaga võileivas 12,6-23,7 mg/kg, lahja lihaga võileivas 12-24,3 mg/kg; salaamis 8,5-16,7 mg/kg, vorstides 7-19,4 mg/kg kohta. Larsson et al. (2011) Rootsis teostatud uuringus toodi välja ka töödeldud lihatoodetes nitraatide ja nitritite sisaldused: NO_3^- ja NO_2^- sisaldused oli peekonis 8,7 mg/kg ja 2,2 mg/kg, vorstis 15,3 mg/kg ja 7,7 mg/kg, salaami ja võileivavorstis 6,2 mg/kg ja 0,7 mg/kg, kanalihavorstis 12,6 mg/kg ja 34,1 mg/kg, suitsutatud kalkunilihas 6,9 mg/kg ja 23,5 mg/kg, keedusingis 4,0 mg/kg ja 0,6 mg/kg, suitsusingis 3,5 mg/kg ja 1,1 mg/kg ja maksapasteedis 18,4 mg/kg ja 20,5 mg/kg. Temme et al. (2011) Belgias teostatud uuringus leiti, et NO_3^- ja NO_2^- sisaldused lihatoodetes olid singivorstides 31,6 ja 34,4 mg/kg, keeduvorstides 35,3 ja 21,6 mg/kg, toorvorstides 40,4 ja 13,2 mg/kg, konservvorstides 23,5 ja 12 mg/kg, keedusingis 18 ja 6,6 mg/kg, maksapasteedis 57,3 ja 6,6 mg/kg, peekonis 85,9 ja 4,8 mg/kg.

Toiduga saadavad nitraatide ja nitritite kogused on indiviiditi, regiooniti kui riigiti väga erinevad. Varasemas WHO uuringus (2003) kalkuleeriti nitraatide ja nitritite saadavad kogused ülemaailmsel tasandil, kasutades keskmiseid toidutarbimise andmeid ning keskmiseid nitraatide ja nitritite koguseid toitudes, k.a. joogivees. Nitraatide saadavus (tarbimine) toiduga moodustas 70% ADI väärtusest Euroopa toitumisandmete põhjal ning teiste regioonide puhul jäi see vahemikku 10-25%. Nitritite saadavus toiduga moodustas 50% ADI väärtusest Lähis-Ida ja Kaug-Ida riikides ning 40% Aafrika, Ladina-Ameerika ning Euroopa toitumisandmete (dieetide) põhjal. Leiti, et juur- ja köögiviljad k.a. kartul moodustasid põhiosa nitraatide toidupõhises saadavuses, moodustades sellest 30-90% ning joogivesi oli järgmine kõige olulisem nitraatide allikas moodustades hinnanguliselt 5-40% kogu nitraatide toiduga saadavusest. Varasemates uuringutes leiti, et keskmine nitraatide saadavus inimese kohta, arvestades erinevate uuringute andmeid, oli Euroopas vahemikus 50 ja 140 mg/päevas ning USA-s 40-100 mg/päevas (Ysart et al., 1999; Mensinga et al., 2003). Harrison (2005) täheldas, et brittide poolt toiduga saadavate nitraatide kogused on ajas veidi langenud, seda roheliste aedviljade (salatid) nitraatide sisalduse vähenemise arvel. Seega, varasemad uuringud on tõendanud, et nitraatide toiduga saadavus tuleneb eelkõige köögiviljade ja joogivee tarbimisest.

Mitmed autorid on varasemalt uurinud laste kui kõige tundlikuma rühma poolt toiduga saadavaid nitraatide koguseid. Soome uuringus leiti, et väikelaste poolt päevas toiduga saadav nitraatide keskmine kogus oli 48 mg (Penttilä, 1995). Poolas (Wawrzyniak et al., 2003) ületas 1-6aastaste laste poolt toiduga saadav nitraatide kogus tollast ADI väärtust kahekordselt, kuid

Eestis oli nitraatide toiduga saadavus sama vanusegrupi laste puhul keskmiselt 28 mg/päevas ehk 46% ADI-st ning vanusegrupis 6-12 kuud 7,8 mg/päevas ehk 22% ADI väärtusest (Tamme et al., 2006). Nitritite toidust saadavuses moodustasid WHO uuringus põhiosa teraviljatooted, joogid ning joogivesi, kusjuures teraviljatooted moodustasid hinnanguliselt 35-60% ning joogivesi 20-40% (WHO, 2003). Maailma Terviseorganisatsiooni uuringu kokkuvõttes tõdeti, et kuigi toiduga saadavad nitraatide ja nitritite kogused keskmiste tarbimisnäitajatena ei ületanud ADI väärtusi, oli alati ka neid tarbijaid, kelle puhul ADI väärtused on ületatud mitmekordselt ning seda nii nitraatide kui nitritite toiduga saadavuse näitajate puhul (WHO, 2003).

Liha ja töödeldud lihatoodetega saadavad nitritite kogused varieeruvad erinevates riikides suuresti. Riikides, kus töödeldud lihatooteid tarbitakse rohkesti, moodustab toidu lisaainetest saadav nitritite kogus märkimisväärse proportsiooni kogu toiduga saadavast nitritite kogusest. Nii varasemas Poola kui Jaapani uuringus andsid lihatooted koguni 98% kogu toiduga saadavast nitritite kogusest (Murata et al., 2002; Wawrzyniak et al., 2003). Soome uuringu andmete põhjal hinnati, et keskmine toiduga saadava nitriti kogus oli 5,3 mg/päevas (150% ADI-st), kusjuures 95% nitritist saadi lihatoodetest.

Eesti varasemate uuringute põhjal võib väita, et nitrititega töödeldud vorstitoodete tarbimisel on nitritile kehtestatud ADI väärtusi laste puhul kerge ületada (Reinik et al., 2005). Uuringus leiti, et Eestis oli keskmine nitriti saadavus töödeldud lihatoodetest 0,83 mg päevas, jäädes vahemikku 0,37- 1,4 mg/päevas. Nitraatide päevased lihatoodetest saadavad doosid jäid vahemikku 0,75 – 2,7 mg/päevas ning keskmine nitraadi saadavus töödeldud lihatoodetest oli 1,7 mg/päevas. Võrreldes tollase ADI väärtusega (0,06 mg/kg kehakaalu kohta) leiti, et vanusegrupis 1-6 aastat oli keskmine nitriti saadavus 140% perioodil 2000-2001 ning 105% perioodil 2003-2004. Üle seitsme-aastaste laste puhul eelmainitud ADI väärtusi ei ületatud. Leiti, et uuringus osalenud 346-st lapsest ületas koguni 137-l saadud nitriti kogus ADI väärtust. Keskmine nitraadi saadavus töödeldud lihatoodetega oli madalam kui 5% ADI väärtusest kõikide vanusegruppide puhul. Samas uuringus leiti, et N-nitrosoamiinide N-nirosodimetüülamiini (NDMA) ja N-nitrosodietüülamiini (NDEA) sisaldused lihatoodetes jäid vahemikku 0,1 – 90 µg/kg, kusjuures 8,6% analüüsitud lihatoodetest sisaldas N-nitrosoamiine üle sel hetkel kehtinud piirmäära. Päevased saadavad NDMA + NDEA doosid (Reinik et al., 2005) jäid vahemikku 0,032 – 0,12 µg ning keskmine doos oli 0,073 µg päevas. Soome Toiduohutus amet Evira ja Soome rahvusliku tervise ja heaolu instituut ja Soome rahvuslik toitumis nõukogu on soovitanud nitrititega töödeldud lihatooteid alla 1aastastele lastele, mitte anda - nt. külmlõikeid (singi, salaami ja teised vorstiviilud) ja vorstikesed (viinerid, sardellid, grillvorstid ja teised sarnased tooted). 1 kuni 2aastaste väikelaste menüü, ei tohiks sisaldada nitrititega töödeldud lihatooteid rohkem kui kord nädalas. 3 kuni 6aastaste laste nitrititega töödeldud lihatoodete tarbimisse peaks hoidma samuti madala. Alla kooliealised lapsed võivad maksimaalselt süüa 150 g nitrititega töödeldud lihatooteid nädalas. Lahti kirjutatuna oleks see üks toidukord, milles tarbitakse vorstikesi ning igal päeval üks külmlõige. Või vanemate laste korral, kaks vorstikestega toidukorda nädalas ning igal päeval kaks külmlõiget (Evira, 2013b).

5. Nitraadi ja nitriti kasulikud toimed

Nitraadi ja nitriti kasutamise otstarbekus antimikroobse ühendina, k.a. toidu säilitus-, maitse- ning värvainena liha- ja kalatoodetes, oli hästi teada juba 19. sajandi lõpus. Tuleb tõdeda, et ka tänapäeval on mainitud kasulikud omadused nitraadi ja nitriti lihatoodetes kasutamise peamiseks põhjenduseks (L'hirondel ja L'hirondel, 2002). Aja jooksul on teadlased tõestanud, et nitritil on suurepärase antibakteriaalne toime *Clostridium botulinum*'i ning mitmete teiste

bakterite suhtes nagu patogeenne *Salmonella* ja *Escherichia coli* (patogeensed tüved). Lisaks patogeenide vastasele toimele omavad nitraat ja nitrit teatud doosides pärssivat toimet ka toidu riknemist põhjustavate mikroorganismide kasvule. Tegelikult ei ole otseselt nitraadil keemilistest omadustest tingituna bakteritsiidset toimet, kuid toimet omavad nitraadi metaboliidid nagu nitrit, lämmastikushape, dilämmastikoksiid ja lämmastikoksiid (Tompkin, 1993; Duncan et al., 1995). Nitritite bakteritsiidne toime happelistes tingimustes, nagu suuõõnes ja maos, on tõestatud *Yersinia enterocolitica*, *Salmonella enteritidis*, *Salmonella typhimurium*, *Shigella sonnei* ja *Escherichia coli* suhtes (Dykhuizen et al., 1996). Läbi nitriti hapestamise omab nitraat, täiendavalt suuõõne ja maole, nakkusvastast toimet ka nahapinnale ning hingamis- ja kuseteedele (Robbins ja Rennard, 1997; Weller et al., 1997; Lundberg et al., 2004). Mitmed teadlased on tõestanud, et nitraadi üks taandumisproduktidest – lämmastikoksiid – on igati kasulik inimese tervisele. Nimelt, signaalmolekulina reguleerib ta mitmeid organismi füsioloogilisi funktsioone ning kaitseb peremeesorganismi patogeenide suhtes (Archer, 2002). Lämmastikoksiid toimib vasodilaatori ning trombotsüütide kokku kleepumist takistava faktorina, mistõttu tema puuduse korral võivad tagajärjeks olla arterioskleroos, madal vererõhk, diabeet ning paljud teised haigused (Coss et al., 2004). Mitmed hambapastad sisaldavad nt kaaliumnitraati, mis vähendab hammaste ülitundlikkust järskudele temperatuuri muutustele. Nitraatide vesilahuseid lisatakse mitmetesse seeninfektsioonide ning põletuste vastastesse ravimitesse nt salvidesse. Viimastes on nitraadi ioonid vajalikud ravimi aktiivaine ravimlahuses hoidmiseks (Orchardson ja Gillam, 2000). Seega on nitraadil ja nitritil nii kasulikke kui kahjulikke toimeid inimorganismile, mistõttu on oluliselt raskendatud ka kõrgetasemeliste teaduslike riskihinnangute tegemine ning nende tulemite usaldusväärne tõlgendamine.

6. Nitrititega töödeldud lihatoodete säilitamisel nitrititega toimuvad muutused

Lihatoodetes sisalduvate nitritite kogused lihatoote valmistamise käigus ning säilitamisel langevad. Eriti kiire langus toimub tootmisprotsessi käigus ning seda mõjutavad kuumtöötlemise temperatuur, pakendamine jne. Lisaks on tehtud kindlaks, et nitritite lagunemine on seotud ka tootes sisalduvate askorbaatide või erütrobaatide hulgaga, need kiirendavad nitritite lagunemist (EFSA, 2003). Puolanne & Ruusunen (2003) andmetel jäi lihatoodetesse lisatud nitrititest umbes 55% algsest kogusest ning "kõlblik kuni" viimasel päeval oli lisatud kogusest alles vaid 24%. Venemaal teostatud uuringus Kudryashov (2003) esitati nitritite sisaldusega toimuvad täpsemad muutused emulsioon-tüüpi vorstides (nt. keeduvorstid, viinerid, sardellid jt.).

Tabel 1. Emulsiooni tüüpi vorstide säilitamisel 2 °C juures nitritite sisaldusega toimuvad muutused ajas (Kudryashov, 2003; Honikel, 2008)

Säilitusaeg	Tootele lisatud nitritite kogus (mg/kg)			
	75	100	150	200
Pärast kuumtöötlemist	21,9	30,5	59,5	53,7
20. päeva järgsel säilitamisel	7,5	9,3	10,2	15,4
40. päeva järgsel säilitamisel	3,6	6,4	7,6	7,7
60. päeva järgsel säilitamisel	0,5	0,9	4,0	5,8

Dordevic et al., (1980), uuris erinevate pH-dega ja erinevate nitraatide ja nitritite sisaldusega lihasegudega kuumutamisel ja säilitamisel toimuvat. Tabeli 2 toodud andmetest järeldub, et madalama pH sisaldusega lihasegus toimub ka kõige kiirem nitritite lagunemine. Kõige suurem nitritite sisalduse langus leiab aset kuumtöötluste käigus.

Tabel 2. Pärast kuumtöötlemist lihale lisatud nitrititega toimuvad muutused erinevatel pH tasemetel - nitritite lagunemine ja nitraatide tekkimine (Dordevic jt. 1980)

pH	Säilitusaeg päevades	Nitritid		Nitraadid	
		Lisatud 100 mg	Lisatud 200 mg	Lisatud 100 mg	Lisatud 200 mg
5,3	Pärast	28	70	20	50
	kuumtöötlust				
	6	20	41	16	27
	12	5	18	9	20
5,8	Pärast	45	120	30	64
	kuumtöötlust				
	6	24	110	22	40
	12	13	21	8	17
6,3	Pärast	58	135	18	40
	kuumtöötlust				
	6	41	112	17	30
	12	31	90	10	22

Dordevic et al., (1980), uuris ka pastöriseerimise ning steriliseerimise mõju nitritite ja nitraatide sisaldustele lihatoodetes. Oluline on teada ka lihase pH väärtust, nimelt erinevad lihased võivad olla erineva pH väärtusega. Ka selles uuringus järeldus, et mida madalam pH, seda kiiremini nitritid lagunevad. Kui homogeniseeritud lihamassile lisati 100 mg/kg NaNO₂, siis selle kontsentratsioon hakkas töötlemise käigus alanema. Pärast pastöriseerimist oli nitriti tase langenud pH 5,8-ga lihasegus 38,6 mg/kg ning pH 6,15-ga lihasegus 49,2 mg/kg. Ning steriliseerimisjärgselt olid vastavad näitajad juba 12,9 ning 15,6 mg/kg. Lihatoodete töötlemise ja säilitamise käigus nitritid reageerivad teiste ühenditega ning seega ei ole neid enam võimalik tuvastada.

Nitraatide ja nitritite asendamisvõimalused lihatoodetes

Nitraatide ja nitritite kasutamine lihatoodete valmistamisel on tänapäeval laialdaselt levinud. Teadaolevalt on aga juba alates 1970ndatest aastatest otsitud võimalusi nitritite kasutamise vähendamiseks lihatoodetes (Mulvey et al., 2010), et vähendada töödeldud lihatoodete tarbimisest tingitud nitrosoamiinide toksilist mõju inimese tervisele. Tuleb tõdeda, et senini ei ole suudetud leida nitraadi ja nitriti asemele samaväärset rahvatervise seisukohalt ohutut ja efektiivset lisaainet, mis täidaks lihatoodetes kõik soovitud eesmärgid sarnaselt nitraadi ja/või nitriti toimega. Võimalused on aga olemas nitriti koguste vähendamiseks lihatoodetes, mis saavutatakse nitriti teiste lisaainete või nt taimsete lisanditega osalise asendamisega.

Alternatiividena on pakutud välja taimsete lisandite, sorbaadi, piimhappebakterite, lükopeeni, keedusoola, bensoaatide, äädikhappe ja sidrunmahla, värvipigmentide, värvainete, laktaadi ja/või nisiini jt kasutamist või koguni lihatoodete kiiritamist (Mulvey et al., 2010). Nitritsoola kasutamisest tingituna nitrosoamiinide teke nii toidus kui inimorganismis ning selle

kantserogeensus on tegurid, mis mõjutavad lihatoodetes senisest enam kasutama taimset päritolu toidu lisaaineid. Seeläbi vähendatakse lihatoodete keemilisi ohte ja saadakse tervislikumad lihatooted. Kaaluda võib ka lihatoodete säilivusaja lühendamist ja/või keedusoola kontsentratsiooni (sh veeaktiivsuse) suurendamist tootes ja/või toote pH alandamist. Samas, uutes toitumissoovitustes öeldakse, et keedusoola sisaldust toidus tuleks tervikuna vähendada ning liiga happelised tooted ei pruugi kattuda tarbijate maitse eelistustega. Nitritit kasutamata on võimalik lihatoodete maitseomadusi ja antioksüdantsust tõsta nt liha/lihatoodete suitsutamisega. Pegg ja Shahidi (2000) leidsid, et aktsepteeritava maitsega peekonit on võimalik toota ka ilma nitritita, kuna keedusoolal on töödeldud lihatoodete maitsele nitritist olulisem roll.

Kuna nitritsoolasid kasutatakse lihatoodetes *Cl. botulinum*'i kasvu pidurdava toime tõttu (Furia, 1968), siis nitriti täielik kõrvaldamine lihatoodetest ei pruugi tagada toodete mikrobioloogilist ohutust. Seepärast kõikidel alternatiivsetel lisanditel või lisaainetel võivad eraldi esindatud olla lihatoodetes kas värvust, maitset, lõhna tugevdavad või antibakteriaalsed omadused, kuid parim efekt saavutatakse siiski nitritiga kombineerituna. Näiteks, Al-Shuibi ja Al-Abdullah'i (2002) uuring näitas, et nitriti täielik asendamine säilitusaine sorbaadiga ei ole *Mortadella* vorstides võimalik, kuid mõeldav on nendes toodetes sorbaadi (koguses 1000 või 2600 ppm) kasutamine kombineerituna nitritiga (koguses 80 ppm), mis andis vorstides võrdväärse tulemuse nitriti kasutamisega (koguses 120 ppm).

Tänapäeval peab tarbija väga oluliseks lihatoodete punase värvuse olemasolu, mis saavutatakse eelkõige nitriti toimega lihale. Samas on teada, et soolamislisanditega töödeldud lihatoodete punase värvuse intensiivsus ei ole seotud niivõrd lihatoodetes kasutatava nitriti kogusega, vaid lämmastikoksiidi (NO) poolt stabiliseeritud müoglobiini kogusega lihas. Nii on täheldatud, et askorbiinhappe, askorbaatide või erütorbaatide lisamine kiirendab nitriti redutseerumist NO-ks ning viimase reaktsiooni müoglobiiniga (Sebranek ja Bacus, 2007; Pegg ja Shahidi, 2000), mille tulemusena tekib lihale punakam värvus. Seepärast arvatakse, et askorbaat tugevdab soolamislisandite mõju, mistõttu askorbaadi kasutamisel kombineerituna nitritsoolaga oleks võimalik toodetes vähendada nitritite kogust ligikaudu ühe kolmandiku võrra (Ranken, 2000).

Lisaks nitraat- ja nitritsooladele on võimalik lihatoodetes kasutada fosfaate, näiteks naatriumtripolüfosfaati, mis omab lihatoodetes mikroobide kasvu pidurdavat toimet, eriti Gram-positiivsete bakterite suhtes (Werner et al. 2004). Lisades lihatoodetesse C- ja E-vitamiini, on sel moel samuti võimalik pidurdada kantserogeensete ühendite teket, mis reeglina moodustuvad nitritite reageerimisel amiinidega (Kikas et al. 2012). Maitse ja aroomiomaduste parandamiseks on võimalik kasutada taimedest ekstraheeritud eeterlike õlisid, mis võivad mõningatel juhtudel lihatoodetes omada head antibakteriaalset ja antioksüdantset toimet (Werner et al. 2004). Teada on ka bensoaatide kasutamise võimalused lihatoodetes. Looduslikult esineb bensoehapet rohkesti mõnedes marjades nt jõhvikas ja pohlas. Mitmed teadusuuringud on kinnitanud bensoehappe inhibeerivat mõju *L. monocytogenes*'ele (Islam et al. 2002) ja *E. coli* kasvule (Zhao et al. 1993) ning mõningast toimet mitte-proteolüütilise *Cl. botulinum*'i suhtes soola mitte sisaldavas puljongis (pH=7) (Jones and Betts, 2009). Davidson et al. (2002) uuringus täheldati bensoehappe inhibeerivat mõju hallitus- ja pärmseente kasvule. On teada, et bensoaadid on kõige efektiivsemad happelistes (pH 2,5-4,0) tingimustes, mida tuleks arvesse võtta lihatoodete tehnoloogias. Paljudes puu- ja köögiviljades ja marjades (pohlad, mustikad) leidub nii flavonoole, teisi fenoolseid komponente, katehhoole, antotsüaane kui ka orgaanilisi happeid (Raudsepp et al. 2013; Chaovanalikit et al. 2004), millest mõnedel on head antibakteriaalsed omadused ka toidupatogeenide suhtes. Näiteks rabarberil (sh juured, varred) on täheldatud häid antimikroobseid omadusi, mida seostatakse rabarberis sisalduva antrakinooni hulka kuuluva

rheini (ingl k *cassic acid*) kõrge sisaldusega (Tegos et al., 2002). Raudsepp *et al.* (2013) uuring näitas uuritud taimeleotistest rabarberi juureleotise väga head antimikroobset toimet kõigi uuritud bakteritüvede, nagu *B. subtilis*'e, *K. rhizophila*, *L. acidophilus*'e, *B. bifidum*'i, *L. monocytogenes*'e, *E. coli* ja *C. jejuni* suhtes, sellele järgnes tõhusa antimikroobsuse poolest must sõstar, mis inhibeeris viie uuritud bakteri kasvu, ning söödav kusalpuu ja mustikas, mis inhibeerisid nelja erineva bakteriliigi kasvu.

Eesti turul võib juba praegu leida E-vabasisid lihatooteid, kus nitraadi ja nitriti asendamiseks on kasutatud musta või rohelise tee kääritamisel saadud kambuutšat, mille koostisosad on orgaanilised happed, B-vitamiin, aktiivsed ensüümid ja 0,5% etüülalkohol, mis toimib värvuse ja siduvuse tekitajana (Oskar AS, 2016). Antioksidandina kasutatakse nendes lihatoodetes rääsumise vältimiseks C-vitamiini, mille allikas on puuvilja- või murelipulber (C-vitamiini sisaldus üle 90%) (Oskar AS, 2016).

Aruande koostajad tuletavad meelde, et ka taimsete lisanditega võivad nitraadid sattuda lihatoodetesse, kus võivad omakorda muunduda nitritiks, lämmastikoksiidiks jne.

Tooted, kuhu nitritit ei ole lisatud, on tihti lühema säilivusajaga, värvuselt hallikad või tumedad ning eeldavad väga kõrgete hügieenistandardite rakendamist kogu tootmisprotsessi ning turustamise vältel (Mulvey et al., 2010). Kindlasti ei asenda ka liha kiiritamine (EL-is keelatud) häid tootmistavasid ja kõrget tootmishügieeni taset lihatööstuses, kuigi liha kiiritamine on samuti üks võimalus mikroorganismide inaktiveerimiseks liha pinnal. Teada on, et kiiritamine inaktiveerib *Cl. botulinum*'i, mistõttu tekib vajadus vaid väikese koguse nitriti lisamise järele, kui tahetakse parandada fermenteeritud lihatoodete maitset ja värvust (McCormick, 1982).

PROJEKTI TULEMUSED

1. Katsematerjal ja metoodika

Toidu, sh joogivee tarbimise andmed saadi 2015. aastal Tervise Arengu Instituudi poolt koostatud rahvastiku toitumise uuringust. Nitritite kasutamine on lubatud lisaainete määruse nr 1333/2008 kohaselt toidugruppides 8.2 „Lihavalmistised, nagu määratletud määruses (EÜ) nr 853/2004“ ning 8.3 „Lihatooted“. Nimetatud toidugruppidesse liigitatud toodetest võeti proovid vastavalt toitumise uuringust kõige sagedamini ja suuremas koguses tarbitud lihatoodetele. Põhinedes rahvastiku toitumisuuringule võeti analüüsimiseks valimisse liha ja lihatooted, mida sagedamini tarbitakse. Analüüsiti ka selliseid lihatooteid, mis esinesid rahvastiku toitumisuuringus, kuid kus nitriteid ei esinenud. Kokku analüüsiti 150 proovi. Lisaks saadi riskihinnangu teostamiseks Veterinaar- ja Toiduameti poolt riikliku seire raames tööstustest kogutud seitsme lihaproovi andmed, mis kajastasid nitriti ja nitraatide sisaldusi. Tootjate lõikes olid analüüsimise all 16 erineva tootja tooted, sh. 14 Eesti tootja ning 2 välismaise tootja.

Tooted, mille nitritite sisaldust uuriti, olid järgmised: 34 toorvorsti ja küpsetamist vajavat lihatoodet; 50 viinerit ja sardelli; 27 keeduvorsti; 9 suitsusinki; 6 keedusinki; 5 poolsuitsuvorsti, 8 täissuitsuvorsti; 5 küpsetatud hakktoodet; 10 pasteeti ja teisi määrdeid ning 3 salaamivorsti. Kõiki tooteid, mis tarbimisjuhendile vastavalt vajadis kuumtöötlemist, enne analüüside teostamist vastavalt ka kuumtöödeldi. Mõningate tootjate sagedamini tarbitud tooteid analüüsiti erinevatel aegadel, mis tähendab, et uuriti erinevaid partiisid. Etteantud proovide arvu (n=150) arvestades analüüsiti enamasti erinevate tootjate erinevaid tooteid ühel korral. Sellegipoolest moodustati valim vastavalt rahvastiku toitumisuuringu enim tarbitud lihatoodete andmetele.

Joogivees 2015. aastal sisaldunud nitritite kogused saadi Terviseametist. Need andmed kajastasid joogivee olukorda kõigis Eesti maakondades. Kokku saadi 602 nitriti ja 574 nitraadi sisalduste analüüsitulemust joogivees.

2. Metoodika

Lihatoodete nitritite ja nitraatide analüüsid teostati Terviseameti Tartu laboris, kasutades ionkromatograafilist meetodit T37-HPLC. Meetod põhineb standardil EVS-EN 12014-4:2005 ning on akrediteeritud Eesti Akrediteerimiskeskuse poolt.

Nitraadid ja nitritid ekstraheeritakse peenestatud proovidest kuuma veega homogeniseerimise teel. Seejärel hoitakse proove ultrahelivannis, tsentrifuugitakse ning filtreeritakse. NO_2^- ja NO_3^- lahutatakse kolonni Waters Anion IC abil ning määratakse vedelikkromatograafi Shimadzu ja UV detektoriga lainepikkusel 205nm.

Väikseim määratav kogus oli 5 mg/kg NaNO_2 ja 8 mg/kg NaNO_3 .

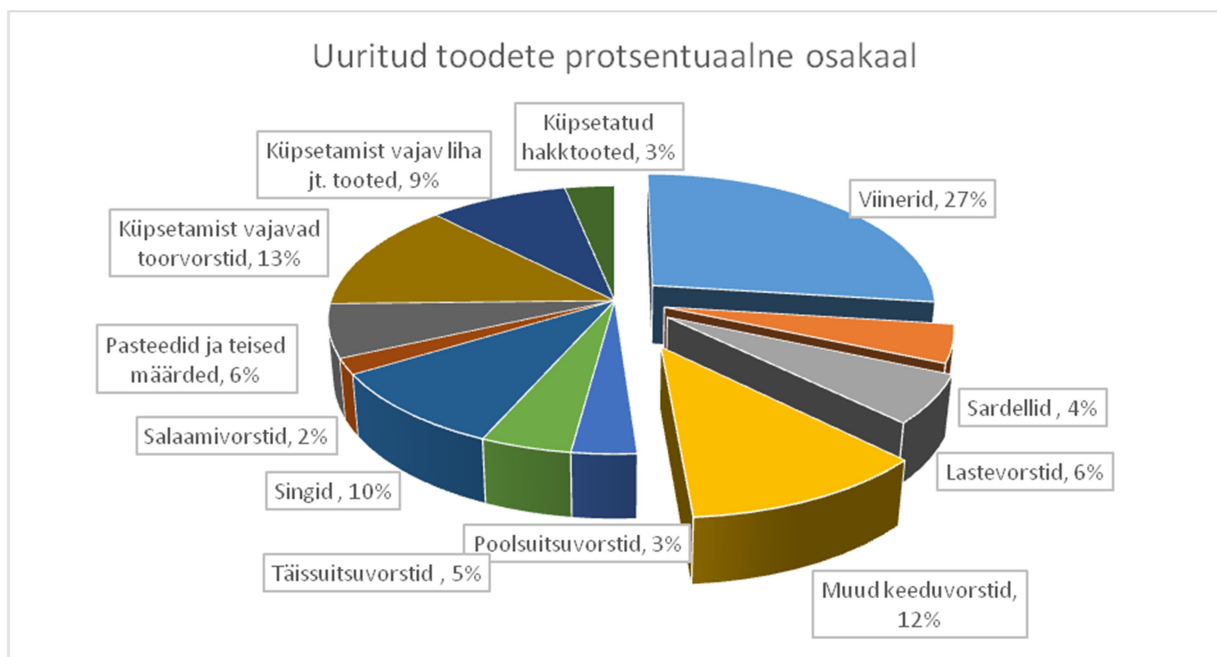
3. Töödeldud lihatoodetest laste poolt saadavate koguste arvutamine

Laste, vanuserühmas 12 kuud kuni 10 aastat, lihatoodete ja vee tarbimise andmed saadi Tervise Arengu Instituudist. Antud asutus viis läbi rahvastiku toitumisuuringu aastatel 2013–2015. Uuringus koguti andmeid nii laste kui täiskasvanute toitumisharjumuste ja tervisekäitumise kohta: kui palju saadakse toiduenergiat, tarbitakse vitamiine ja mineraalaineid ning erinevaid lisaaineid. Samuti uuriti, kui võrd on inimeste tegelik söömine

kooskõlas toidu- ja toitumissoovitustega, et selle põhjal kujundada riiklikku toidupoliitikat. Küsitlusse oli kaasatud juhuvaliku alusel ligikaudu 9000 Eesti elanikku vanuses 4 kuud kuni 74 aastat, küsitlus viidi läbi ajavahemikus september 2013 kuni mai 2015. Laste poolt tarbitud lihatoodete kogused korrutati laboratoorsetest analüüsides saadud konkreetse toote nitrit- ja nitraatioonide kogusega. Seejärel jagati saadud nitrit- ja nitraatiooni kogus lapse kehakaaluga ning jagati uuringus osaletud päevade arvuga. Saadud nitrit- ja nitraatioonide doose võrreldi ADI arvuga, st igale lapsele arvutati vastavalt kehakaalule individuaalne piirmäär ehk ADI väärtus (lapse kehakaal korrutati nitritite ADI väärtusega). Kokku uuriti 1087 lapse toitumist.

4. Ülevaade nitritite sisaldumisest lihavalmististes ja -toodetes ning peamised tarbimisallikad

Antud uuringu raames saadi 157 lihatoote nitraatide ja nitritite sisaldused ning lisaks joogiveest teostatud 602 nitritite ja 574 nitraatide analüüsi tulemust. Järgnevalt jooniselt (joonis 1) on näha, et kõige enam uuriti keeduvorsti-laadseid tooteid, kokku 49% ulatuses, nendest viinereid 27%, sardelle 4%, lastevorste 6%, ning muid keeduvorste 12% (keeduvorste kokku 18%). Nendele järgnesid küpsetamist vajavad toorvorstid ning küpsetamist vajav liha.



Joonis 1. Nitritite ja nitraatide analüüsimisele kuulunud lihatoodete protsentuaalne jaotus

Tabelis 3 on toodud käesoleva projekti raames analüüsitud lihatoodete nitraatide ja nitritite sisaldused. Välja on toodud erinevate tootegruppide minimaalsed, maksimaalsed ja keskmised nitritite ja nitraatide sisaldused. Tootjate lõikes olid analüüsimise all 16 erineva tootja tooted, sh 14 Eesti tootjat ning 2 välismaist tootjat. Eeltoodu viitab, et Eestis tarbitakse suures osas Eesti päritolu tooteid. Kuna analüüsiti vaid mõnda üksikut importtoodet, siis nitritite sisalduse osas võrdlust Eesti ja välismaiste tootjate vahel teha ei saa.

Võrreldes antud uuringu lihatoodete analüüsi tulemusi Soomes aastal 2013 teostatud uuringu tulemustega (Evara, 2013a), saab väita, et lihatoodete keskmised nitritite sisaldused on suhteliselt sarnased, nt sinkides oli antud uuringus nitriti keskmine ja maksimaalne sisaldus 22,8 ja 46,4 mg/kg ning Soomes vastavalt 15,1 ja 43,6 mg/kg.

Tabel 3. NaNO₂ ja NaNO₃ sisaldused erinevates lihatoodete gruppides

Tooteliik	Analüüside arv	NaNO ₂ sisaldus mg/kg			NaNO ₃ sisaldus mg/kg		
		Min	max	kesk	min	max	kesk
Viinerid	43	<5	48,2	20,2	9,9	49,9	27,1
Sardellid	7	10,1	49,3	22,7	15,7	34,1	25,4
Lastevorstid	9	14,6	61,5	29	14,9	23,8	18,1
Muud keeduvorstid	18	<5	61,4	25,8	<8	36,6	26,7
Pooluitsuvorstid	5	10,7	23,7	18,9	23,4	38,1	21,7
Täissuitsuvorstid	8	<5	35,1	14,4	<8	59,8	37,2
Singid	15	<5	46,4	22,8	<8	52,7	12,7
Salaamivorstid	3	6,2	54,4	30,3	19,8	76,3	45,3
Pasteedid ja teised määrded	10	<5	56	26,7	<8	46,1	20,8
Küpsetamist vajavad toorvorstid	20	<5	57	17,8	<8	41,2	21,1
Küpsetamist vajav liha jt. sarnased tooted	14	<5	93,1	16,6	<8	34,8	5,8*
Küpsetatud hakktooted	5	<5	34	9,7	<8	27,5	10,8

NaNO₂ määramispiir 5 mg/kg ning NaNO₃ määramispiir 8 mg/kg

* Keskmiste arvutamisel alla määramispiiri analüüsi tulemused võrdsustati 0 mg/kg.

Tabelist on näha, et kuigi toodetesse lisatakse nitriteid, sisaldavad need ka nitraate. Nitraadid võivad lõpptootesse sattuda toorainest, nt lihast (Ysart et al., 1999), veest ja teistest lisatavatest ainetest või tekkida nitriti muundumisest nitraadiks (Honikel, 2008). Nitritid omakorda võivad muunduda lämmastikoksiidiks või seonduda amiididega ja amiinidega, moodustades nitrosoamiide ja -amiine.

Euroopa Parlamendi ja Nõukogu Määrus (EÜ) nr 1333/2008 kehtestab eeskirjad toidu lisaainete kohta k.a lihatoodetes ja lihavalmististes kasutada lubatud lisaainete ja nende kasutamise tingimuste kohta. Võrreldes määrusega kehtestatud lihatoodetele lisada lubatud nitraatide ja nitritite piirmäärasid, siis antud uuringus (Tabel 3) esitatud analüüsi tulemustega võib väita, et lihatoodetesse lisada lubatud nitritite piirmäärade ületamisi Eesti lihatoodetes suure tõenäosusega ei esinenud, sest vastasel juhul oleks lõpptoodete nitritite sisaldused märkimisväärselt kõrgemad. Järelduste tegemisel on kasutatud tabelite 1 ja 2 andmeid.

Võttes keskmiste arvutamisel arvesse kõik keeduvorstid, sh lastevorstid ning E-ainete vabad tooted, siis sisaldasid need NaNO₂ keskmiselt 26,9 mg/kg. Vaadates 2001. aastal Noorsalu magistratöös toodud tabelit 4, ning võrreldes käesoleva uuringuga (Tabel 3), on näha, et viinerite ja sinkide keskmised NaNO₂ sisaldused olid varasemas uuringus kõrgemad. Kuid üldjoontes on NaNO₂ sisaldused varasema uuringuga sarnased. Märgatavalt on vähenenud NaNO₃ (nitraatide) sisaldused erinevates lihatoodetes.

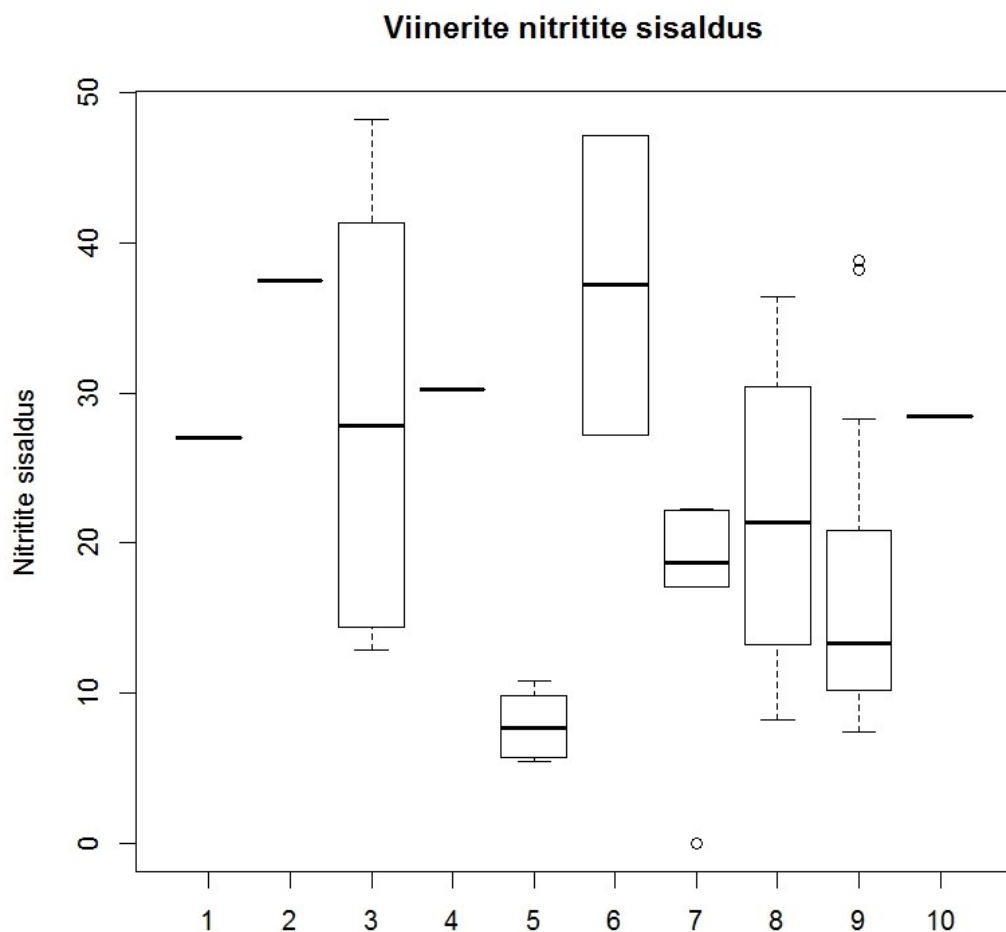
Tabel 4. NaNO₂ ja NaNO₃ sisaldused erinevates lihatoodete gruppides aastal 2001 (Noorsalu, 2001)

Tooteliik	Analüüside arv	NaNO ₂ sisaldus mg/kg			NaNO ₃ sisaldus mg/kg		
		min	max	kesk	min	Max	kesk
Viinerid	18	12	58	34	28	187	76
Sardellid	8	18	66	35	16	77	43
Lastevorstid	13	4	81	32	14	166	57
Muud keeduvorstid	26	3	57	32	17	150	61
Pooluitsuvorstid	8	14	38	28	69	182	102
Singid	11	4	89	25	45	309	154
Salaamivorstid	4	3	6	4	35	515	138

Järgnevalt on toodud ülevaade erinevate lihatoodete ühiku (viil, tükk jne) kaalu kohta (Pitsi et al. 2016) :

- sinki (1 viil = 10 – 15 g),
- keeduvorst (1 viil = 10 – 20 g),
- viinereid (1 väike viiner = 25 – 30 g)
- sardellid, grillvorstid (1 vorst = ca 100 g),
- sinkvorst (1 viil = 10 – 15 g);
- lihakonserv (1 spl = 15 g),
- suitsuvorst, salaamivorst (1 viil = ca 3 – 10 g)
- suitsupeekon (1 viil = ca 20 g)
- kana- või kalkunisink (1 viil = 10 – 15 g)

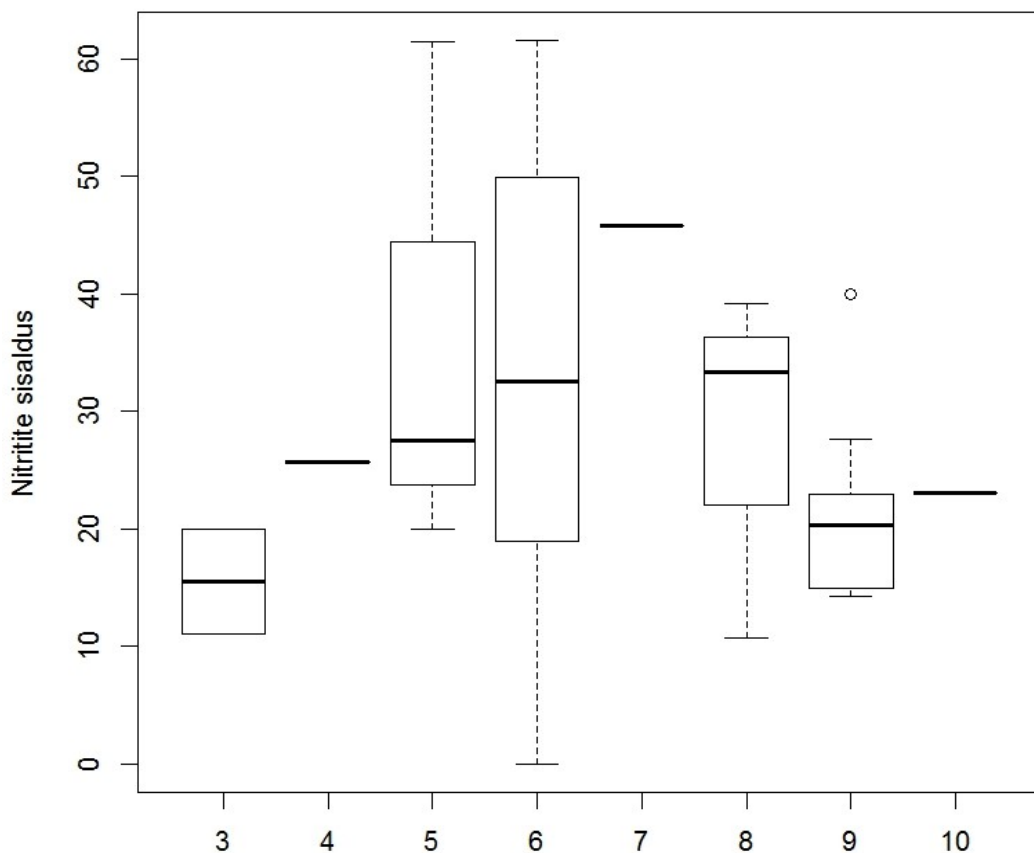
Järgnevatel joonistel 2 – 5 on toodud erinevate tootjate toodangu nitritite sisalduste variatsioonid laste poolt enim tarbitud lihatoodetes. Joonistel on karpdiagrammid, milliste vertikaalteljel toodud väärtused on NaNO₂ sisaldused milligrammides kilogrammi toote kohta ning horisontaalteljel erinevad tootjad on tähistatud erinevate numbritega. Mediaan (tähistatud joonisel rasvase joonega) on väärtus, millest pooled väärtused on suuremad ja pooled väiksemad. Seega asub mediaan täpselt variatsioonirea keskel (on nn 50%-punkt). Ta on vähem tundlik erandlikele väärtustele võrreldes aritmeetilise keskmisega. Kvartiilid (alumise kvartiil - 25%-punkt, ülemine kvartiil - 75%-punkt) tähendavad seda, et variatsioonirida on jagatud proportsionaalselt nelja võrdsesse ossa, kus ülemisest kvartiilist suuremaid väärtusi ja alumisest kvartiilist väiksemaid väärtusi esineb mõlemal 25%. Kvartiilid määravad ära joonisel tekkiva karbi alumise ja ülemise serva. Väärtused, mis jäävad alumisest või ülemisest kvartiilist kaugemale kui 1,5-kordne kvartiilide vahe (75%-punkt miinus 25%-punkt) loetakse erandlikeks ja märgitakse joonisel eraldi punktiga. Vurrude tipud või suurimad/vähimad erandlikud punktid vastavad analüüsitud nitritite kontsentratsiooni maksimaalsele ja minimaalsele väärtusele. Kui mingilt tootjalt on analüüsitud vaid ühte toodet või langevad kõigi analüüside tulemused kokku, on nii miinimum, maksimum, mediaan kui ka kvartiilid samad ja joonisel väljendub see vaid ühe horisontaalse joonena.



Joonis 2. Toodud on erinevate tootjate (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10) viinerite NaNO_2 sisaldused mg/kg

Joonisel 2 tootja nr 6 poolt toodetud viinerite karpdiagrammil ei ole "vurrusid" näha, kuna ülemisele ja alumisele kvartiilile järgnenud väärtused peale suurima olid sellega võrdsed. Seega, antud tootja toodetud viinerites olid nitritite sisaldused sarnases vahemikus, ilma suurte kõikumisteta. Tootjate nr 1, 2, 4, 10 toodetest analüüsiti ainult ühte/mõningaid tooteid või sisaldasid need tooted nitriteid väga sarnastes koguses. Tootjate nr 3 ja 6 viinerid sisaldasid maksimaalsete kogustena kõige suuremal määral nitriteid, vastavalt 48,2 ja 47,2 mg/kg.

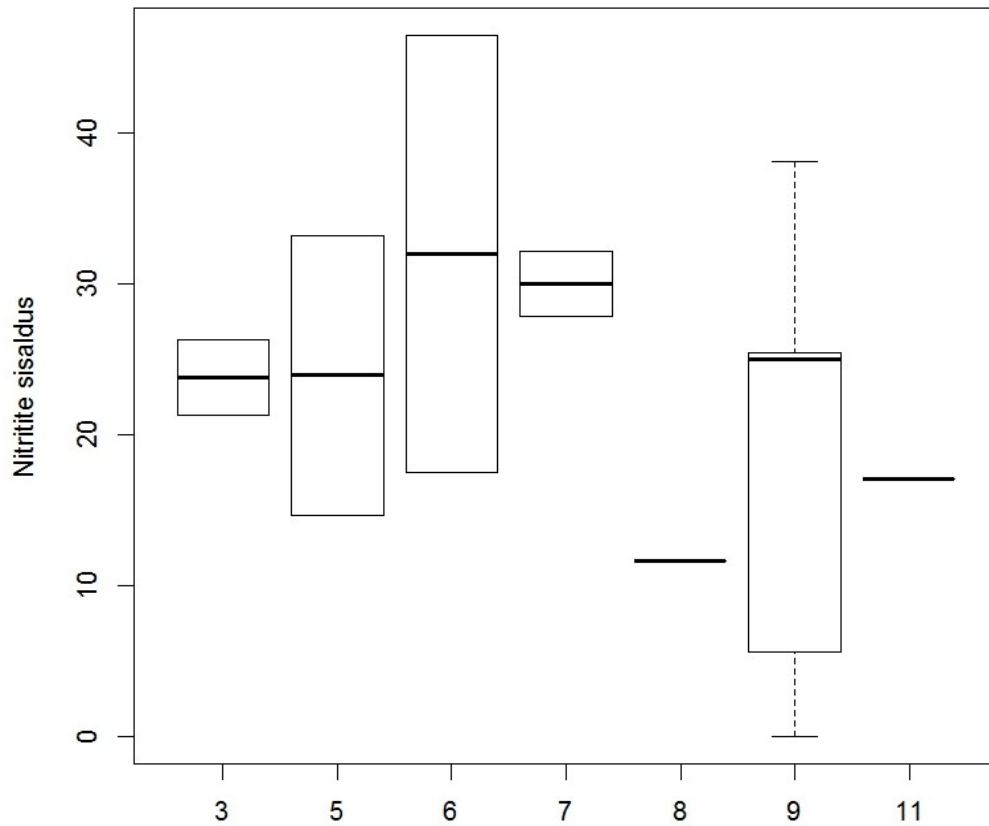
Keeduvorstide nitritite sisaldus



Joonis 3. Toodud on erinevate tootjate (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10) keeduvorstide k.a. lastevorstide NaNO_2 sisaldused mg/kg

Joonisel 3 tootja nr 6 poolt toodetud keeduvorstides olid nitritite sisaldused erinevates keeduvorstides (erinevad nimetused) väga kõikuvad. Tootjatel nr 4 ja 10 olid nitritite sisaldused keeduvorstides sarnase kontsentratsiooniga. Osad keeduvorstid sisaldasid nitriteid väga madalates kogustes (alla määramispiiri), kuid leidsid ka tooteid, milliste nitritite sisaldused küündisid tootja nr 5 ja 6 toodetes, vastavalt 61,4-ni ja 61,5-ni.

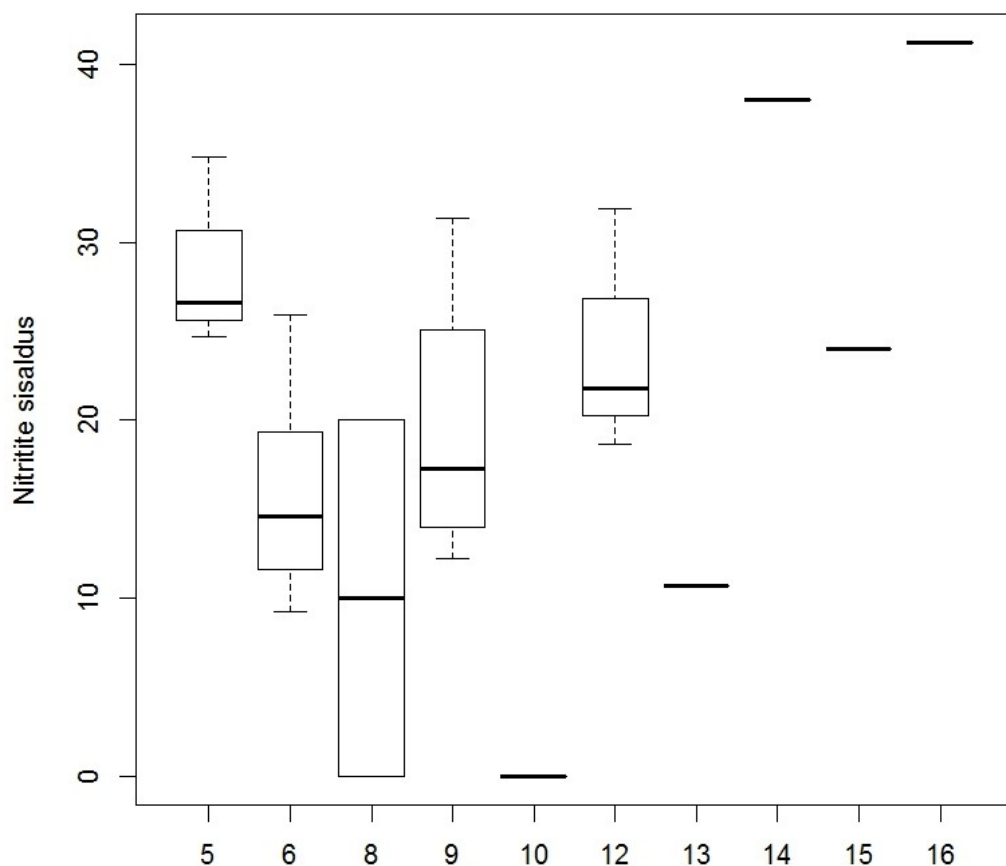
Sinkide nitritite sisaldus



Joonis 4. Toodud on erinevate tootjate (3, 5, 6, 7, 8, 9, 11) sinkide NaNO_2 sisaldused mg/kg

Joonisel 4 tootja nr 9 poolt toodetud sinkides kõikused nitritite sisaldused võrreldes teiste tootjatega suuremal määral, olles mõningates toodetes alla määramispiiri kuni 38 mg/kg.

Toorvorstide nitritite sisaldus

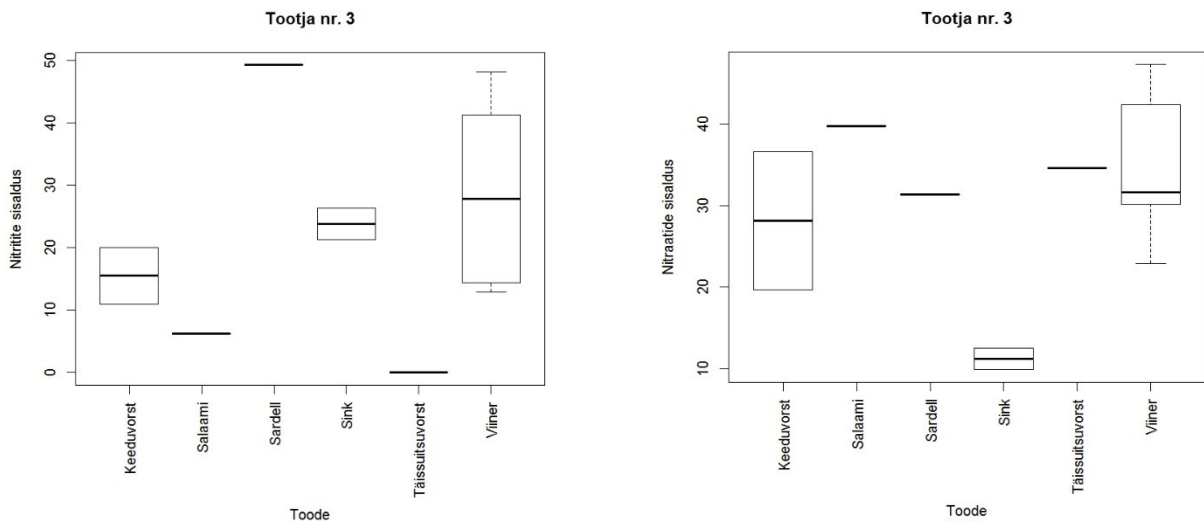


Joonis 5. Toodud on erinevate tootjate (5, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16) kuumtöödeldud toorvorstide NaNO_2 sisaldused

Joonisel 5 on näha, et kuumtöödeldud toorvorstide nitritite sisaldused tootjate lõikes olid erinevad, kusjuures mitmed tootjad olid esindatud vaid üksikute toodetega. Kõige kõrgem nitritite sisaldus tuvastati tootja nr 16 toodetud toorvorstis – 41,2 mg/kg. Sellest tulenevad viis ilma karpideta mediaanväärtust (kontsentratsioon) tähistavat joont joonisel. Tuleb lisada, et proovid koguti ning analüüsid teostati sügis-talvisel perioodil ning seega oli toodete valik võrreldes kevad-suvise hooajaga tunduvalt väiksem.

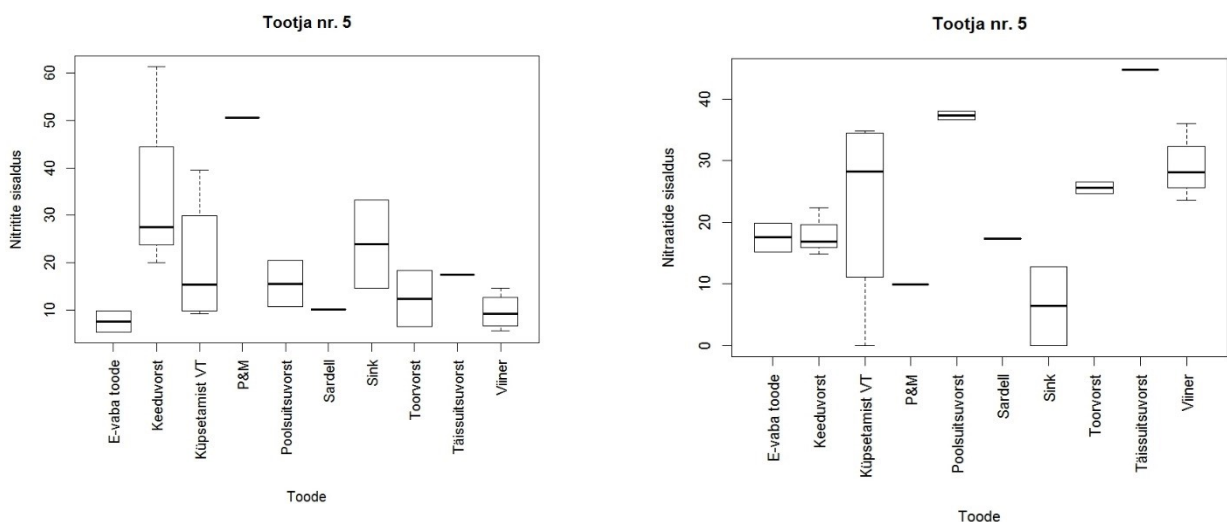
Kõik tooted, mis tarbimisjuhendile vastavalt vajasisid kuumtöötlemist, enne analüüside teostamist vastavalt ka kuumtöödeldi.

Joonistel 6 – 11 on rahvastiku toitumisuuringule vastavalt valitud need tootjad, kelle tooteid tarbiti sagedamini ning kes reeglina tootsid erinevatesse tootekategooriatesse kuuluvaid tooteid. Joonistel on toodud erinevatesse tootekategooriatesse kuuluvate toodete nitritite ja nitraatide sisaldused.



Joonis 6. Toodud on tootja nr 3 poolt toodetud lihatoodete NaNO_2 ja NaNO_3 sisaldused mg/kg.

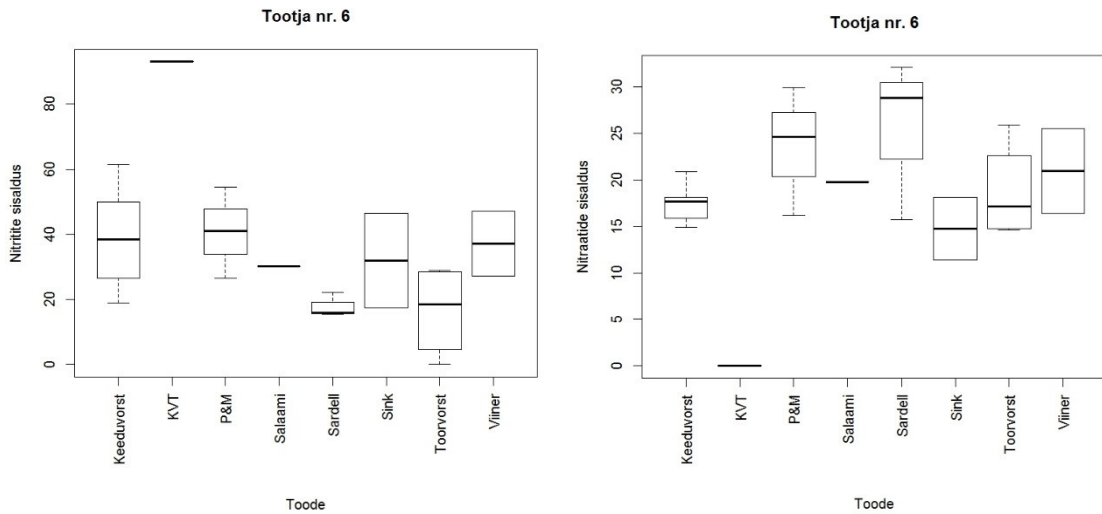
Tootja nr 3 poolt toodetud toodetest on NaNO_2 sisaldused alates alla määramispiiri (täissuitsuvorst) kuni viinerite puhul 48,2 mg/kg. NaNO_3 sisaldused olid alates 9,9 mg/kg kuni 47,3 mg/kg.



Joonis 7. Toodud on tootja nr 5 poolt toodetud lihatoodete NaNO_2 ja NaNO_3 sisaldused mg/kg.

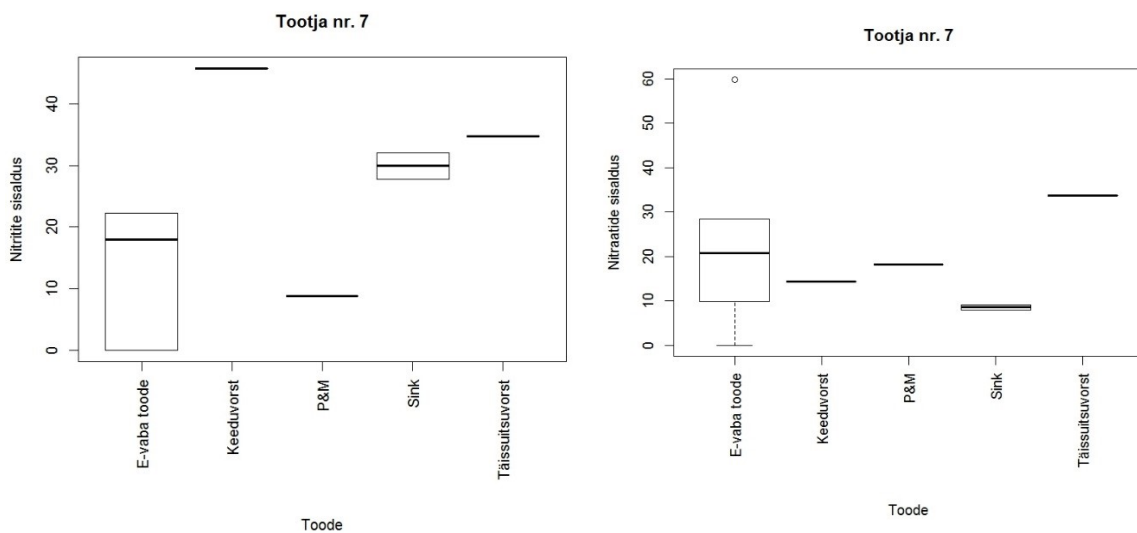
Küpsetamist VT (KVT) – küpsetamist vajavad tooted; P&M – pasteedid ja määrded

Joonisel 7 ja 9 on toodud ka E-ainete vabade toodete nitritite ja nitraatide sisaldused. Oletuslikult võivad nitritid ja nitraadid E-ainete vabadesse lihatoodetes sattuda juhtudel, kus toodetes lisatakse joogivett või mõningaid looduslikke lisandeid, sest looduslikud lisandid võivad sisaldada naturaalsel kujul nitraate.



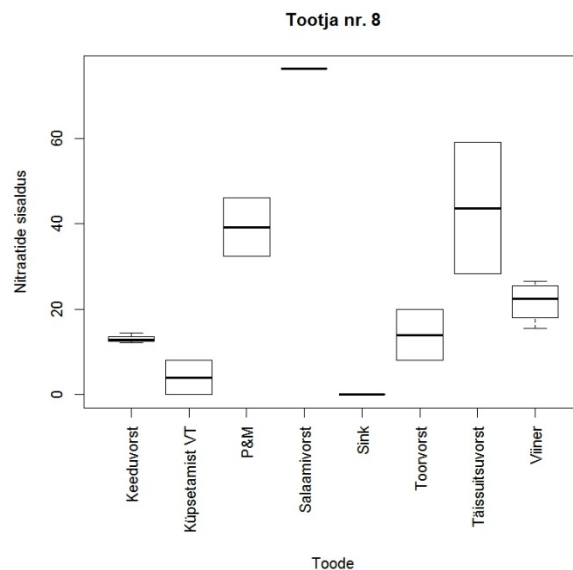
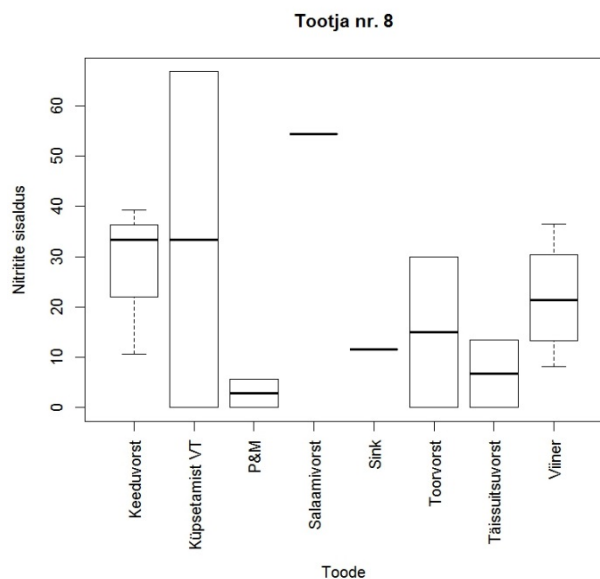
Joonis 8. Toodud on tootja nr. 6 poolt toodetud lihatoodete NaNO_2 ja NaNO_3 sisaldused mg/kg.

KVT – küpsetamist vajavad tooted; P&M – pasteedid ja määrded



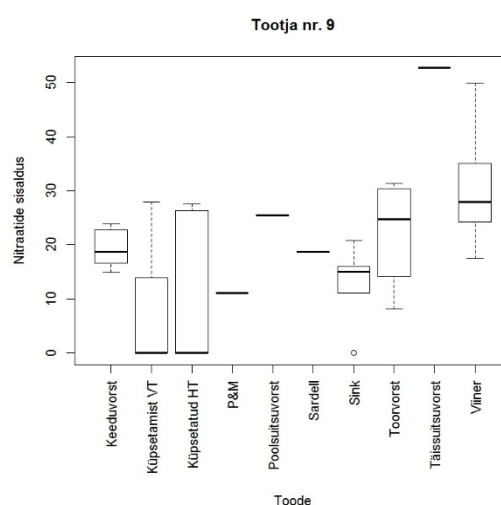
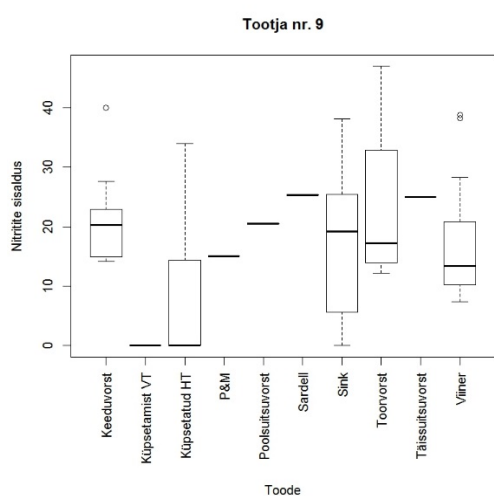
Joonis 9. Toodud on tootja nr 7 poolt toodetud lihatoodete NaNO_2 ja NaNO_3 sisaldused mg/kg.

P&M – pasteedid ja määrded



Joonis 10. Toodud on tootja nr 8 poolt toodetud lihatoodete NaNO₂ ja NaNO₃ sisaldused mg/kg.

Küpsetamist VT (KVT) – küpsetamist vajavad tooted; P&M – pasteedid ja m ardred



Joonis 11. Toodud on tootja nr. 9 poolt toodetud lihatoodete NaNO₂ ja NaNO₃ sisaldused mg/kg.

Küpsetamist VT (KVT) – küpsetamist vajavad tooted, Küpsetatud HT – küpsetatud hakktoode,

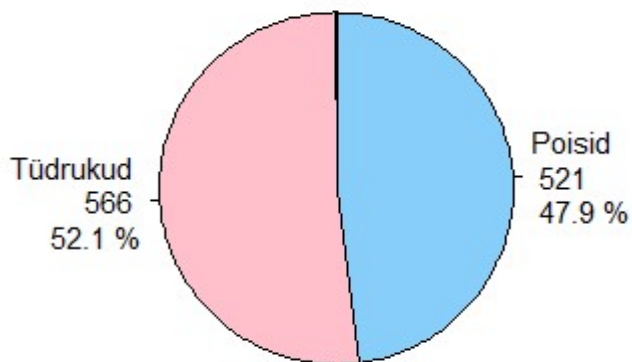
P&M – pasteedid ja m ardred;

Joonistelt saab välja lugeda, et enamasti j avad erinevate tootjate toodete nitritite ja nitraatide sisaldused madalamale kuni 50 mg/kg. Eranditeks on nitritite sisalduse osas tootjate nr 6 ja nr 8 poolt toodetud kuumt tlemist vajavad tooted (KVT). Täiendavalt eristus ka tootja nr 5, kelle poolt toodetud keeduworstide maksimaalsed nitritite sisaldused ulatusid 60 mg/kg.

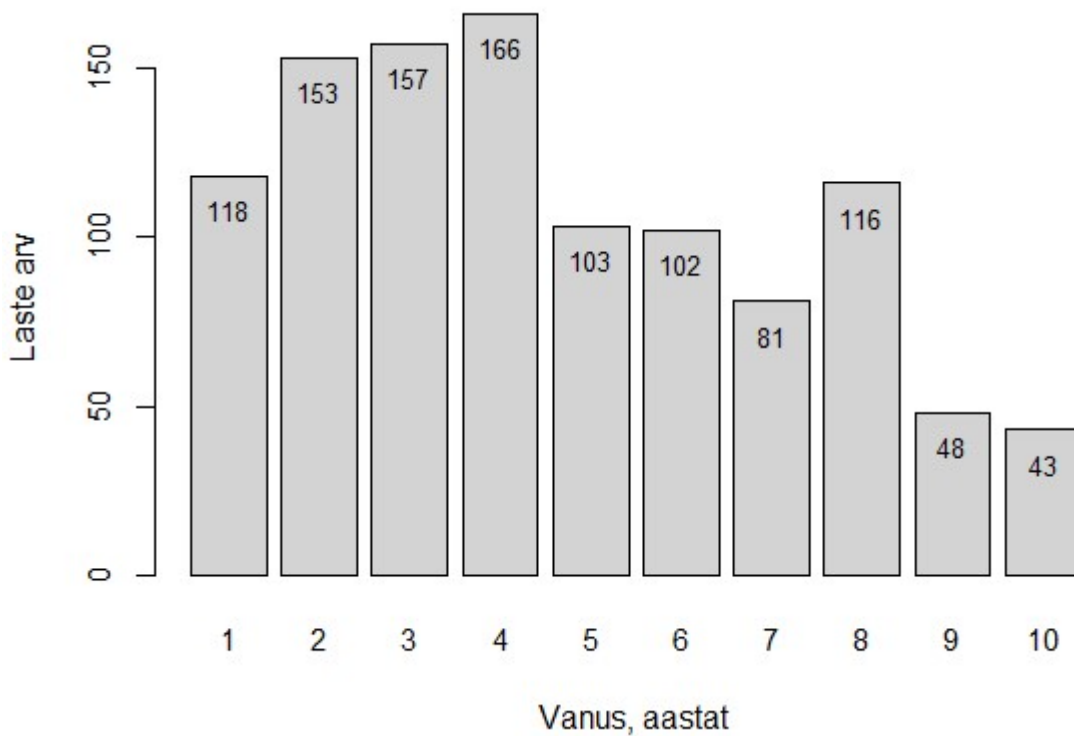
5. Tarbimisuuring - Kvantitatiivse riskihinnangu tulemused ning võrdlus kehtestatud ADI väärtusega

5.1. Tarbimisuuringus osalenute üldiseloostus

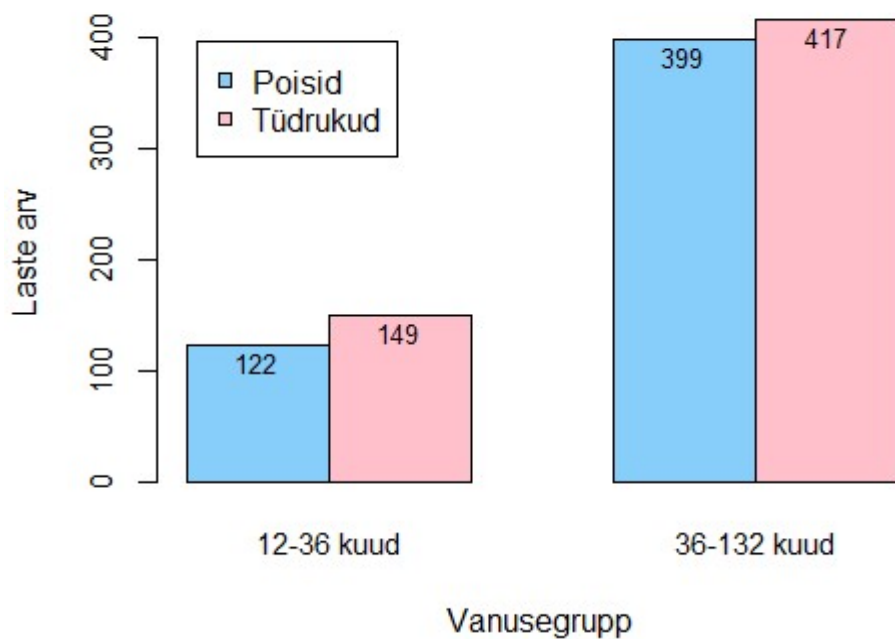
Kokku osales uuringus 1087 last vanuses 1-10 aastat, kellest 52,1% olid tüdrukud ja 47,9% poisid (osalenute sooline ja vanuseline jaotus on esitatud joonistel 12, 13 ja 14). Uuringus osalenute kehakaal jäi vahemikku 5,3-58,5 kg (joonis 15).



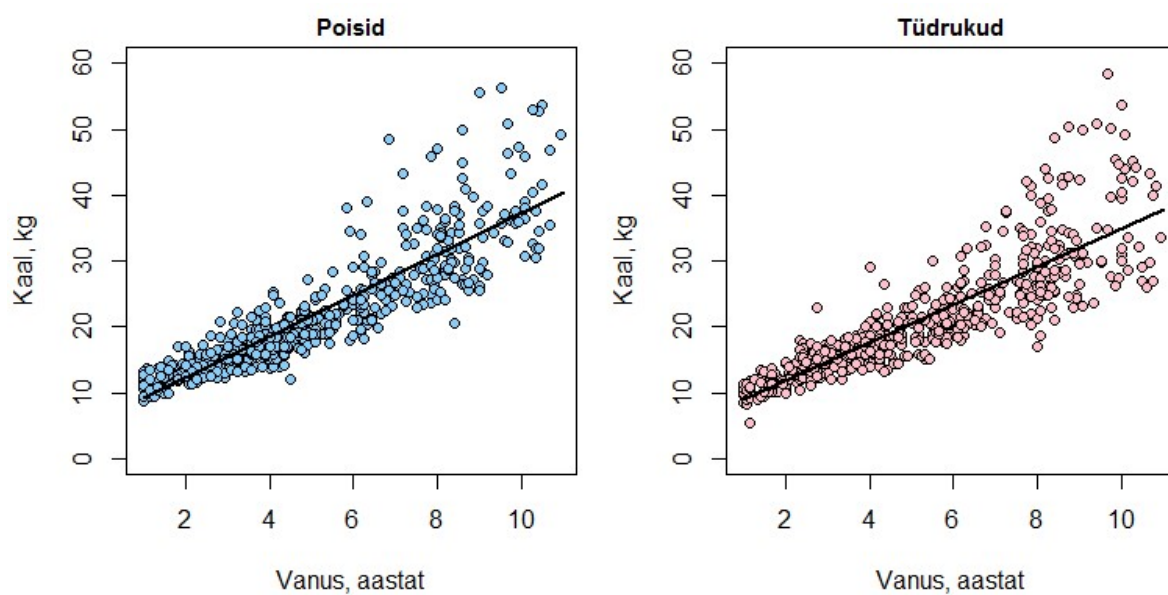
Joonis 12. Uuringus osalenute sooline jaotus.



Joonis 13. Uuringus osalenute vanuseline jaotus.



Joonis 14. Uuringus osalenute jaotus soo ja vanusegruppide (1-2 aastat, 3-10 aastat) kaupa.



Joonis 15. Uuringus osalenute vanused ja kehakaalud sugude kaupa.

Järgnevas tabelis 5 on toodud vastavalt keskmistele kehakaaludele lubatud päevased maksimaalsed nitritite saadavused.

Tabel 5. Laste keskmised kehakaalud ning päevas maksimaalselt saada lubatavad nitritite kogused

Lapse vanus	Keskmine kehakaal kg	Nitritite ADI arv mg/kg	Nitritite päevane lubatud piirmäär mg/kg
1aastased	11,31	0,07	0,792
2aastased	14,08	0,07	0,986
3aastased	16,56	0,07	1,159
4aastased	18,39	0,07	1,106
5aastased	21,12	0,07	1,478
6aastased	24,49	0,07	1,714
7aastased	29,07	0,07	2,035
8aastased	31,20	0,07	2,184
9aastased	36,66	0,07	2,566
10aastased	38,31	0,07	2,682

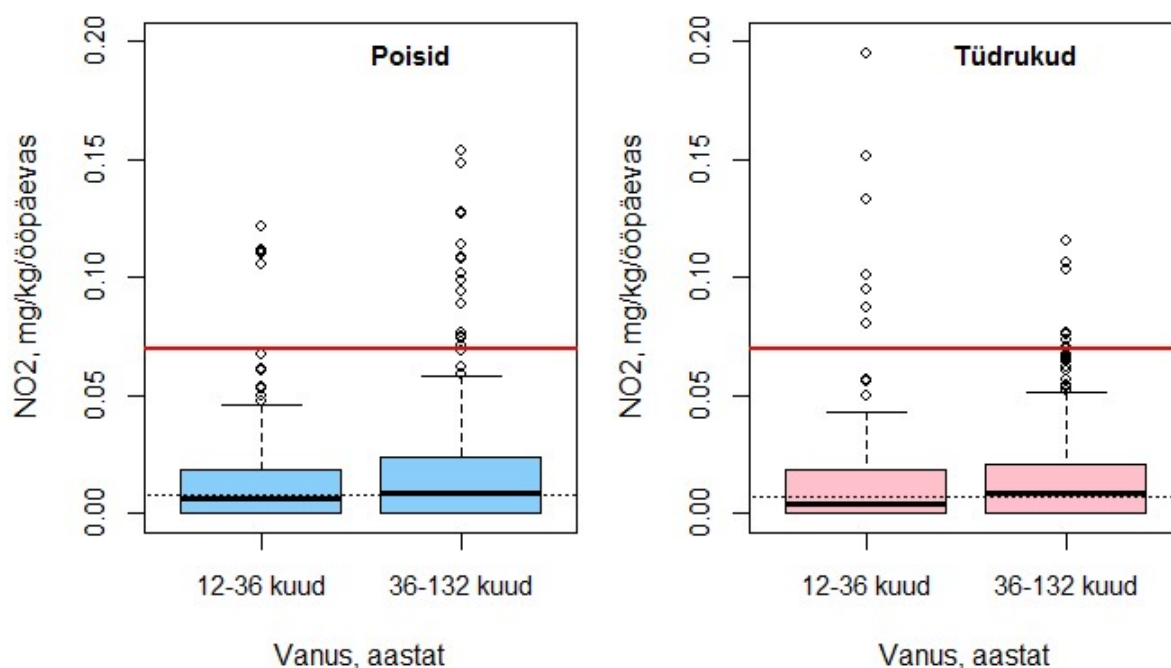
Tabelist lähtuvalt saab öelda, et mida väiksem on lapse kehakaal, seda väiksemad on ka lubatud nitritite päevased piirmäärad mg/kg. Jooniselt 22 on näha, et kõige suuremates kogustes nitriteid sisaldavatest lihatoodetest tarbiti viinereid ja sardelle ning seejärel keeduvorste, sinke. Näidis menüü koostati joonise andmete alusel. Näiteks 1 kuni 3aastased lapsed võiksid nädalas tarbida nitriteid sisaldavaid lihatooteid järgnevalt: üks põhitoidukord nitriteid sisaldavate lihatoodetega (1 viiner) ning üle päeva 1 viil sinki. Koguseliselt on see ligikaudu 55 g – viiner kaalub 25 - 30 g ja singilõik 10 g (10 g x 3 päeva = 30 g). Lastele vanuses 4 kuni 6aastat võiks soovitada kuni 90 grammi nitrititega töödeldud lihatooteid – üks põhitoidukord nitriteid sisaldavate lihatoodetega (2 viinerit = 50 g) ning lisaks 1 viil sinki üle päeva (10 g x 4 päeva = 40 g). Lapsed vanuses 7 kuni 10aastat võiksid nädalas tarbida nitriteid sisaldavaid lihatooteid järgnevalt: 1 põhitoidukord nitriteid sisaldavate lihatoodetega (2-3 viinerit) ning üle päeva 2 viilu sinki. Koguseliselt on see ligikaudu 155 g – viiner kaalub u 25 g ja singilõik 10 g (10 g x 8 päeva = 80 g). Sellise tarbimise kohaselt saaksid lapsed nädalas lihatoodetest nitriteid ca 25% ADI piinormist.

Tabel 6. Varasema (Reinik, 2005) ja käesoleva uurimuse võrdlusandmed

Vanuse grupp	Keskmine nitritite saadavus ADI-st (%), ainult töödeldud lihatooteid söönud lapsed			Keskmine nitritite saadavus ADI-st (%), kõik lapsed		
	2000-2001	2003-2004	2013-2015	2000-2001	2003-2004	2013-2015
1-3	140	105	22	57	43	24
4-6	138	103	26	68	51	28
7-9	97	73	20	50	38	21
10-12	92	63	18*	37	28	19*
13-16	77	58	AP	34	25	AP

AP – andmed puuduvad; * andmed ainult 10aastaste laste kohta

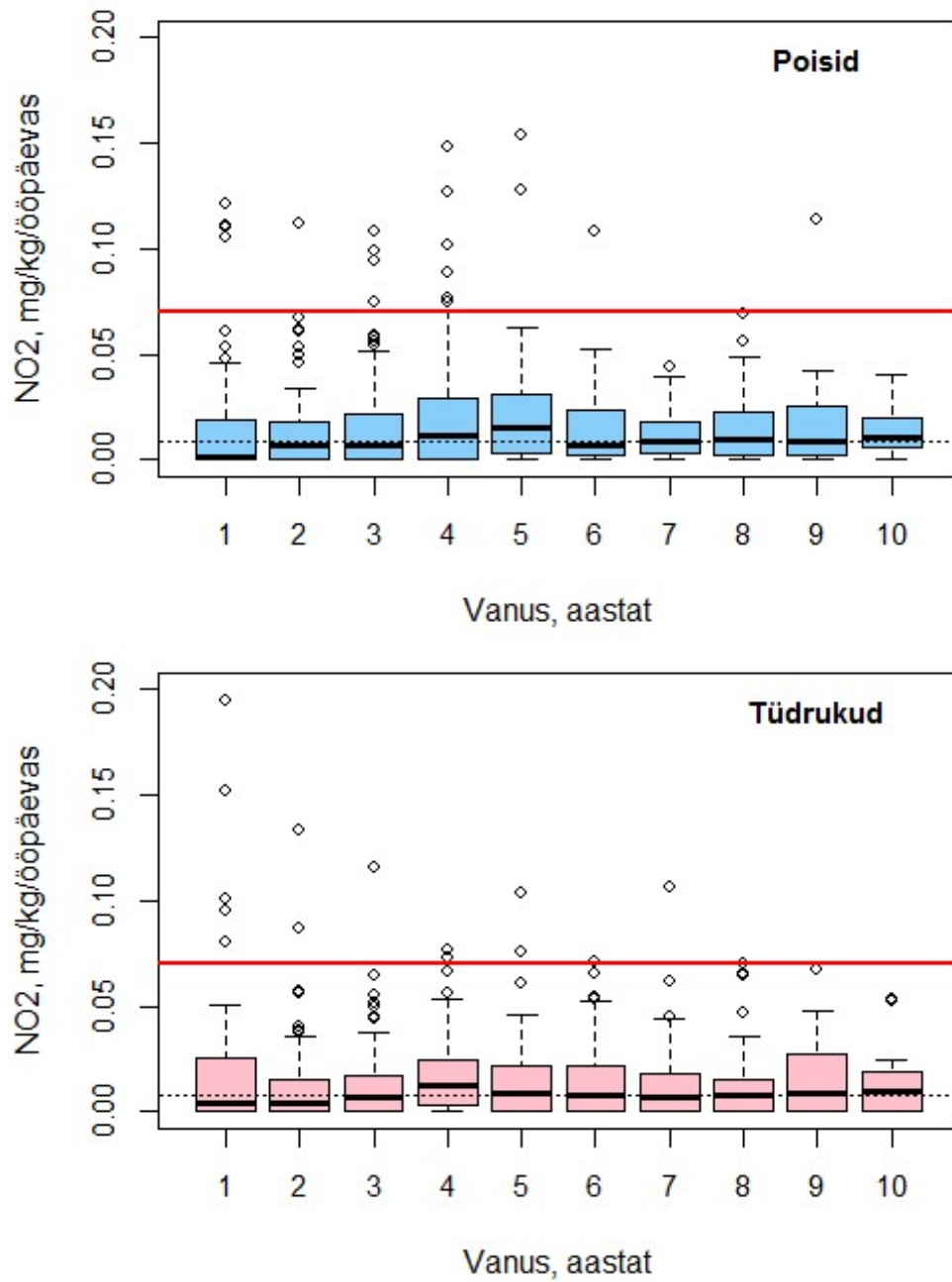
Võrreldes kolme erinevat laste nitritite saadavuse uurimisperioodi (alates 2000 kuni 2015) Eestis, võib järeldada, et nitritite tarbimisenäitajad (saadavus) on aastate lõikes langenud. Ühe võimaliku põhjusena näeme tarbijate teadlikkuse tõusu ning tervislike toitumisviiside suuremat rakendamist.



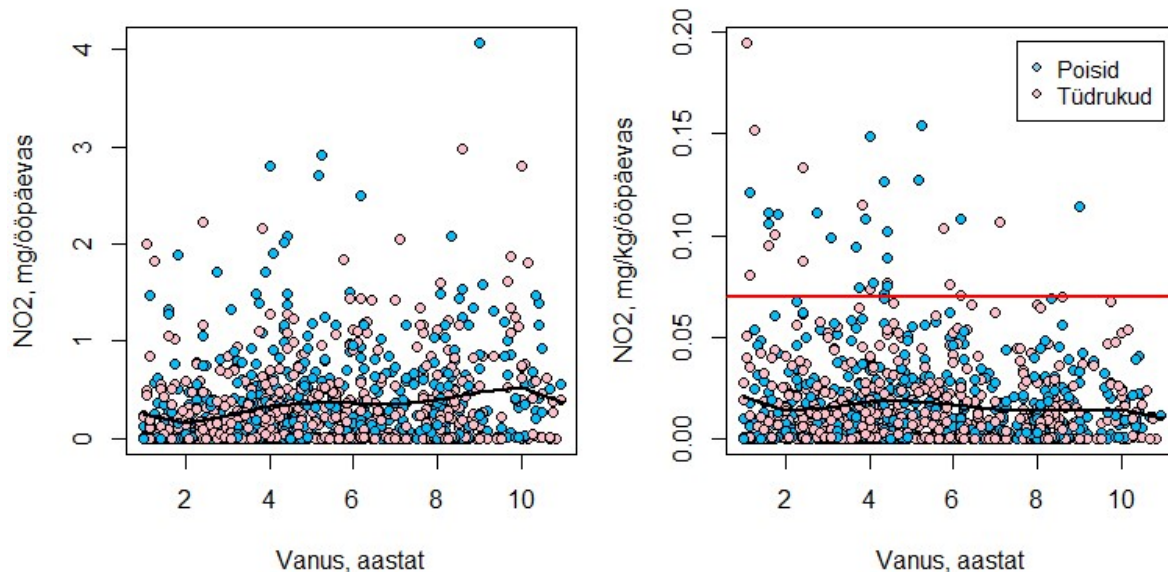
Joonis 16. Tarbitud nitritite kogus milligrammides ööpäevas kilogrammi kehamassi kohta sõltuvalt vanusest ja soost (punane joon märgib lubatavat kogust 0,07 mg/kg/ööpäevas ja must punktiirjoon tarbitud koguse mediaani üle kõigi vanuste).

Lihatoodete ja veega tarbitud nitritite kogus ööpäevas ühe kilogrammi kehamassi kohta oli 3-10aastaste laste hulgas statistiliselt oluliselt kõrgem kui 1-2aastaste laste hulgas ($p=0,008$, Kruskal-Wallise test). Seejuures oli see erinevus samasugune nii poiste kui ka tüdrukute puhul (joonis 16), aga tänu väiksemale valimimahule ei osutunud enam statistiliselt oluliseks (vastavalt $p=0,084$ ja $p=0,054$). Analüüsidest lihatoodetest saadavat nitritite kogust aastate kaupa ilmnes, et nii poiste kui ka tüdrukute puhul on kogus kõrgem 4. ja 5. aasta vanustel ja seejärel 10. aasta vanustel (joonis 17). Piirmäärast suuremal hulgal nitriteid said lihatoodetest eelkõige nooremad lapsed, eriti tüdrukud. Need trendid hakkasid silma ka toidust saadavate nitritite hulga ja vanuse vahelise seose modelleerimisel (joonis 18) – summaarne toidust saadav nitritite kogus lapse vanuse ja seega ka kehamassi suurenedes kasvab, nitritite kogus ühe kilogrammi kehamassi kohta on aga kõrgem teisel ning neljandal-viiendal eluaastal.

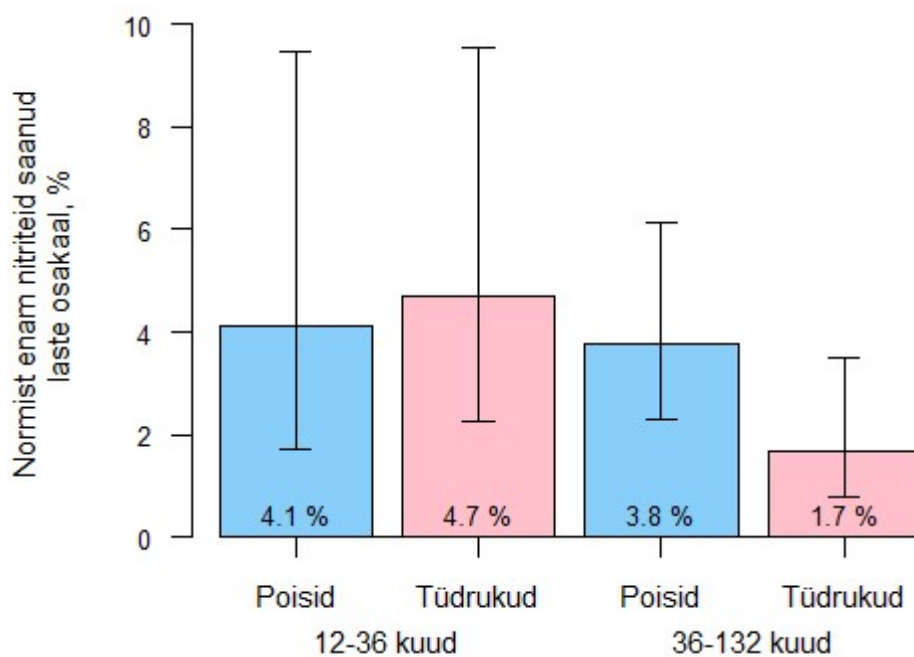
Joonisel 19 on näha, et ADI arvust enam sai nitriteid vaid 34 (so 3,13%) last, 95% usaldusintervall 2,18 – 4,34. Seejuures oli enam nitriti ADI ületamisi 1-2-aastaste poiste ja tüdrukute hulgas (vastavalt 4,10%; 95% usaldusintervall 1,72 – 9,47 ja 4,70%; 95% usaldusintervall 2,26 – 9,52) ja vähem 3-10-aastaste poiste ja tüdrukute hulgas (vastavalt 3,76%; 95% usaldusintervall 2,28 – 6,14 ja 1,68%; 95% usaldusintervall 0,80 – 3,48). Siiski ei osutunud ADI väärtusest enam nitriteid saanute osakaalud ei vanusegruppide 1-2 aastat ja 3-10 aastat vahel ega ka poiste ja tüdrukute vahel statistiliselt oluliselt erinevateks (vastavalt $p=0,157$ ja $p=0,179$; logistiline regressioon). 1 – 2aastaste vanusegrupis kokku oli ADI väärtuste ületamisi 4,4% (CI 95%, 2,53 – 7,63) ning 3-10aastaste vanusegrupis 2,7% (CI 95%, 1,78 – 4,06).



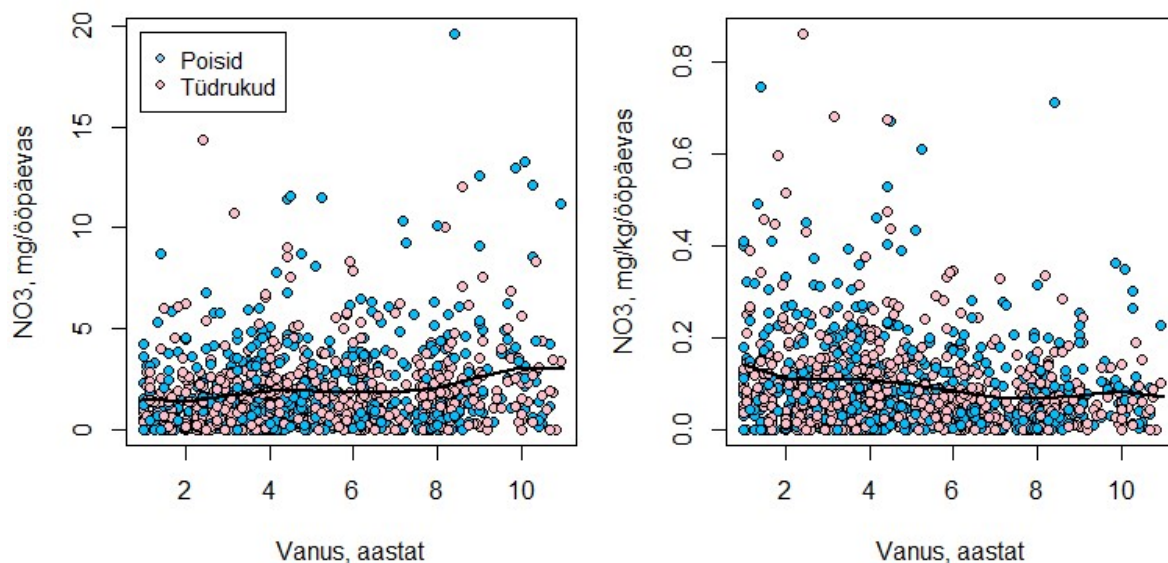
Joonis 17. Tarbitud nitritite kogus milligrammides ööpäevas ühe kilogrammi kehamassi kohta sõltuvalt vanusest ja soost (punane joon märgib lubatavat kogust 0,07 mg/kg/ööpäevas ja must punktiirjoon tarbitud koguse mediaani üle kõigi vanuste).



Joonis 18. Tarbitud nitritite kogus ja selle muutus lapse vanuse muutudes – vasakpoolsel joonisel on esitatud tarbitud nitritite kogus milligrammides ööpäevas ja parempoolsel joonisel tarbitud nitritite kogus milligrammides ööpäevas ühe kilogrammi kehamassi kohta (punane joon parempoolsel joonisel märgib lubatavat kogust 0,07 mg/kg/ööpäevas).



Joonis 19. ADI arvust (0,07 mg/kg/ööpäevas) enam nitriteid saanud laste osakaal sugude ja vanusegruppide kaupa, veajooned näitavad 95%-list usaldusintervalli.

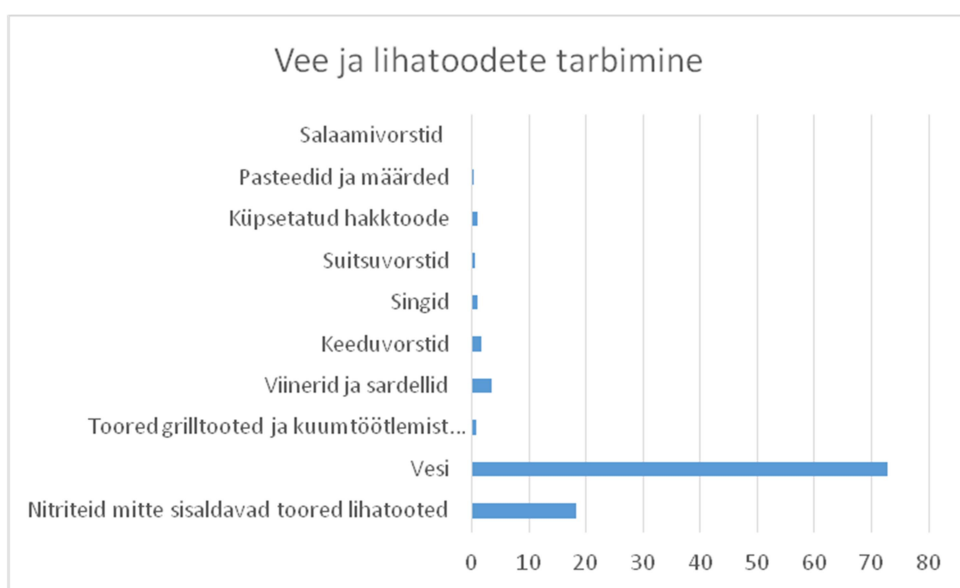


Joonis 20. Lihatoodete ja veega tarbitud nitraatide kogus ja selle muutus lapse vanuse muutudes

Joonisel 20 on toodud lihatoodete ja veega saadavad nitraatide kogused ning nende muutused erinevate vanuste lõikes. Vasakpoolsel joonisel on esitatud tarbitud nitraatide kogus milligrammides ööpäevas ja parempoolsel joonisel tarbitud nitraatide kogus milligrammides ööpäevas ühe kilogrammi kehamassi kohta.

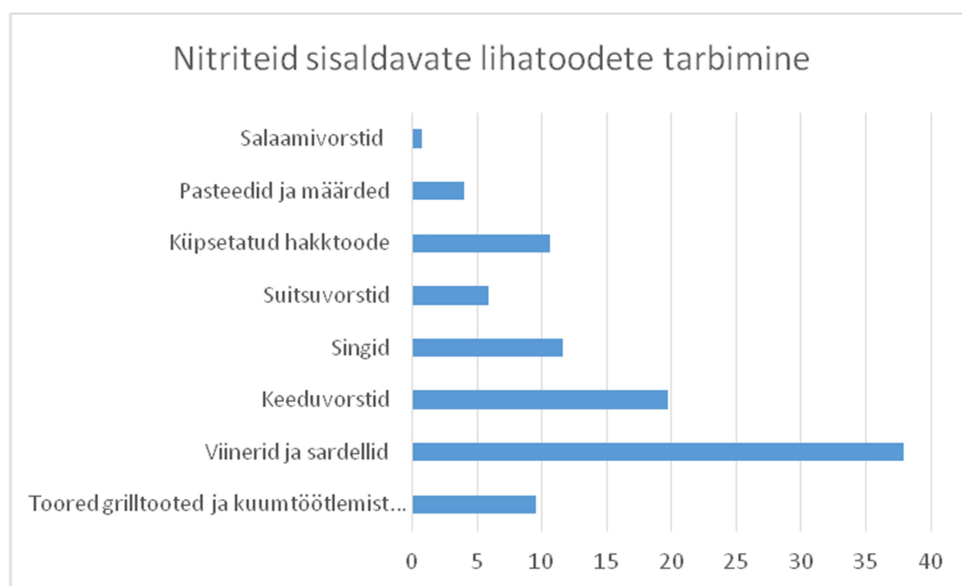
5.3. Nitrite proportsionaalne saadavus lihavalmististest ja -toodetest ning joogiveest

Järgnevatel joonistel on toodud uuringu all olnud toodete laste poolse tarbimise jaotus protsentides. Joonisel 21 on toodud tarbimise protsendid koos vee ning selliste lihatoodetega, millised nitriteid ei sisaldanud. Vesi moodustas uuringu all olevast valimist 72% ning nitriteid mitte sisaldavad toored lihatooted 18% (värske liha ning lihatoote, millel pakendimärgistusel viide nitriti kasutamisele puudus). Sellest järeldub, et küllaltki suurel määral valmistatakse lastele toite värske liha baasil või kasutatakse tooteid, mille pakendimärgistusel puudub viide nitriti kasutamise kohta.



Joonis 21. Uuringu andmete põhjal koostatud vee ja lihatoodete proportsionaalne tarbimine

Järgnevalt (joonis 22) on toodud uuringu all olnud objektidest ainult nitriteid sisaldavate lihatoodete tarbimine. Jooniselt on näha, et protsentuaalselt (38%) tarbitakse laste poolt kõige enam viinereid ja sardelle, nendele järgnevad keeduvorstid (20%) ja singid (11,5%).



Joonis 22. Uuringu andmete põhjal koostatud nitriteid sisaldavate lihatoodete protsentuaalne tarbimine

Võttes arvesse 50 lastele enim nitritit andnud toodet, siis 29 nendest olid viinerid/sardellid. Seega saadi viineritest/sardellidest nitritioone keskmiselt 2,3 mg. Nende laste hulka kuulusid ka mõned sellised lapsed, kes sõid viinereid kas mitu korda päevas või kahel uuringupäeval. Üks 8aastane laps sõi viinereid ühel päeval kaks korda ning teisel päeval ühe korra. Esimesel päeval ületas ta viinereid tarbides lubatud ADI väärtust, see oli 118% ADI-st. Teisel päeval sai ta nitriteid 58% ADI väärtusest. Näitena veel, üks 5aastane laps sõi viinereid kahel järjestikusel päeval ning ületas mõlemal päeval ADI väärtust. Esimesel päeval sai ta nitriteid 233% ADI-st ning teisel 116% ADI väärtusest. See 5aastane laps tarbis koguliselt umbes 5 viinerit esimesel päeval ning teisel 3 viinerit. 3,6 aastane laps sõi 5 kuni 6 viinerit päevas ning sai seega ADI väärtusest 244%. 7aastane selgelt alakaaluline laps sõi päevas 6-7 viinerit ning sai nitriteid 302% ADI väärtusest. Eeltoodust ei tohiks välja lugeda seda, et viinerid/sardellid sisaldavad kõrgemal määral nitriteid, vaid probleem on tarbimiskogustes.

Viinerite/sardellide järel olid enim nitriteid andnud toodetest grilltooted (11 toodet 50 enim nitriteid andnud toote seas) – nii grillvorstid kui ka grill-liha. Lapsed, kes tarbisid suuremas koguses grilltooteid, said 96% kuni 432% ADI-st. Kõige suuremad ADI arvu ületamised ilmnesid, kui 1,5 aastane laps sõi grillvorste 150 g ning 2,5 aastane laps kõrge nitriti sisaldusega grill-liha. Kirjanduse põhjal leidsid ka Hsu et al. (2009), et toiduga saadavate nitritite peamiseks allikaks on töödeldud lihatooded. Töödeldud ja värske liha proovides varieerus nitriti sisaldus 3,7 kuni 86,7 mg/kg vahel.

Seega on oluline meeles pidada, et nitrititega töödeldud lihatooteid ei tarbitaks sageli põhitooiduna.

Tabel 7. Lihatoodetest ja veest saadavad keskmised nitritite kogused ning ADI väärtuste ületamine

Vanus	Laste arv	Lihatoodetest saadav keskmine NO ₂ kogus	Veest saadav keskmine NO ₂ kogus	Keskmine ADI protsent	ADI väärtuse ületanute protsent
12-36 kuud	271	0,0153	0,0004	21,9%	4,43%
36-132 kuud	816	0,0160	0,0003	22,9%	2,70%
Kokku	1087	0,0158	0,0003	22,6%	3,13%*

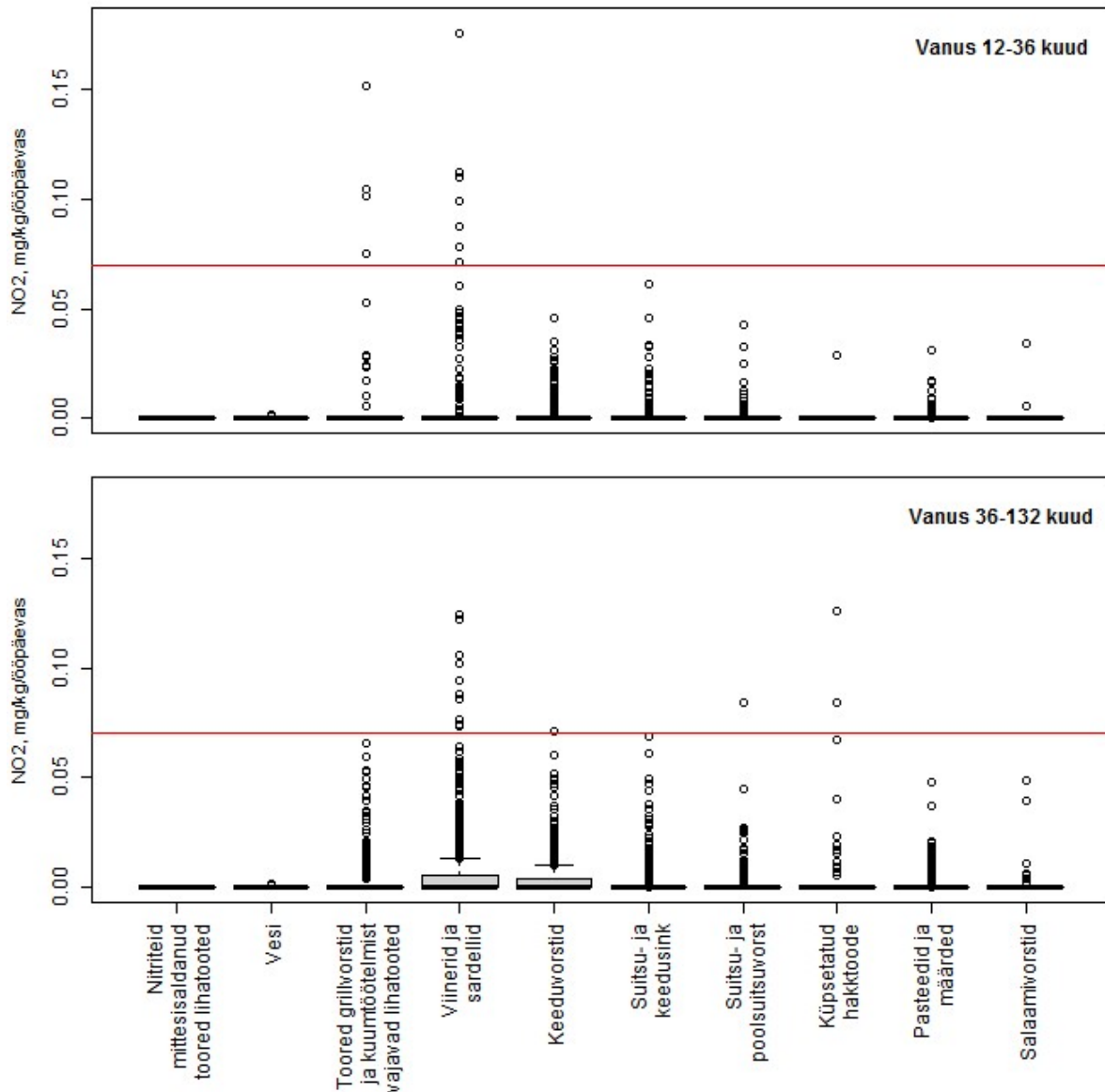
95%CI=(2,18% - 4,34%)

Tabel 8. Nitriteid sisaldavaid lihatooteid tarbinud laste keskmised nitritite kogused ning ADI väärtuste ületamine

Vanus	Laste arv	Lihatoodetest saadav keskmine NO ₂ kogus	Keskmine ADI protsent	ADI väärtuse ületanute protsent
12-36 kuud	249	0,0166	23,7%	4,82%
36-132 kuud	758	0,0172	24,6%	2,90%
Kokku	1007	0,0170	24,3%	3,38%*

*95%CI=(2,35% - 4,69%)

Tabelites 7 ja 8 on toodud nitritite keskmised saadavuse kogused vanusegruppide lõikes ning ADI väärtuste ületanute protsent. Tabelite andmete alusel võib järeldada, et töödeldud lihatooteid mitte tarbinud lapsed (n=80) ei mõjuta ADI väärtuste ületanute protsenti märkimisväärselt. Arvestades uuringus osalenud laste lihatoodete ja vee tarbimist saadi keskmiseks nitritite saadavuseks erinevates vanuserühmades: 12 kuni 36 kuud ja 36 kuud kuni 10 aastat vastavalt 21,9 ja 22,9% ADI väärtusest.



Joonis 24. Erinevat tüüpi lihatoodete ja vee tarimisest saadud nitritite kogus ööpäevas ühe kilogrammi kehamaasi kohta 1-2 ning 3-10aastastel lastel (punane joon märgib lubatavat kogust 0,07 mg/kg/ööpäevas).

Kuna vees oli nitritite sisaldus väga madal, siis sealt saadud nitritite kogused terviklikus nitritite koguse arvestuses erilist osakaalu ei omanud. Üksikud lapsed võivad tarbida salvkaevudest pärit kõrgema nitritite sisaldusega vett, kuid rahvastiku toitumisuuringu andmed ei kajastanud joogivee päritolu.

Täiendavalt kirjanduse näidetena saab esitada mõnedes lähiriikides teostatud uuringute andmeid. Taanis (Leth et al., 2008) 4-5aastaste laste vanusegrupis keskmine toidust saadav nitritite doos oli 16-19% ADI-arvust. Samas uuringus anti teada, et ADI-arv 0,07 mg lapse kehakaalu kohta päevas võib saada ületatud kuni 50%, kui töödeldud lihatoodete tarimisest saadavale nitritite kogusele lisada 5-20% ulatuses süljes endogeensest nitraadi muundamisest tekkinud nitritite kogus.

Rootsis teostatud uuringus leiti (Larsson et al., 2011), et keskmine töödeldud lihatoodetest saadav nitritite kogus 4-aastastel lastel (kehakaaluga keskmiselt 18,2 kg) oli 0,23 mg päevas ning 0,013 mg kg kehakaalu kohta päevas, kusjuures laste vanusegrupis 4-12 aastat täheldati

0,1% juhtudel (sh üks laps 4aastaste laste grupis) ADI-arvu ületamist. See 4aastane laps oli alakaaluline ning tarbinud kanalihast vorsti koguses 35 g päevas, milles oli leitud kõrge nitritite sisaldus. Keskmise toidust saadav nitraatide kogus 4-aastaste vanuserühma lastel oli 0,84 mg kg kehakaalu kohta päevas, mistõttu ADI-arvu ületamist selles osas ei täheldatud. Sarnaselt antud uuringule (Joonis 20), täheldati ka Rootsi uuringus, et keskmine töödeldud lihatoodete tarbimine kg kehakaalu kohta vähenes vanuse suurenedes. Larsson et al. (2011) uuringus leiti, keskmine töödeldud lihatoodetest saadav nitritite kogus laste vanusegruppides 4-12 aastat varieerus vahemikus 10% kuni 19% ADI-arvust. Sarnaselt Taanis teostatud uuringule, leiti ka Rootsi uuringus, et 4-aastaste laste vanusegrupis 12% lastel võib saada ADI-arv ületatud, kui töödeldud lihatoodete tarbimisest saadavale nitritite kogusele lisandub 5% ulatuses endogeenset nitraadi muundamisel (nt koos juurviljade tarbimisega) saadud nitritite kogus. Sarnaselt Eestis teostatud uuringule, ka Rootsis ja Soomes tarbiti laste hulgas kõige enam keeduvorstilaadseid tooteid, millistest saadi põhilised päevased nitriti kogused (Larsson et al. 2011, Suomi et al. 2016). Larsson et al. (2011) andmetel keskmine toidust (v.a vesi) saadav nitraatide doos moodustus 98% puu- ja köögiviljadest ja 2% töödeldud lihatoodetest. Eestis varasemalt teostatud köögiviljades ja vees sisalduvate nitraatide uuringu kohaselt, saadi 60-90% köögiviljadest ja köögivilja baasil valmistatud toitudest ning 11% joogiveest.

Lapsed vanuses 1 kuni 3 aastat said köögiviljade tarbimisest keskmiselt 26 mg nitraate päevas ning 4 kuni 6aastased keskmiselt 30 mg päevas (Elias, 2010). Arvestada tuleb veel sellega, et ka suuõõnes toimub inimese keelele leiduvate mikroorganismide poolt toiduga tarbitud nitraadi metaboliseerimine nitritiks (McKnight et al. 1999). See määr endogeenset nitraadi muundamisel nitritiks on Larsson et al. (2011) hinnangul 5%, EFSA (2008) hinnangul 5-7%, WHO (2003) hinnangul 7-9% ja Leth et al. (2008) hinnangul 5-20%. Suomi et al. (2016) uuringus võeti muundumise määraks 7%.

Soome Toiduohutus amet Evira ja Soome rahvusliku tervise ja heaolu instituut ja Soome rahvuslik toitumisnõukogu on soovitanud nitrititega töödeldud lihatooteid alla 1aastastele lastele mitte anda, n. külmlõikeid (singi, salaami ja teised vorstiviilud) ja vorstikesi (viinereid, sardelle, grillvorste ja teisi sarnaseid tooteid). 1 kuni 2aastaste väikelaste menüü ei tohiks sisaldada nitrititega töödeldud lihatooteid rohkem kui kord nädalas. 3 kuni 6aastaste laste nitrititega töödeldud lihatoodete tarbimise peaks hoidma samuti madala. Koolieelikutest lapsed võivad maksimaalselt süüa 150 g nitrititega töödeldud lihatooteid nädalas. Lahtikirjutatuna oleks see üks toidukord, milles tarbitakse vorstikesi ning igal päeval üks külmlõige. Või vanemate laste korral kaks vorstikestega toidukorda nädalas ning igal päeval kaks külmlõiget (Evira, 2013b).

KOKKUVÕTE ja JÄRELDUSED

Nitriteid kasutatakse lihatoodete säilivusaja pikendamiseks, et hoida ära nt *Clostridium botulinumi* riski ning säilitada lihatoodetele iseloomulikku värvust ja maitset.

Lihatoodete säilimise käigus, nitritite sisaldus langeb, kuid see sõltub toote säilimisaja pikkusest ning toote mikrobioloogilisest kooslusest.

Euroopa Parlamendi ja Nõukogu Määrus (EÜ) nr 1333/2008 kehtestab eeskirjad toidu lisaainete kohta k.a. lihatoodetes ja lihavalmististes kasutada lubatud lisaained ja nende kasutamise tingimused. Võrreldes määrusega kehtestatud lihatoodetele lisada lubatud nitraatide ja nitritite piirmäärasid, saab antud uuringus esitatud analüüsi tulemuste põhjal väita, et lihatoodetesse lisada lubatud nitritite piirmäärade ületamisi Eesti lihatoodetes suure tõenäosusega ei esinenud, sest vastasel juhul oleks lõpptoodete nitritite sisaldused märkimisväärselt kõrgemad.

Töödeldud lihatoodete tarbimise osas esineb hooajalisi erinevusi. Grillihooajal on oht, et ka lapsed söövad suuremal hulgal nitrititega töödeldud lihatooteid ning sellega seonduvalt võivad saada lubatust suuremaid päevaseid nitritite doose.

Tarbides nitrititega töödeldud lihatooteid on oluline, et neid ei tarbitaks igapäevaselt, seega on väga oluline hoida nitriti sisaldusega lihatoodete tarbimise sagedus ning -kogus kontrolli all.

Nitrititega töödeldud lihatoodete, eriti viinerite ja keeduvorstide, tarbimisel on nitritite ohutuid päevaseid koguseid (ADI väärtusi) laste puhul kerge ületada, sest neil on väiksem kehakaal.

Analüüsidest lihatoodetest saadavat nitritite kogust aastate kaupa ilmnes, et nii poiste kui ka tüdrukute puhul on nitritite saadavus kõrgem 4. ja 5. aasta vanustel ja seejärel 10. aasta vanustel.

Arvestades uuringus osalenud laste lihatoodete ja vee tarbimist saadi keskmiseks nitritite saadavuseks erinevates vanuserühmades: 12 kuni 36 kuud ja 36 kuud kuni 10 aastat vastavalt 21,9 ja 22,9% ADI väärtusest.

ADI arvust enam sai nitriteid 1087 lapsest 34 (so 3,13%) last. Seejuures oli enam nitriti ADI ületamisi 1-2aastaste poiste ja tüdrukute hulgas (vastavalt 4,10% ja 4,70%) ja vähem 3-10aastaste poiste ja tüdrukute hulgas (vastavalt 3,76% ja 1,68%). Siiski ei osutunud ADI väärtusest enam nitriteid saanute osakaalud ei vanusegruppide 1-2 aastat ja 3-10 aastat vahel ega ka poiste ja tüdrukute vahel statistiliselt oluliselt erinevateks. 1–2aastaste vanusegrupis kokku oli ADI väärtuste ületamisi 4,4% ning 3-10aastaste vanusegrupis 2,7%.

Kuivõrd joogivees oli nitritite keskmine sisaldus väga madal, siis sealt saadud nitritite kogused terviklikus nitritite koguse arvestuses erilist osakaalu ei omanud. Üksikud lapsed võivad tarbida salvkaevudest pärit kõrgema nitritite sisaldusega vett, kuid rahvastiku toitumisuuringu andmed ei kajastanud joogivee päritolu.

Eeldades, et toitumisuuringu valim on esinduslik, võime väita, et kogu elanikkonna vastav vanusegrupp (12 kuud kuni 10 aastat) ületab nitritite ADI väärtust 3,13% ulatuses (95% CI; 2,18 – 4,34). Seda võib tõlgendada ka nii, et tõenäosus ületada ADI väärtust 100 000 lapse kohta on 3140 last. Sajast lapsest saab lihatoodete tarbimisest ADI arvust suurema koguse nitriteid kolm last.

Meeles tuleks pidada, et lisaks lihatoodetest saadavatele nitritite kogustele saadakse nitraate veest ja köögiviljadest, milles leiduvad nitraadid võivad omakorda endogeenselt muunduda nitritiks.

Võrreldes kolme erinevat laste nitritite saadavuse uurimisperioodi (alates 2000 kuni 2015) Eestis, võib järeldada, et nitritite tarbimisenäitajad (saadavus) on aastate lõikes langenud. Ühe võimaliku põhjuseks näeme tarbijate teadlikkuse tõusu ning tervislike toitumisviiside suuremat rakendamist.

Soovitused edaspidiseks nitriteid sisaldava toidu tarbimiseks

Uuringu alusel saab järeldada, et laste keskmine lihatoodetest nitritite tarbimine jääb umbes 25% ADI-st piiridesse. Sellises koguses nitritite tarbimist saab pidada ohutuks ning üsnagi mõistlikuks. Kuna nitrititeid saab laps ka teistest allikatest näiteks joogiveest ja taimsest toidust neis sisalduvate nitraatide muundumise tõttu. Lisaks peab arvestama, et järgnevas lõigus toodud arvutuslikud näited on esitatud uuringu tulemuste nitritite keskmiste sisalduste põhjal. Seega, võib esineda nitrititega töödeldud lihatooteid, millistes on nitritite sisaldused kõrgemad. Näidis menüü koostamisel lähtuti sellest, et nitrititega töödeldud lihatoodetega saadavad nitritite kogused võiksid jääda 25% ADI piiridesse nagu oli antud uuringu keskmine ADI väärtus. Praktikast tähendab see umbes järgmisi koguseid: 1-3aastane laps u 55 grammi nitriteid sisaldavaid lihatooteid nädalas, 4-6aastane laps u 90 grammi ning 7-10aastane laps u 155 grammi nitriteid sisaldavaid lihatooteid nädalas.

Näiteks 1 kuni 3aastased lapsed võiksid nädalas tarbida nitriteid sisaldavaid lihatooteid järgnevalt: 1 põhitoidukord nitriteid sisaldavate lihatoodetega (1 viiner) ning üle päeva 1 viil sinki. Koguseliselt on see ligikaudu 55 g – viiner kaalub 25 g ja singilõik 10 g (10 g x 3 päeva = 30 g). Lastele vanuses 4 kuni 6aastat võiks soovitada kuni 90 grammi nitrititega töödeldud lihatooteid – üks põhitoidukord nitriteid sisaldavate lihatoodetega (2 viinerit = 50 g) ning lisaks 1 viil sinki üle päeva (10 g x 4 päeva = 40 g). 7 kuni 10aastased lapsed võiksid nädalas tarbida nitriteid sisaldavaid lihatooteid järgnevalt: 1 põhitoidukord nitriteid sisaldavate lihatoodetega (2-3 viinerit) ning üle päeva 2 viilu sinki. Koguseliselt on see ligikaudu 155 g – viiner kaalub u 25 g ja singilõik 10 g (10 g x 8 päeva = 80 g). Eelnevalt toodud tarbimiskoguste juures ei ületata nitritite ADI väärtust. Sellise tarbimise kohaselt saaksid lapsed nädalas lihatoodetest nitriteid nädala keskmisele arvutades u 25% ADI piirnormist ning jääks ka puhvertsoon maksimaalselt päevas tarbida lubatud nitritite koguseni. Sellise nitriteid sisaldava lihatoodete tarbimisega ei ületataks ka päevaseid lubatavaid koguseid ning kui vahel ka tarbitakse nitrititega töödeldud lihatooteid suuremas koguses, siis ei kujuta see koheselt terviseohtu. Probleemiks on pikaajaline suures kogustes nitrititega töödeldud lihatoodete tarbimine.

Nitritite koguste vähendamine toodetes vähendaks ka nitrititest tekkivate N-nitrosoamiinide ohtu. Seega saaksime vähendada nitritite saadavust nende tarbijate hulgas, kes ei ole nõus enda toitumisharjumusi muutma.

Kindlasti peab mainima, et nitritite koguste vähendamine lihatoodes tähendab, et tootmisel ja turustamisel oleksid tagatud rangete hügieeninõuete täitmine ning kogu toiduahela ulatuses oleks tagatud külmaketi katkematus.

Väikelaste lihatoode tarbimist arvestades võiks kaaluda viinerites ja keeduvorstides nitritite sisalduste vähendamist. See vähendaks märgatavalt väikelaste poolt nitritite saadavust.

Leiame, et väikelastele ei peaks andma vorste ja viinereid ning teisi nitrititega töödeldud lihatoodeid rohkem kui paar korda nädalas. Selliselt on võimalik vähendada nitritite saadavust eelkõige nende laste hulgas, kes tarbivad töödeldud lihatoodeid suuremal hulgal.

Lihatoode tarbimisel võiks laste menüü koostamisel eelistada töötlemata lihatoodeid ning tarbides nitrititega töödeldud lihatoodeid, peaks neid tarbima väikestes kogustes.

Antud uuring ei anna soovitusi nitriteid mitte sisaldavate lihatoode ja värsket liha tarbimise osas.

Kasutatud kirjandus

- Archer, D.L. (2002) Evidence that ingested nitrate and nitrite are beneficial to health, *Journal of Food Protection*, 65(5), 872-875.
- Benjamin, N. (2000) Nitrates in the human diet—good or bad? *Annales de Zootechnie*, 49, 207–216.
- Brambilla, G. ja Martelli, A. (2007). Genotoxic and carcinogenic risk to humans of drug-nitrite interaction products. *Mutation Research*, 635, 17–52.
- Coss, A., Cantor, K.P., Reif, J.S., Lynch, C.F. and Ward, M.H. (2004). Pancreatic Cancer and Drinking Water and Dietary Sources of Nitrate and Nitrite. *American Journal of Epidemiology*, 159 (7), 693-701.
- Dordevic, V., Vuksan, B., Radetic, P., Durdica, H., & Mitkovic, M. (1980). Prilog ispitivanju uticaja pojedinih faktora na promene sadrzaja nitrita u mesu. *Tehnologija mesa*, 21(10), 287–290.
- Dougall, H.T., Smith, L., Duncan, C. and Benjamin, N. (1995). The effect of amoxicillin on salivary nitrite concentrations: an important mechanism of adverse reactions? *British Journal of Clinical Pharmacology*, 39, 460-462.
- Du, S.T., Zhang, Y.S. and Lin, X.Y. (2007). Accumulation of nitrate in vegetables and its possible implications to human health. *Agricultural Sciences in China*, 6(10), 1246-1255.
- Duncan, C., Dougall, H., Johnston, P., Green, S., Brogan, R., Leifert, C., Smith, L., Golden, M. and Benjamin, N. (1995). Chemical generation of nitric oxide in the mouth from the enterosalivary circulation of dietary nitrate. *Nature Medicine*, 1, 546–551.
- Dykhuizen, R.S., Frazer, R., Duncan, C., Smith, C.C., Golden, M., Benjamin, N., Leifert, C. 1996. Antimicrobial effect of acidified nitrite on gut pathogens: importance of dietary nitrate in host defence. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 40, 1422-1425.
- EFSA, Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). (2008). Opinion of the scientific panel on contaminants in the food chain on a request from the European Commission to perform a scientific risk assessment on nitrate in vegetables. *EFSA J.* 689, 1-79.
- EFSA, European Food Safety Authority (2010). Statement on nitrites in meat products. *EFSA Journal* 2010; 8(5):1538.
- EFSA, (2003). The effects of nitrites/nitrates on the microbiological safety of meat products. *Scientific Opinion of the Panel on Biological Hazards*, 14, 1-31.
- Eichholzer, M. and Gutzwiller, F. (2003) Dietary Nitrates, Nitrites and N-nitroso Compounds and Cancer Risk with Special Emphasis on the Epidemiological Evidence, in *Food Safety: Contaminants and Toxins*, (ed J.P.F. D’Mello), CABI Publishing, UK, pp. 217-234.

- Elias, T. (2010) Nitrate and nitrite contents in vegetables and vegetable-based foods. Transformation Dynamics and dietary Intake. PhD Thesis.
- Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus (EÜ) nr 1333/2008/16. detsember 2008, toidu lisaiainete kohta <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/HTML/?uri=CELEX:02008R1333-20160317&qid=1462105271331&from=EN>
- Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus (EÜ) nr 853/2004, 29. aprill 2004, millega sätestatakse loomset päritolu toidu hügieeni erireeglid <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/PDF/?uri=CELEX:02004R0853-20160401&qid=1462115644756&from=EN>
- Evira, (2013a). Kvantitatiivinen riskinarviointi lasten ja aikuisten altistumisesta nitraatille ja Nitriitille <https://www.evira.fi/globalassets/tietoa- evirasta/julkaisut/julkaisusarjat/elintarvikkeet/kvantitatiivinen-riskinarviointi-lasten-ja-aikuisten-altistumisesta-nitraatille-ja-nitriitille.pdf>
- Evira, (2013b). Moderation in consumption of cold cuts and sausages by children. <https://www.evira.fi/en/shared-topics/news/moderation-in-consumption-of-cold-cuts-and-sausages-by-children/>
- Gangolli, S.D., van den Brandt, P., Feron, V., Janzowsky, C., Koeman, J., Speijers, G., Spiegelhalder, B., Walker, R. and Winshnok, J. (1994). Assessment of nitrate, nitrite, and N-nitroso compounds. Environmental Toxicology and Pharmacology Section, 292, 1-38.
- Gray, J.I. and Pearson, A.M. (1984) Cured meat flavor. Advances in Food Research, 29, 1-86.
- Harrison, N. (2005) Inorganic contaminants in food, in *Food chemical safety*, Volume 1: Contaminants (ed. D.H. Watson), Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, England, pp. 148-168.
- Hill, M.J. (1996) Nitrates and nitrites from food and water in relation to human disease Nitrates and nitrites in food and water in *Nitrates and Nitrites in Food and Water*, 2nd edn (ed M. Hill), Woodhead Publishing Ltd, Cambridge, pp. 163-187.
- Honikel, K.-O. (2008) The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. Meat Science 78, 68–76.
- Hsu, J., Arcot, J., Lee, N.A. (2009). Nitrate and nitrite quantification from cured meat and vegetables and their estimated dietary intake in Australians. Food Chemistry, 115, 334-339.
- JECFA, (2002). Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, Evaluation of certain food additives and contaminants. Fifty-ninth report of the Joint FAO/WHO Experts Committee on Food Additives. WHO Technical Reports series 913. 20-32.
- Jones, G. and Betts, G. (2009) Safety and shelf life of modified atmosphere packed and vacuum packed chilled food products with respect to risks of psychrotrophic *Clostridium botulinum*. R&D Report no. 277. Campden BRI.

Komisjoni määrus (EL) nr 601/2014, 4. juuni 2014, millega muudetakse Euroopa Parlamendi ja nõukogu määruse (EÜ) nr 1333/2008 II lisa seoses liha toidugruppidega ja teatavate toidu lisaainetega lihavalmististes EMPs kohaldatav tekst <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0601&from=ET>

Knekt, P., Jarvinen, R., Dich, J. and Hakulinen, T. (1999) Risk of colorectal and other gastro-intestinal cancers after exposure to nitrate, nitrite and N-nitroso compounds: A follow-up study, *International Journal of Cancer*, 80(6), 852-856.

Knobeloch, L., Salna, B., Hogan, A., Postle, J. and Anderson, H. (2000). Blue babies and nitrate-contaminated well water. *Environmental Health Perspectives*, 108, 675-678.

Kudryashov L (2003) personal communication by Honikel, K.-O. 2008 The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Science* 78, 68–76.

Larsson, K., Darnerud, P.O., Ilbäck, N.G., Merino, L. (2011). Estimated dietary intake of nitrite and nitrate in Swedish children. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*. May, 28(5), 659-666.

Leth, T., Fagt, S., Nielsen, S., Andersen, R. (2008). Nitrite and nitrate content in meat products and estimated intake in Denmark from 1998 to 2006. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*. Oct, 25(10), 1237-1245.

L'hirondel, J. and L'hirondel, J.-L. Nitrate and Man. CABI Publishing, CAB International, Wallingford, Oxon, UK, 2002, pp. 168.

Lundberg, J.O., Weitzberg, E., Cole, J.A. and Benjamin, N. (2004). Nitrate, bacteria and human health. *Nature Reviews Microbiology*, 2, 593-602.

Maekawa, A., Ogiu, T., Onodera, H., Furuta, K., Matsuoka, C., Ohno, Y., Odashima, S., (1982). Carcinogenicity studies of sodium nitrite and sodium nitrate in F-344 rats. *Food Chem Toxicol*. 1982 Feb;20(1):25-33.

McKnight, G.M., Duncan, C.W., Leifert, C., Golden, M.H. (1999). Dietary nitrate in man: friend or foe? Review. *Br J Nutr*. 81, 349–358.

Mensinga, T.T., Speijers, G.J.A. and Meulenbelt, J. (2003) Health implications of exposure to environmental nitrogenous compounds, *Toxicological Reviews*, 22(1), 41-51.

Mulvey, L., Everis, L., Leeks, D., Hughes, H. and Wood, A. (2010). Alternatives to nitrates and nitrites in organic meat products. Defra Project Reference OF0389. Campden Tecnology Limited, Campden BRI. pp. 91.

Murata, M. and Ishinaga, M. (2001) Daily intakes of nitrate and nitrite in middle-aged men by the duplicate portion method, *Shokuhin Eiseigaku Zasshi*, 42, 215-219.

Noorsalu, H. (2001) Nitritite seire lihatoodetes ning laste poolt saadavad nitritioonide ööpäevased doosid. Väitekiri kutsemagistrikraadi taotlemiseks toiduteaduse erialal.

- Orchardson, R. and Gillam, D.G. (2000). The efficacy of potassium salts as agents for treating dentin hypersensitivity. *Journal of Orofacial Pain*, 14, 9-19.
- Pegg, R.B. and Shahidi, F. (2000) *Nitrite curing of meat. The N-Nitrosoamine Problem and Nitrite Alternatives*, Food & Nutrition Press, Inc. Trumbull, Connecticut 06611 USA.
- Penttilä, P.L. (1995) Estimation of food additive and pesticide intakes by means of stepwise method, *Doctoral thesis*, University of Turku, Finland.
- Pierson, M.D. and Smoot, L.A. (1982) Nitrite, nitrite alternatives and the control of *Clostridium botulinum* in cured meats. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 17(2), 141-187.
- Pitsi et al. Eesti toitumis- ja liikumissoovitused (2016). Tervise Arengu Instituut. Tallinn, 2016. http://www.terviseinfo.ee/images/ETLS_avalikuks_aruteluks.pdf (26.04.16)
- Pour, P.M., Runge, R.G., Birt, D, et al. (1981). Current knowledge of pancreatic carcinogenesis in the hamster and its relevance to the human disease. *Cancer*, 47, 1573-1587.
- Puolanne, E., Ruusunen, M. (2003). Tekes, Elintarvikkeet ja terveys –ohjelma, Dnrro 8897401700, päätösno 40074701, Lihavalmisteiden nitriitin aiheuttaman riskin vähentäminen, Loppuraportti 1.4.2001-31.3.2003, julkaistu 29.8.2003. Helsinki.
- Ranken, M.D. (2000). *Handbook of meat product technology*. Blackwell Science.
- Mari Reinik, Doctor's Degree, (2007) Nitrates, nitrites, N-nitrosamines and polycyclic aromatic hydrocarbons in food: Analytical methods, occurrence and dietary intake, University of Tartu
- Reinik, M., Tamme, T., Roasto, M., Juhkam, K., Jurtsenko, S., Tenno, T. and Kiis A. (2005) Nitrites, nitrates and N-nitrosoamines in Estonian cured meat products: intake by Estonian children and adolescents, *Food Additives and Contaminants*, 22(11), 1098-1105.
- Robbins, R. A. and Rennard, S. I. (1997). Biology of airway epithelial cells. In R. G. Crystal, J. B. West, E. R. Weibel, & P. J. Barnes, (Eds.), *The Lung*. Scientific Foundations (Vol. 1). (pp. 445–457). Philadelphia: Lippincott-Raven.
- Sanchez-Echaniz, J. and Benito-Fernández, J. (2001) Methemoglobinemia and Consumption of Vegetables in Infants, *Pediatrics*, 107, 1024-1028.
- Sebranck, J.G. and Bacus, J.N. (2007) Cured meat products without direct addition of nitrate or nitrite: what are the issues? *Meat Science*, 77(1), 136-147.
- Speijers, G.J.A. and van den Brandt, P.A. (2003). Nitrite and potential endogeneous formation of N-nitroso compounds. [Online]. WHO Food Additives Series 50. Available: <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v50je05.htm>.

- Suomi, J., Ranta, J., Tuominen, P., Putkonen, T., Bäckman, C., Ovaskainen, M.-L., Virtanen, S.M., Savela, K. (2016). Quantitative risk assessment on the dietary exposure of Finnish children and adults to nitrite. *Food Additives and Contaminants*, 33(1), 41-53.
- Tamme, T., Reinik, M., Roasto, M., Juhkam, K., Tenno, T. and Kiis A. (2006) Nitrates and nitrites in vegetables and vegetable-based products and their intakes by the Estonian population, *Food Additives and Contaminants*, 23(4), 355-361.
- Temme, E.H., Vandevijvere, S., Vinkx, C., Huybrechts, I., Goeyens, L., Van Oyen, H. (2011). Average daily nitrate and nitrite intake in the Belgian population older than 15 years. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess.*, Sep, 28(9), 1193-1204.
- Toldra, F. (2002) Dry-cured meat products. Food and Nutrition Press.
- Tompkin, R.B. (1993). Nitrite. In: Davidson, P.M. and Branen, A.L. (Eds.) *Antimicrobials in Foods*. Marcel Dekker, New York, pp. 191-262.
- Turrini, A., Saba, A. and Lintas, C. (1991). Study of the Italian reference diet for monitoring food constituents and contaminants. *Nutrition Research*, 11, 861-873.
- Vermeer, I.T., Pachen, D.M.F.A., Dallinga, J.W., Kleinjans, J.C.S. and van Maanen, J.M.S. (1998) Volatile N-nitrosoamine formation after intake of nitrate at the ADI level in combination with an amine-rich diet, *Environmental Health Perspectives*, 106(8), 459-63.
- Wawrzyniak, A., Hamulka, J. and Skibinska, E. (2003) The evaluation of nitrate, nitrite and antioxidant vitamin intake in daily food ration of children aged 1-6 year of age, *Roczniki Panstwowego Zakladu Higieny*, 54, 65-72.
- Weller, R., Prize, R., Ormerod, A., Benjamin, N. and Leifert, C. (1997). Antimicrobial effect of acidified nitrite on skin commensals and pathogens. *British Journal of Dermatology*, 136, 464.
- Werner, K.J., Carrick, D., Michael, D., 2004. *Raamatus: Encyclopedia of meat sciences*. ELSEVIER, UK. 2004, volume one: pp. 1-6.
- WHO Food Additives Series: 50 (2003) Safety evaluation of certain food additives 1059. Nitrite and Nitrate: Intake assessment Fifty-ninth meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) World Health Organization, Geneva <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v50je07.htm>
- WHO, World Health Organization, 2015. Carcinogenicity of consumption of red and processed meat. IARC Press Release No 240, 26 October 2015.
- Ysart, G., Miller, P., Barret, G., Farrington, D., Lawrance, P. and Harrison, N. (1999) Dietary exposures to nitrate in the UK, *Food Additives and Contaminants*, 16(12), 521-532.