Eläinlääketieteen lisensiaatin tutkielma

Hyvän riistalaukauksen merkitys lihahygieniaan

-kirjallisuuskatsaus

Mäntyranta Tiia



Ohjaajat: Björkroth Johanna ja Sauvala Mikaela

Elintarvikehygienian oppiaine
Elintarvikehygienian ja ympäristöterveyden osasto
Eläinlääketieteellinen tiedekunta
Helsingin yliopisto
2024

HELSINGIN YLIOPISTO
HELSINGFORS UNIVERSITET
UNIVERSITY OF HELSINKI

Tiivistelmä

Tiedekunta: Eläinlääketieteellinen tiedekunta

Koulutusohjelma: Eläinlääketieteen lisensiaatin koulutusohjelma

Tekijä: Mäntyranta Tiia

Työn nimi: Hyvän riistalaukauksen merkitys lihahygieniaan

Työn laji: Eläinlääketieteen lisensiaatin tutkielma

Kuukausi ja vuosi: Huhtikuu 2024

Sivumäärä: 40

Avainsanat: Riistaliha, riistalaukaus, metsästyshygienia, lihahygienia, haavakkoeläin, tervaliha

Ohjaaja tai ohjaajat: Björkroth Johanna ja Sauvala Mikaela

Työn johtaja: Björkroth Johanna

Osasto tai osastot: Elintarvikehygienian ja ympäristöterveyden osasto

Oppiaine: Elintarvikehygienian oppiaine

Säilytyspaikka: Helsingin yliopiston kirjasto

Tiivistelmä:

Metsästysharrastus on suosittu aktiviteetti Suomessa. Lihahygienian toteutuminen riistalihankäsittelyketjussa on edellytys turvallisen elintarvikkeen takaamiseksi. Metsästäjien täytyy ymmärtää lihahygienian merkitys ja osata minimoida riskit lihavälitteisten sairastumisten synnylle toimimalla hyviä hygieniakäytäntöjä noudattaen.

Tutkimusten mukaan riistalihan mikrobiologinen laatu on pääosin hyvä, mutta monenlaisia riskejä lihahygienian heikkenemiselle esiintyy riistanpyyntitilanteen ja saaliinkäsittelyn yhteydessä. Riistalihan mikrobiologinen laatu vaihteleekin jonkin verran ja hygieniakäytäntöjen pettämisellä on lihahygieniaa heikentäviä vaikutuksia. Riistalaukauksen onnistuminen on yksi merkittävimpiä pyyntitilanteen aikaisia keinoja hyvän lihahygienian ylläpidossa. Vitaalialueille eli hengissä pysymisen kannalta elintärkeiden elimien alueelle rintaonteloon osunut onnistunut riistalaukaus aiheuttaa tajunnanmenetyksen ja kuoleman lähes välittömästi ja laukauksen onnistuminen on siten eläinsuojelullisestikin tärkeää.

Tämän kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on tuoda esille riistanpyyntitilanteen, erityisesti riistalaukauksen, ja lihahygienian yhteyttä ja esitellä lihahygieniaa heikentäviä riskitekijöitä sekä epäonnistuneen riistalaukauksen mahdollisia seurauksia. Riskien tiedostamisella ja tunnistamisella riskejä voidaan ehkäistä lisäten siten riistalihan elintarviketurvallisuutta. Hyviä hygieniakäytäntöjä noudattamalla riistalihavälitteisten sairastumisten riski minimoituu.

Epäonnistunut riistalaukaus voi johtaa muun muassa eläimen haavoittumiseen ilman välitöntä tappovaikutusta ja vatsaontelo-osumassa suolen sisällön aiheuttamaan lihojen kontaminaatioon. Haavakkoeläin on sekä lihahygieeninen että eläinsuojelullinen ongelma. Haavakkostressin yhteydessä lihaksen energiavarastot vähenevät ja seurauksena on taipumus muodostua kaadon jälkeen DFD-lihaa eli tervalihaa. Vatsaontelo-osumassa suolensisällön valuminen vatsaonteloon aiheuttaa lihojen kontaminoitumista ja voi johtaa sekä pilaajabakteerien lisääntymiseen että kohonneeseen riskiin patogeenisten sairauksia aiheuttavien bakteerien esiintymiseen lihassa. Sekä mikrobiologisesti kontaminoituneen lihan että tervalihan muodostumisen tapauksessa lihan säilyvyys ja turvallisuus ovat huomattavasti heikentyneet.

Metsästyksessä käytetyt ammukset voivat jättää lihaan metallijäämiä patruunan sirpaloituessa osumassa. Riistalihassa onkin todettu kohonneita metallipitoisuuksia johtuen patruunamateriaalien aiheuttamasta vierasmateriaali- ja vierasainejäämistä, ja nämä aiheuttavat fysikaalisen ja kemiallisen lihahygieniariskin. Onnistunut riistalaukaus vaatii oikeanlaisen ammuksen valinnan metsästystilanteeseen. Laukauksen on oltava tehokas, mutta säästettävä lihaa mahdollisimman paljon. Onnistunut riistalaukaus pyrkii huomioimaan myös patruunan sirpaloitumisriskin.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO……1
2 HYVÄN RIISTALIHAHYGIENIAN MERKITYS ELINTARVIKETURVALLISUUDEN NÄKÖKULMASTA……...3
2.1 Riistalihan koostumus ja koostumuksen vaikutus mikrobien kasvuun…….5
3 ONNISTUNUT RIISTALAUKAUS……...7
3.1 Aseen ja patruunan vaikutus riistalaukauksen onnistumiseen…….……8
3.2 Vitaalialueosuma……11
3.3 Lihaksen normaalimetabolia kuoleman jälkeen……..13
4 EPÄONNISTUNEEN RIISTALAUKAUKSEN SEURAUKSIA……14
4.1 Haavakkostressin ja tervalihan yhteys ……..…….14
4.2 Puutteellinen verenlasku……...……..17
4.3 Vatsaontelo-osuma……..18
5 YLEISIMMÄT RIISTALIHASSA ESIINTYVÄT BAKTEERIUHAT SUOLISTOLAUKAUKSEN YHTEYDESSÄ JA NÄIDEN BAKTEERIEN VAIKUTUS LIHAHYGIENIAAN ……...19
5.1 Lihan mikrobiologisesta laadusta kertovat mikrobit……...21
5.1.1 Aerobiset mikro-organismit…….22
5.1.2 Enterobakteerit (*Enterobacteriaceae*)……..23
5.2 Patogeeniset bakteerit…….24
5.2.1 *Campylobacter* spp……..25
5.2.2 *Listeria monocytogenes*……...……27
5.2.3 *Salmonella*……...…….29
5.2.4 *Yersinia* spp……..30
5.2.5 Muita patogeenisia bakteereja……..31
6 AMMUKSEN AIHEUTTAMA VIERASMATERIAALI- JA VIERASAINEJÄÄMÄRISKI RIISTALIHASSA JA LUUOSUMAN VAIKUTUS JÄÄMÄMÄÄRIIN…….…..34
6.1 Lyijypatruunan vaikutukset lihahygienialle sekä eläinten, ihmisten ja ympäristön terveydelle……..…34
6.2 Lyijy- ja kupariluotien aiheuttamien lihahygieenisten vaikutusten vertailu ……...…..37
7 YHTEENVETO…….39
8 LÄHDELUETTELO……..41

1 JOHDANTO

Suomessa metsästyksellä on pitkät perinteet. Vuonna 2022 riistanhoitomaksun suoritti 306 106 metsästäjää (Luonnonvarakeskus 2023). Heistä noin 160 000 metsästi pienriistaa ja hirvieläimiä metsästi noin 116 000 metsästäjää (Luonnonvarakeskus 2023). Luonnonvarakeskuksen (2023) saalistilastojen mukaan riistaeläimistä eniten saaliiksi pyydettiin vuonna 2022 sepelkyyhkyjä, joiden saalismäärä kohosi 250 000 yksilöön. Metsäkanalinnuista suosituin oli teeri, jota saatiin saaliiksi 129 000 yksilöä. Sinisorsia pyydettiin 165 000 yksilöä vuonna 2022. Metsäjänisten saalismäärä on ollut noin 90 000 yksilöä vuosittain. Hirvisaalis vuonna 2022 oli hieman yli 37 000 eläintä ja valkohäntäkauriiden saalismäärä reilu 67 100 eläintä. Vuoden 2022 saalistilastojen mukaan pyydettyjen saaliseläinten luullisen lihan määrä oli noin yhdeksän miljoonaa kilogrammaa ja laskennallinen arvo 70 miljoonaa euroa (Luonnonvarakeskus 2023).

Suomessa riistalihaa kuluttavat pääasiassa metsästäjät ja heidän lähipiirinsä. Metsästäjät käsittelevät saaliin usein alusta loppuun asti itse, eikä riistalihalle täten suoriteta pääsääntöisesti virallista lihantarkastusta. Tästä syystä metsästäjän oma vastuu lihan hygieenisen laadun varmentamisessa korostuu koko saalistusketjun ajan metsästystilanteesta saaliin ruokapöytään päätymiseen asti. Usein puhutaan riistalihan oikeista saaliinkäsittelymenetelmistä, mutta lihahygienian kannalta myös metsästysvaiheen tapahtumilla on suuri merkitys lihan hygieeniseen laatuun.

Lihahygienialla tarkoitetaan lihan puhtautta kaikista elintarviketurvallisuutta laskevista biologisista, fysikaalisista tai kemiallisista vaaroista, kuten vaikkapa mikrobeista tai vierasesineistä. Lihan vierasesineitä voivat olla muun muassa hajonneen ammuksen kappaleet lihassa. Lihahygienian toteutuminen on perusedellytys turvalliselle elintarvikkeelle. Turvallisen elintarvikkeen riskit elintarvikevälitteisten sairauksien syntyyn on minimoitu.

Metsästystilanne eroaa suuresti teurastamossa suoritetusta eläimen teurastamisesta. Saalistustilanteessa ammuttu riistalaukaus aloittaa saaliin käsittelyketjun. Kuitenkin jo riistalaukausta edeltävilläkin tapahtumilla on merkitystä lihahygieniaan. Esimerkiksi pitkään takaa-ajetun saaliseläimen lihaksiston energiavarastojen tyhjentymisellä on merkittäviä lihan säilyvyyttä heikentäviä vaikutuksia (Shange ym. 2018, katsauksessa Terlouw ym. 2021). Yksi

tärkeimmistä tekijöistä metsästystilanteessa lihahygienian toteutumiselle on hyvän riistalaukauksen onnistuminen.

Tässä kirjallisuuskatsauksessa pyrin lähdekirjallisuuden avulla perehtymään nimenomaan riistalaukauksen ja lihahygienian yhteyteen. Pyrin selvittämään epäonnistuneen riistalaukauksen vaikutuksia lihahygieniaan sekä lihan kontaminaation että sitä seuraavan säilyvyyden heikkenemisen näkökulmasta. Käsittelen tutkielmassani muun muassa suolisto-osuman aiheuttamaa lihahygieenistä vaaraa, haavakkostressin vaikutusta lihan säilyvyyteen sekä fysikaalisena vaarana nostan esiin patruunan osien jäämien merkityksen riistan lihassa. Täten pääasiallisesti lisensiaatintutkielmani keskittyy metsästystilanteen tapahtumien vaikutuksiin lihahygienian toteutumisen näkökulmasta.

2 HYVÄN RIISTALIHAHYGIENIAN MERKITYS ELINTARVIKETURVALLISUUDEN NÄKÖKULMASTA

Riistalihan käsittelyketjussa hyvän lihahygienian toteutuminen on perusvaatimus elintarvikkeen turvallisuuden varmistamiseksi. Lihahygienialla ja sen noudattamisella tarkoitetaan yksinkertaisuudessaan lihan fysikaalisten, kemiallisten ja mikrobiologisten vaarojen minimointia tunnistamalla nämä vaarat, ehkäisemällä niiden syntymistä lihankäsittelyprosessissa ja huolehtimalla lihan elintarvikekelpoisuudesta koko käsittelyketjun ajan.

Metsästysseuralla tai yksittäisellä metsästäjällä on oikeus luovuttaa tai myydä tiettyjen riistaeläinten lihaa pieniä määriä yksityishenkilölle hänen omaan käyttöönsä tarkastamattomana lihana tietyin edellytyksin (MMMa 318/2021 21 § ja 34 §, Ruokavirasto 2023). Mikäli riista käsitellään lahtivajassa, jota ei ole rekisteröity elintarvikehuoneistoksi, voidaan tietyin edellytyksin nylkemätön tai kynimätön riista myydä suoraan kuluttajalle tai paikallisille vähittäisliikkeille niin sanottuna alkutuotannon tuotteena (MMMa 318/2021 21 § ja 34 §, Ruokavirasto 2023). Mikäli riista on nyljetty tai kynitty ja käsittely on tapahtunut rekisteröimättömässä elintarvikehuoneistossa, on saalis tarkoitettu pääasiassa metsästäjän omaan käyttöön. Kuitenkin pieniä määriä voi luovuttaa vastikkeetta suoraan yksityishenkilölle tässäkin tapauksessa (Ruokavirasto 2023). Jos tarkastamaton riista on nyljettyä tai kynittyä ja sitä halutaan myydä kuluttajalle, on riistan käsittely tapahduttava lahtivajassa, joka on rekisteröity elintarvikehuoneistoksi (Ruokavirasto 2023). Riistan lihan käsittelyn tapahtuessa rekisteröidyssä elintarvikehuoneistossa myös tarkastamatonta riistalihaa saa muun muassa leikata ja jäädyttää (Ruokavirasto 2023).

Mikäli riistalihaa haluttaisiin myydä yleiseen elintarvikeketjuun, tulisi riista tarkastuttaa riistan käsittelylaitoksessa tai poroteurastamossa (EY 853/2004 liite III IV Jakso II luku, Ruokavirasto 2023). Koska riistalihan reitti kuluttajalle usein on aiemmin kuvatun mukainen ilman virallista lihantarkastusta, on metsästäjällä itsellään suuri vastuu riistalihan hygieenisen laadun turvallisuuden takaamisessa. Metsästäjä ei aina voi vaikuttaa kaikkiin metsästystilanteen tapahtumiin, mutta elintarviketurvallisuutta uhkaavien riskien tunnistamisella sekä hyvien hygieenisten tapojen noudattamisella saaliin käsittelyssä elintarviketurvallisuus paranee merkittävästi.

Riistaeläimet kantavat zoonoottisia taudinaiheuttajia, jotka voivat tarttua eläimestä ihmiseen. Metsästäjän on syytä tuntea saalistamansa riistaeläimen yleisimmät taudinaiheuttajat ja niiden merkitys elintarviketurvallisuudelle. Zoonoottisia taudinaiheuttajia riistalihassa voivat olla muun muassa ulostesaastumisen seurauksena lihaan päätyneet taudinaiheuttajabakteerit tai erilaiset lihan sisältämät loiset, kuten *Trichinella* spp. Trikinellalle herkkien saaliseläinten liha tuleekin tutkia niiden varalta laboratoriossa ennen lihan kulutusta tai luovuttamista (MMMa 318/2021 34 §). Lihan kontaminoitumisesta seuraavia lihavälitteisesti leviäviä ruokamyrkytyksiä ja vakaviakin sairastumisia aiheuttavia patogeenisia bakteereja ovat muun muassa *Campylobacter* spp., *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* ja *Yersinia* spp. Näitä kaikkia bakteereja on eristetty riistaeläinten suolistosta (Avagnina ym. 2012, Sauvala ym. 2021).

Kokenutkin metsästäjä voi ampua epäonnistuneen riistalaukauksen, ja suolisto-osuman tapauksessa onkin tärkeää tietää hyvät toimintatavat, joilla estetään taudinaiheuttajien pääsy elintarvikeketjuun lihan mukana. Riistalihan potentiaali ruokamyrkytysten tai muiden sairastumisten aiheuttajana on otettava huomioon riistalihaa kulutettaessa. Paras keino estää lihavälitteisten taudinaiheuttajien siirtyminen ihmiseen on ehkäistä lihan saastuminen ja toimia hyvien hygieenisten tapojen mukaisesti, jotka edistävät turvallisen lihan päätymistä pöytään asti. Riistalihasta aiheutuneita ruokamyrkytyksiä onkin raportoitu maailmalla (katsauksessa Ramanzin ym. 2010, Kadohira ym. 2019, katsauksessa Hedman ym. 2020).

Euroopan komission asetuksessa EY 2073/2005 elintarvikkeiden mikrobiologisista vaatimuksista säädetään tuotantoeläiminä pidettyjen eläinlajien ruhojen hyväksyttävistä mikrobimäärien raja-arvoista. Vaikka nämä arvot eivät koske riistaeläimiä, voidaan niitä käyttää vertailuarvona riistalihan mikrobimäärille. Vaikka metsästetyn eläimen ruhon käsittelyhygienia ei koskaan täysin yllä teurastamon hygieniatasolle, riistaeläinten ruhojen mikrobimäärät on mahdollista saada hygieenisellä toiminnalla pysymään näiden raja-arvojen sisällä (Atanassova ym. 2008, Avagnina ym. 2012, Sauvala ym. 2019, Branciari ym. 2020, Ranucci ym. 2021). Kuitenkin myös kotimaisten riistaeläinten lihanäytteiden mikrobimäärien on yleisesti todettu kohoavan yli EY 2073/2005 naudan lihalle asettamien raja-arvojen (Sauvala ym. 2019), joten myös suomalaisessa riistalihan käsittelyhygieniassa on paikoin parannettavaa.

Hygieenisellä saaliinkäsittelyllä vähennetään ruhoon siirtyvän mikrobikuorman määrää. Esimerkiksi kertakäyttöhansikkaiden käyttäminen suolistuksen yhteydessä on todettu vähentävän lihan mikrobikuormaa (Korkmaz ym. 2022). Ruhon liha voi kontaminoitua

esimerkiksi riistaeläimen tai käsittelijän ihon mikrobistolla. Mikrobimäärä ruhossa metsästyksen aikaisen käsittelyn jälkeen onkin tärkeä lihan laadun mittari, sillä voimakkaasti mikrobeilla kontaminoitunut liha voi pilaantua oletettua nopeammin ja huono alkuvaiheen ruhonkäsittelyhygienia voi altistaa lihan vaarallisille taudinaiheuttajille. Hygieenisesti toimimalla liha säilyy pidempään elintarvikekelpoisena ja sen kuluttaminen on turvallista lihavälitteisten patogeenien aiheuttaman ruokamyrkytysriskin minimoituessa.

Mikrobiologisten riskien lisäksi fysikaalisena ja kemiallisena vaarana ihmisten terveydelle mainittakoon muun muassa patruunan hajoamisesta haavakanavan ympärille johtuvat vierasesine- ja vierasainejäämät riistan lihassa. Erityisesti patruunasta peräisin olevien lyijyjäämien siirtyminen lihan mukana ihmisten ja seuraeläinten elimistöön onkin riski riistalihan kulutuksessa (Schlichting ym. 2017, Wepler ym. 2022). Lihahygieniasta puhuttaessa kyseinen vierasainejäämäriskin olemassaolo on syytä huomioida.

2.1 Riistalihan koostumus ja koostumuksen vaikutus mikrobien kasvuun

Riistalihan koostumus vaihtelee eri eläinlajien välillä. Lajienvälisen vaihtelun lisäksi lihan koostumus ja laatu vaihtelevat lajin sisällä muun muassa sukupuolen ja iän mukaan (katsauksessa Ramanzin ym. 2010). Koostumus ja laatu vaihtelevat jopa yksilön kohdalla eri vuodenaikoina ja siihen vaikuttaa eläimen elinympäristö ja käyttäytyminen. Ravinnonsaanti luonnossa vaihtelee eri vuodenaikoina, samoin eläimen energiankulutus esimerkiksi kiima-ajan tai laktaation seurauksena. Eläimen lihasmassan ja rasvan määrä voivat muuttua huomattavasti eri vuodenaikojen ja käyttäytymisen vaikutuksesta (katsauksessa Ramanzin ym. 2010).

Liha on proteiinirikas elintarvike. Viganò ym. (2019) selvittivät metsästettävien sorkkaeläinten lihanäytteiden avulla riistalihan sisältävän keskimäärin 22,4 grammaa proteiinia 100 grammaa lihaa kohti. Proteiinimäärän, kuten muunkin lihan koostumuksen, todettiin vaihtelevan jonkin verran eläinlajin, sukupuolen ja iän mukaan (Viganò ym. 2019). Lisäksi riistaliha sisältää tuotantoeläinten lihaa enemmän rautaa, sinkkiä ja B12-vitamiinia (Laaksonen 2013, Vigano ym. 2019). Katsausartikkelissaan Ramanzin ym. (2010) vertailivat Italiassa pyydettyjen sorkkaeläinten lihan koostumusta tuotantoeläinsukulaislajien lihan koostumukseen ja katsauksessa nostetaan esille riistalihan olevan yleisesti vähärasvaisempaa ja sisältävän paremman rasvahappokoostumusjakauman tyydyttyneiden ja tyydyttymättömien

rasvahappojen kesken verrattuna tuotantoeläinlajeihin. Myös omegarasvahappokoostumus on riistalihassa yleisesti ottaen suotuisampi (katsauksessa Ramanzin ym. 2010, Valencak ym. 2015, Viganò ym. 2019). Rasvan määrä lihassa on aikuisilla uroksilla metsästyskauden aikana alhaisin verrattuna lajin sisällä muihin yksilöihin (Viganò ym. 2019).

Liha on hyvä mikrobien kasvualusta, sillä se sisältää paljon mikrobien käyttämiä ravintoaineita ja glukoosia. Liha ei sisällä merkittävästi antimikrobisia ainesosia, jotka estäisivät mikrobien kasvua. Tuoreen lihan pH ja vesiaktiivisuus ovat mikrobikasvustolle sopivia (Fredriksson-Ahomaa ja Korkeala 2007). Riistaliha pakataan yleensä hapettomaan anaerobiseen pakkaukseen, esimerkiksi tyhjiö- eli vakuumipakkaukseen, jonka tarkoitus on vähentää aerobisten happea käyttävien bakteerien kasvua, mutta toisaalta hapeton pakkaus valikoi anaerobisten hapettomissa oloissa elävien bakteerien kasvua lihassa. Tyhjiöpakkaukseen säilötyn lihan viiden viikon ajan kestäneessä säilyvyystutkimuksessa Sauvala ym. (2023) havaitsivat kuitenkin sekä aerobisten että anaerobisten bakteerien lisääntymistä lihassa. Lihan pakastaminen ei riitä tuhoamaan kaikkia mikrobeja lihasta, vaikka se mikrobien kasvun pakastuksen aikana usein estääkin (Lindström 2007).

Pakastetun lihan tapauksessa sulamisvaiheessa mikrobit voivat elpyä ja sulamisvesi irrottaa lihasta mikrobeille ravintoaineita, mikä edistää mikrobien kasvamista (Lindström 2007). Sulatettua lihaa ei tulisikaan enää säilöä pitkiä aikoja, vaan se tulisi käyttää nopeasti sulattamisen jälkeen. Paras keino tuhota mikrobit on kuumentaa liha läpikotaisin ennen tarjoilua, riistanisäkäslajien lihan osalta vähintään + 71-74 °C:een ja riistalintujen lihan osalta + 74 °C:een (Laaksonen 2013).

Riistalihan väri on yleisesti tummempaa kuin muista lajeista saatava liha (katsauksessa Ramanzin ym. 2010). Tämän arvellaan johtuvan runsaasta riistalihan sisältämästä myoglobiinimäärästä sekä stressialtistuksesta metsästystilanteessa (katsauksessa Ramanzin ym. 2010). Stressialtistus muuttaa saalistustilanteessa eläimen lihaksen koostumussisältöä tyhjentämällä energiavarastoja (katsauksessa Terlouw ym. 2021). Tämän seurauksena lihan pH jää tavallista korkeammaksi, mikä voi johtaa jopa tervalihan eli DFD-lihan (Dark-Firm-Dry) muodostumiseen (Fredriksson-Ahomaa ja Korkeala 2007). Tervalihan säilyvyys on lihan happamoitumisen estyttyä heikentynyt merkittävästi (Fredriksson-Ahomaa ja Korkeala 2007). DFD-lihaa käsitellään lisää tutkielmassa haavakkostressin yhteydessä.

3 ONNISTUNUT RIISTALAUKAUS

Riistalaukauksen onnistuminen on tärkeä tekijä niin eläinsuojelullisesta, eettisestä kuin lihahygieenisestä näkökulmasta. Eläinsuojelullisesti laukauksen on aiheutettava tajunnanmenetys välittömästi. Samalla laukauksen on säästettävä lihaa mahdollisimman paljon. Osuman tulisi kaataa saalis välittömästi. Tällöin vältytään haavakkoeläimeltä ja tilanteen aiheuttamilta eläinsuojelullisilta ja lihahygieenisiltä ongelmilta.

Riistalaukauksen onnistumisen todennäköisyys kasvaa ampumaharjoittelun myötä. Metsästäjän tulee ennen laukausta tunnistaa saalis ja arvioida sen terveydellinen soveltuvuus elintarvikekäyttöön, esimerkiksi arvioitava eläimen mahdollinen häiriökäyttäytyminen ja ulkoiset sairaudet merkit, kuten aliravitsemustila (Laaksonen 2013). Sairaita eläimiä pyritään poistamaan eläinsuojelullisista syistä, mutta tällöin eläimestä saatavia osia ei voi käyttää elintarvikkeeksi. Metsästäjän tulee olla varma laukauksen turvallisuudesta, tähdätä saalista asianmukaiseen ampumakohtaan sekä ottaa huomioon mahdollinen saaliin liike. Usein ampumatilanteessa päätöksenteko sekä toiminta on oltava nopeaa. Metsästäjän on tilanteessa arvioitava ampumatkan sopiva pituus, jotta epäonnistuneelta laukaukselta ja haavakoilta vältytään. Ampumamatkan on oltava aseelle ja ammukselle sopiva, sillä ammuksen osumaenergia on oltava tarpeeksi suuri aiheuttamaan riittävää tuhoa saaliseläimen kudoksissa (Metsästäjäliitto 2022). Toisaalta liian lähellekään ei saa ampua, jottei osuma hajota lihaa ylimäärin. Metsästäjän täytyy myös osata tehdä päätös olla ampumatta joissain tilanteissa.

Metsästysmuoto vaikuttaa riistalaukauksen onnistumistodennäköisyyteen. Liikkuvaan saaliiseen on vaikeampi osua kuin paikallaan olevaan eläimeen ja juoksevan eläimen ampumista onkin vältettävä (Laaksonen 2013). Hiipimällä ja kyttäämällä suoritettu metsästystilanne on rauhallisempi verrattuna ajojahtiin saaliseläimen ollessa vain pienessä liikkeessä ja rauhallisempi tilanne antaa aikaa tarkastella saaliseläintä ja suunnitella laukausta johtaen todennäköisemmin parempaan laukaukseen. Pysäyttävän koiran käyttö metsästystilanteessa auttaa saaliin paikoilleen jäämistä (Laaksonen 2013). Näillä keinoin minimoidaan haavakkoriski.

Lihaan pääsee mikrobeja pieniä määriä iholta ammuksen tunkeutuessa ihon läpi syvempiin kudoksiin. Suurempikaliiperisen luotipatruunan käyttö ei kuitenkaan Branciarin ym. (2020)

mukaan lisännyt merkittävästi mikrobikontaminaatiota lihassa pienempikaliiperiseen patruunaan verrattuna, kun saalis kaatui yhdellä laukauksella. Mikäli osumien lukumäärä saaliissa lisääntyisi paikkolaukausten myötä, todennäköisesti iholta lihaksistoon kulkeutuvien mikrobien määrä kasvaisi ja näiden mikrobien merkitys lihahygieniassa voisi tällöin korostua. Useampi osuma aiheuttaisi joka tapauksessa vaurion määrän lisääntymistä ihossa ja lihaksistossa, mikä altistaisi lihan kontaminoitumiselle ympäristöperäisillä mikrobeilla ihorikkojen lisääntyessä. Tästäkin syystä optimaalisinta olisi saada saalis kaadettua yhdellä laukauksella.

3.1 Aseen ja patruunan vaikutus riistalaukauksen onnistumiseen

Riistalaukaukseen vaikuttaa metsästäjän harjaantuneisuus sekä ase- ja patruunatekniset tekijät. Ampumataitoa on syytä harjoitella säännöllisesti, myös liikkuvaan maaliin. Maasto voi aiheuttaa haasteita patruunan lentoradalle. Esimerkiksi puiden oksisto toimii paitsi näköesteenä mutta se voi myös muuttaa patruunan lentorataa tai heikentää sen osumaenergiaa. Aseen kohdistus on tärkeä toimi riistalaukauksen onnistumisen kannalta (Metsästäjäliitto 2022). Aseen käyttäjän tulee kohdistaa aseensa itse, jotta ampujan ote ja tähtäystekniikka vastaavat aseen asetuksia myös metsästystilanteessa (Metsästäjäliitto 2022). Onnistuneen riistalaukauksen mahdollisuutta kasvattaa metsästäjän ampuma- ja metsästyskokemus yhdistettynä ymmärrykseen aseen ja ammuksen toiminnasta ja toimivuudesta saalistettavan riistaeläinlajin kaadossa. Taitava metsästäjä osaa huomioida myös ympäristöolosuhteiden vaikutuksen riistalaukaukseen.

Riistan metsästys on sallittua vain tarpeeksi tehokkaalla aseella ja ammuksella, jonka osumaenergia riittää aiheuttamaan tappavan kudostuhon tietyssä saaliseläimessä. Aseen ja ammuksen vaatimukset riippuvat metsästettävästä riistalajista. Metsästysaseilta ja patruunoilta riistalajikohtaisesti vaadittuja ominaisuuksia on listattu metsästysasetuksessa (MMMa 666/1993). Esimerkiksi suurriistan metsästyksessä luodin tulee olla laajeneva luoti, jotta se hajotessaan luovuttaa energiansa saaliseläimen kudoksiin (MMMa 666/1993 16a §, Metsästäjäliitto 2022). Laajenevaa luotia suositellaan myös majava- ja hyljemetsälle (Malinen ja Väänänen 2015). Puolivaippainen laajeneva luoti aiheuttaa suuremman haavakanavan laajetessaan ja siten myös shokkivaikutus on voimakkaampi (Metsästäjäliitto 2022). Ammuksen teho on tällöin suurempi. Luodin laajetessa sen tunkeutuvuus kudokseen vähenee

ja nopeus hidastuu. Turvallisinta onkin, että luoti pysähtyy saaliseläimen kudoksiin, eikä tule eläimestä läpi tai kimpoa esimerkiksi luukudoksesta. Läpilentävät ja kimpoilevat suuntaa muuttavat luodit voivat aiheuttaa turvallisuusriskin myös metsästäjille. Luodin kudostunkeutuvuus on kuitenkin oltava riittävä aiheuttamaan tarpeeksi vahinkoa kudoksille ja aikaansaamaan välittömän tappovaikutuksen.

Muun muassa linnustuksessa ja jänismetsällä voidaan käyttää pienriistan ammuntaan soveltuvaa kivääriä ja kokovaippaista luotia. Kokovaippaluoti ei laajene, vaan useinkin menee riistaeläimestä läpi, ja siten se ei luovuta energiaansa eläimeen laajenevan luodin tapaan. Riistaeläimen pienen koon takia kuitenkin kokovaippaluodin tehokkuus on riittävä. Kokovaippaluodin käyttö minimoi myös pienriistan lihahävikin.

Luotimateriaalina käytetään yleisesti lyijyä ja kuparia. Lyijyluodin ja vastaavan kupariluodin tappotehokkuudessa ei ole havaittu tutkimusten mukaan eroa (Martin ym. 2017, Stokke ym. 2019). Stokke ym. (2019) eivät havainneet myöskään lyijy- ja kupariluodin kudostunkeutuvuudessa merkittävää eroa tutkitulla alle 150 metrin ampumamatkalla. Pääsääntöisesti lyijyluoti hajoaa useammaksi fragmentiksi osumatilanteessa haavakanavan ympärille kuin kupariluoti (McTee ym. 2023). Lyijyluodin fragmentoituminen aiheuttaa haavakanavan suurentumista, mikä edistää saaliin nopeaa kuolemaa. Lyijyluodin hajoaminen lihaan ei kuitenkaan ole ongelmatonta johtuen lyijyn myrkyllisyydestä. Suurriistan metsästyksessä käytetyistä laajenevista luodeista kupariluoti laajenee verrattain enemmän kuin lyijyluoti osumatilanteessa, mikä taas lisää kupariluodin tehokkuutta (Stokke ym. 2019). Kupariluoti pitää paremmin jäämäpainonsa osuman jälkeen (Stokke ym. 2017, McTee ym. 2023), eikä hajoa samassa mittakaavassa kudokseen haavakanavan ympärille kuin lyijyluoti (Stokke ym. 2017). Lyijyn myrkyllisyyden ja ympäristövaikutusten vuoksi nykyisin pyritään siirtymään vähemmän haitallisena pidettyjen kupariluotien käyttöön metsästyksessä. Lyijyn käyttö haulimateriaalina vesilinnustuksessa on Suomessa ollut kiellettyä vuodesta 1996 (metsästyslaki 615/1993 33 §). Sittemmin on astunut voimaan myös lyijyhaulikielto kosteikkoalueilla (EU 2021/57).

Haulikolla metsästäessä haulien tappovaikutus perustuu hauliparven aikaansaamaan shokkivaikutukseen riittävän monen haulin iskeytyessä yhtäaikaisesti riittävällä teholla saaliin vitaalialueelle (Metsästäjäliitto 2022). Haulikolla ammuttaessa tähtäyspiste on vitaalialueella ja sopiva ampumaetäisyys on noin 10–35 metriä (Metsästäjäliitto 2022). Haulien iskuenergiaan

osumatilanteessa vaikuttaa haulien koko, nopeus ja hauliparven osumakuvio. Osumakuvio tarkoittaa hauliparven muodostamaa saaliin peittävyyskuviota osumahetkellä eli käytännössä hyvä osumakuvio tarkoittaa saaliiseen osuvan riittävän monta haulia, jotka aikaansaavat riittävällä iskuenergialla välittömän tappovaikutuksen. Mikäli osumakuviossa olisi aukkoja tai saalis osuu riittävän reunalle haulipeittoa, on saaliin haavoittuminen ilman välitöntä tappovaikutusta todennäköistä (Metsästäjäliitto 2022).

Hauliparven leveyttä ja pituutta eli siten myös hauliparven osumakuviota voidaan säätää piipun supistajilla (Metsästäjäliitto 2022). Piipun supistajat supistavat hauliparven leveyden alkutilanteessa pienemmäksi, minkä seurauksena tehokas ampumamatka hieman pitenee hauliparven leveyshalkaisijan pysyessä koossa pidemmän ajan ja siten myös pidemmän matkan (Metsästäjäliitto 2022). Samalla hauliparven pituus pitenee, mikä on eduksi liikkuvaa saalista ammuttaessa (Metsästäjäliitto 2022). Hauliparven optimaalinen leveyshalkaisija osumahetkellä on 75 senttimetriä (Metsästäjäliitto 2022). Haulikuvion harvetessa eli yksittäisten haulien etäisyyden kasvaessa toisistaan saaliiseen osuvien haulien määrä vähenee.

Hauliparven laajenemaan ja osumakuvion harventumiseen vaikuttaa myös yksittäisten haulien lukumäärä patruunassa (Metsästäjäliitto 2022). Suurempikokoinen hauli pitää iskuenergiansa suurempana, mutta patruunaan mahtuvan haulimäärän vähentyessä osumakuvio kuitenkin harvenee (Metsästäjäliitto 2022). Eri riistaeläinlajeille on olemassa suositeltavia suuntaa antavia haulikokoja.

Edellä esiteltyjen lisäksi haulimateriaalilla on merkittävä vaikutus iskuenergian säilymiseen eri materiaalien painoerojen vuoksi (Metsästäjäliitto 2022). Eri materiaalista valmistetut haulit käyttäytyvät eri tavalla ja niiden osumakuvio voikin erota toisistaan (Metsästäjäliitto 2022). Siispä haulien massa, koko ja haulien määrä patruunassa on toimittava yhteen kyseiselle aseelle, riistalle ja ampumamatkalle sopivan osumaenergian eli iskutehokkuuden ja siten hyvän riistalaukauksen varmistamiseksi. Patruunan käyttäytyminen onkin syytä tuntea ennalta koeampumalla patruuna. Muun muassa kuusipeuran, valkohäntäkauriin, metsäpeuran ja villisian metsästykseen on mahdollista käyttää haulikkoluotia eli täyteistä (Malinen ja Väänänen 2015). Täyteispatruunaa ei saa käyttää hirven tai karhun ampumiseen (MMMa 666/1993 18 §).

Jousella metsästäessä ampumamatkat ovat keskimäärin 20 metrin luokkaa (Kylmä 2018). Maa- ja metsätalousministeriön metsästysasetuksessa 666/1993 20 §:ssä säädetään jousiaseen ja metsästysnuolien vaatimuksista sekä sallituista riistaeläinlajeista. Leikkaavien nuolenkärkien käyttö on suositeltua, jopa vaadittua lähes kaikkea riistaa metsästettäessä pois lukien kaikkein pienimmät riistaeläinlajit. Nuolen kärjen leikkaavien terien on oltava erityisen teräviä viiltääkseen helposti verisuonet halki (Kylmä 2018), ja kärkien on oltava sellaisia, että asianmukaista osumaa seuraa välitön tappovaikutus (MMMa 666/1993 20 §).

3.2 Vitaalialueosuma

Vitaalialueosumalla tarkoitetaan heti tappavaa osumaa hengissä pysymisen kannalta tärkeiden rintaontelon elinten alueelle, joka käsittää sydämen lisäksi rintaontelon suuret verisuonet sekä keuhkot. Osuma näihin kudoksiin aiheuttaa välittömästi massiivisen verenvuodon, joka taas aiheuttaa verenpaineen laskun ja tästä seuraa tajunnanmenetys, hypovoleeminen shokki sekä hypoksia aivoissa (Stokke ym. 2018). Tajunnanmenetys ei kuitenkaan tapahdu rintaontelo-osuman yhteydessä täysin välittömästi (Stokke ym. 2018). Kuolema kuitenkin seuraa massiivista verenvuotoa nopeasti, jopa sekunneissa (Laaksonen 2013). Verenvuoto rintaonteloon poistaa verta lihaksistosta, mikä edesauttaa laadukkaamman lihan muodostumista saaliseläimen kuoleman jälkeen. Suurriistaa ammuttaessa osuman on hyvä suuntautua lapaluun ventraalipuolelta rintaonteloon välttäen siten lapaluun aiheuttaman luodin osumaenergian pienentymisen ja luotimateriaalin sirpaloitumisvaaran.

Aivoihin sekä kallon ja selkärangan liitoskohtaan kohdistuva onnistunut laukaus tappaa heti (Stokke ym. 2018). Mikäli laukaus kohdistuu niskanikamiin, saalis kaatuu heti, mutta voi säilyttää tajuntansa. Tällöin palleahermon (*nervus phrenicus*) vaurion seurauksena pallealihas halvaantuu ja eläin kuolee hengityslamaa seuranneeseen aivojen hapenpuutteeseen seuraavien minuuttien aikana (Stokke ym. 2018). Aivot sekä selkärangan ja kallon liitoskohta ovat osuma-alueena pieniä verrattuna rintaontelon alueeseen, ja siten haavakkoriski on suurempi (Laaksonen 2013). Turvallisinta ja suositeltavinta tavallisesti onkin tähdätä saaliseläintä rintaonteloon vitaalialueelle (Laaksonen 2013). Onnistuneen päähän tai niskanikamiin osuneen laukauksen ja rintaonteloon osuneen laukauksen vertailussa ruhon lihan mikrobimäärissä ei ole todettu merkittävää eroa (Ranucci ym. 2021).

Mainittakoon kuitenkin edellä esitetystä poikkeuksena hylje, jonka ainoat soveltuvat ammuntakohdat ovat aivot ja kaularangan liitoskohta kalloon (Malinen ja Väänänen 2015). Majavan metsästyksessä ruutiaseella metsästettäessä paras tähtäyskohta on niskassa selkärangan ja kallon liitoskohta, joka on uivan majavan ainoa asiallinen ammuntakohta (Malinen ja Väänänen 2015). Kuitenkin majavan ammuntaa veteen kannattaa välttää, ellei aseena ole jousi ja nuoleen on kiinnitetty siima, ja maalla majavaa onkin mahdollista tähdätä myös aivoihin tai rintaonteloon (Malinen ja Väänänen 2015). Majavan vitaalialueet rintaontelossa sijoittuvat hyvin pienelle alueelle eturintakehään (Malinen ja Väänänen 2015). Laukauksen on oltava välittömästi tappava, sillä riski saaliin katoamiselle on suuri majavan paetessa veteen ja sukeltaessa pakoon (Malinen ja Väänänen 2015).

Myös linnulla vitaalialueelle osuminen on tärkeää. Esimerkiksi teeren heti kuolettava osuma-alue on noin kahdeksan senttimetrin kokoinen alue (Malinen ja Väänänen 2015). Sekä kiväärillä että haulikolla voi lintua haavoittaa, minkä jälkeen lintu voi liitää pitkänkin matkan ja piiloutua kuolemaan. Haavoittuneen linnun etsinnässä koira on ensiarvoisen tärkeä kumppani.

Tähdätessä on otettava huomioon eläimen asento. Ampujan ja eläimen välisen kulman muuttuessa saatavilla oleva vitaalialueen koko muuttuu. Riistaeläimen ollessa sivuttain ampujaan nähden, on vitaalialue suurimmillaan ja mahdollisuus onnistuneeseen riistalaukaukseen paranee (Laaksonen 2013, Metsästäjäliitto 2022). Eläimen kääntyessä etu- tai takapää kohti ampujaa, pienenee vitaalialueen koko metsästäjään nähden ja siten osuman onnistumismahdollisuus heikkenee (Laaksonen 2013, Metsästäjäliitto 2022). Suurta riistaeläintä ei tulisi koskaan ampua takaapäin (Laaksonen 2013).

Jousella metsästettäessä tähdättävä alue on aina rintaontelon sydän-keuhkoalue (Kylmä 2018). Aivojen tai niskan alue ei sovellu osuma-alueeksi (Kylmä 2018). Nuoli aiheuttaa vain pientä vauriota osumapistettä ympäröivään kudokseen ja siten osumakohdan on oltava tarkka (Kylmä 2018). Osuman onnistumista lisää jousimetsästyksen periaate, jonka mukaan yleensä ammutaan vain paikallaan olevaa eläintä (Kylmä 2018). Tähtäyspisteeksi kannattaa valita rintaontelon vitaalialueen keskus (Kylmä 2018). Laukaus pyritään ampumaan niin, että nuoli lävistää molemmat keuhkot ja nuolen kulkusuunta on eläimeen nähden aina sivusuunnasta tai hieman takaviistosta, ei koskaan edestä tai takaa (Kylmä 2018). Koska nuolen lähtönopeus on 60–100 m/s ja vaikka nuoli ammutaan verrattain läheltä saaliiseen, voi saaliseläin ehtiä reagoida nuolen laukaisuääneen niiaamalla ennen nuolen osumista (Kylmä 2018). Nuoli kannattaakin tähdätä

juuri hieman suunniteltua osumapistettä alemmas, jolloin riistalaukauksen onnistumistodennäköisyys on suurin, sillä myös niiaaminen on huomioitu tällöin laukauksen suunnittelussa (Kylmä 2018). Onnistuneen osuman seurauksena nuoli leikkaa rintaontelon elimiä ja kudoksia aiheuttaen massiivisen verenvuodon rintaonteloon. Lisäksi nuoli puhkaisee keuhkopussit ja ilma virtaa rintaontelon sisään romahduttaen keuhkot kasaan (Kylmä 2018). Useasta suunnasta leikkaavan nuolen terän läpäisevyys kudoksessa on hyvä (Kylmä 2018).

Martin ym. (2017) vertailivat tutkimuksessaan luodin osumakohtien ja saaliseläimenä olleiden metsäkauriiden ja villisikojen pakomatkan pituuden yhteyttä. Tuloksissa luodin osumapaikan ja osuman jälkeisen pakomatkan yhteys oli selkeä. Rintaonteloon tai päähän kohdistunut osuma lyhensi huomattavasti eläimen pakomatkaa ja eläin useammin kaatui heti osumapaikalleen verrattuna osumissa muualle kehoon. Myös pitkän ampumamatkan, siitä seuranneen huonon osuman todennäköisyyden kasvaminen ja pidemmän saaliin pakomatkan välinen yhteys osoitettiin tutkimuksessa (Martin ym. 2017). Vitaalialueosuma kaataa saaliin nopeasti (Martin ym. 2017) ja näin mahdollisen pakomatkan aiheuttama stressi sekä lihasten energiavarastojen tyhjentyminen vältetään. Tästä seuraa myös parempilaatuinen ja paremmin säilyvä liha. Nopea saaliseläimen kuolema on sekä eläinsuojelullisesti että lihahygieenisesti optimaalista.

3.3 Lihaksen normaalimetabolia kuoleman jälkeen

Eläimen kuoleman jälkeen lihaksen energiavarastona toimivat glykogeenivarastot hajoavat anaerobisesti maitohapoksi (katsauksessa Terlouw ym. 2021). Maitohapon muodostumista pidetään yleiskäsityksen mukaan lihan pH-arvoa laskevana tekijänä (katsauksessa Terlouw ym. 2021). Maitohapon vaikutuksesta lihan pH-arvon laskemisessa on kuitenkin näkemyseroja. Glykogeenin hajoamisreaktioissa syntyvien vetyionien merkitystä lihan pH:n laskun aiheuttajana pidetään jopa todennäköisempänä (katsauksessa Terlouw ym. 2021). Joka tapauksessa glykogeenin hajoamisreaktion seurauksena lihan pH-arvo laskee. Happamuus denaturoi vettä lihassoluihin sitovia proteiineja (Smulders ym. 2014). Tällöin lihassolujen vedensitomiskyky laskee, mikä johtaa veden karkaamiseen ulos lihassoluista (Smulders ym. 2014). Sekä lihan pH-arvo että vedensitomiskyky ovat merkittäviä mikrobikasvuun vaikuttavia tekijöitä (Fredriksson-Ahomaa ja Korkeala 2007). Mitä happamampaa liha on ja mitä vähemmän vettä lihassolut sitovat, sitä huonommin mikrobit selviävät ja kasvavat lihassa (Fredriksson-Ahomaa ja Korkeala 2007).

4 EPÄONNISTUNEEN RIISTALAUKAUKSEN SEURAUKSIA

Epäonnistunut riistalaukaus voi johtaa lihan laadun heikkenemiseen ja lihan sisältämien mikrobien nopeampaan lisääntymiseen. Suolisto-osuman seurauksena lihaan päätyvä mikrobikuorma on vitaalialueosumaa suurempi ja siten lihan kontaminaatiomikrobiston määrä on tavallista korkeampi (Atanassova ym. 2008, Avagnina ym. 2012, Sauvala ym. 2019, Korkmaz ym. 2022). Haavakkostressin seurauksena syntyvän tervalihan ominaisuuksien vuoksi mikrobit alkavat lisääntyä lihassa tavallista nopeammin (Shange ym. 2018). Puutteellinen verenlasku puolestaan heikentää lihan säilyvyyttä vaikuttamalla kielteisesti lihan normaaliin pH-arvon laskuun (Viganò ym. 2019). Lisäksi lihaan jäänyt veri toimii hyvänä bakteerien kasvualustana (Puolanne ja Ertbjerg 2014). Näiden lihan laatuheikkenemien tapauksessa suositellaan välttämään lihan raakakypsytystä ja pakastamaan liha nopeasti ruhon jäähtymisen jälkeen (Laaksonen 2013). Liha suositellaan käytettävän ainoastaan kuumennuskäsiteltäviin elintarvikkeisiin (Laaksonen 2013).

4.1 Haavakkostressin ja tervalihan yhteys

Riistaeläin tulisi pyrkiä kaatamaan yhdellä laukauksella. Tällöin osuman mukana iholta lihaan päätyvät kontaminanttimikrobit ja ammuksen aiheuttama vierasmateriaalimäärä lihassa vähenevät. Joskus kuitenkin vaaditaan useampi laukaus saaliin kaatumiselle. Paikkolaukaus on ammuttava, mikäli on vaarana haavoittuneen saaliin karkaaminen. Mikäli saaliseläin ei ole kaadolle päästyä kuollut, tulee eläin lopettaa asianmukaisella tavalla ampumalla päähän kohdistuva lopetuslaukaus. Pienriistan tapauksessa lopetuksen voi suorittaa esimerkiksi päähän kohdistuvalla iskulla tai kevyimpien riistalintulajien kohdalla myös oikeaoppisella niskamurrolla. Pienpedot lopetetaan päähän kohdistuvalla laukauksella. Eläimen lopetus on tehtävä mahdollisimman nopeasti ja kivuttomasti. Lopetukseen liittyvistä yleisistä vaatimuksista myös metsästettäviä riistaeläimiä koskien säädetään eläinten hyvinvointilaissa (laki eläinten hyvinvoinnista) 693/2023 64 §:ssä.

Haavoittunut eläin voi juosta pitkänkin matkan ennen kuolemaansa. Haavoittuminen on eläinsuojelullisen ongelman lisäksi lihahygieniaan vaikuttava tekijä. Vaikka laukaus olisi viiveellä tappava, voi eläin paeta kauan ja kuluttaa paon aikana lihastensa energiavarastot loppuun. Tällöin aiheutuu tervalihan muodostumisriski, joka on tyypillinen haavoittuneen

riistaeläimen lihan laatuongelma. Riistalaukauksen onnistuminen on siten merkittävä tekijä lihan säilymisen kannalta. Haavoittumisen lisäksi jo ennen laukausta tapahtuva pitkä jahti, usein koiran ajattamana, voi tyhjentää saaliin lihaksien glykogeenivarastoja ja tervalihan muodostumisriski on tällöinkin olemassa. Haavoittuneen eläimen paetessa laukauksen osuttua suolistoon lihahygienia heikkenee suolensisällön vatsaonteloon valumisen seurauksena. Tällöin myös verenkiertoon vuotaneet bakteerit pääsevät leviämään verenkierron mukana ympäri elimistöä eläimen paetessa (Laaksonen 2013). Tervaliha on tumman väristä, sitkeää ja kuivaa. Naaraspuolisilla eläimillä on havaittu viitteitä korkeammasta tervalihan muodostumisalttiudesta kuin urospuolisilla eläimillä (Tomljanovic ym. 2022).

Metsästystilanteessa eläimen ennen kuolemaa koettu stressi on yhdistetty lihan korkeampaan pH-arvoon, korkeaan vesipitoisuuteen ja tummempaan väriin (Tomljanovic ym. 2022). Normaalisti lihan pH voi laskea alkutilanteen 7,2:sta jopa arvon 5,5 tuntumaan (Laaksonen 2013, Smulders ym. 2014). Pienten villimärehtijöiden lihan pH-arvon todettiin normaalisti laskevan keskimäärin 6,0:aan ja villisian 5,8:aan kuuden tunnin kuluessa kuolemasta (Avagnina ym. 2012). Tervalihan määritelmän mukaan lihan pH-arvo on yli 6,2 vielä 24 tuntia teurastuksen jälkeen (Fredriksson-Ahomaa ja Korkeala 2007). Useissa lähdeviitteissä lihan pH-arvoa 5,8–6,0 pidetään laadukkaan lihan raja-arvona (Smulders ym. 2014, Shange ym. 2018, Viganò ym. 2019).

Tervalihan syntymismekanismissa lihaksen energianlähteenä toimivan glykogeenin kuluminen rasituksen vuoksi elon aikana on muutoksen alkuunsaava tekijä. Glykogeenivarastot vähenevät lihaksessa energiankulutuksen lisääntyessä sekä fyysisen että henkisen stressin seurauksena muun muassa stressin aikana erittyvän adrenaliinin vaikutuksesta (katsauksessa Terlouw ym. 2021). Siispä juuri ennen kuolemaansa stressiä kokeneella eläimellä kuoleman jälkeen lihaksen glykogeenipitoisuus on normaalia alhaisempi. Tällöin glykogeenin hajoamisreaktiossa happamuutta aiheuttavia tuotteita ei synny riittävästi laskemaan lihan pH:ta tarpeeksi alhaiseksi (Fredriksson-Ahomaa ja Korkeala 2007). Tästä seuraa tervalihan pH-arvon jäänti liian korkeaksi. Tällöin myös lihan vedensidontakyky pysyy korkeana (Fredriksson-Ahomaa ja Korkeala 2007, Smulders ym. 2014).

Veden ollessa sidottuna lihassyihin lihan koostumus tuntuu kuivemmalta (Smulders ym. 2014). Koostumuksen muutos johtaa myös ulkonäöllisesti lihan tummempaan väriin, joka on seurausta valon heijastumisen vähentymisestä lihassyiden pinnalta (Smulders ym. 2014). Koska

elintarvikkeen happamuus on yksi mikrobien kasvua rajoittavista tekijöistä (Fredriksson-Ahomaa ja Korkeala 2007), liian korkeaksi jäänyt lihan pH ei estä mikrobikasvua tervalihassa samaan tapaan kuin hyvälaatuisessa lihassa. Lisäksi mitä korkeampi on lihan vesipitoisuus, sitä paremmin mikrobit selviävät ja kasvavat lihassa. Tervaliha sisältää siis merkittävän säilyvyysongelman lihan sitkeän ja kuivan koostumuksen lisäksi (Fredriksson-Ahomaa ja Korkeala 2007).

Shange ym. (2018) vertailivat tyhjiöpakatun 12 kuukauden ajaksi pakastetun, sen jälkeen sulatetun ja jääkaappilämpötilassa 12 vuorokautta säilytetyn tervalihan ja normaalilaatuisen lihan säilyvyyden eroa. Tyhjiöpakatussa lihassa jääkaappilämpötilassa maitohappobakteerien havaittiin olevan dominoiva mikrobisto. Tervalihan pH pysyi lähes muuttumattomana jääkaappisäilytyksen aikana, kun taas normaalilaatuisen lihan pH alkoi laskea säilytysaikana. Shange ym. (2018) arvelivat eron johtuvan ainakin osittain normaalilaatuisen lihan sisältämästä suuremmasta glukoosipitoisuudesta, jota jääkaappilämpötilassa lihassa olevat maitohappobakteerit hyödyntävät tuottaen happamia yhdisteitä lihaan. Happamien yhdisteiden tuotto lihaan estää muiden mikrobien kasvua (Fredriksson-Ahomaa ja Korkeala 2007).

Glukoosia varastoidaan elon aikana lihakseen glykogeeninä (Sjaastad ym. 2016). Stressin seurauksena glykogeenin määrän laskiessa kuoleman jälkeen hyötykäytettävän glukoosin pitoisuus tervalihassa on pienempi (Fredriksson-Ahomaa ja Korkeala 2007, Shange ym. 2018). Tervalihan vähentyneen glukoosipitoisuuden vuoksi mikrobien on käytettävä muita ravintoaineita, kuten aminohappoja, energianlähteenään. Aminohappojen käytöstä energianlähteenä muodostuu tervalihaan normaalilaatuista lihaa nopeammin vierashajuja ja muita aistinvaraisia pilaantumismuutoksia (Fredriksson-Ahomaa ja Korkeala 2007).

Shangen ym. (2018) mukaan lihojen säilyvyydessä laatueroista huolimatta ei ehtinyt muodostua merkittävää eroa säilytysaikana tutkituissa olosuhteissa. Shangen ym. (2018) tutkimuksen aikana havaittiin kuitenkin suhteessa nopeampaa mikrobikasvustoa tervalihassa verrattuna normaalilaatuiseen lihaan niin kokonaisbakteerimäärän, maitohappobakteerien kuin koliformistenkin bakteerien osalta. Sulatetun lihan säilytysajan pidentyessä, tervalihan bakteerimäärät tutkimustuloksen perusteella ennustettavasti kasvaisivat merkittävästi normaalilaatuista lihaa korkeammiksi. Nämä tutkimuksessa esille tulleet erot mikrobiston kasvunopeuksien välillä indikoivat tervalihan säilyvyyden heikkenemistä (Shange ym. 2018).

4.2 Puutteellinen verenlasku

Hyvä osuma rintaontelon alueelle aiheuttaa massiivisen verenvuodon rintaonteloon, jonka seurauksena veri poistuu lihaksistosta ja verisuonistosta. Tapahtuma edesauttaa hyvälaatuisen lihan muodostumista. Mikäli osuma ei laske veriä rintaonteloon, esimerkiksi kaularankaan tai päähän kohdistuneissa osumissa, tulee eläin pistää verenlaskun aiheuttamiseksi (Laaksonen 2013). Pistopuukon hygieenisyydestä on huolehdittava, sillä veitsi vie mukanaan ruhoon mikrobeja iholta (Laaksonen 2013, Bonardi ym. 2021). Suositus onkin tehdä ihoviilto pistokohtaan eri puukolla, ja vaihtaa itse pistoon toinen puhdas puukko (Laaksonen 2013). Lisäksi ihon rikkominen altistaa alempia kudoksia mikrobikontaminaatiolle kuljetuksen aikana (Laaksonen 2013). Näistä syistä tarpeetonta pistämistä tulee välttää (Laaksonen 2013).

Viganòn ym. (2019) mukaan lihan pH-arvo laskee hitaammin, mikäli verenlasku on tapahtunut puutteellisesti. Tutkimuksen eläinlajeina toimivat villisika, metsäkauris, saksanhirvi sekä gemssi. Mikäli kuolema ja verenlasku olivat tapahtuneet kunnolla lähes välittömästi ammunnan jälkeen, oli näistä kaikista eläinlajeista yhteensä 94,9 %:n osuudella ruhojen lihanäytteistä pH laskenut alle 5,8:n neljän tunnin kuluttua kuolemasta. Puutteellisen verenlaskun yhteydessä oli vastaava tulos 72,1 % (Viganò ym. 2019).

Puutteellisesta verenlaskusta seuraava pH-arvon hitaampi lasku lihassa aiheuttaa samankaltaisen mikrobiologisen riskin ja säilyvyysongelman kuin haavakkostressin aiheuttama tervalihan muodostuminen. Korkeammaksi jäänyt lihan pH-arvo ei estä bakteerien kasvua happamamman pH-arvon tavoin. Lisäksi lihaan jäänyt veri toimii hyvänä mikrobien kasvualustana, ja siten huonolaatuinen verekäs liha pilaantuu normaalilaatuista lihaa nopeammin (Puolanne ja Ertbjerg 2014).

Verenlaskun ajankohdalla suhteessa kuolemaan on huomattu olevan potentiaalista merkitystä lihan mikrobimääriin verenlaskun viivästyessä alle 30 minuutista 60–90 minuuttiin (Branciari ym. 2020). Mikrobimääräero lihassa vertailtaessa kyseisiä pistoajankohtia ei kuitenkaan Branciarin ym. (2020) tutkimuksessa ollut vielä merkittävä. Kyseisessä tutkimuksessa näytteiden ottoajankohta oli saaliin nylkemisen jälkeen. Verenlaskun viivästymisen seuraukset voivatkin tulla ilmi myöhemmin lihan heikentyneenä säilyvyytenä. Laaksonen (2013) suosittelee piston tapahtuvan enintään 10 minuutin kuluessa ammunnasta.

4.3 Vatsaontelo-osuma

Eläin voi saada kuolettavan verenvuodon luodista myös huonon osuman alueelle, mikäli suuret suonet tai verekäs elin, kuten maksa tai munuainen, repeävät. Vatsaonteloon osunut laukaus usein repii myös ruoansulatuskanavan elimiä, mikä johtaa ruoansulatuskanavan sisällön valumiseen vatsaonteloon. Erityisesti suolisto-osuman seurauksena syntyvä lihojen kontaminaatio vatsaonteloon valuneen ruuansulatuskanavan sisällön aiheuttamana on lihahygieniaa voimakkaasti heikentävä tekijä (Laaksonen 2013). Vatsakalvo verhoaa vatsaontelon sisäpuolta ehjistä kohdistaan ja vähentää siten vatsaonteloon valuneiden suolistomikrobien suoraa kosketusta lihaan.

Koskematon terveen eläimen lihas on steriiliä (Fredriksson-Ahomaa ja Korkeala 2007). Rikkoutumattomat kehon rajapinnat, kuten ehjä iho, estävät mikrobien pääsyä kehon ulkopuolelta elimistöön. Samoin elimien ehjät rajapinnat estävät mikrobien kulkua kehon sisällä, kuten ehjän ruoansulatuskanavan rajapinnat estävät suolistomikrobien pääsyn muualle elimistöön. Rikkoutuneesta ruoansulatuskanavasta vuotavat mikrobit kulkeutuvat verenkierron mukana muualle elimistöön haavoittuneen eläimen paetessa (Laaksonen 2013). Vatsaonteloon valunut ruoansulatuskanavan sisältö kontaminoi laajojakin alueita saalista liikuteltaessa. Osuman kohdistuessa ruoansulatuskanavaan myös patruuna kuljettaa ruoansulatuskanavan mikrobeja lihaksistoon. Vatsaontelolaukauksen yhteydessä saaliin suolistaminen tulisi tehdä välittömästi kaadon jälkeen lisäkontaminaation estämiseksi (Laaksonen 2013).

Keski- ja Etelä-Euroopassa tehtyjen lähdetutkimusten perusteella vatsaontelolaukausten yleisyys metsäkauriilla asettui välille 16,3–49,0 % (Atanassova ym. 2008, Avagnina ym. 2012, Korkmaz ym. 2022). Saksanhirvellä luku vaihteli välillä 7,5–25,0 % (Atanassova ym. 2008, Avagnina ym. 2012) ja villisikajahdissa puolestaan välillä 14,3–43,0 % (Atanassova ym. 2008, Avagnina ym. 2012, Martin ym. 2017, Mirceta ym. 2017, Bonardi ym. 2021). Osuma vatsaonteloon metsästystilanteessa on siis merkittävän yleistä. Vatsaontelo-osuman todennäköisyyttä lisäävät erityisesti ampumamatkan pituus, ampujan kokemattomuus ja saaliseläimen liike ammuntahetkellä. Jahtimuodolla on vaikutusta laukauksen onnistumiseen saaliin liikkeen aiheuttaman huonomman osumistodennäköisyyden vuoksi. Sauvalan ym. (2019) tutkimuksessa vatsaontelolaukauksen yleisyys Suomessa oli hirvi- ja valkohäntäkaurisjahdissa 8,0 %.

5 YLEISIMMÄT RIISTALIHASSA ESIINTYVÄT BAKTEERIUHAT SUOLISTOLAUKAUKSEN YHTEYDESSÄ JA NÄIDEN BAKTEERIEN VAIKUTUS LIHAHYGIENIAAN

Suolistuksen aikaisia tapahtumia saaliinkäsittelyketjussa pidetään merkittävimpinä vaaroina saaliin hyvän lihahygienian toteutumiselle (Korkmaz ym. 2022), mutta useiden tutkimusten perusteella todettujen lihanäytteiden mikrobimäärien erojen perusteella myös vatsaontelo-osumaa pidetään kohtalaisen riskin aiheuttavana tekijänä lihahygienialle (Atanassova ym. 2008, Avagnina ym. 2012, Korkmaz ym. 2022), samoin kuin haavakkoeläimen stressireaktiosta seuraavaa lihan laadun heikkenemistä (Korkmaz ym. 2022).

Onnistuneen vitaalialueelle osuneen ja epäonnistuneen vatsaonteloon kohdistuneen laukauksen sekä ruhon lihanäytteen mikrobimäärän välillä on havaittu merkittävä ero (Atanassova ym. 2008, Avagnina ym. 2012, Sauvala ym. 2019, Korkmaz ym. 2022). Mikäli lähdetutkimuksessa, kuten Bonardin ym. (2021) tutkimuksessa, mikrobimäärien välillä ei ollut eroa vertailtaessa vatsaontelolaukausta ja onnistunutta vitaalialueosumaa, oli tutkimuksessa suoritettu tuloksiin vaikuttavia toimenpiteitä ruoansulatuskanavan sisällön kontaminoitua vatsaontelon. Tällaisia toimia ovat esimerkiksi ruhon sisäosien huuhtelu vedellä tai suolistaminen parempaa hygieniakäytäntöä noudattaen (Avagnina ym. 2012, Bonardi ym. 2021). Erityisesti vesihuuhtelu voi muuttaa tuloksia vaikuttamalla mikrobikuormaan ruhossa (Bonardi ym. 2021) esimerkiksi kuljettamalla mikrobeja ruhon osasta toiseen ja antaen siten tietyistä näytteenottokohdista vääristyneen ja epäluotettavan tuloksen ruoansulatuskanavan sisällön vuotamisen vaikutuksesta lihan mikrobimäärään.

Bonardi ym. (2021) eivät täysin kiellä ruhon sisäosien huuhtelua toimintatapana poistamaan vatsaonteloon joutunut ruoansulatuskanavan sisällön materiaali, mutta ylimääräistä veden käyttöä on vältettävä ja huuhtelu on tehtävä hygieenistä toimintatapaa noudattaen. Huuhtelu tulee suorittaa varovasti niin, ettei ruhon sisään pääse valumaan ruhon ulkopinnan tai ympäristön kanssa kosketuksissa ollutta vettä (Bonardi ym. 2021), minkä lisäksi ulostemateriaalin leviämistä veden avulla ruhon sisäpinnoilla tulee välttää. Myös vesiroiskeita ja niiden suuntautumista ruhon sisäosiin päin on ehkäistävä (Bonardi ym. 2021). Mirceta ym. (2017) havaitsivatkin suuria mikrobimääriä lihassa, mikäli ruhon ulkopintaakin oli huuhdeltu.

Aerosolit voivat aiheuttaa myös mikrobien leviämisvaaran (Mirceta ym. 2017). Huuhteluveden tulee olla puhdasta eikä luonnonvesiä tule käyttää tähän tarkoitukseen (Laaksonen 2013).

Lihan mikrobiomista voidaan eritellä muun muassa pilaaja- ja patogeenimikrobit. Ruoansulatuskanavan sisältö, erityisesti uloste, on tärkeimpiä patogeenikontaminaation aiheuttajia (Fredriksson-Ahomaa ja Korkeala 2007, Zweifel ja Stephan 2014). Puhtaiden työvälineiden ja ruhon puhtaan käsittelyn avulla lihan mikrobikontaminaatio lihankäsittelyn aikana saadaan pidettyä vähäisenä. Kontaminaation pysyessä maltillisena, lihan säilyvyysaika pitenee ja todennäköisyys patogeenisten mikrobien esiintyvyyteen vähenee, jolloin lihaa voidaan pitää turvallisena elintarvikekäyttöön.

Alhainen lihan säilytyslämpötila laskee mikrobien mahdollisuuksia lisääntyä lihassa, mutta ei estä kasvua kokonaan (Lindström 2007). Psykrotrofiset jääkaappilämpötilassakin viihtyvät bakteerit sitä vastoin lisääntyvät oikein hyvin alhaisessa lämpötilassa. Hapettomalla tyhjiöpakkauksella haetaan samanlaista vaikutusta vähentämällä mikrobien kasvumahdollisuuksia kuin alhaisella säilytyslämpötilalla, mutta hapettomatkaan olosuhteet eivät kokonaan estä mikrobikasvua. Tällöin obligaatisti ja fakultatiivisesti anaerobit bakteerit kykenevät kasvamaan elintarvikkeessa (Fredriksson-Ahomaa ja Korkeala 2007, Sauvala ym. 2023). Riistalihan elintarviketurvallisuuden takaamiseksi säilytysaika jääkaappilämpötilassa ei saa venyä liian pitkäksi ja liha on tärkeää kuumentaa kauttaaltaan kypsäksi ennen sen syömistä (Laaksonen 2013).

Myös lemmikkieläinten ruokinnassa riistalihan elintarviketurvallisuuteen on kiinnitettävä huomiota, sillä lemmikkieläimetkin voivat sairastua lihavälitteisesti. Esimerkiksi lihasta epäillysti peräisin olevia *Yersinia enterocolitica* -kantoja on eristetty kissoilla ja koirilla ripulin yhteydessä (Korkeala ja Fredriksson-Ahomaa 2007). Lemmikkieläin voi potentiaalisesti siirtää tartunnan ihmiseen (Korkeala ja Fredriksson-Ahomaa 2007, Laaksonen 2013).

Jopa metsästyshetken ympäristötekijöillä on vaikutusta ruhon mikrobimäärään. Lämpimämmällä ilman lämpötilalla ja siitä seuraavalla hitaammalla ruhon jäähtymisnopeudella (Sauvala ym. 2019, Korkmaz ym. 2022) sekä sateisella säällä (Ranucci ym. 2021) on todettu olevan ruhon mikrobikuormaa lisäävää vaikutusta. Suomen olosuhteissa kylmemmän ajankohdan aikana metsästetyistä eläimistä otetuista näytteistä on havaittu vähemmän enterobakteereja kuin lämpimämmällä metsästyskaudella (Sauvala ym. 2019).

Myös pidentyneellä ammunnan ja suolistuksen välisellä ajalla sekä ruhon säilytysajalla ennen sen nylkemistä on vaikutuksia lihan mikrobimäärien nousuun (Branciari ym. 2020, Ranucci ym. 2021, Korkmaz ym. 2022). Riistanpyynnissä on syytä painottaa riistalaukauksen onnistumista ja hyvien hygieniakäytäntöjen toteutumista, sillä näiden tapahtumien aiheuttamaan kontaminaation määrään metsästäjät pystyvät vaikuttamaan toimintatavoillaan.

Seuraavissa osioissa käsittelen yleisimpiä riskibakteereja, joiden määrä ruhon lihassa voi kasvaa suolistolaukauksen seurauksena ruoansulatuskanavan sisällön kontaminoidessa lihoja. Riistaeläimet voivat kantaa monia tartunnanaiheuttajia elimistössään (Laaksonen 2013) ja myös muiden lihavälitteisten mikrobien (muun muassa virukset ja alkueläimet) ja loisten olemassaolo ja toiminta tartunnanaiheuttajina on syytä pitää mielessä.

5.1 Lihan mikrobiologisesta laadusta kertovat mikrobit

Lihan ensikontaminaation aiheuttavat mesofiiliset bakteerit (Fredriksson-Ahomaa ja Korkeala 2007), jotka pääsevät lihaan saaliinkäsittelyn yhteydessä. Lihan alkuvaiheen kontaminaatiobakteeristo koostuu ympäristöstä peräisin olevista bakteereista, ruhon ja ruhonkäsittelijän ihon bakteereista sekä suolensisällön bakteereista, joita on voinut päästä lihaan riistalaukauksen tai suolistuksen yhteydessä. Lähestulkoon heti metsästystapahtuman jälkeen tehtävissä mikrobimäärityksissä on perusteltua määrittää aerobisten mikrobien sekä enterobakteerien osuus, sillä niiden määrät kertovat yleisestä ruhon kontaminaation määrästä saaliinkäsittelyn jälkeen ja hygieniakäytäntöjen toteutumisesta käsittelyn aikana. Osa mikrobeista, jotka tarvitsevat alentunutta hapen osapainetta tai anaerobiolosuhteita kasvaakseen, eivät tule esille aerobisessa mikrobimäärityksessä todellisine määrineen. Tällaisia ovat esimerkiksi maitohappobakteerit. Korkmaz ym. (2022) ovat todenneet myös maitohappobakteerimäärien olleen ruoansulatuskanavaa vahingoittaneen vatsaontelo-osuman tapauksessa lihasnäytteissä merkittävästi korkeammat kuin onnistuneen riistalaukauksen yhteydessä.

Ruhon jäähtyessä ja erityisesti lihan säilytysolosuhteiden perusteella alkaa muokkautua lihan säilytysaikainen bakteeripopulaatio (Fredriksson-Ahomaa ja Korkeala 2007, katsauksessa Zhu ym. 2022). Kylmäketjun aikana alhainen lämpötila valikoi psykrotrofisia mikrobeja antaen niille kilpailuedun. Mikäli liha säilötään hapettomaan vakuumi- eli tyhjiöpakkaukseen, alkaa

aerobisten bakteerien osuus vähentyä ja anaerobisten bakteerien osuus lisääntyä. Muun muassa maitohappobakteerit voivat valikoitua vakuumi- eli tyhjiösäilytysolosuhteissa dominoivaksi lihan pilaajabakteeristoksi (Shange ym. 2018).

Pilaajabakteerit aiheuttavat lihan laadun heikentymiä aineenvaihduntatuotteidensa vaikutuksesta ja laatuheikentymät havaitaan aistinvaraisina pilaantumismuutoksina (Björkroth 2007, Sauvala ym. 2023). Lihan mikrobimäärän kasvaessa suolistolaukauksen yhteydessä lihan pilaantumisesta kertovat virhehajut ilmaantuvat lihaan aiemmin (Laaksonen 2013).

5.1.1 Aerobiset mikro-organismit

Aerobisissa säilytysolosuhteissa pilaajabakteerien osalta gramnegatiiviset psykrotrofiset sauvabakteerit, kuten *Pseudomonas*, ovat yleisimpiä raa'assa lihassa jääkaappilämpötilassa (Fredriksson-Ahomaa ja Korkeala 2007). Myös *Acinetobacter*- sekä *Psychrobacter* -lajit viihtyvät edellä kuvatuissa olosuhteissa lihassa toimien pilaajabakteereina (Fredriksson-Ahomaa ja Korkeala 2007). Anaerobisissa säilytysolosuhteissa aerobisten mikrobien osuus alkaa vähentyä, mutta heti metsästystapahtuman jälkeen aerobisten määritysten avulla saadaan selville kontaminaation määrä lihan käsittelyketjun alkuvaiheessa ja tietoa lihankäsittelyhygieniasta.

EY 2073/2005 määrittää naudan ruholle aerobisten mikro-organismien sallituksi raja-arvoksi 5,0 log pmy/cm^2 (pesäkettä muodostavaa yksikköä neliösenttimetrin alueella). Riistaeläinten lihanäytteissä esiintyvien aerobisten mikro-organismien määrä asettuu lähdeviitteiden perusteella keskimäärin välille 2,6–4,5 log pmy/cm^2 (Atanassova ym. 2008, Sauvala ym. 2019, Branciari ym. 2020, Ranucci ym. 2021). Suomalaisessa hirven lihassa on havaittu aerobisten mikro-organismien pitoisuudeksi keskimäärin 4,2 log pmy/cm^2 ja valkohäntäkauriin lihassa 4,5 log pmy/cm^2 (Sauvala ym. 2019). Vaihteluväli oli 1,4–8,4 log pmy/cm^2 hirven lihassa ja 1,4–8,1 log pmy/cm^2 valkohäntäkauriin lihassa (Sauvala ym. 2019). Kuitenkin hirvien lihanäytteiden mikrobimäärät ylittivät aerobisten mikro-organismien osalta 25 %:n tapauksessa Euroopan unionin asettamat hyväksyttävät naudan lihan mikrobiraja-arvot (Sauvala ym. 2019). Kyseinen luku valkohäntäkauriin tapauksessa oli 34 % (Sauvala ym. 2019). Kynityn sinisorsan rintalihaksen aerobisten mikro-organismien määrän mediaaniarvo on 3,5 log pmy/cm^2 (vaihteluväli 1,3–5,2 log pmy/cm^2) Sauvalan ym. (2021) mukaan.

Erinomaisen laukauksen tapauksessa keskimääräinen lihan aerobisten mikro-organismien määrä Keski- ja Etelä-Euroopan pienten hirvieläinten (metsäkauris ja saksanhirvi) lihassa asettuu lähdetutkimusten perusteella välille 2,5–3,4 log pmy/cm^2 (Atanassova ym. 2008, Branciari ym. 2020). Villisialla vastaava keskiarvo on 3,0 log pmy/cm^2 (Atanassova ym. 2008). Vatsaontelolaukauksen yhteydessä aerobisten mikro-organismien keskiarvomäärän pienillä hirvieläimillä sekä villisialla on todettu kasvavan keskimäärin 0,4–1,5 log pmy/cm^2 -yksikköä (Atanassova ym. 2008, Avagnina ym. 2012, Mirceta ym. 2017).

5.1.2 Enterobakteerit (*Enterobacteriaceae*)

Enterobakteerit ovat gramnegatiivisia sauvabakteereja ja niitä esiintyy ruoansulatuskanavassa (Fredriksson-Ahomaa ja Korkeala 2007). Osa heimon bakteerilajeista toimii pilaajabakteereina anaerobiolosuhteissa, mutta myös aerobiolosuhteissa mikäli lihan lämpötila nousee jääkaappisäilytyksessä yli + 5 °C:een (Fredriksson-Ahomaa ja Korkeala 2007). Korkeiden enterobakteeripitoisuuksien havaitseminen riistalihanäytteessä on liitetty suolistolaukauksen yhteyteen (Sauvala ym. 2019, Korkmaz ym. 2022).

Asetuksen EY 2073/2005 määräämä naudan ruhon hyväksyttyjen enterobakteerimäärien mikrobiraja-arvo on 2,5 log pmy/cm^2. Keskimäärin riistalihan enterobakteerien määrä asettuu välille 1,6–3,3 log pmy/cm^2 (Atanassova ym. 2008, Avagnina ym. 2012, Sauvala ym. 2019, Branciari ym. 2020, Bonardi ym. 2021, Ranucci ym. 2021, Korkmaz ym. 2022). Sauvala ym. (2019) havaitsivat suomalaisten hirvien lihanäytteiden mikrobimäärien enterobakteerien osalta kohoavan jopa 47 %:ssa näytteistä yli asetettujen naudan lihan hyväksyttyjen raja-arvojen. Valkohäntäkauriin ruhonäytteiden enterobakteeripitoisuus kohosi yli Euroopan unionin raja-arvon 23 %:ssa näytteitä (Sauvala ym. 2019).

Saksassa suoritetun tutkimuksen mukaan vatsaontelolaukauksen tapahduttua enterobakteeripitoisuus ruhonäytteissä kasvaa keskimäärin 0,2–0,6 log pmy/cm^2 (Atanassova ym. 2008). Avagnina ym. (2012) eivät havainneet eroa onnistuneen ja epäonnistuneen riistalaukauksen välillä enterobakteeripitoisuuksissa, mutta epäilivät tuloksen johtuvan metsästäjien parantuneesta suolistushygieniakäytännöstä vatsaontelolaukauksen yhteydessä, mikä voi vaikuttaa tuloksiin. Atanassova ym. (2008) havaitsivat hyvän riistalaukauksen onnistuessa enterobakteereita 11,0 %:lta pienten hirvieläinten näytteistä ja 25,6 %:lta

villisioista. Vatsaontelolaukauksen yhteydessä samaa havaintomenetelmää käyttäen luvut kohosivat pienten hirvieläinten osalta 31,3–40,0 %:iin sekä villisikojen kohdalla jopa 51,7 %:iin (Atanassova ym. 2008).

Enterobakteereja voi päätyä eläimeen myös ympäristöstä, esimerkiksi suolistuksen tai kuljetuksen aikana. *Enterobacteriaceae*-heimoon kuuluvan *Escherichia coli* -bakteerin määrittäminen lihanäytteistä voisikin antaa viitteitä juuri ruhon ulostekontaminaation tapahtumisesta (Sauvala ym. 2019, Sauvala ym. 2021) ja siten tarkentaa enterobakteerimäärityksen tulosten tulkintaa kontaminaation alkuperästä. Enterobakteerien ja *E. coli* -bakteerien määrien on havaittu kasvavan lihanäytteissä ampumamatkan kasvaessa (Korkmaz ym. 2022). Ampumamatkan kasvaessa riistalaukauksen epäonnistumisen todennäköisyys kasvaa ja riski vatsaontelo-osumalle nousee.

Suomessa metsästetyn sinisorsan lihassa *E. coli* -mediaanipitoisuus oli 0,7 log pmy/cm^2 Sauvalan ym. (2021) mukaan. Tutkimuksessa tulos tulkittiin alhaiseksi mikrobikontaminaatioksi kertoen siten vain vähäisestä ulostekontaminaation määrästä (Sauvala ym. 2021). Suomessa villimärehtijöiden ruhon *E.coli* -arvo asettuu keskimäärin välille 0,7 – 1,2 log pmy/cm^2 (Sauvala ym. 2019). Korkmaz ym. (2022) havaitsivat *E. colin* keskimääräiseksi arvoksi 1,3 log pmy/cm^2 Saksassa pyydettyjen metsäkauriiden lihanäytteissä. Vertailun vuoksi mainittakoon enterobakteerien määrän olleen Korkmazin ym. (2022) tutkimuksen näytteissä 1,8 log pmy/cm^2.

5.2 Patogeeniset bakteerit

Patogeenibakteerit aiheuttavat ruokamyrkytyksiä ollen jopa hengenvaarallisia erityisesti immuunipuutteisille ihmisille. Useinkaan nämä bakteerit eivät aiheuta elintarvikkeeseen aistinvaraisia muutoksia, jotka kertoisivat ruoan kelpaamattomuudesta elintarvikkeeksi (Björkroth 2007). Tästä syystä lihan syöntiä ei osata varoa. Osa lihassa elävistä patogeenisista bakteereista on jääkaappilämpötilassakin lisääntyviä psykrotrofeja (Fredriksson-Ahomaa ja Korkeala 2007). EY 2073/2005 on asettanut erikseen raja-arvot patogeenien suhteen tuotantoeläinten ruhoille eikä osaa patogeeneista saisi esiintyä lihanäytteissä laisinkaan.

Patogeenisia bakteereita, joilla on potentiaalia aiheuttaa ruokamyrkytyksiä lihavälitteisesti elintarvikkeen kautta leviämällä, löytyy myös riistaeläinten suolistosta (Laaksonen 2013, Kovanen ym. 2019, Sauvala ym. 2021, Fredriksson-Ahomaa ym. 2022, Luzzago ym. 2022, Kivistö ym. 2023). Täten riistaeläimen suoliston hajoaminen joko ammunnan tai suolistuksen aikana on erittäin suuri vaaratekijä patogeenisten bakteerien pääsyksi riistalihan elintarvikeketjuun. Sauvala ym. (2019) huomasivat 35 %:n suomalaisten hirvien ruhonäytteistä ja 29 %:n valkohäntäkauriin ruhonäytteistä olevan kontaminoitunut vähintään yhdenlaisella patogeenibakteerilla.

Riista pyritään jäähdyttämään mahdollisimman nopeasti, mutta alhainen ruhon ja lihan lämpötila ei riitä tuhoamaan bakteereita, vaikka niiden kasvu hidastuisikin. Myöskään pakastuslämpötila ei riitä läheskään aina eliminoimaan lihan sisältämiä bakteereja (Lindström 2007). Vakuumi- eli tyhjiöpakkauskaan ei estä patogeenien lisääntymistä lihassa, sillä hapettomissa olosuhteissa pystyy lisääntymään erityisesti *Listeria monocytogenes*, mutta myös muun muassa *Salmonella* ja *Yersinia* spp. (Korkeala 2007, Korkeala ja Fredriksson-Ahomaa 2007, Korkeala ja Lundén 2007). Ruokamyrkytysriski on siis olemassa patogeenin päästyä lihaan. Vatsaontelolaukauksia tapahtuu metsästyksessä kohtalaisen usein ja tällöin metsästäjien on ymmärrettävä patogeenisten bakteerien aiheuttama sairastumisriski.

5.2.1 *Campylobacter* spp.

Vuonna 2022 kampylobakteeri oli kaikista yleisin infektioita aiheuttanut elintarvikevälitteinen patogeeni ihmisillä Euroopan unionin alueella (EFSA ja ECDC 2023). Yleisimmin näiden infektioiden taustalla oli *Campylobacter jejuni* (EFSA ja ECDC 2023). Kampylobakteerit aiheuttavat suolistotulehduksia (Hänninen 2007). Ihmisten kampylobakteeri-infektioiden esiintyvyydessä on selkeä vuodenaikaisvaihtelu kesäkuukausien ollessa yliedustettuina (Hänninen 2007). Luonnossa *C. jejunin* reservuaarina toimii lintujen, nisäkkäiden ja ihmisten suolisto (Hänninen 2007). Kampylobakteerit ovat yleinen lintujen suoliston kommensaalibakteeri, eivätkä ne useinkaan aiheuta lintuisännälleen kliinistä tautia (Sauvala ym. 2021). *C. jejunin* isäntälajikirjo on laaja (Hänninen 2007), mutta eroja eri alalajien isäntälajispesifisyydessä on tiedossa (Kovanen ym. 2019).

Kampylobakteerien on todettu olevan suomalaisten riistalintujen (otannassa sinisorsa, tavi, kyyhky ja fasaani) kaikista yleisin ulosteessa esiintyvä patogeenibakteerisuku (Sauvala ym. 2021). Suomalaisten riistalintujen ulostenäytteissä on todettu kampylobakteereita seuraavasti: sinisorsan ulostenäytteistä positiivisia kampylobakteerin suhteen oli 71–76 % (Kovanen ym. 2019, Sauvala ym. 2021), tavin ulostenäytteissä vastaava luku on 73 % (Sauvala ym. 2021) ja kyyhkyn osalta 27 % (Sauvala ym. 2021). Fasaanin ulosteessa on havaittu enemmän vaihtelua kampylobakteeripositiivisten ulostenäytteiden määrissä. Kivistö ym. (2023) havaitsivat fasaanin ulostenäytteissä kampylobakteeria jopa 72 %:ssa saman kasvatuserän lintujen näytteistä. Kovanen ym. (2019) ja Sauvala ym. (2021) havaitsivat kampylobakteereja 9–22 %:ssa fasaanin ulostenäytteitä. Kivistön ym. (2023) tutkimuksen fasaanimateriaali oli kasvatettu metsästyskäyttöön pidemmän ajanjakson ajan kuin tuloksiltaan eriävissä tutkimuksissa ja päästetty luontoon juuri ennen metsästyksen alkua ja siten merkittävästi myöhemmin kuin muiden tutkimusten asetelmissa. Näin merkittävästi toisistaan eroavat tulokset yhdistettynä eri tutkimusten fasaanipopulaatioiden elinympäristöeroihin antaa viitteitä kampylobakteerin yleistymisestä elinympäristöltään ahtaammassa lintupopulaatiossa.

Kovanen ym. (2019) havaitsivat tutkimuksessaan kaikkien löydettyjen kampylobakteerien kuuluvan *C. jejuni* -lajiin. *C. jejuni* -lajin bakteereissa kuitenkin havaittiin eroja tartuttamiskyvyssä ja isäntälajispesifisyydessä (Kovanen ym. 2019). Osan linnuilta eristetyistä *C. jejuni* -kannoista on havaittu eroavan ihmisiä infektoivista kannoista (Kovanen ym. 2019, Kivistö ym. 2023), mutta lintujen suolistosta on löydetty myös tiettävästi ihmisille gastroenteriittiä aiheuttaneita *C. jejuni* -lajin patogeenibakteerikantoja (Kovanen ym. 2019). Myös Kivistö ym. (2023) havaitsivat linnuilta eristetyissä kannoissa zoonoottisuutta ja potentiaalista humaanipatogeenisyyttä.

Kampylobakteereita voidaan yleisesti eristää järvistä, lammikoista ja muista vesistöistä (Hänninen 2007). Vesistöihin kampylobakteereita pääsee esimerkiksi jätevesien tai valumien ja huuhtoutumien mukana (Hänninen 2007). Myös vesilinnut voivat saastuttaa pienen vesistön ulosteellaan (Hänninen 2007). Koska vesi toimii tehokkaana bakteerien levittäjänä ja toisaalta vesistöt kokoavat lintuja yhteen suuriksikin parviksi johtaen lintutiheyden kasvuun tietyllä alueella, edistävät vesistöt bakteerien leviämistä lintupopulaatioissa. Tämä tukeekin sekä Kovasen ym. (2019) että Sauvalan ym. (2021) tutkimustuloksia vesilintujen ulosteen yleisemmästä kampylobakteerilöydöksestä verrattuna maalintujen ulosteeseen.

Kampylobakteereita todettiin Sauvalan ym. (2021) tutkimuksessa sinisorsan lihassa kuitenkin vain 9 %:ssa näytteitä huolimatta löydösten yleisyydestä ulostenäytteissä.

Sauvala ym. (2019) mukaan hirvien ruhonäytteissä kampylobakteereita löydettiin 6,0 %:sta näytteitä. Näistä kahdessa näytteessä, jotka vastasivat kolmasosaa kaikista positiivisista näytteistä, havaittiin *C. jejuni.* Valkohäntäkauriin ruhonäytteistä kampylobakteeripositiivisia oli 2,0 % tutkituista näytteistä, eikä *C. jejunia* havaittu (Sauvala ym. 2019).

Suomalaisten villisikojen sisäelinnäytteistä kampylobakteereita on polymeraasiketjureaktiomenetelmällä (PCR) löydetty 5 %:sta näytteitä (Fredriksson-Ahomaa ym. 2020). Samaisessa tutkimuksessa viljelymenetelmällä kampylobakteereita ei havaittu lainkaan. Keski-Euroopassa tehdyssä tutkimuksessa villisian ruhoista 2,1 %:lta eristettiin kampylobakteereita (Atanassova ym. 2008). Havaitut bakteerit kuuluivat joko *C. jejuni* -lajiin tai *Campylobacter coli* -lajiin (Atanassova ym. 2008). Molemmat kampylobakteerilajit ovat aiheuttaneet myös ihmisille infektioita ja ovat siten potentiaalisia elintarvikevälitteisiä patogeenejä (EFSA ja ECDC 2023). Atanassova ym. (2008) eivät havainneet kampylobakteereja metsäkauriin tai saksanhirven ruhonäytteissä.

Lähdetutkimusten perusteella voidaan todeta kampylobakteereita löytyvän erityisesti lintujen suolistosta. Vesilinnuilla kampylobakteerit ovat huomattavasti maalintuja yleisempiä (Kovanen ym. 2019, Sauvala ym. 2021). Ero johtuu todennäköisimmin lintujen elinympäristön ja lintutiheyden eroista. Osa kampylobakteerikannoista on zoonoottisia ja siten niistä aiheutuu lihavälitteinen elintarviketurvallisuusriski myös ihmiselle. Kampylobakteerit eivät yleensä lisäänny elintarvikkeissa säilytysolosuhteissa alhaisen säilytyslämpötilan vuoksi kylmäketjun toteutuessa, mutta ne säilyvät kuitenkin elinkykyisinä jääkaappilämpötilassakin (Hänninen 2007). Kampylobakteeri tuhoutuu riittävässä lämpökäsittelyssä (Hänninen 2007).

5.2.2 *Listeria monocytogenes*

Listeriabakteerit ovat fakultatiivisesti anaerobeja ja ne sietävät jopa 20 %:sta natriumkloridipitoisuutta ympäristössään (katsauksessa Matle ym. 2020) sekä niiden kasvulämpötilaväli on -0,4–45 °C, joten jääkaappilämpötila ei kykene ehkäisemään bakteerikasvua (Korkeala ja Lundén 2007). Listeriabakteerien ominaisuudet ja kyky selviytyä

haastavissa elinympäristöissä tekevät siitä ongelmallisen patogeenin elintarviketurvallisuudelle (katsauksessa Matle ym. 2020).

Listeriabakteerit aiheuttavat taudin nimeltä listerioosi. Listeriabakteereja esiintyy ympäristössä maaperässä sekä myös terveiden ihmisten ja eläinten suolistossa (Laaksonen 2013). Bakteeri voi aiheuttaa ihmiselle muun muassa ruokamyrkytyksiä, jonka lisäksi se on erityisen vaarallinen raskaana oleville naisille ja heidän sikiölleen sekä muille immuunipuutoksisille ihmisille (Laaksonen 2013, katsauksessa Matle ym. 2020). Listeriabakteeri on Euroopan unionin alueella elintarvikevälitteisistä patogeeneista yksi vakavimpia infektioita aiheuttava bakteeri (EFSA ja ECDC 2023).

Suvun bakteerilajeista *Listeria monocytogenes* on tärkein, sillä se kykenee aiheuttamaan infektioita sekä ihmiselle että eläimille selvästi muita lajeja yleisemmin (katsauksessa Matle ym. 2020). Muiden lajien on todettu aiheuttavan vain satunnaisia infektioita ihmisille (katsauksessa Matle ym. 2020). *L. monocytogeneksen* serotyyppien yleisyys vaihtelee eri eläinlajien ja ihmisen välillä (katsauksessa Matle ym. 2020), ja tämä voi vaikuttaa sairastumisriskiin zoonoottisessa tartunnassa joko suoraan eläimestä tai välillisesti eläinperäisestä elintarvikkeesta ihmiseen. Sairastumiseen vaikuttaa ihmisen yksilölliset tekijät, kuten immuunistatus, sekä patogeenin ominaisuudet, kuten serotyyppi ja virulenssitekijät, sekä altistusannos (katsauksessa Matle ym. 2020). Listerioosi on riistaeläimistä erityisesti hirvieläinten sairaus lintujen ollessa yleensä oireettomia kantajia (Laaksonen 2013). Ihmisille patogeenisiä kantoja on yleisesti löydetty riistaeläintutkimuksissa Suomessakin (Sauvala ym. 2019, Fredriksson-Ahomaa ym. 2022). Täten riistaeläimen ulosteen tai suolensisällön aiheuttama ruhon kontaminaatio voi aiheuttaa riskin sairastua lihavälitteiseen listerioosiin.

Suomalaisista hirvien ja valkohäntäkauriiden ruhonäytteistä *L. monocytogenestä* on löydetty 10,0 %:sta näytteitä. Riistalintujen ulostetutkimuksessa *L. monocytogeneksen* suhteen positiivisten näytteiden määrän on havaittu olevan 3,3–13,6 % näytteistä Sauvalan ym. (2021) mukaan. Samaisessa tutkimuksessa sinisorsan lihanäytteistä 13,0 % oli kontaminoitunut *L. monocytogeneksellä* suolistuksen jälkeen. Myös Fredriksson-Ahomaan ym. (2022) mukaan *L. monocytogeneksen* esiintyvyys on melko suurta riistaeläinnäytteissä; villisian elinnäytteistä *L. monocytogenes* löydettiin PCR-menetelmällä jopa 48 %:sta näytteistä (Fredriksson-Ahomaa ym. 2020). Keski- ja Etelä-Euroopassa suoritetuissa tutkimuksissa *L. monocytogenestä* on havaittu 2,8–4,8 %:ssa ruhonäytteitä (Atanassova ym. 2008, Avagnina ym. 2012).

5.2.3 *Salmonella*

Salmonella enterica subsp. *enterica* -bakteereiden eri serotyyppien isäntälajispesifisyys vaihtelee runsaasti (katsauksessa Silva ym. 2014). Osa serotyypeistä aiheuttaa sairautta vain tietyllä isäntälajilla, mutta osa niistä on sopeutunut laajempaan isäntälajikirjoon (katsauksessa Silva ym. 2014), ja siten ne aiheuttavat merkittävän zoonoosiriskin. Nämä laajasti eri isäntälajeja infektoimaan kykenevät salmonellakannat usein aiheuttavat isännälleen gastroenteriitin (katsauksessa Silva ym. 2014). *Salmonella* leviää elintarvikevälitteisesti pääasiassa ulostesaastumisen kautta (katsauksessa Silva ym. 2014). *Salmonella* oli toiseksi yleisin patogeeninen bakteeri, joka aiheutti elintarvikevälitteisiä sairastumisia Euroopan unionin alueella vuonna 2022 (EFSA ja ECDC 2023).

Salmonelloosi on riistaeläimistä tyypillisemmin lintujen sairaus ja hirvieläimiltä löydös on verrattain harvinaisempi (Laaksonen 2013). Bakteeri asettuu usein sappirakkoon (Laaksonen 2013). Linnuilla oireina voi esiintyä vetistä ulostetta, turvonneita silmäluomia ja takkuisia höyheniä sekä keskushermosto-oireita (Laaksonen 2013). Salmonelloosi aiheuttaa linnuilla myös äkkikuolemia (Laaksonen 2013). Elinmuutoksina sairauden yhteydessä löydetään yleisimmin suolistotulehdus sekä laajentuneet imusolmukkeet ja perna, linnuilla lisäksi kupu voi paksuuntua ja sen sisäpinnalla voidaan nähdä juustomainen eritekerros (Laaksonen 2013). Laaksonen (2013) pitää kuitenkin riistalihavälitteisen salmonellatartunnan riskiä vähäisenä Suomessa.

Sauvalan ym. (2021) tutkimuksessa suomalaisten riistalintujen ulostenäytteistä havaittiin salmonellabakteereja enimmillään 5,0 %:ssa näytteitä. Tutkimuksessa näyte tutkittiin kyyhkyiltä, sinisorsilta, taveilta ja fasaaneilta. 5,0 %:n prevalenssi havaittiin fasaaneilla ja muiden lintulajien salmonellalöydökset olivat tätä harvinaisempia. Sinisorsan lihanäytteistä bakteeria ei löydetty (Sauvala ym. 2021). Hirvieläinten osalta Sauvala ym. (2019) havaitsivat salmonellapositiivisia näytteitä olevan 2,0 % ruhonäytteistä (hirvi 4,0 %, valkohäntäkauris 0,0 %). Fredriksson-Ahomaa ym. (2020) havaitsivat villisian verinäytteiden salmonella-vasta-aineiden seroprevalenssin olevan jopa 38,0 %. Elinnäytteistä kuitenkin vain 5,0 %:sta löydettiin bakteeria PCR-menetelmällä. Viljelymenetelmällä salmonellabakteeria ei villisian elinnäytteistä havaittu lainkaan (Fredriksson-Ahomaa ym. 2020).

Keski- ja Etelä-Euroopassa tehdyissä tutkimuksissa *Salmonellan* esiintyvyys ruhonäytteissä asettuu 0,0–6,7 % välille lähdetutkimusten perusteella (Atanassova ym. 2008, Avagnina ym. 2012, Bonardi ym. 2021, Ranucci ym. 2021). Bonardi ym. (2021) havaitsivat Italiassa tehdyssä tutkimuksessa villisian suoliliepeen imusolmukenäytteistä 7,8 % olevan salmonellapositiivisia.

5.2.4 *Yersinia* spp.

Yersinia spp. oli Euroopan unionin alueella vuonna 2022 kolmanneksi yleisin elintarvikevälitteinen gastroenteriitin aiheuttava patogeeni ihmisillä (EFSA ja ECDC 2023). Yleisimmin ihmisille infektion aiheuttaa *Yersinia enterocolitica* sekä harvinaisemmin *Yersinia pseudotuberculosis* (EFSA ja ECDC 2023). *Y. enterocolitica* ja *Y. pseudotuberculosis* leviävät elintarvikevälitteisesti ja aiheuttavat ihmisille ruokamyrkytyksiä (Korkeala ja Fredriksson-Ahomaa 2007). Kaikkia *Y. enterocolitica* -kantoja ei pidetä patogeenisina, vaan osan ajatellaan olevan tautia aiheuttamattomia ympäristöperäisiä kantoja (Korkeala ja Fredriksson-Ahomaa 2007). Yersiniat pystyvät lisääntymään jääkaappilämpötiloissa (Korkeala ja Fredriksson-Ahomaa 2007, Laaksonen 2013). *Y. enterocolitica* ja *Y. pseudotuberculosis* kestävät hyvin myös pakastusta sekä kykenevät lisääntymään anaerobiolosuhteissa vakuumi- eli tyhjiöpakkauksessa (Korkeala ja Fredriksson-Ahomaa 2007).

Monet eläimet kantavat yersinioita sairastumatta itse, muun muassa sian suolistossa bakteeri on hyvin yleinen löytö (Korkeala ja Fredriksson-Ahomaa 2007, Laaksonen 2013). Yersinioosia on kuitenkin kuvattu myös eläimillä (Fredriksson-Ahomaa ja Korkeala 2007). Riistaeläimillä yersinioosia esiintyy tyypillisimmin nuorilla hirvieläimillä (Laaksonen 2013). Riistaeläimillä sairauden taudinkuvaan kuuluu ruokahaluttomuus sekä vetinen ja vihertävä uloste, joka muuttuu taudin edetessä veriseksi (Laaksonen 2013). Kuolemanjälkeisenä löydöksenä voivat olla suurentuneet imusolmukkeet ja perna sekä pistemäiset verenvuodot imusolmukkeissa, sydämessä, keuhkoissa ja pallealihaksessa (Laaksonen 2013). Löydökset liittyvät verenmyrkytykseen ja endotoksiseen shokkitilaan (Laaksonen 2013). Yersiniat usein tunkeutuvat suoliliepeen imusolmukkeisiin ja voivat aiheuttaa niissä mikropaiseita (Korkeala ja Fredriksson-Ahomaa 2007).

Suomalaisten hirvien ja valkohäntäkauriiden *Y. enterocolitican* suhteen positiivisten ruhonäytteiden määrä on Sauvalan ym. (2019) tutkimuksen mukaan 7,5 %. Suomalaisista

villisian elinnäytteistä puolestaan 17,0 % oli positiivisia mahdollisesti patogeenisten yersinioiden suhteen Fredriksson-Ahomaan ym. (2020) mukaan. Kaikki Fredriksson-Ahomaan ym. (2020) tutkimuksessa löydetyt kannat olivat *Y. pseudotuberculosis* -lajia. Vasta-aineiden seroprevalenssi suomalaisten villisikojen verinäytteessä on tutkimusten mukaan jopa 56 % (Fredriksson-Ahomaa ym. 2020). Tuloksen mukaan villisiat yleisesti kohtaavat suvun bakteereita elinympäristössään. Myös suomalaisten riistalintujen ulosteesta on löydetty mahdollisesti ihmisille patogeenisia yersiniabakteereja (Sauvala ym. 2021).

Italiassa tehdyssä tutkimuksessa *Y. enterocoliticaa* havaittiin keskimäärin 2,4 %:ssa villisian, gemssin, saksanhirven ja metsäkauriin ruhonäytteissä (Avagnina ym. 2012). Eristetyt kannat olivat kuitenkin enimmäkseen ympäristöperäisiä ja tulokset voivatkin viitata todennäköisemmin ympäristöperäiseen ruhon kontaminaatioon ulostesaastumisen sijaan (Avagnina ym. 2012). Toisessa italialaistutkimuksessa *Y. enterocoliticaa* ei havaittu lainkaan villisian suoliliepeen imusolmuke- tai ruhonäytteissä (Bonardi ym. 2021).

5.2.5 Muita patogeenisia bakteereja

Escherichia coli -bakteereista osa toimii patogeenisinä tautia aiheuttavina bakteereina, mutta niitä esiintyy myös eläinten ja ihmisten suolistossa osana normaaliflooraa ilman taudinaiheutumisvaaraa (Korkeala 2007, Laaksonen 2013). *E. colin* esiintyminen lihassa liitetään vahvasti lihan ulostekontaminaatioon (Laaksonen 2013). Koska vatsaontelolaukauksen yhteydessä tapahtuu usein ulostekontaminaatio, on vatsaontelolaukaus suuri riskitekijä myös lihan *E. coli* -kontaminaation tapahtumiselle. Patogeenisten bakteerien ja *E. colin* esiintymismäärien välillä suomalaisten hirvien ja valkohäntäkauriiden lihanäytteissä on havaittu yhteys (Sauvala ym. 2019). Sauvalan ym. (2019) mukaan *E. colia* voitaisiin pitää potentiaalisena indikaattoribakteerina patogeenisten bakteerien esiintymisen todennäköisyydelle lihassa.

Shigatoksiinia tuottava *Escherichia coli* eli STEC on eräs *E. colin* muoto, joka aiheuttaa ihmisillä vakavia ruokamyrkytyksiä (Laaksonen 2013) ollen siten *E. colin* yksi merkittävimmistä patogeenimuodoista. STEC-tartunta aiheutti neljänneksi eniten ihmisten elintarvikevälitteisiä ruokamyrkytystapauksia vuonna 2022 Euroopan unionin alueella (EFSA ja ECDC 2023). Luonnonvaraisista eläimistä erityisesti hirvieläimet ja villisiat voivat toimia

STEC-bakteerin kantajina (Laaksonen 2013). *E. colin* aiheuttamaa tautia esiintyy riistaeläimillä eniten nuorilla immuunipuutteisilla yksilöillä, erityisesti hirvieläimet ovat taudille alttiita (Laaksonen 2013). Eläinten oireilu vaihtelee vetisestä ripulista äkkikuolemiin (Laaksonen 2013).

Shigatoksiinit jaetaan pääasiassa kahteen ryhmään: Stx1 ja Stx2 -ryhmiin, jotka jaetaan edelleen useampaan alaryhmään (katsauksessa Lee ym. 2021). Yksi bakteeri voi tuottaa molempia toksiiniryhmiä (Korkeala 2007). STEC-kannoilla ja eri toksiinityypeillä on eroavaisuutta isäntälajispesifisyydessä ja taudinkuvassa sekä tartuttavuudessa (EFSA ja ECDC 2023, Nüesch-Inderbinen ym. 2023). Toksiinituoton seurauksena suolen epiteelisolut vaurioituvat ja toksiinit pääsevät vuotamaan verenkiertoon ja sitä kautta kohde-elimiinsä, kuten munuaisiin ja keskushermostoon, jolloin tartunnasta voi seurata vakavia yleistyneitä infektioita (katsauksessa Lee ym. 2021).

Sauvala ym. (2019) havaitsivat 14,0 % suomalaisten hirvien ja valkohäntäkauriiden ruhonäytteistä olevan positiivisia STEC:in suhteen PCR-menetelmällä. STEC oli kyseisessä tutkimuksessa useimmin näytteistä löydetty patogeeni. Suomalaisten villisikojen elinnäytteiden tutkimuksessa 33,0 %:sta näytteitä löytyi STEC PCR-menetelmällä (Fredriksson-Ahomaa ym. 2020). Keski-Euroopassa suoritetussa Nüesch-Inderbinen ym. (2023) tutkimuksessa gemssin, metsäkauriin, saksanhirven ja villisian lihanäytteissä havaittiin 25,0 %:ssa STEC-bakteereja ja jopa 84,8 %:ssa näytteitä shigatoksiinin tuottoon liitettyjä bakteerigeenejä. Tutkimuksessa ei kuitenkaan havaittu yhtäkään yleisimmin ihmisten sairastumisiin yhteydessä olevaa STEC-bakteerikantaa. Siten tulosten perusteella Nüesch-Inderbinen ym. (2023) pitävät riistalihan kohtuullisen korkeasta STEC-kontaminaatiosta huolimatta ihmisen sairastumisriskiä alhaisena. Tutkimuksessa havaittiin kuitenkin riistalihasta eristettyjen STEC-bakteerien sisältävän virulenssitekijöitä, joita on yhdistetty ihmisten sairastumisiin, ja siten zoonoottinen sairastumispotentiaali on olemassa Nüesch-Inderbinen ym. (2023) tutkimuksen johtopäätelmän mukaan.

Staphylococcus aureus on potentiaalinen ihmisen gastroenteriitin aiheuttaja bakteerikasvun aikana tuottamien enterotoksiinien vuoksi (Korkeala 2007). Elintarvikkeessa se ei kykene kasvamaan jääkaappilämpötilassa, mutta on sen sijaan hyvin osmotolerantti ja pystyy kasvamaan jopa 20 %:n natriumkloridipitoisuudessa (Korkeala 2007). Korkea natriumkloridipitoisuus elintarvikkeessa antaa *S. aureukselle* kilpailuedun (Korkeala 2007).

Enterotoksiinit eivät hajoa normaalissa elintarvikkeen kuumennuskäsittelyssä toisin kuin *S. aureus* -bakteerisolut. Taudin puhkeaminen tapahtuu yleensä jo 1–6 tunnin kuluessa enterotoksiineja sisältävän elintarvikkeen nauttimisesta (Korkeala 2007).

S. aureus on yleinen ympäristössä, eläimien iholla ja karvapeitteessä sekä ihmisten iholla, nenässä, suussa ja haavoissa (Korkeala 2007). Liha kontaminoituu helposti ruhon käsittelyn yhteydessä *S. aureuksella* esimerkiksi ihon tai karvapeitteen bakteerien päästessä kosketuksiin lihan kanssa (Korkeala 2007). Luodin lävistäessä eläimen ihon, voi luodin mukana päätyä iholta ja karvapeitteestä patogeenibakteereja lihaan. Mikäli metsästystilanne vaatii useamman osuman eläimeen, voi iholta lihaan päätyvien mikrobimäärien merkitys kasvaa. Käytäntönä on kuitenkin poistaa haavakanavan ympärille jäänyt liha ruhosta, jolloin luodin mukana mahdollisesti lihaan kulkeutuneet patogeenit poistuvat todennäköisesti suurelta osin poisleikatun lihan mukana. Vähäisiä määriä ihon bakteereja voi kuitenkin jäädä lihaan ammuksen sirpaleiden tunkeutuessa kauemmas haavakanavasta ja kuljettaessa ihon bakteeristoa mukanaan.

Atanassova ym. (2008) havaitsivat koagulaasipositiivisten stafylokokkien, joihin myös *S. aureus* kuuluu, määrän onnistuneesti ammuttujen metsäkauriin, saksanhirven ja villisian ruhonäytteissä olevan merkityksettömän alhainen. Luzzago ym. (2022) havaitsivat Italiassa pyydetyistä saksanhirvistä 26,2 %:n kantavan suolistossaan *S. aureusta* ja ulostenäytteistä 10,7 %:sta löytyi kyseisiä bakteereja (Luzzago ym. 2022). Saksanhirvien *S. aureus* -kannoista löydettiin vähäisissä määrin yhteyksiä ihmisiä tiettävästi infektoineisiin kantoihin (Luzzago ym. 2022), joten riistaeläinten kantamien *S. aureuksien* potentiaalinen zoonoottisuus on pidettävä mielessä muiden patogeenibakteerien tapaan. Kuitenkin *S. aureuksen* pääasiallinen kontaminaatiolähde on iho eikä niinkään ulostesaastuminen (Fredriksson-Ahomaa ja Korkeala 2007), joten ruhon käsittelyvaihe aiheuttaa suolistolaukausta suuremman riskin lihan kontaminaation tapahtumiselle.

6 AMMUKSEN AIHEUTTAMA VIERASMATERIAALI- JA VIERASAINEJÄÄMÄRISKI RIISTALIHASSA JA LUUOSUMAN VAIKUTUS JÄÄMÄMÄÄRIIN

Patruunasta irtoaa osumassa pieniä fragmenttipalasia ympäröiviin kudoksiin, olipa kyseessä hauliparvi taikka yksittäinen luoti (Green ym. 2022, Haase ym. 2023, McTee ym. 2023). Fragmenttikappaleet voivat olla niin pieniä ja haavakanavasta kauas kulkeutuneita, että niitä ei saada eroteltua lihan seasta pois (Green ym. 2022, Haase ym. 2023). Metallijäämiin lihassa vaikuttavat muun muassa ammuksen koko, patruunan materiaali, ampumamatka, ammuksen tunkeutuvuus kudoksessa eli haavakanavan pituus sekä osumakohta (Stokke ym. 2017). Osumakohta määrää mitä kudoksia ammuksen on lävistettävä edetessään.

Luuosumissa patruunan pirstaloitumisvaara ja siten fragmenttikappaleiden aiheuttama metallikontaminaatioriski lihassa on suurempi verrattuna pehmytkudososumaan (Müller-Graf ym. 2017, Schlichting ym. 2017). Tästä syystä riistalaukauksen onnistuminen on tärkeässä roolissa lihan vierasmateriaalimäärän vähentämisessä. Saaliseläimen anatomian tuntemus onkin tärkeää luusto-osumien välttämiseksi. Erityisesti lyijyluoti ominaisuuksiensa vuoksi sirpaloituu luuosumissa erittäin voimakkaasti (Laaksonen 2013). Luuosuma lyijyluodin tapauksessa vähensi luodin jäämäpainoa keskimäärin 6 % enemmän kuin pehmytkudososuma jättäen siten lyijyä enemmän ruhoon (Stokke ym. 2017). Stokken ym. (2017) tutkimuksessa luuosumalla ei yllättäen havaittu olevan vaikutusta kupariluodin jäämämääriin, vaan jäämät olivat samanvertaisia pehmytkudososumaan verrattuna. Voimakasta ammuksen sirpaloitumista tapahtuukin pelkissä pehmytkudososumissakin ja patruunan valmistusmateriaalilla ja valmistustekniikalla on merkitystä patruunan sirpaloitumisominaisuuksiin (Haase ym. 2023, McTee ym. 2023).

6.1 Lyijypatruunan vaikutukset lihahygienialle sekä eläinten, ihmisten ja ympäristön terveydelle

Komission asetuksessa (EU) 2023/915 elintarvikkeiden sallituista enimmäisvieraisainemääristä on säädetty elintarvikkeeksi käytettävien tuotantoeläinten lihan sallituksi maksimilyijypitoisuudeksi 0,1 mg/kg. Säädös ei koske riistalihaa, mutta elintarvikekäyttöön

tarkoitettu riistaliha voidaan vertailun vuoksi rinnastaa tuotantoeläinten lihaan vierasainejäämien enimmäisarvojen osalta.

Green ym. (2022) havaitsivat seuraavaa tutkiessaan lyijyhauleilla ammuttuja, suolistettuja jo myynnissä olevia fasaanin ruhoja: yli 75 % ruhoista sisälsi edelleen yli 15 pientä haulifragmenttia ja haulista irronneita fragmentteja löytyi pisimmillään 6,8 senttimetrin päästä lähimmästä haulista. 86 % haulien sirpalefragmenteista oli pienempiä kuin 0,3 millimetriä. Pienien haulinosien paikantaminen ja poisto ruhosta on siis hankalaa, jopa mahdotonta. Myöskään lihan ollessa jo lautasella näin pieniä fragmenttikappaleita tuskin huomaa (Green ym. 2022).

Haase ym. (2023) löysivät luodin sirpaleita jopa 22,2 senttimetrin päästä haavakanavasta metsäkauriin ruhossa, kun ammuksena toimi laajeneva lyijyluoti, jonka kuparipinnoite oli lukittu lyijysydämeen, ja ammuntamatka oli alle 100 metriä. Sirpalemassasta 95 % sijaitsi 16 senttimetrin sisällä haavakanavasta ja 40 % sirpaleista oli alle yhden millimetrin kokoisia (Haase ym. 2023). Siispä lyijypatruunalla ammutun metsäkauriin kokoisen eläimen ruhosta kannattaisi poistaa lihaa ainakin 16 senttimetrin säteeltä haavakanavan ympäriltä, jotta 95 % sirpalemassasta poistuisi (Haase ym. 2023). Haasen ym. (2023) tutkimuksessa normaali saaliinkäsittelymenettely poisti metsäkauriin ruhosta tehokkaasti fragmentteja, mutta kaikkia luotisirpaleita ei kuitenkaan saatu pääsääntöisesti poistettua. Lentin ym. (2021) mukaan Italian markkinoilla olleiden villisian lihanäytteiden keskimääräinen lyijypitoisuus oli 0,1 mg/kg, eli sama kuin tuotantoeläinten lihalle asetettu raja-arvo. Kuitenkin vaihteluväli oli suuri ja 47,9 %:ssa näytteistä lyijypitoisuus kohosi yli 0,1 mg/kg -pitoisuuden maksimiarvon ollessa jopa 18,3 mg/kg (Lenti ym. 2021).

Haase ym. (2023) huomasivat suuren osan patruunafragmenteista sijoittuvan rintaontelolaukauksessa rintaontelon elimiin ja haavakanavan ympäryslihoihin. Kohonneita lyijypitoisuuksia onkin havaittu erityisesti haavakanavan lähettyvillä (Müller-Graf ym. 2017, Martin ym. 2019). Lyijypitoisuuden lihassa on todettu pienenevän matkan kasvaessa haavakanavasta kauemmas (Müller-Graf ym. 2017, Martin ym. 2019). Martin ym. (2019) havaitsivat tutkimuksessaan lyijyluodin osuman jälkeen haavakanavan läheisyydestä syötäväksi tarkoitetuista lihoista otetuista näytteistä 15,6 %:n ylittävän (EU) 2023/915 asettaman sallitun lyijyn enimmäisraja-arvon 0,1 mg/kg. Haavakanavan läheisyydessä olevien

lihojen tai elimien antaminen myöskään metsästyskoirien tai muiden lemmikkieläinten ravinnoksi ei ole hyvä toimintatapa (Martin ym. 2019, Haase ym. 2023).

Euroopan unionin alueella pyritään vähentämään lyijypatruunoiden käyttöä lyijyn myrkyllisyydestä johtuvien eläinsuojelullisten sekä ympäristö- ja elintarviketurvallisuuteen vaikuttavien seurauksien vuoksi. Lyijyhaulikielto vesilinnustuksessa on ollut voimassa Suomessa jo vuodesta 1996 (metsästyslaki 615/1993 33 §) ja vuoden 2023 helmikuussa on astunut voimaan lyijyhaulien ammuntakielto myös kosteikkoalueiden läheisyydessä (EU 2021/57).

Lyijyhauleilla ammuttujen pienten riistaeläinten lihan lyijypitoisuudet kohoavat usein yli tuotantoeläimille asetetun raja-arvon, vuosina 1991–2021 aikana tutkituista Euroopan alueella metsästetyistä pienriistan (jäniseläimet ja riistalinnut) lihanäytteistä jopa 60 % ylitti enimmäisraja-arvon (katsauksessa Pain ym. 2022). Riistalihan lyijypitoisuudet ovat nousseet viimeisten kolmen vuosikymmenen aikana Euroopassa, poislukien Tanskassa, jossa on ollut totaalikielto lyijyhaulien käytölle vuodesta 1996 lähtien (katsauksessa Pain ym. 2022). Tanskan osalta lyijypitoisuus riistaeläinten lihassa on laskenut merkittävästi tarkastelujaksojen 2001–2010 ja 2011–2021 välillä ja jälkimmäisellä tarkastelujaksolla keskimääräinen pienriistan lihan lyijypitoisuus oli laskenut alle Euroopan unionin asettaman raja-arvon tuotantoeläinten lihan lyijypitoisuudelle (katsauksessa Pain ym. 2022). Luonnonvaraisten lintujen, mukaan lukien riistalintujen, on myös havaittu syövän ympäristössä olevia hauleja luullen niitä pieniksi kiviksi ja tämä voi johtaa lyijyhaulien tapauksessa jopa linnun lyijymyrkytykseen (Kreager ym. 2008, Stokke ym. 2017).

Säännöllisesti riistalihaa kuluttavilla henkilöillä on todettu viitteitä korkeampaan veren lyijypitoisuuteen (Wepler ym. 2022). Ero verrokkiryhmään oli vähäinen, mutta tilastollisesti merkittävä. Lisätutkimuksia riistalihan kulutuksen kohottamasta lyijynsaannin riskistä vaadittaisiin (Wepler ym. 2022). Erityisessä vaarassa lyijyn saannin vaikutuksille ovat lapset ja raskaana olevat (Thomas ym. 2020). Koska metsästäjät lähipiirineen kuluttavat suuren osan riistalihasta ja riistalihan kulutus on heillä usein säännöllistä, ovat myös metsästäjät lähipiirineen vaarassa lyijyn liikasaannille (Thomas ym. 2020).

Riistalihan lyijyjäämät ja niiden aiheuttama terveysriski on maailmanlaajuinen ongelma, jonka lisäksi lyijyn päätyminen luontoon aiheuttaa lyijyn kerääntymistä ravintoketjuihin ja

luonnonvaraisiin eläimiin, erityisesti raadonsyöjät ovat vaarassa lyijyn liikasaannille (Stokke ym. 2017, Thomas ym. 2020). Lyijyä kerääntyy ympäristöön luotimateriaalien päätyessä luontoon muun muassa metsään jätettyjen saaliseläinten elimien mukana (Stokke ym. 2017, Haase ym. 2023) ja esimerkiksi ohilaukauksien yhteydessä tai lyijyluotien lävistäessä saaliseläimen. Lyijypatruunoilla ammuttujen eläinten elimiä ei tulisikaan jättää luontoon (Metsästäjäliitto 2022).

6.2 Lyijy- ja kupariluotien aiheuttamien lihahygieenisten vaikutusten vertailu

Kupari on yleisimmin käytetty vaihtoehtoinen lyijyn korvaava luotimateriaali. Kupariluodin on todettu pitävän lyijyluotia paremmin jäämäpainonsa (Stokke ym. 2017, McTee ym. 2023) eikä McTeen ym. (2023) tutkimuksessa eri kupariluotien välillä havaittu merkittäviä eroja jäämäpainoissa. Kupariluoti on yleensä suunniteltu muotoutumaan hajoamisen sijaan (Stokke ym. 2017) ja luodista irronneet harvat sirpaleet ovat usein kookkaampia ja siten paremmin kudoksesta havaittavia kuin lyijyfragmentit (McTee ym. 2023). Markkinoilla on myös osittain fragmentoituvia kupariluoteja, joissa luodin etuosan hajoamisesta seuraa suurempien ja paremmin lihasta havaittavien fragmenttien synty (Stokke ym. 2017). Sirpaleiden suuremman koon lisäksi kupariluodeista irtoavat sirpalemäärät ovat paljon vähäisempiä verrattuna lyijyluoteihin (McTee ym. 2023).

Kupariluotien jäämäpaino McTeen ym. (2023) tutkimuksessa teoreettisissa olosuhteissa oli aina yli 98 % alkuperäisestä massasta. Parhaiten massansa pitävän lyijyluodin jäämäpaino oli jopa yli 96 % alkuperäisestä luodin painosta, kun taas heikoiten massansa pitävän vain alle 13 % McTeen ym. (2023) mukaan. Todellisissa olosuhteissa hirveä ammuttaessa kupariluoti menetti Stokken ym. (2017) mukaan 0–15 % massastaan vastaten keskimäärin 0,7 grammaa. Lyijyluodin painonmenetys puolestaan oli 10–26 % vastaten 2,6–3,0 grammaa (Stokke ym. 2017). Lyijyluodin osittaisella kuparivaipalla pyritään saamaan aikaan luodin suuremman jäämäpainon pysyminen osumatilanteessa. Mainittakoon tässä yhteydessä myös tinavalmisteisen luodin jäämäpainon olevan McTeen ym. (2023) tutkimuksen mukaan 58 % ampumattoman luodin painosta ja osuman jälkeen luodin halkaisija oli sama kuin alunperin. Erityisesti tinaluodin etuosa sirpaloitui eikä luoti laajentunut juuri ollenkaan osumasta (McTee ym. 2023). Tutkimuksessa tinaluotiotannassa oli kuitenkin vain yksi luotivalmiste.

Schlichtingin ym. (2017) mukaan riistalihan sisältämissä kuparipitoisuuksissa ei havaittu merkittävää eroa, olipa käytössä ollut kupariluoti tai kuparivaippainen lyijyluoti. Riistalihanäytteiden kuparipitoisuuksien sekä keski- että mediaaniarvot olivat lähellä toisiaan laajalla ruhon anatomisella alueella, mukaanluettuna haavakanavan ympärys, eikä siten haavakanavankaan ympärillä havaittu merkittävästi suurempia kuparipitoisuuksia kuin muualla ruhon osissa (Schlichting ym. 2017). Schlichtingin ym. (2017) mukaan keskimääräinen patruunan aiheuttama kuparijäämä lihassa ei todennäköisesti aiheuta minkäänlaisia terveysvaaroja. Keskimääräinen riistalihan kuparipitoisuus ei ole merkittävästi korkeampi kuin tuotantoeläinten lihan kuparipitoisuus eikä riistalihan kuparipitoisuus siten aiheuta itsessään erityistä terveysvaaraa ainakaan, mikäli kyse on nimenomaan keskimääräisistä riistalihan kuparipitoisuuksista ja kohtuullisista riistalihan kulutusmääristä (Schlichting ym. 2017).

Lyijyttömän luodin valmistusmateriaalina voi toimia myös kupari-sinkkiseos eli messinki, mutta sinkkiä voi esiintyä myös lyijyvalmisteisten patruunoiden kuparikuoressa (Schlichting ym. 2017). Näistä molemmista patruunatyypeistä vapautuu kuparin lisäksi sinkkiä lihaan osuman yhteydessä, mutta Schlichtingin ym. (2017) mukaan vapautuvan sinkin määrä kummankaan patruunatyypin tapauksessa ei todennäköisesti aiheuta terveysriskejä, kuten ei kuparinkaan kohdalla. Schlichting ym. (2017) pitävätkin patruunasta peräisin olevan kuparin ja sinkin riistalihasta saantia paljon pienempänä ongelmana kuin lyijyn aiheuttamaa potentiaalista terveysriskiä. Nykytiedon valossa voidaan siis lyijyluotien ajatella aiheuttavan merkittävästi suuremman terveysriskin kuin kupari- tai messinkiluotien.

7 YHTEENVETO

Metsästysharrastuksella on pitkät perinteet ja se on edelleen Suomessa suosittu harrastus. Riistaliha on ravintoainerikas elintarvike ja usein liha kulutetaan metsästäjän yksityistalouksissa ilman virallista lihantarkastusta. Metsästäjän on toimittava vastuullisesti sekä hyvien eläinsuojelullisten ja elintarvikehygieenisten toimintatapojen mukaan turvatakseen riistaeläinten hyvinvoinnin, eettisen metsästyksen periaatteet, saaliseläimen kunnioituksen sekä saattaakseen turvallisen elintarvikkeen lautaselle.

Suurimpia elintarvikehygienian pettämisen riskitekijöitä riistanpyynnissä ja riistankäsittelyketjussa ovat suolistolaukaus, tervalihan muodostuminen haavakkostressin tai pitkän ajojahdin seurauksena, ulostekontaminaatioon johtavat suolistuksen aikaiset virheet ja ruhon ympäristöperäinen saastuminen saaliin käsittelyn ja kuljetuksen yhteydessä (Korkmaz ym. 2022). Pyyntitilanteessa riistalaukauksen onnistumisella on suuri rooli ehkäistessä lihan laadun heikkenemistä välttämällä suolistolaukausta tai eläinsuojelullisestikin ongelmallista saaliin haavoittamista ilman välitöntä tappovaikutusta. Pyyntiaikaisista tekijöistä elintarviketurvallisuutta heikentävät erityisesti biologiset vaarat, kuten zoonoottiset patogeenit (katsauksessa Nkosi ym. 2023). Muita vaaratekijöitä metsästystilanteen aikana ovat ammuksen aiheuttamat vierasaine- ja vierasmateriaalijäämät (katsauksessa Nkosi ym. 2023). Biologiset vaarat voi minimoida arvioimalla saaliseläimen terveydentilaa, valitsemalla oikeanlainen patruuna ja aseen kaliiperi kyseiselle eläinlajille (katsauksessa Nkosi ym. 2023) sekä ampumalla harkittu ja asianmukainen riistalaukaus.

Lihan saastuminen suolensisällöllä voi johtaa sekä pilaajabakteerien määrän lisääntymiseen että patogeenisten bakteerien esiintymiseen lihassa (Fredriksson-Ahomaa ja Korkeala 2007, Zweifel ja Stephan 2014). Saaliin käsittelystä johtuva mikrobikontaminaatio olisi pidettävä mahdollisimman alhaisena, koska mikrobit usein selviytyvät kylmäketjusta ja pakastuslämpötiloistakin (Lindström 2007). Lihan sulamisvaiheessa mikrobit voivat alkaa kasvaa ravintoainerikkaassa elinympäristössä (Lindström 2007). Laadultaan heikentyneen ja huonommin säilyvän lihan tunnistaminen on tärkeää, jotta se voidaan käsitellä turvallisesti ilman pitkiä säilytysaikoja.

Suolisto-osuman aiheuttama lihojen ulostekontaminaatio kasvattaa riskiä sairastua patogeenibakteerien aiheuttamiin tauteihin. Yleisimpiä riistalihassa esiintyviä patogeenibakteereja, joiden esiintymisriski kohoaa suolistolaukauksen yhteydessä, ovat *Campylobacter* spp., *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*, *Yersinia* spp. ja *Escherichia coli* -bakteerin patogeeniset kannat. Kyseisiä patogeenibakteereja on löydetty myös suomalaisten riistaeläinten uloste- ja lihanäytetutkimuksissa (Kovanen ym. 2019, Sauvala ym. 2019, Sauvala ym. 2021, Kivistö ym. 2023). Sairastumisriskien minimoimiseksi liha tulisi aina kypsentää kauttaaltaan ennen sen tarjoilua, vähintään + 71-74 °C:een nisäkkäiden osalta ja + 74 °C:een lintujen osalta (Laaksonen 2013). Osa patogeenikannoista on isäntälajispesifisempiä kuin toiset, mutta osalta riistaeläinten suolistossaan kantamista patogeenikannoista on löydetty yhtäläisyyksiä ihmisille patogeenisiin bakteerikantoihin ja siten niiden mahdollinen zoonoottinen kyky sairastuttaa ihmisiä on pidettävä mielessä (katsauksessa Silva ym. 2014, Sauvala ym. 2019, Fredriksson-Ahomaa ym. 2022, Kivistö ym. 2023).

Riistalihan sisältämät ammuksesta peräisin olevat vierasmateriaali- ja vierasainejäämät voivat aiheuttaa runsaasti riistaa kuluttaville henkilöille riskin erityisesti liian korkeaan lyijynsaantiin (Schlichting ym. 2017, Wepler ym. 2022). Ammuksen sirpaleiden aiheuttamien kohonneiden lihan metallipitoisuuksien merkityksestä ihmisten terveydelle kuitenkin tarvittaisiin lisätutkimuksia. Lyijyammuksille on olemassa vaihtoehtoja, jotka nykytiedon valossa eivät lihaan jääneiden metallijäämien muodossa sisällä yhtä suurta terveysriskiä (Schlichting ym. 2017).

8 LÄHDELUETTELO

Atanassova V., Apelt J., Reich F., Klein G. Microbiological quality of freshly shot game in Germany. Meat Sci 2008, 78: 414-419.

Avagnina A., Nucera D., Grassi M. A., Ferroglio E., Dalmasso A., Civera T. The microbiological conditions of carcasses from large game animals in Italy. Meat Sci 2012, 91: 266–271.

Björkroth J. Elintarvikkeen pilaantuminen tieteellisenä käsitteenä. Teoksessa: Korkeala H. (toim.) Elintarvikehygienia. WSOY oppimateriaalit Oy, Helsinki, Suomi 2007. s. 163–168.

Bonardi S., Tensini C., Cacchioli A., Soliani L., Poli L., Lamperti L., Corradi M., Gilioli S. *Enterobacteriaceae* and *Salmonella* contamination of wild boar (*Sus scrofa*) carcasses: comparison between different sampling strategies. Eur J Wildlife Res 2021, 67: 88. doi: 10.1007/s10344-021-01531-0.

Branciari R., Onofri A., Cambiotti F., Ranucci D. Effects of Animal, Climatic, Hunting and Handling Conditions on the Hygienic Characteristics of Hunted Roe Deer (*Capreolus capreolus* L.). Foods 2020, 9: 1076. doi: 10.3390/foods9081076.

EPNa 853/2004. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 853/2004 eläinperäisiä elintarvikkeita koskevista erityisistä hygieniasäännöistä. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004R0853&qid=1705776069738, haettu 20.1.2024.

EU 2021/57. Komission asetus (EU) N:o 2021/57 Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen EY N:o 1907/2006 liitteen XVII muuttamisesta koskien lyijyhaulien käyttöä kosteikkoalueilla ja niiden läheisyydessä. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R0057, haettu 22.1.2024.

EU 2023/915. Komission asetus (EU) N:o 2023/915 tiettyjen elintarvikkeissa olevien vieraisaineiden enimmäismääristä. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fi/TXT/?uri=CELEX%3A32023R0915, haettu 23.2.2024.

European Food Safety Authority (EFSA), European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). The European Union One Health 2022 Zoonoses Report. EFSA Journal 2023, 21 (12): e8442. doi: 10.2903/j.efsa.2023.8442.

EY 2073/2005. Komission asetus (EY) N:o 2073/2005 elintarvikkeiden mikrobiologisista vaatimuksista. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=celex%3A32005R2073, haettu 20.1.2024.

Fredriksson-Ahomaa M, Korkeala H. Liha ja lihavalmisteet. Teoksessa: Korkeala H. (toim.) Elintarvikehygienia. WSOY oppimateriaalit Oy, Helsinki, Suomi 2007. s. 170–185.

Fredriksson-Ahomaa M., London L., Skrzypczak T., Kantala T., Laamanen I., Biström M., Maunula L., Gadd T. Foodborne Zoonoses Common in Hunted Wild Boars. EcoHealth 2020. 17: 512–522.

Fredriksson-Ahomaa M., Sauvala M., Kurittu P., Heljanko V., Heikinheimo A., Paulsen P. Characterisation of *Listeria monocytogenes* Isolates from Hunted Game and Game Meat from Finland. Foods 2022; 11(22): 3679. doi: 10.3390/foods11223679.

Green R., Taggart M., Pain D., Smithson K. Implications for food safety of the size and location of fragments of lead shotgun pellets embedded in hunted carcasses of small game animals intended for human consumption. PLoS ONE 2022. 17(8): e0268089. doi: 10.1371/journal.pone.0268089.

Haase A., Sen M., Gremse C., Mader A., Korkmaz B., Jungnickel H., Hildebrandt T. B., Fritsch G., Numata J., Moenning J-L., Steinhoff-Wagner J., Lahrssen-Wiederholt M., Pieper R. Analysis of number, size and spatial distribution of rifle bullet-derived lead fragments in hunted roe deer using computed tomography. Discover Food 2023, 3:11. doi: 10.1007/s44187-023-00052-w.

Hedman H. D., Varga C., Duquette J., Novakofski J., Mateus-Pinilla N. E. Review: Food Safety Considerations Related to the Consumption and Handling of Game Meat in North America. Vet Sci 2020, 7: 188. doi: 10.3390/vetsci7040188.

Hänninen M-L. Kampylobakteerit. Teoksessa: Korkeala H. (toim.). Elintarvikehygienia. WSOY oppimateriaalit Oy, Helsinki, Suomi 2007. s. 57–65.

Kadohira M., Phiri B., Hill G., Yoshizaki R., Takai S. Game Meat Consumption and Foodborne Illness in Japan: A Web-Based Questionnaire Survey. J. Food Protect 2019, 82: 1224-1232.

Kivistö R., Sauvala M., Fredriksson-Ahomaa M., Björkroth J. Prevalence and genotype diversity of *Campylobacter jejuni* in hunted reared pheasants (*Phasianus colchicus*) in Finland. Acta Vet Scand, 2023, 65: 36. doi: 10.1186/s13028-023-00698-7.

Korkeala H. Bakteerit: *Staphylococcus aureus*, Bakteerit: Elintarvikkeiden välillä leviävät *Escherichia coli* -muodot. Teoksessa: Korkeala H. (toim.). Elintarvikehygienia. WSOY oppimateriaalit Oy, Helsinki, Suomi 2007. s. 48–56.

Korkeala H, Fredriksson-Ahomaa M. Bakteerit: *Yersinia*-suku. Teoksessa: Korkeala H. (toim.). Elintarvikehygienia. WSOY oppimateriaalit Oy, Helsinki, Suomi 2007. s. 75–83.

Korkeala H. Lundén J. Bakteerit: *Listeria monocytogenes*. Teoksessa: Korkeala H. (toim.). Elintarvikehygienia. WSOY oppimateriaalit Oy, Helsinki, Suomi 2007. s. 40–47.

Korkmaz B., Maaz D., Reich F., Gremse C., Haase A., Mateus-Vargas R., Mader A., Rottenberg I., Schafft H. A., Bandick N., Nöckler K., Alter T., Lahrssen-Wiederholt M., Steinhoff-Wagner J. Cause and Effect Analysis between Influencing Factors Related to Environmental Conditions, Hunting and Handling Practices and the Initial Microbial Load of Game Carcasses. Foods 2022, 11: 3726. doi: 10.3390/foods11223726.

Kovanen S., Rossi M., Pohja-Mykrä M., Nieminen T., Raunio-Saarnisto M., Sauvala M., Fredriksson-Ahomaa M., Hänninen M-L., Kivistö R. Population Genetics and Caharacterization of *Campylobacter jejuni* Isolates from Western Jackdaws and Game Birds in Finland. Appl Environ Microb 2019, 85: 4. doi: 10.1128/AEM.02365-18.

Kreager N., Wainman B. C., Jayasinghe R. K., Tsuji L. J. S. Lead Pellet Ingestion and Liver-Lead Concentrations in Upland Game Birds from Southern Ontario, Canada. Arch Environ Contam Toxicol 2008, 54: 331-336.

Kylmä J. Jousimetsästys – Johdatus nykyaikaisen jousimetsästyksen perusteisiin. 2. painos. Raamatutrukikoja OÜ, Tallinna, Viro 2018.

Laaksonen S. Metsästäjän terveysoppi. Wazama Media Oy, Porvoo, Suomi 2013.

Laki eläinten hyvinvoinnista 693/2023. https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2023/20230693#Pidm46434451274896, haettu 16.1.2024.

Lee K-S., Jeong Y-J., Lee M-S. Review*: Escherichia coli* Shiga Toxins and Gut Microbiota Interactions. Toxins 2021, 13: 416. doi: 10.3390/toxins13060416.

Lenti A., Menozzi A., Fedrizzi G., Menotta S., Iemmi T., Galletti G., Serventi P., Bertini S. Lead Levels in Wild Boar Meat Sauce (Ragù) Sold on the Italian Market. Int J Environ Res Pub He 2021, 18: 3989. doi: 10.3390/ijerph18083989.

Lindström M. Lämpötila. Teoksessa: Korkeala H. (toim.). Elintarvikehygienia. WSOY oppimateriaalit Oy, Helsinki, Suomi 2007. s. 285–297.

Luonnonvarakeskus 2023. Metsästys 2022. https://www.luke.fi/fi/tilastot/metsastys/metsastys-2022, haettu 27.10.2023.

Luzzago C., Lauzi S., Ehricht R., Monecke S., Corlatti L., Pedrotti S., Piccinini R. Survey of *Staphylococcus aureus* carriage by free-living red deer (*Cervus elaphus*): Evidence of human and domestic animal lineages. Transbound Emerg Dis 2022, 69: 5. doi: 10.1111/tbed.14500.

Malinen J., Väänänen V-M. Suomalainen metsästys – Linnuista suurriistaan. Metsäkustannus Oy. Latvia 2015.

Martin A., Gremse C., Selhorst T., Bandick N., Müller-Graf C., Greiner M., Lahrssen-Wiederholt M. Hunting of roe deer and wild boar in Germany: Is non-lead ammunition suitable for hunting? PLoS ONE 2017, 12 (9): e0185029. doi: 10.1371/journal.pone.0185029.

Martin A., Müller-Graf C., Selhorst T., Gerofke A., Ulbig E., Gremse C., Greiner M., Lahrssen-Wiederholt M., Hensel A. Comparison of lead levels in edible parts of red deer hunted with lead or non-lead ammunition. Sci Total Environ 2019, 653: 315-326.

Matle I., Mbatha K. R., Madoroba E. A review of *Listeria monocytogenes* from meat and meat products: Epidemiology, virulence factors, antimicrobial resistance and diagnosis. Onderstepoort J Vet Res. 2020, 9: 87(1). doi: 10.4102/ojvr.v87i1.1869.

McTee M., Parish C. N., Jourdonnais C., Ramsey P. Weight retention and expansion of popular lead-based and lead-free hunting bullets. Sci Total Environ 2023, 904:166288. doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.166288.

Metsästyslaki 615/1993. https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1993/19930615, haettu 22.1.2024

Metsästäjäliitto. Metsästysammunnan ABC – opas parempiin riistalaukauksiin. 6. painos. PunaMusta, Joensuu, Suomi 2022.

Mirceta J., Petrovic J., Malesevic M., Blagojevic B., Antic D. Assessment of microbial carcass contamination of hunted wild boars. Eur J Wildl Res 2017. 63: 37. doi: 10.1007/s10344-017-1096-3.

MMMa 318/2021 muutoksineen (746/2023). Maa- ja metsätalousministeriön asetus elintarvikehygieniasta. https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2021/20210318, haettu 1.11.2023.

MMMa 666/1993. Maa- ja metsätalousministeriön metsästysasetus. https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1993/19930666?search[type]=pika&search[pika]=Mets%C3%A4stysasetus, haettu 2.11.2023.

Nkosi D. V., Bekker J. L., Hoffman L. C. Review: Basic Hazard Control Plan for Small Wild Ungulates Slaughtered for Meat Production. Foods 2023, 12: 1511. doi: 10.3390/foods12071511.

Müller-Graf C., Gerofke A., Martin A., Bandick N., Lahrssen-Wiederholt, Schafft H-A. Selhorst T., Ulbig E., Hensel A. Reduction of lead contents in game meat: result of the "Food Safety of game meat obtained through hunting" research project. Teoksessa: Paulsen P., Bauer A., Smulders F. J. M. (toim). Game meat hygiene: Food safety and security. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, Alankomaat 2017. s. 201-212.

Nüesch-Inderbinen M., Treier A., Stevens M. J. A., Stephen R. Whole genome sequence-based characterisation of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* isolated from game meat originating from several European countries. Sci Rep 2023, 13: 3247. doi: s41598-023-30333-4.

Pain D., Green R. E., Taggart M. A., Kanstrup N. Review: How contaminated with ammunition-derived lead is meat from European small game animals? Assessing and reducing risks to human health. Ambio 2022, 51: 1772-1785.

Puolanne E., Ertbjerg P. The Slaughter Process. Teoksessa: Ninios T., Lundén J., Korkeala H., Fredriksson-Ahomaa M. (toim.). Meat Inspection and Control in the Slaughterhouse. Wiley Blackwell, Sussex, UK 2014. 29-45.

Ramanzin M., Amici A., Casoli C., Esposito L., Lupi P., Marsico G., Mattiello S., Olivieri O., Ponzetta M. P., Russo C., Marinucci M. T. Review: Meat from wild ungulates: ensuring quality and hygiene of an increasing resource. Ital J Anim Sci 2010, 9: 318-331.

Ranucci D., Roila R., Onofri A., Cambiotti F., Primavilla S., Miraglia D., Andoni E., Di Cerbo A., Branciari R. Improving Hunted Wild Boar Carcass Hygiene: Roles of Different Factors Involved in the Harvest Phase. Foods 2021, 10: 1548. doi: 10.3390/foods10071548.

Ruokavirasto 2023. Ruokaviraston ohje 5807/04.02.00.01/2020/6: Luonnonvaraisen riistan lihan käsittely ja lihan toimittaminen myyntiin.

https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/elintarvikkeet/elintarvikeala/ohjeet-ja-lainsaadanto/riistaohje_2023.pdf, haettu 1.11.2023.

Sauvala M., Laaksonen S., Laukkanen-Ninios R., Jalava K., Stephan R., Fredriksson-Ahomaa M. Microbial contamination of moose (*Alces alces*) and white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) carcasses harvested by hunters. Food Microbiol, 2019, 78: 82–88.

Sauvala M., Woivalin M., Kivistö R., Laukkanen-Ninios R., Laaksonen S., Stephan R., Fredriksson-Ahomaa M. Hunted game birds – Carriers of foodborne pathogens. Food Microbiol 2021, 98: 103768. doi: 10.1016/j.fm.2021.103768.

Sauvala M., Johansson P., Björkroth J., Fredriksson-Ahomaa M. Microbiological quality and safety of vacuum-packaged white-tailed deer meat stored at 4°C. Int J Food Microbiol 2023, 390: 110110. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2023.110110.

Schlichting D., Sommerfeld C., Müller-Graf C., Selhorst T., Greiner M., Gerofke A., Ulbig E., Gremse C., Spolders M., Schafft H., Lahrssen-Wiederholt M. Copper and zinc content in wild game shot with lead or non-lead ammunition – implications for consumer health protection. PLoS ONE 2017, 12 (9): e0184946. doi: 10.1371/journal.pone.0184946.

Shange N., Makasi T. N., Gouws P. A., Hoffman L. C., The influence of normal and high ultimate muscle pH on the microbiology and colour stability of previously frozen black wildebeest (*Connochaetes gnou*) meat. Meat Sci 2018, 135: 14-19.

Silva C., Calva E., Maloy S. Review: One Health and Foor-Borne Disease: *Salmonella* Transmission between Humans, Animals and Plants. Microbiol Spectr. 2014, 2: (1). doi: 10.1128/microbiolspec.OH-0020-2013.

Sjaastad Ø. V., Sand O., Hove K. Physiology of Domestic Animals. 3. painos. Scandinavian Veterinary Press. Oslo, Norja 2016.

Smulders F., Hofbauer P., Geesick G. H. The Conversion of Muscle to Meat. Teoksessa: Ninios T., Lundén J., Korkeala H., Fredriksson-Ahomaa M. (toim.). Meat Inspection and Control in the Slaughterhouse. Wiley Blackwell, Sussex, UK 2014, 399-421.

Stokke S., Brainerd S., Arnemo J. M., Metal Deposition of Copper and Lead Bullets in Moose Harvested in Fennoscandia. Wildlife Soc B 2017, 41: (1). doi: 10.1002/wsb.731.

Stokke S., Arnemo J. M., Brainerd S., Säderberg A., Kraabøl M., Ytherus B. Defining animal welfare standards in hunting: body mass determines thresholds for incapacitation time and flight distance. Sci Rep 2018, 8: 13786. doi: 10.1038/s41598-018-32102-0.

Stokke S., Arnemo J. M., Brainerd S. Unleaded hunting: Are copper bullets and lead-based bullets equally effective for killing big game? Ambio 2019, 48: 1044-1055.

Terlouw E. M. C., Picard B., Deiss V., Berri C., Hocquette J-F., Lebret B., Lefèvre F., Hamill R., Gagaoua M. Review: Understanding the Determination of Meat Quality Using Biochemical Characteristics of the Muscle: Stress at Slaughter and Other Missing Keys. Foods 2021, 10: 84. doi: 10.3390/foods10010084.

Thomas V. G., Pain D. J., Kanstrup N., Green R. E. Perspective: Setting maximum levels for lead in game meat in EC regulations: An adjunct to replacement of lead ammunition. Ambio 2020, 49: 2026-2037.

Tomljanovic K., Grubešic M., Medic H., Potocnik H., Topolovcan T., Ugarkovic N. K., Radovcic N. M. The Impact of Premortality Stress on Some Quality Parameters of Roe Deer, Wild Boar and Red Deer Meat. Foods 2022, 11: 1275. doi: 10.3390/foods11091275.

Valencak T., Gamsjäger L., Ohrnberger S., Culbert N. J., Ruf T. Healthy n-6/n-3 fatty acid composition from five European game meat species remains after cooking. BMC Res Notes 2015, 8:273. doi: 10.1186/s13104-015-1254-1.

Viganò R., Demartini E., Riccardi F., Corradini A., Besozzi M., Lanfranchi P., Chiappini P. L., Cottini A., Gaviglio A. Quality parameters of hunted game meat: Sensory analysis and pH monitoring. Ital J Food Saf 2019, 8:7724, 55-59.

Wepler M., Schreckenberg J., Paul B., Fröba G., Muth C-M. Influence of Indigestion of Game Meat on Blood Concentration of Lead in Southern Germany: A Pilot Study. B Environ Contam Tox 2022 110:21. doi: 10.1007/s00128-022-03661-w.

Zhu Y., Wang W., Li M., Zhang J., Ji L., Zhao Z., Zhang R., Cai D., Chen L. Review: Microbial diversity of meat products under spoilage and its controlling approaches. Front Nutr 2022, 9:1078201. doi: 10.3389/fnut.2022.1078201.

Zweifel C, Stephan R. Microbial Contamination During Slaughter. Teoksessa: Ninios T., Lundén J., Korkeala H., Fredriksson-Ahomaa M. (toim.). Meat Inspection and Control in the Slaughterhouse. Wiley Blackwell, Sussex, UK 2014. 423-438.