RUOKAVIRASTO
Livsmedelsverket • Finnish Food Authority

Tutkimuksia
1/2025

Gyromitriinin terveysriskien arviointi ja vähentämiskeinot korvasienessä



Ruokaviraston tutkimuksia 1/2025

Gyromitriinin terveysriskien arviointi ja vähentämiskeinot korvasienissä

RUOKAVIRASTO
Livsmedelsverket • Finnish Food Authority

Kannen kuva: Adobe Stock

Kuvailulehti

Julkaisija	Ruokavirasto, riskinarvioinnin yksikkö
Tekijät	Petra Pasonen, Johanna Suomi, Tero Hirvonen
Julkaisun nimi	**Gyromitriinin terveysriskien arviointi ja vähentämiskeinot korvasienissä**
Julkaisusarjan nimi ja numero	Ruokaviraston tutkimuksia 1/2025
Julkaisuaika	5/2025
ISBN PDF	978-952-358-068-0
ISSN PDF	2490-1180
Sivuja	31
Kieli	Suomi
Asiasanat	Altistuksen arviointi, N-metyyli-N-formyylihydratsiini, Monometyylihydratsiini
Kustantaja	Ruokavirasto
Taitto	Ruokavirasto, käyttäjäpalvelujen yksikkö
Julkaisun jakaja	Sähköinen versio: ruokavirasto.fi

Tiivistelmä

Selvityksessä tarkasteltiin kirjallisuusaineistojen perusteella korvasienten gyromitriinin ja sen aineenvaihduntatuotteiden mahdollista terveyshaittaa suomalaisille sekä arvioitiin erilaisten keittosuositusten vaikutusta sieneen jääviin myrkkymääriin. Korvasienen myrkyllisyyttä ei saada kokonaan poistettua millään käsittelyllä.

Selvitys arvioi suomalaisten altistusta kaupallisesta korvasienisadosta johdetun kokonaissadon, yleisimpien korvasienireseptien sekä kirjallisuudesta koottujen pitoisuustietojen avulla. Altistus arvioitiin oletuksella, että sienet esikäsitellään ohjeen mukaan keittämällä 2 x 5 min. Vertailun vuoksi arvioitiin altistus esikäsittelemättömästä sienestä. Ohjeen mukaisesti esikäsiteltynä arvioitiin 70 kg painavan kuluttajan saavan korvasieniateriasta 1,4 mg (95 % todennäköisyysväli 0,3–4,9 mg) gyromitriinia.

Valtaosa gyromitriinin ja sen tärkeimpien aineenvaihduntatuotteiden N-metyyli-N-formyylihydratsiinin ja monometyylihydratsiinin myrkyllisyyttä koskevista eläinkokeista on toteutettu ennen 1990-lukua, ja niiden tutkimusasetelmissa on puutteita. Turvallisena pidettävää gyromitriini- tai aineenvaihduntatuoteannosta ei ole määritetty ruoansulatuskanavan kautta tapahtuvalle altistukselle. Näin ollen ihmiselle turvallisen korvasienten käyttömäärän arvioiminen ei ole mahdollista. Arvion tarkentamiseksi tarvittaisiin lisää tietoa eri myrkkyjen pitoisuuksista korvasienissä, eri korvasienilajeissa ja eri esikäsittelytapojen vaikutuksista niiden kaikkien määriin, sekä toksikologista tutkimusta muillakin päätepisteillä kuin puolet koe-eläimistä tappavalla annoksella.

Beskrivning

Utgivare	Livsmedelsverket, enheten för riskvärdering
Författare	Petra Pasonen, Johanna Suomi, Tero Hirvonen
Publikationens titel	**Utvärdering av hälsorisker och metoder för att minska gyromitrin i stenmurklor**
Publikationsseriens namn och nummer	Livsmedelsverkets forskningsrapporter 1/2025
Utgivningsdatum	5/2025
ISBN PDF	978-952-358-068-0
ISSN PDF	2490-1180
Sidantal	31
Språk	Finska
Nyckelord	Exponeringsanalys, N-metyl-N-formylhydrazin, Monometylhydrazin
Förläggare	Livsmedelsverket
Layout	Livsmedelsverket, enheten för interna stödtjänster
Distribution	Elektronisk version: livsmedelsverket.fi

Referat

I undersökningen bedömdes den potentiella hälsorisken för finländare av gyromitrin och dess metaboliter i stenmurklor baserat på litteraturmaterial. Dessutom bedömdes effekten av olika kokrekommendationer på mängden gift som finns kvar i svampen. All giftighet i stenmurklan försvinner inte med någon behandling.

Undersökningen bedömde finländarnas exponering baserat på den totala skörden av kommersiella stenmurklor, de vanligaste stenmurklarecepten och koncentrationsdata samlade från litteraturen. Exponeringen bedömdes med antagandet att svamparna förbehandlas enligt anvisningarna genom att kokas 2 x 5 minuter. För jämförelsens skull bedömdes exponeringen från obehandlad svamp. Enligt anvisningarna bedömdes en konsument som väger 70 kg få 1,4 mg (95 % trovärdigt intervall 0,3–4,9 mg) gyromitrin från en stenmurklamåltid.

Majoriteten av djurförsök som undersöker giftigheten av gyromitrin och dess viktigaste metaboliter N-metyl-N-formylhydrazin och monometylhydrazin genomfördes före 1990-talet, och deras forskningsupplägg har brister. En säker dos av gyromitrin eller dess metaboliter för exponering via matsmältningskanalen har inte fastställts. Därför är det inte möjligt att bedöma en säker användningsmängd av stenmurklor för människor. För att förtydliga bedömningen behövs mer information om koncentrationerna av olika gifter i stenmurklor, hos olika stenmurkla-arter, och effekterna av olika förbehandlingsmetoder på deras mängder, samt toxikologisk forskning med andra slutpunkter än den dos som dödar hälften av försöksdjuren.

Description

Publisher	Finnish Food Authority, Risk Assessment Unit
Authors	Petra Pasonen, Johanna Suomi, Tero Hirvonen
Title of publication	**Evaluating Health Risks and Means of Reduction of Gyromitrin in False Morels**
Series and publication number	Finnish Food Authority Research Reports 4/2024
Publications date	5/2025
ISBN PDF	978-952-358-068-0
ISSN PDF	2490-1180
Pages	31
Language	Finnish
Keywords	exposure assessment, N-methyl-N-formylhydrazine, monomethylhydrazine
Publisher	Finnish Food Authority
Layout	Finnish Food Authority, In-house Services Unit
Distributed by	Online version: foodauthority.fi

Abstract

This study examined the potential health risks of gyromitrin and its metabolites in false morels for Finns based on literature materials, and assessed the impact of various cooking recommendations on the amount of toxins remaining in the mushroom. Not all toxicity in false morels can be eliminated by any treatment.

The study assessed the exposure of Finns based on the total harvest of commercially collected false morels, the most common false morel recipes, and concentration data gathered from the literature. The exposure was assessed under the assumption that the mushrooms are pre-treated according to the instructions by boiling for 2 x 5 minutes. For comparison, the exposure from untreated mushrooms was also assessed. When pre-treated according to the instructions, it was estimated that a 70 kg consumer would receive 1.4 mg (95% credible interval 0.3–4.9 mg) of gyromitrin from a false morel meal.

Most animal studies on the toxicity of gyromitrin and its major metabolites, N-methyl-N-formylhydrazine and monomethylhydrazine, were conducted before the 1990s, and their research designs have deficiencies. A safe dose of gyromitrin or its metabolites for exposure through the digestive tract has not been established. Therefore, it is not possible to estimate a safe consumption amount of false morels for humans. To refine the assessment, more information is needed on the concentrations of different toxins in false morels, in different false morel species, and the effects of various pre-treatment methods on their amounts, as well as toxicological research with endpoints other than the dose that kills half of the test animals.

Sisällys

Lyhenteet ja termit **7**
1 Johdanto **9**
2 Vaaran tunnistaminen **10**
2.1 Gyromitriini 10
2.2 Korvasienten käsittelyjen vaikutus gyromitriinipitoisuuteen 11
3 Vaaran kuvaaminen **15**
3.1 Myrkytyksen oireet 15
3.2 Myrkyn vaikutus elimistössä 16
3.3 Gyromitriinin LD_{50}-arvo 17
3.4 Gyromitriinin syöpävaarallisuus ja muut krooniset haitat 18
4 Altistuksen arviointi **20**
4.1 Korvasienen annoskoon määrittäminen 20
4.2 Korvasienten gyromitriinipitoisuus 21
4.3 Tulokset 21
4.4 Annosvasteista ei paljoa tietoa 22
5 Johtopäätökset **24**
5.1 Tiedonpuutteita 24
5.2 Riskinhallintatoimen riittävyys 25
6 Lähteet **27**
Liite 1: Korvasienien annoskoon määritykseen käytetyt reseptit **31**

Lyhenteet ja termit

Tässä raportissa käytettyjen lyhenteiden ja termien selitykset

Akuutti altistus	Kertaluonteinen tai erittäin lyhytaikainen altistuminen haitalliselle aineelle, yleensä alle 24 tuntia.
Altistuksen arviointi	Elintarvikkeen tai muun merkittävän altistuslähteen kautta saatavien biologisten, kemiallisten tai fysikaalisten vaikuttavien aineiden tai tekijöiden todennäköisen saannin laadullinen ja/tai määrällinen arviointi.
Annosvasteen arviointi	Biologisten, kemiallisten tai fysikaalisten aineiden ja tekijöiden altistumisannoksen ja altistukseen liittyvien terveyshaittojen voimakkuuden ja esiintymistiheyden välisen suhteen määrittäminen.
Bayesiläinen tilastotiede	Tilastollista päättelyä, jossa pääteltävän suureen epävarmuus esitetään todennäköisyysjakaumana.
DNA	Deoksiribonukleiinihappo, molekyyli, joka sisältää solujen perinnöllisen tiedon.
EFSA	Euroopan elintarviketurvallisuusviranomainen (European Food Safety Authority).
GABA	Gamma-aminovoihappo, gammaaminobutyraatti, aivojen ja muun keskushermoston hermosolujen toimintaa jarruttava välittäjäaine.
Gyromitriini	Korvasienen pääasiallinen myrkyllinen yhdiste.
IARC	International Agency for Research on Cancer, Kansainvälinen syöväntutkimuskeskus.
kg rp	Kilogrammaa elimistön painokiloa kohden.
Krooninen altistus	Pitkäaikainen jatkuva tai ajoittainen altistuminen aineelle, jolla voi olla vaikutusta terveyteen ajan myötä.
LD_{50}-arvo	Lethal dose 50 %; Annos, joka tappaa puolet koe-eläimistä kokeen aikana.
Metylaatio	Metyyliryhmän ($-CH_3$) kiinnittyminen DNA:han. Metylaatiota tapahtuu normaalisti soluissa, mutta normaalista poikkeava metylaatio voi johtaa syövän kehittymiseen.
Metyyliradikaali	Erittäin reaktiivinen kemiallinen yhdiste, jonka kemiallinen kaava on $CH^{\bullet}_3$.
MFH	N-metyyli-N-formyylihydratsiini, gyromitriinin 1. hajoamistuote.
MMH	Monometyylihydratsiini, gyromitriinin 2. hajoamistuote.
Pyridoksaalifosfokinaasi	Entsyymi, joka osallistuu B_6-vitamiinin aineenvaihduntaan elimistössä.

Sytokromi P-450-entsyymit	Ryhmä entsyymejä, jotka osallistuvat elimistössä vierasaineiden aineenvaihduntaan.
Riski	Elintarvikkeeseen liittyvän vaaran aiheuttaman terveydellisen vaikutuksen todennäköisyys ja voimakkuus.
Tapaus-verrokkitutkimus	Tutkimusmenetelmä, jossa verrataan koehenkilöitä, joilla on tutkittava sairaus (tapaukset) mahdollisimman samanlaisiin koehenkilöihin, joilla sitä ei ilmene (verrokit).
Vaara	Aine, joka voi aiheuttaa haitallisia vaikutuksia eläviin organismeihin tai ympäristöihin.

1 Johdanto

Korvasieni on yksi harvoista syötävistä sienistä, joita ilmestyy jo keväästä-alkukesästä (Luontoportti 2025). Korvasieni on perinteisesti tunnettu lajina *Gyromitra esculenta*, mutta uudempien tutkimusten mukaan Suomessa DNA-varmistetuissa näytteissä korvasienet ovat edustaneet lajeja *G. inflata*, jonka lisäksi Suomessa tavataan kaitakorvasieni *G. splendida* (*G. longipes*) (Tapio Kekki, henkilökohtainen tiedonanto, 22.4.2025). Korvasieni esiintyy yleisesti lähes koko maassa etenkin hiekkapohjaisessa maaperässä, kuivilla kankailla ja hakkuuaukeilla. Korvasienellä on helposti tunnistettava ulkomuoto: ryppyinen, aivopoimuja muistuttava ruskea lakki ja valkoinen jalka. Korvasienet ovat sienimaailman erikoisuus, sillä ne ovat paitsi herkullisia ruokasieniä, myös tappavan myrkyllisiä tuoreena tai ilman oikeaa esikäsittelyä (Luontoportti 2025). Korvasienten kaupallinen myynti on sallittua vain harvassa maassa, mukaan lukien Suomi (Peintner 2013). Esimerkiksi Ruotsissa korvasienten käyttöä ei suositella, mutta myynti on sallittua esikäsiteltynä (Livsmedelsverket 2024). Korvasieniä kuitenkin käytetään ruokasieninä eri puolilla Eurooppaa ja Pohjois-Amerikkaa (Serés 2015). Harjaantumaton sienestäjä saattaa sekoittaa korvasienen etenkin myrkyttömiin, herkullisina ruokasieninä pidettyihin huhtasieniin (*Morchella* spp.), joita myös esiintyy keväisin (Diaz 2016).

Korvasieni kuului myrkyllisyydestään huolimatta aiemmin ruokasieniasetuksen (871/1981) mukaiseen kauppasieniluetteloon, ja myös Ruokaviraston ylläpitämään suositeltavien ruokasienten listaan, mutta on sittemmin poistettu listalta. Ruokaviraston suositusten mukaan korvasienet on esikäsiteltävä ennen syömistä keittämällä ne kahteen kertaan vähintään 5 min. ajan runsaassa vedessä. Vettä tulee olla vähintään kolme kertaa korvasienten määrän verran ja se tulee vaihtaa keittokertojen välissä. Keitettäessä tulee huolehtia tilan hyvästä tuuletuksesta. Korvasienet voidaan säilöä kuivaamalla. Kuivatut sienet tulee esikäsitellä kuten tuoreet. Liotus- tai keittovettä ei saa käyttää ruoanlaitossa. Korvasieniä ei tule syödä jatkuvasti tai useita aterioita peräkkäin. Korvasienten myyntipisteellä tulee olla maa- ja metsätalousministeriön eräitä elintarvikkeita koskevien vaatimuksien (264/2012) 5 § mukaan varoitus myrkyllisyydestä sekä keitto-ohjeet (Ruokavirasto 2023).

Tässä selvityksessä pyritään tutkimaan, aiheutuuko suomalaisille terveyshaittaa korvasienten syömisestä. Korvasieniin on yhdistetty äkillisen, vakavan myrkytyksen lisäksi myös kroonisia haittavaikutuksia, etenkin syöpiä. Samalla vertaillaan tapoja pienentää korvasienten sisältämän myrkyn pitoisuutta esimerkiksi keittämällä eri aikoja ja tarkastellaan nykyisen keittosuosituksen riittävyyttä poistamaan korvasienten myrkyllisyys niin, ettei korvasienten syömisestä aiheudu terveyshaittaa. Terveyshaittoja arvioidaan Suomen väestölle. Pois rajataan lapset sekä raskaana olevat ja imettävät äidit, koska näille ryhmille ei tällä hetkellä suositella korvasienten syömistä lainkaan (Ruokavirasto 2025). Tutkimuksissa, joissa lajinmääritystä ei ole tehty DNA-tunnistuksella, ei ole mahdollisesti pystytty erottamaan korvasienilajeja toisistaan, vaan näköislajit *G. inflata* ja *G. splendida* on saatettu lukea *G. esculentaksi*. Tämän vuoksi tässä selvityksessä oletetaan, että lajien myrkyllisyys vastaa toisiaan. Nämä kolme lajia ovat kaikki myrkyllisiä (Dirks ym. 2022). Selvitys perustuu kirjallisuusaineistoihin.

2 Vaaran tunnistaminen

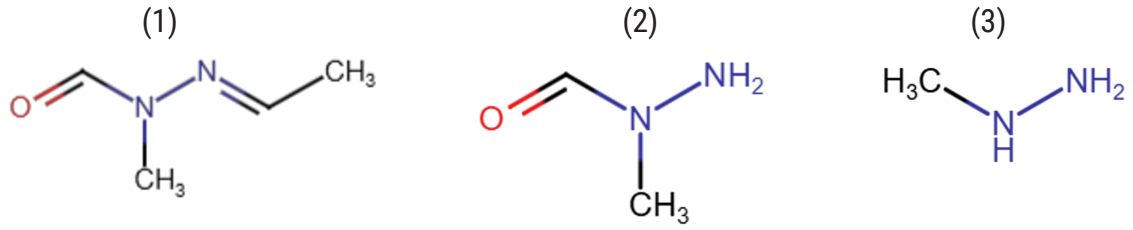
2.1 Gyromitriini

Korvasienten myrkyllisyys johtuu niiden sisältämistä useista myrkyllisistä hydratsoni-yhdisteistä, joista tärkein on gyromitriini (asetaldehydi N-metyyli-N-formyylihydratsoni, 2-etyylidieeni-1-metyylihydratsidi). Myös gyromitriinin hajoamistuotteet ovat myrkyllisiä.

Gyromitriini hajoaa ruoanvalmistuksen aikana lämmön vaikutuksesta ja elimistössä edelleen ensin N-metyyli-N-formyylihydratsiiniksi (MFH) sekä asetaldehydiksi ja sitten edelleen monometyylihydratsiiniksi (MMH) (kuva 1). Elimistössä reaktio tapahtuu sytokromi P-450-entsyymien vaikutuksesta, ja hajoamisen lopputuotteena on nitrosamidi (Braun ym. 1980).

Lämmön ohella happamat olosuhteet edesauttavat gyromitriinin hajoamista MFH:ksi ja MMH:ksi. Ruumiinlämmössä pH:ssa 3 on gyromitriinista muuttunut MMH:ksi 72 tunnin jälkeen vasta 9 %, kun pH:ssa 2 gyromitriinista on jo noin kahdessa tunnissa puolet muuttunut MMH:ksi (IARC vol 31, 1983).

Gyromitriini on huoneenlämmössä vesiliukoista ja herkästi haihtuvaa. Se esiintyy korvasienissä sekä vapaana molekyylinä että kemiallisesti sitoutuneena. Pyysalo ym. (1977) eristi korvasienistä kahdeksan muutakin hydratsonia. Näitä muita hydratsoneja oli kuitenkin vain pieniä määriä, eikä niiden myrkyllisyyttä ole juurikaan tutkittu, minkä vuoksi niitä ei käsitellä tässä raportissa.



Kuva 1. *(1) Gyromitriinin (2) MFH:n ja (3) MMH:n kemiallinen rakenne.*

Korvasienten gyromitriinipitoisuuden tiedetään vaihtelevan paljonkin mm. kasvupaikan ja sienen eri osien välillä (Andary ym. 1985). Korvasienten gyromitriinipitoisuutta on tutkittu pääasiassa 1970- ja 1980-luvuilla. Vanhimpia menetelmiä on kritisoitu epäspesifisyydestä, minkä vuoksi tulokset näyttävät liian korkeilta. Esim. Pyysalon (1976) sekä Listin ja Luftin (1969) tutkimuksissa havaittiin jopa yli 1000 mg/kg gyromitriinipitoisuuksia. Myöhemmissä tutkimuksissa pitoisuudet ovat olleet maltillisempia, MMH:na mitattuna noin 40–150 mg/kg ja gyromitriiniksi muutettuna noin 80–330 mg/kg (Taulukko 1). Tähän selvitykseen valittiin mukaan kirjallisuudesta tutkimuksia, joissa oli mitattu korvasienistä gyromitriinin tai sen hajoamistuotteiden pitoisuuksia Euroopan alueella ja joissa oli saatavilla mittaustuloksia yksittäisistä sienistä tai kokoomanäytteistä.

Taulukko 1. *Tässä selvityksessä lähteenä käytetyt tutkimukset korvasienten gyromitriini- ja sen johdannaisten pitoisuuksien määrittämiseksi.*

Näytteitä	Pitoisuus, mg/kg	Mitattu yhdiste	Maa	Lähde
18	40–150	MMH	Ruotsi	Larsson ja Eriksson (1989)
5	51–95	MMH	Ranska	Andary ym. (1985)
1	57	gyromitriini	Suomi	Pyysalo ja Niskanen (1977)

2.2 Korvasienten käsittelyjen vaikutus gyromitriinipitoisuuteen

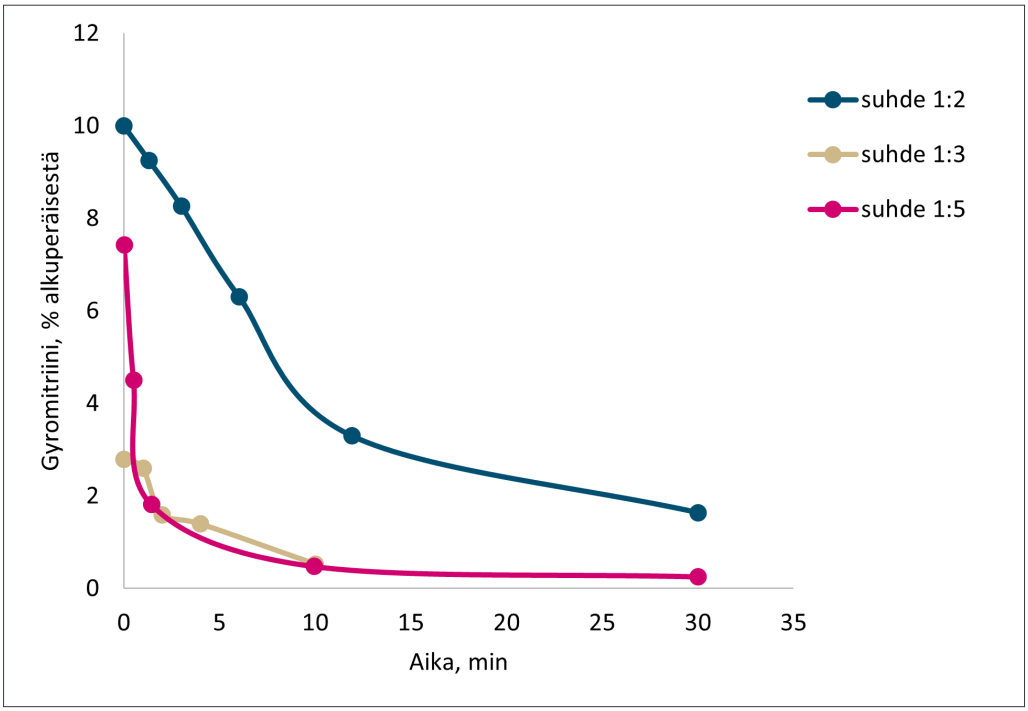
Gyromitriinin ja sen johdannaisten määrää voidaan vähentää korvasienissä keittämällä ja kuivaamalla, mutta kaikki myrkky ei häviä täysin millään käsittelyllä. Keittäminen vähentää tehokkaimmin gyromitriinin pitoisuutta. Pyysalo (1976) ja Pyysalo ja Niskanen (1977) tutkivat keittämisen ja korvasienten ja keitinveden suhteen vaikutusta korvasienten gyromitriinipitoisuuteen. Tutkimuksien mukaan yli 10 min keittämällä jopa 99,9 % gyromitriinistä häviää, jolloin keittämisen jälkeen jäljelle jäävä gyromitriinin pitoisuus korvasienissä on noin 1–3 mg/kg. Gyromitriinin hajoaminen on melko nopeaa: jo keittämisen alkuvaiheessa häviää noin 90 % gyromitriinistä. Veden ja sienien suhteella on iso merkitys gyromitriinin häviämiselle. Suhteella 1:2 gyromitriiniä hajoaa huomattavasti vähemmän kuin suhteella 1:3. Veden lisääminen enemmän kuin suhteessa 1:3 ei kuitenkaan enää lisää gyromitriinin poistumista korvasienistä (Kuva 2, Taulukko 2) (Pyysalo 1976; Pyysalo & Niskanen 1977).

Larsson ja Eriksson (1989) tutkivat korvasienen gyromitriinipitoisuutta keittämällä useaan kertaan niin, että vesi vaihdetaan välissä. Toisin kuin Pyysalon (1976) ja Pyysalon ja Niskasen (1977) tutkimuksissa, Larsson ja Eriksson (1989) mittasivat gyromitriinin sijaan hajoamistuote MMH:n pitoisuutta korvasienissä. Tutkimuksessa korvasieniä keitettiin useassa kokeessa 2 x 5 min. Tuloksissa oli melko suurta vaihtelua kokeiden välillä (Kuva 3). Kaksi kertaa viiden minuutin keittäminen vähensi MMH:ta vain 70–88 %, mikä vastaa tuoreeksi muutettuna 85–94 %, kun otetaan huomioon keittämisen aikana tapahtuva painon muutos. Keskimäärin MMH:ta oli keittämisen jälkeen vielä 18 % alkuperäisestä. Keittokertojen lisääminen viiteen ei merkittävästi lisännyt MMH:n häviämistä korvasienistä (Taulukko 2). Myös Pyysalo ja Niskanen (1977) tutkivat 2 x 5 min keittämisen vaikutusta korvasienten gyromitriinipitoisuuteen. Heidän tutkimuksessansa 2 x 5 min keittämällä gyromitriiniä hävisi korvasienistä enemmän kuin 10 min vettä vaihtamatta keittämällä (Taulukko 2).

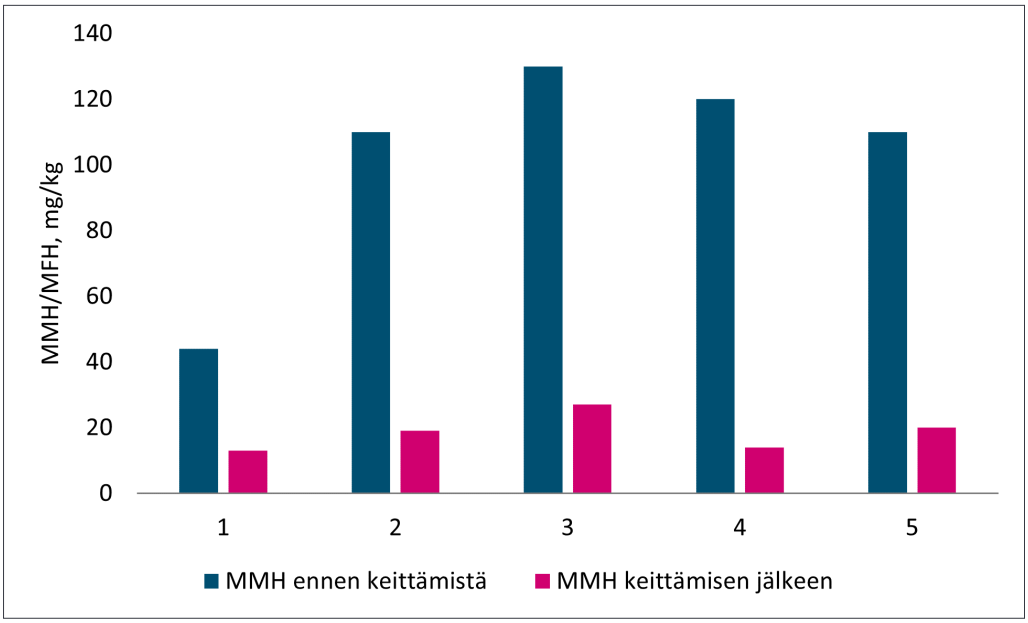
Erot tutkimusten välillä selittynevät sillä, että Pyysalon (1976) ja Larssonin ja Erikssonin (1989) tutkimuksissa on mitattu eri yhdisteitä. Gyromitriini muuttuu nopeasti ensin MFH:ksi ja sitten MMH:ksi, mikä saattaa selittää Pyysalon (1976) tutkimuksessa havaitut pienet gyromitriinipitoisuudet keitetyissä sienissä. MMH taas ei täysin häviä keittämällä. Larssonin ja Eriksonin (1989) tutkimuksessa tutkittiin lopputuote MMH:ta, jota löytyi isompia pitoisuuksia. Asian varmistaminen vaatisi kuitenkin lisätutkimuksia.

Keitinveden pH:lla on vaikutusta gyromitriinin hajoamiseen. Mitä happamampi keitinvesi, sitä nopeammin gyromitriini hajoaa (Kuva 4) (Pyysalo 1976).

Muiden ruoanvalmistustapojen, kuten pannulla tai uunissa paistamisen, vaikutusta korvasienten gyromitriinin tai sen johdannaisten pitoisuuteen ei ole tutkittu. Tässä selvityksessä oletetaan, että keittämisen jälkeen jäljelle jäävä gyromitriinin tai sen johdannaisten pitoisuus vastaa pitoisuutta syöntihetkellä.



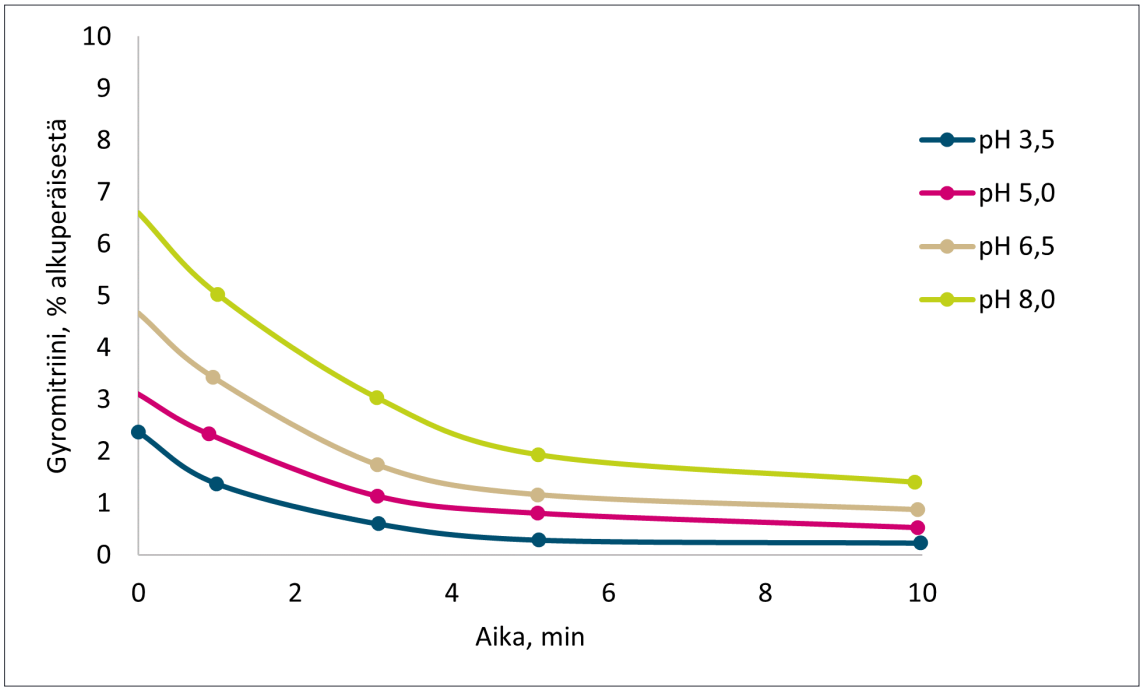
Kuva 2. *Gyromitriinin häviäminen keittäessä eri sienen ja veden suhteilla (sieni:vesi) (Pyysalo 1976; Pyysalo & Niskanen 1977).*



Kuva 3. *Jäljellä olevan MMH:n määrä (mg/kg) 2 x 5 min keittämisen jälkeen viidessä erillisessä keittokokeessa. (Larsson ym. 1989).*

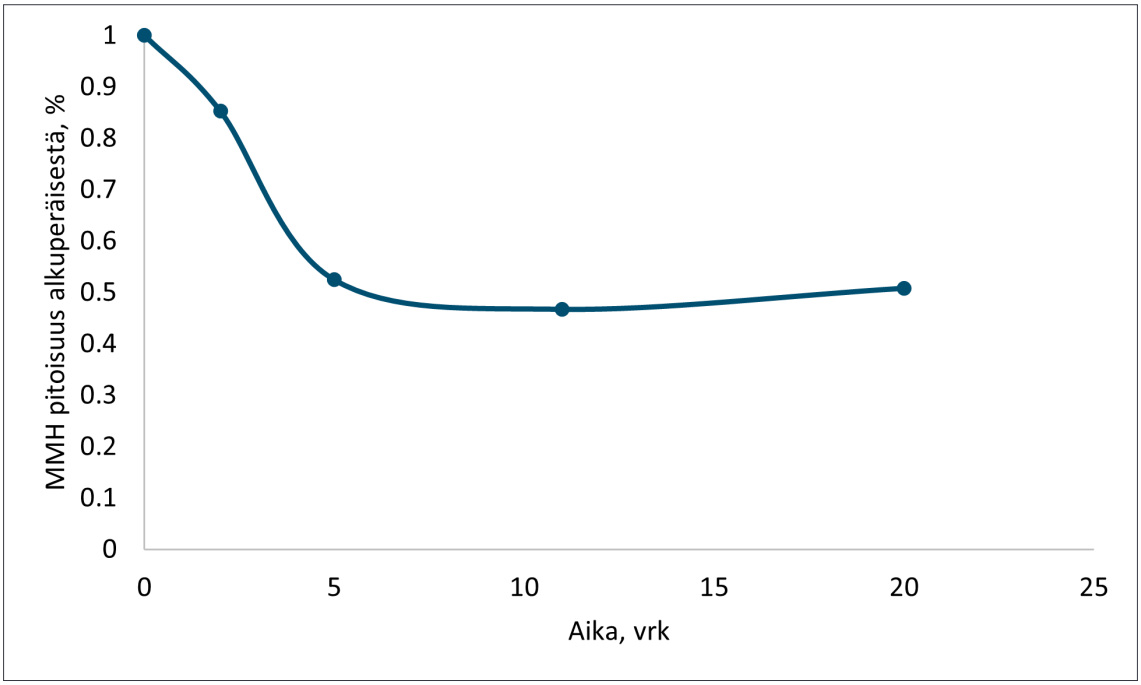
Taulukko 2. *Yhteenveto gyromitriinin hajoamisesta keitettäessä.*

Keittoaika, min.	Korvasienien ja veden suhde	Pitoisuus ennen keittämistä, mg/kg	Pitoisuus keittämisen jälkeen, mg/kg	% jäljellä	Lähde
Mitattu gyromitriini					
10	1:5	800,0	3,8	0,48	Pyysalo (1976)
2 x 5	1:3	57,0	0,6	1,12	Pyysalo & Niskanen (1977)
10	1:3	57,0	0,8	1,35	Pyysalo & Niskanen (1977)
10	1:2	800,0	26,4	3,30	Pyysalo (1976)
Mitattu MMH					
5 x 5	1:3	56,0	7,0	12,50	Larsson & Eriksson (1989)
2 x 5 (5 toiston ka)	1:3	102,8	18,6	18,09	Larsson & Eriksson (1989)



Kuva 4. *Gyromitriinin hajoaminen keitettäessä eri pH-arvoissa (Pyysalo 1976).*

Myös kuivaaminen vähentää gyromitriinin pitoisuutta, mutta vähemmän kuin keittäminen. Pyysalon (1976) tutkimuksen mukaan kuivaamalla +35 °C:ssa gyromitriinistä häviää 99–100 %. Myöhemmissä tutkimuksissa on kuitenkin huomattu, että pitoisuuden lasku kuivauksen aikana on huomattavasti vähäisempi. Andary ym. (1985) tutkimuksen mukaan huoneenlämmössä (+25 °C) korvasieniä kuivatessa MMH:sta oli kahden päivän jälkeen jäljellä vielä noin 80 % alkuperäisestä pitoisuudesta (tuoreeksi sieneksi muutettuna/liotettuna). Viiden päivän kuivauksen jälkeen MMH:ta oli jäljellä noin 50–80 %. Noin viikon kuivauksen jälkeen MMH:n pitoisuus vakioitui noin 50 %:iin alkuperäisestä määrästä (Kuva 5) (Andary ym. 1985). Larssonin ja Erikssonin (1989) tutkimuksessa huoneenlämmössä (+23 °C) kuivattujen korvasienten MMH:n vähenemisellä oli iso hajonta: kolmen kuukauden jälkeen alkuperäisestä määrästä oli jäljellä noin 30–70 %. Lämpötilan nosto +55 °C:een ei merkittävästi lisännyt MMH:n haihtumista korvasienistä: kahden päivän +55 °C kuivauksen jälkeen MMH-pitoisuuden lasku vastasi 5–6 päivän kuivausta +25 °C:ssa (Larsson & Eriksson 1989).



Kuva 5. *Huoneenlämmössä kuivaamisen vaikutus gyromitriinin häviämiseen Andaryn ym. (1985) mukaan.*

3 Vaaran kuvaaminen

3.1 Myrkytyksen oireet

Korvasienten aiheuttama myrkytys jakaantuu kahteen vaiheeseen. Mahalaukussa gyromitriini hajoaa MMH:ksi, joka aiheuttaa useimmat oireet. Korvasienten myrkyillä on useita vaikutusmekanismeja, minkä vuoksi myös oireet voivat olla vaihtelevia. Ensimmäisen vaiheen oireet alkavat vatsakivulla, pahoinvoinnilla, oksentelulla ja vetisellä tai joskus myös verisellä ripulilla. Toisinaan vatsaoireita seuraavat heikkous, uupumus, päänsärky ja hikoilu. Oireiden alkuun menee tyypillisesti 5–12 tuntia korvasienten syömisestä, mutta toisinaan voi mennä myös jopa 24 tuntia. Oireet häviävät itsestään 2–5 päivässä. Useimmissa myrkytystapauksissa oireet rajoittavat näihin lievempiin vatsaoireisiin (Andersson ym. 1995; Diaz 2005).

Vakavammissa tapauksissa vatsaoireita seuraavat maksavaurio ja neurologiset oireet, toisinaan myös punasolujen hajoaminen (Andersson ym. 1995; Vohra ym. 2024; Patocka ym. 2012). Neurologisiin oireisiin kuuluvat mm. kouristukset ja hengitysvaikeudet. Kahden vaiheen välissä voi olla oireeton jakso. Vakavimmissa tapauksissa 2–3 päivän päästä seuraa verenkierron romahdus, hengityshalvaus ja kooma. Tila voi johtaa kuolemaan, joskin kuolemantapaukset ovat harvinaisia (Andersson ym. 1995). Maksavauriot ovat harvinaisia, mutta voivat myös johtaa kuolemaan (Vohra ym. 2024; Arłukowicz-Grabowska ym. 2019). Aiemmin kuolleisuuden korvasienten aiheuttamissa myrkytystapauksissa on arvioitu olevan jopa 14,5 % (Franke ym. 1967). Kuitenkaan viime vuosikymmenten aikana Suomessa ei ole raportoitu vakavia korvasienten aiheuttamia myrkytyksiä tai korvasienten aiheuttamia kuolemia (Karhu ym. 2022). Myös muualla kuolemaan johtaneet myrkytykset ovat olleet harvinaisia viime vuosien aikana (Vohra ym. 2024; Beug ym. 2006; Patocka ym. 2012). Kuitenkin Puolassa on tapahtunut 2000-luvulla ainakin yksi kuolemaan johtanut myrkytys, jossa syynä oli maksavaurio henkilöllä, jolla oli ennestään maksasairaus (Arłukowicz-Grabowska ym. 2019).

Myrkytystietokeskukseen tulee kuitenkin vuosittain useita puheluita, joissa epäillään korvasienen aiheuttaneen oireita (Taulukko 3). Vuosittain sienien aiheuttamista myrkytyksistä on tullut myrkytystietokeskukseen vajaa 600 puhelua. Näistä puheluista noin 5–10 % on koskenut korvasieniä. Tapauksia, joissa korvasienen syömisen on epäilty aiheuttavan oireita, on ollut vuosittain noin kaksikymmentä. Noin puolessa sieniä koskevissa puheluissa myrkytyksen aiheuttanut sieni jää kuitenkin tunnistamattomaksi ja näistä tulisi korvasienimyrkytystapauksia vuosittain noin 20–30 lisää, mikäli tunnistamattomista sienistä yhtä suuri osa olisi korvasieniä kuin tunnistetut tapaukset. On kuitenkin huomattava, että kaikki myrkytystapaukset eivät välttämättä päädy myrkytyskeskuksen tilastoihin, joten tässä esitetyt luvut ovat todennäköisesti aliarvio (HUS 2025).

Taulukko 3. *Myrkytystietokeskukseen tulleet korvasieniä kosket puhelut vuosina 2018–2023 (HUS 2025).*

Vuosi	N	oireisia	% oireisia
2018	34	19	56
2019	52	26	50
2020	35	14	40
2021	43	24	56
2022[a]	40	13	33
2023[b]	62	29	47
ka	41	19	47

[a] *tilastointitavassa tapahtunut muutos 2022 alkaen*

[b] *2023 korvasieniä ei tilastoitu erikseen, luvut laskettu edellisten vuosien perusteella*

Akuutti myrkytys saattaa aiheutua myös hengittämällä keittämisen aikana nousevaa höyryä. Tällöin akuutin myrkytyksen oireet alkavat nopeammin kuin korvasientä syötäessä. Oireet ovat muutoin samankaltaiset.

3.2 Myrkyn vaikutus elimistössä

Gyromitriini hajoaa vatsalaukussa nopeasti MFH:ksi, joka hajoaa edelleen hitaammin MMH:ksi. Vatsalaukun happamat olosuhteet nopeuttavat jälkimmäistä hajoamisreaktiota. Von Wright ym. (1978a) tutkivat gyromitriinin hajoamista hiiren mahalaukussa. Kaksi tuntia gyromitriinin antamisen jälkeen noin neljännes oli muuttunut MMH:ksi. Suuri osa tutkitusta gyromitriinistä oli kahden tunnin kohdalla edelleen hajoamatta (Von Wright ym. 1978a). Myös Nagel ym. (1977) tutkivat gyromitriinin hajoamista hiiren mahalaukussa. Heidän tutkimuksessaan hiirien välillä oli suurta hajontaa: osalla hiiristä MMH:ta oli muodostunut jo puolen tunnin jälkeen annetusta 4 mg:sta gyromitriiniä 0,011 mg, kun taas osalla oli neljän tunnin päästä muodostunut vasta noin 0,007 mg MMH:ta (Nagel ym. 1977). Larsson ja Eriksson (1989) puolestaan tutkivat gyromitriinin hajoamista vatsalaukun oloja simuloiden 37 °C:ssa ja pH:ssa 1,2. Heidän mukaansa kahden tunnin jälkeen noin 10 % gyromitriinistä oli hajonnut MMH:ksi ja viiden tunnin kuluttua noin 28 % (Larsson & Eriksson 1989). Gyromitriinin hajoamisen uskotaan aiheuttavan myrkytykseen kuuluvat vatsaoireet. Useimpien vakavien oireiden uskotaan johtuvan gyromitriinin hajoamistuotteiden, MFH:n ja etenkin MMH:n vaikutuksesta elimistössä (Michelot & Toth 1991).

Neurologisten oireiden tarkkaa aiheutumismekanismia ei tiedetä. MMH:n tiedetään inhiboivan pyridoksaalifosfokinaasia, mikä johtaa GABA:n (gamma-aminobutyraatti), aivojen välittäjäaineen, vähenemiseen. GABA:n vähentyminen vaikuttaa voimakkaasti keskushermoston toimintaan. Oireisiin voidaan vaikuttaa pyridoksaalilisällä (B_6-vitamiini) (Diaz 2005).

Elimistössä maksa käsittelee pääasiallisesti MMH:n. Maksassa sytokromi P450-entsyymi hajottaa MMH:n oksidatiivista metaboliareittiä pitkin, jolloin muodostuu metyyliradikaaleja. MMH:sta voi muodostua myös diatsoniumsuola, josta edelleen muodostuu metyylikationi. Nämä yhdisteet ovat hyvin reaktiivisia ja voivat reagoida solun sisältämien muiden yhdisteiden kanssa, aiheuttaen maksavaurioita. On myös ehdotettu, että nämä yhdisteet voivat aiheuttaa vaurioita perimään ja aiheuttaa syöpää, jos ne reagoivat DNA:n kanssa

(Michelot & Toth 1991). MMH:n on todettu olevan genotoksinen eli DNA:ta vaurioittava sekä soluviljelmässä (in vitro) että elävillä eläimillä (in vivo) tehdyissä kokeissa, ja sillä on mutageenisia ominaisuuksia in vitro. Näiden vaikutusten vuoksi, ja koska MMH on rakenteellisesti samankaltainen kuin sukusoluille genotoksiset muut hydratsiiniyhdisteet, MMH on luokiteltu sukusolujen mutaatioita aiheuttavien aineiden kategoriaan 3 B (Hartwig 2024). Se tarkoittaa, että sen epäillään olevan mutageeninen myös sukusoluissa, mutta ei ole todisteita siitä, että se saavuttaisi sukusoluja altistuksen seurauksena.

3.3 Gyromitriinin LD_{50}-arvo

LD_{50}-arvo (lethal dose, 50 %) vastaa myrkkyannosta, jolla puolet koe-eläimistä menehtyy kokeen aikana. Se antaa kuvan aineen myrkyllisyydestä, mutta sitä ei voi suoraan käyttää kuluttajalle turvallisen annoksen laskemiseen.

Gyromitriinin akuutteja vaikutuksia, lähinnä LD_{50}-arvoa, on testattu ainakin hiirillä, rotilla, kaneilla ja kanoilla ja apinoilla. MFH:ta on testattu hiirellä ja MMH:ta hiirellä, hamsterilla, rotalla sekä koiralla (Mäkinen ym. 1977; von Wright ym. 1978b; Witkin 1956, Gregory ym. 1971). Lisäksi MMH:ta on testattu apinoilla, mutta tässä kokeessa ei määritetty LD_{50}-arvoa (Back & Pinkerton 1967).

Eläinlajien välillä on suuria eroja gyromitriinin sietokyvyssä. Kanit ovat tutkituista eläimistä herkimpiä gyromitriinille. Niiden LD_{50}-arvo on 70 mg/kg. Kaneille aiheutui kouristuksia, maksavaurioita, munuaisten tubulusten solujen rappeutumista ja hemoglobiinin erittymistä virtsaan. Rotilla vaikutukset olivat samankaltaiset kuin kaneilla, mutta ne sietivät isompia annoksia gyromitriiniä, LD_{50}-arvo on 320 mg/kg. Kanat ovat tutkituista eläimistä vähiten herkkiä gyromitriinille, sillä niille ei tullut myrkytystä edes yli 400 mg/kg annoksella (Mäkinen ym. 1977).

MFH:n ja MMH:n LD_{50}-arvot ovat tutkituilla eläimillä pienempiä kuin gyromitriinin LD_{50}-arvo. MFH:n LD_{50}-arvoa on tutkittu ainoastaan hiirillä, joilla se on 120 mg/kg (von Wright ym. 1978b). MMH:lle herkimpiä ovat koirat, joilla LD_{50}-arvo on 12 mg/kg (Witkin 1956). Hamstereilla arvo on 22 mg/kg (Gregory ym. 1971), hiirillä toisessa tutkimuksessa 33 (Witkin 1956) ja toisessa 57 mg/kg (von Wright ym. 1978b) sekä rotilla toisessa tutkimuksessa 33 (Witkin 1956) ja toisessa 71 mg/kg (Gregory ym. 1971). Gyromitriinin tapaan myös MMH vaikutti koe-eläinten maksaan ja munuaisiin. MMH aiheutti hiirten kuoleman nopeammin kuin gyromitriini tai MFH (von Wright ym. 1978b).

Backin ja Pinkertonin (1967) tekemästä eläinkokeesta on päätelty, että MMH:n kohdalla tappavan ja harmittoman annoksen ero on pieni. Kokeessa makakiapinoille (*Macaca mulatta*) annettiin pistoksina MMH:ta pitoisuuksilla 2,5 mg/kg tai 5 mg/kg joka päivä 23 päivän ajan tai ensimmäisenä päivänä 7 mg/kg ja seuraavana 10 mg/kg. Toistuva 2,5 mg/kg annos (kokonaisannokseen 65 mg/kg asti) ei aiheuttanut apinoilla oireita. Toistuva 5 mg/kg annos aiheutti vain pahoinvointia kolmantena tutkimuspäivänä (kokonaisannos 15 mg/kg). Apinat, joille annettiin ensimmäisenä tutkimuspäivänä 7 mg/kg annos ja seuraavana päivänä 10 mg/kg annos, kuolivat 2–4 päivän kuluessa. On epäselvää, miten nopeasti MMH hajoaa elimistössä, joten ei ole mahdollista arvioida, miten aiempina päivinä saadut annokset vaikuttivat oireiden kehittymiseen apinoilla. Ero tappavan ja vain vatsaoireita aiheuttaneen annosten välillä on kuitenkin pieni, kerta-annoksena 5 tai 10 mg/kg ja kokonaisannoksena 15 tai 17 mg/kg (Back & Pinkerton 1967).

Ihmisillä gyromitriinin LD_{50}-arvon on arvioitu olevan aikuisilla 20–50 mg/kg ja lapsilla 10–30 mg/kg (Michelot & Toth 1991). Tästä on laskennallisesti johdettu LD_{50}-arvo myös MMH:lle korvasienessä. Von Wright ym. (1978a) tutkimuksen mukaan noin 35 % gyromitriinistä hajoaa MMH:ksi (von Wright ym. 1978a). Jos oletetaan, että myrkytyksen aiheuttaa vain MMH, LD_{50}-arvo on aikuisella 4,7–8 mg/kg ja lapsella 1,6–4,8 mg/kg (Andary ym. 1985).

3.4 Gyromitriinin syöpävaarallisuus ja muut krooniset haitat

Gyromitriinin ja sen hajoamistuotteiden syöpävaarallisuutta on tutkinut eläinkokein pääasiassa yksi tutkimusryhmä 1970–1990-luvuilla. Koe-eläiminä on käytetty pääasiassa hiiriä, paitsi yhdessä kokeessa kultahamstereita.

MMH aiheutti hiirillä keuhkosyöpiä, kun sitä annettiin juomavedessä pitoisuudella 0,01 % 10-viikkoisille hiirille niiden loppuiän. Hiiren tyypillisellä juomaveden kulutuksella päiväannos vastaa vajaata 30 mg/kg, jos oletetaan, että hiiri painaa n. 25 g (Toth 1972).

Eniten on tutkittu MFH:n syöpävaarallisuutta. Se aiheutti hiirille kasvaimia mm. maksaan, keuhkoihin, sappirakkoon, sappiteihin ja verisuoniin, kun sitä annettiin hiirille juomaveden mukana pitoisuuksilla 0,001–0,0078 % (Toth & Patil 1980; Toth & Nagel 1978; Toth ym. 1979). Vastaavassa tutkimuksessa kultahamstereilla aiheutui kasvaimia keuhkoihin, sappirakkoon ja sappiteihin. Kultahamstereille annettiin MFH:ta juomaveden mukana 0,0078 % pitoisuudella (Toth & Patil 1979).

Lisäksi syöpävaarallisuutta on testattu syöttämälle hiirille korvasieniä. Toth ym. (1992) syöttivät hiirille korvasieniä kolmen päivän ajan viikosta ja neljänä päivänä ne saivat normaaliruokavalionsa mukaista ruokaa. Hiiriä seurattiin niiden elinikä. Hiirille aiheutui kasvaimia keuhkoihin, nenäonteloon, verisuoniin, umpisuoleen ja vatsalaukkuun (Toth ym. 1992).

Tutkimuksessa käytetyt pitoisuudet ovat olleet huomattavan isoja ja gyromitriinin tai sen hajoamistuotteiden antamista on jatkettu koko eläinten eliniän sen sijaan, että niitä olisi annettu ennalta määrätty aika. Annosvasteen määrittämiseksi olisi tarvittu useampia annoskokoja, jotka puuttuivat useimmista tutkimuksista. Tämän vuoksi eläinkokeista saatuja tuloksia ei ole pystytty yleistämään ihmisiin. Yleensä käytetään turvakerrointa 100, kun koe-eläimillä saatuja tuloksia käytetään ihmisiä koskevassa riskinarvioinnissa. Tämä kerroin huomioi eläimen ja keskivertoihmisen väliset erot aineen toksikokinetiikassa ja -dynamiikassa, sekä keskivertoihmisen ja herkän ihmisen erot. Tällöin turvakertoimella jaetaan suurin annos, joka ei vielä aiheuta koe-eläimille haittaa (no observed effects level (NOAEL)) ja näin saadaan ihmiselle turvallisen altistuksen raja-arvo (Dorne ja Renwick 2005; Renwick 1993; EFSA 2023). Gyromitriinille ja sen aineenvaihduntatuotteille ei ole löytämiemme aineistojen perusteella kuitenkaan määritetty NOAEL-arvoa, joten altistusta, jolla terveyshaitan riskiä ei ole, ei pystytä määrittämään käytettävissä olevilla tiedoilla.

Kansainvälisen syöväntutkimuskeskuksen (International Agency for Research on Cancer, IARC) arvioin mukaan gyromitriini ei ole ihmiselle syöpävaarallinen, vaan kuuluu syöpävaarallisten aineiden luokkaan 3, ei luokiteltu syöpää aiheuttavaksi ihmiselle (IARC 1987). Luokka 3 on kolmiportaisen syöpäluokitusasteikon alin taso. Se ei kuitenkaan vielä tarkoita, että siihen kuuluva aine ei aiheuta syöpää, vaan voi myös olla, että syöpävaarallisuudesta ei ole riittävää näyttöä ihmisillä tai koe-eläimillä (IARC 2019).

IARC:in arvio on jo huomattavan vanha, ja jonkin verran lisää tutkimusnäyttöä on kertynyt sen julkaisun jälkeen. Bergman ja Hellenäs (1992) huomasivat, että hiirillä ja rotilla, joille oli annettu 12,6 mg/kg rp gyromitriiniä, muodostui maksaan pieniä määriä metyloitunutta DNA:ta. Normaalista poikkeavan DNA:n metylaation tiedetään vaikuttavan geenien toimintaan, mikä voi johtaa syövän kehittymiseen. Tutkimuksessa kuitenkin todettiin, että gyromitriinin syöpävarallisuus on suhteellisen matalalla tasolla (Bergman ja Hellenäs 1992). Gyromitriinin hajoamistuotteen MMH:n syöpävaarallisuudesta on saatu näyttöä myös ihmisillä, joskin altistusreitti on ollut hengityselimistön kautta. Sekä Ritz ym. (2006) että Boice ym. (2006) tutkivat työssään hydratsiineille, mukaan lukien MMH, altistuneiden todennäköisyyttä sairastua syöpään. Ritzin ym. (2006) tutkimuksessa havaittiin MMH:lle altistumisella olleen yhteys keuhkosyöpään ja paksusuolisyöpään sairastumiselle. Boicen ym. (2006) tutkimuksessa puolestaan ei havaittu tilastollisesti merkitsevää yhteyttä hydratsiineille altistumisella ja syöpiin sairastumisella.

Kemialliselta rakenteeltaan MMH:n kanssa samankaltainen hydratsiini on luokiteltu luokkaan 2A, todennäköisesti syöpävaarallinen ihmisillä (IARC 2018a). Dimetyylihydratsiinit ovat luokiteltu luokkaan 2A tai 2B, mahdollisesti syöpävaarallinen ihmisillä (IARC 1999). Luokkaan 2 kuuluvilla aineilla on joko syöpävaarallisuudessa puutteellista näyttöä ihmisissä, riittävää näyttöä eläimissä tai vahvaa näyttöä siitä, että aineella on syöpävaarallisen yhdisteen piirteitä (IARC 2019). Luokkaan 2 kuuluvat myös esimerkiksi punaisen lihan kulutus (IARC 2018b) ja erittäin kuumien (yli 65 °C) juomien nauttiminen (IARC 2018c) Hartwig (2024) on luokitellut MMH:n kategorian 2 syöpävaaralliseksi aineeksi.

Syöpävaarallisuuden lisäksi MMH:n epäillään olevan mutageeninen (Hartwig 2024). Mutageenisyyttä on käsitelty tarkemmin luvussa 3.2.

Korvasienen (*G. esculenta* ja *G. venenata*) syöminen on tutkimuksissa yhdistetty amyotrofiseen lateraaliskleroosiin (ALS) sairastumiseen (Spencer 2020; Spencer 2019; Lagrange ym. 2021; Lagrange ym. 2024). Eräässä ranskalaisessa kylässä esiintyi tavallista enemmän ALS:ia, ja tapaus-verrokkitutkimuksessa selvisi, että sairastuneet olivat syöneet useammin korvasieniä kuin verrokit. Kuitenkin tutkimuksessa havaittiin myös muita mahdollisia selittäviä tekijöitä, kuten tupakointi (Lagrange ym. 2021; Lagrange ym. 2024). Myös Suomessa on havaittu, että Itä-Suomessa, jossa karjalaiseen ruokakulttuuriin on perinteisesti kuulunut korvasienien syöminen, oli enemmän ALS:ia kuin muualla Suomessa. Tässäkään tutkimuksessa ei pystytty osittamaan syy-yhteyttä (Spencer 2019). Myös Yhdysvalloissa ALS:ia esiintyy muita alueita useammin alueilla, joissa yleisesti syödään korvasieniä. ALS:in ja korvasienten syömisen yhteyttä ei kuitenkaan ole tutkittu Yhdysvalloissa (Yamakawa ym. 2022; Vohra ym. 2024).

4 Altistuksen arviointi

4.1 Korvasienen annoskoon määrittäminen

Korvasienten syöntimääriä tai annoskokoa ei ollut saatavilla tavanomaisista lähteistä, kuten esim. Euroopan elintarviketurvallisuusvirasto EFSAn ylläpitämästä tietokannasta (EFSA ym. 2024). Korvasienten kaupalliset keräysmäärät raportoidaan kuitenkin vuosittain Ruokaviraston MARSI-raporteissa (Ruokavirasto 2024). Kaupallisista keräysmääristä laskettiin edelleen arvio koko Suomessa kerätylle sadolle (Taulukko 4) sen tiedon perusteella, että luonnonsienten sadosta 85–90 % kerätään omiin tarpeisiin (Wacklin 2022). Oletuksena oli lisäksi, että korvasieniä ei viedä eikä tuoda, vaan koko sato kulutetaan Suomessa.

Taulukko 4. *Kaupallinen korvasienisato Ruokaviraston MARSI-raporttien (Ruokavirasto 2024) mukaan ja siitä arvioitu korvasienten kokonaissato Suomessa vuosina 2018–2023.*

Vuosi	Kaupallinen sato, t	Koko käyttömäärä, t
2023	5,0	33,3–50,0
2022	6,7	44,7–67,0
2021	10,2	68,0–102,0
2020	15,4	102,7–154,0
2019	13,5	90,0–135,0
2018	2,9	19,0–28,5

Annoskoko määritettiin google-hakujen perusteella yleisimmistä korvasieniresepteistä (liite 1). Resepteistä kerättiin korvasienten määrä koko annoksessa, annosten lukumäärä ja tieto siitä, käytettiinkö reseptissä tuoreita vai esikäsiteltyjä korvasieniä. Tuore korvasieni laskettiin kypsennetyksi kertoimella 0,71 ja litran korvasieniä oletettiin painavan 400 g (THL 2025). Annoskoista laskettiin bayesiläistä tilastomallinnusta hyödyntäen arvio mahdollisten annoskokojen jakaumalle.

Korvasienten krooninen kulutus laskettiin 70 kg painavalle keskiarvoihmiselle seuraavasti:

$$Krooninen\ kulutus = \frac{korvasienisato\ (g)}{aikuisväestö * käyttäjien\ osuus * 365 * 70\ kg}$$

Korvasienten käyttäjien osuus ei ole tiedossa, minkä vuoksi oletettiin, että henkilöt, jotka syövät luonnonsieniä, syövät myös korvasieniä. Luonnonsieniä käytti Finravinto 2017 -tutkimuksen mukaan 22 henkilöä haastatelluista 1196 henkilöstä (EFSA 2024a). Korvasienten sato vaihtelee huomattavasti vuosien välillä, joten kroonisen kulutuksen laskemisessa käytettiin vuosien 2018–2023 korvasienten sadon keskiarvoa

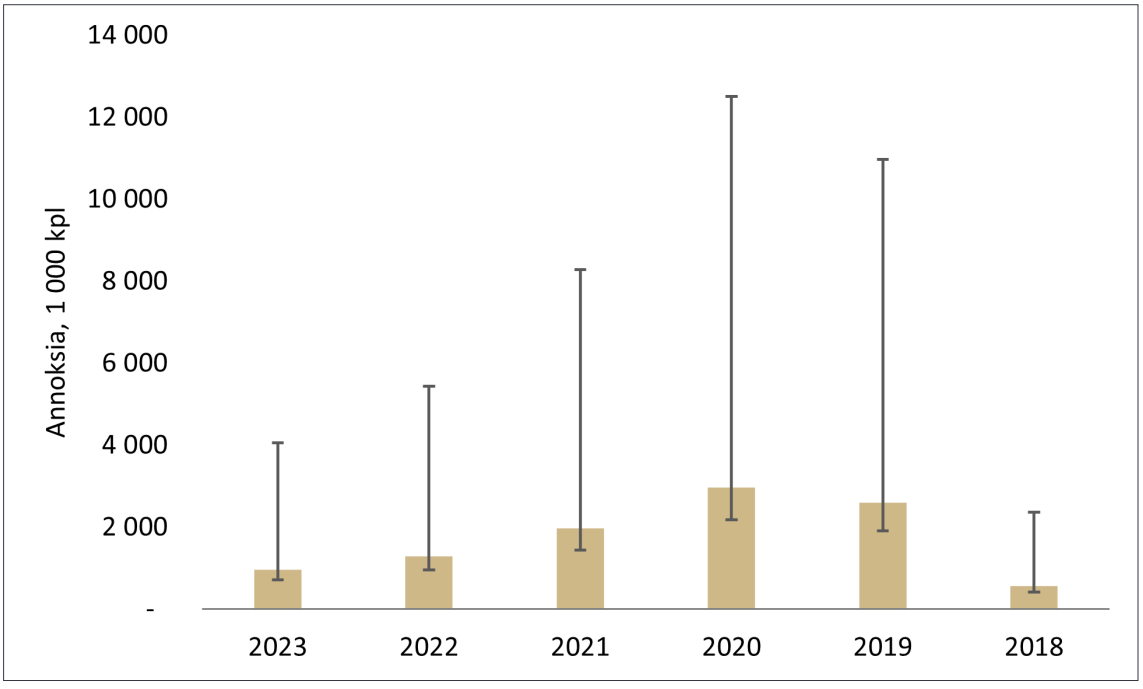
4.2 Korvasienten gyromitriinipitoisuus

Korvasienten gyromitriinipitoisuus mallinnettiin bayesiläistä tilastomallinnusta hyödyntäen pitoisuusjakaumaksi. Lähteinä käytettiin kappaleessa 2.1. esitettyjä tutkimuksia (Larsson ja Eriksson 1989; Andary ym. 1985; Pyysalo ja Niskanen 1977).

Tässä selvityksessä oletettiin, että korvasienet syödään joko 1) ohjeen mukaan käsiteltynä (2 x 5 min keitto) tai 2) ilman esikäsittelyä. Ensimmäisessä tapauksessa gyromitriinin tai MMH:n pitoisuuden arvioitiin laskevan 18 %:iin alkuperäisestä perustuen Larssonin ja Erikssonin (1989) tutkimukseen (katso tarkemmin kappale 2.2). Toisessa tapauksessa oletettiin, että syötyjen sienien pitoisuus on sama kuin raaoista sienistä mitattu. Tässä selvityksessä oletettiin, että sieniä ei syödä kuivattuina, sillä ei ole tietoa, kuinka suuri osuus korvasienistä syödään kuivattuina.

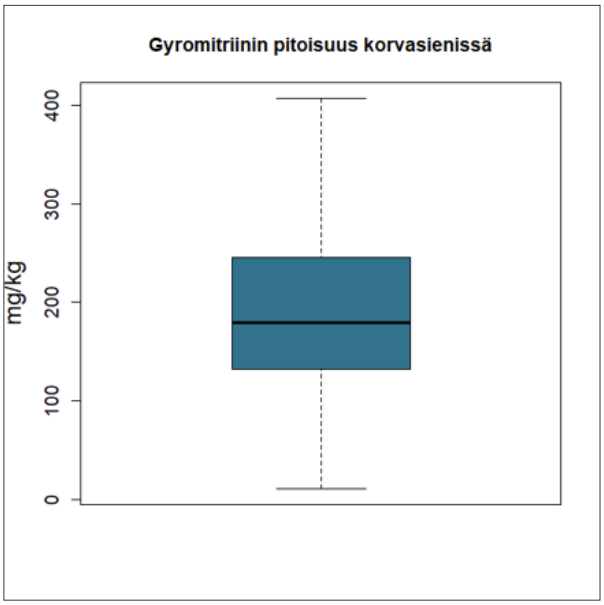
4.3 Tulokset

Resepteistä laskettu korvasieniannos oli keskimäärin n. 45 g (95 % todennäköisyysväli 10–110 g). Annoskoko vastaa sienien käyttömäärää Finravinto 2017 -tutkimuksen mukaan (keskimäärin noin 37 g aikuisilla ja 43 g ikääntyneillä) (EFSA 2024b). Arviosta korvasienten sadolle ja annoskokojen jakaumasta laskettiin arvio Suomessa vuosittain syödyistä korvasieniannosten määrästä. Arvio vaihtelee vuosien välillä sadon suuren vaihtelun takia (Kuva 6). Kulutus ei todennäköisesti jakaudu tasaisesti koko vuodelle, vaan painottuu alkukesään, jolloin on korvasienten satoaika. Akuutti kulutus oli 0,65 g/kg rp (grammaa henkilön painokiloa kohden) vuorokaudessa ja krooninen kulutus 0,027 g/kg rp vuorokaudessa.



Kuva 6. *Korvasienten arvioituun käyttömäärään ja annoskokoon perustuva arvio Suomessa vuosittain kulutetuista korvasieniannoksista (1000 kpl). Pylväät kuvaavat keskimääräistä arviota ja virhepalkit 95 % todennäköisyysväliä.*

Korvasienten gyromitriinipitoisuus vaihteli mallinnettujen pitoisuuksien mukaan välillä 70–430 mg/kg (95 % todennäköisyysväli, keskiarvo 196 mg/kg) (kuva 7). Jos kaikki gyromitriini olisi muuttunut MMH:ksi, pitoisuudet vaihtelisivat välillä 30–200 mg/kg (keskiarvo 90 mg/kg).



***Kuva 7**. Gyromitriinin pitoisuusjakauma korvasienissä.*

Korvasienten akuutti ja krooninen altistus on esitetty taulukossa 5. Ohjeen mukaan käsitellystä korvasienen keskimääräisestä kerta-annoksesta saatu gyromitriinimäärä on 70 kg painoiselle kuluttajalle 1,4 mg (95 % todennäköisyysväli 0,3–4,9 mg).

***Taulukko 5.** Korvasienten aiheuttama akuutti ja krooninen gyromitriinialtistus suomalaisille.*

	Akuutti altistus, mg/kg rp (95 % todennäköisyysväli)	Krooninen altistus, mg/kg rp päivässä (95 % todennäköisyysväli)
ilman esikäsittelyä	0,1 (0,020–0,4)	0,005 (0,003–0,009)
2 x 5 min keittäminen	0,02 (0,004–0,07)	0,001 (0,0006–0,002)

4.4 Annosvasteista ei paljoa tietoa

Tieto gyromitriinin ja sen aineenvaihduntatuotteiden annosvasteista on niukkaa. Edellä (luku 2.3) on käsitelty LD_{50}-arvoja, jotka eivät sinällään sovi turvallisten kulutusmäärien laskennan perustaksi, mutta jotka ovat ainoat gyromitriinille tai sen aineenvaihduntatuotteille julkaistut ruoansulatuskanavan kautta tapahtuvan altistuksen toksikologiset raja-arvot. Pienimmän LD_{50}-arvon (4,7–8,0 mg/kg rp) ja tässä selvityksessä mallinnettujen pitoisuuksien mukaan laskettuna vaarallinen annos olisi 70 kg painavalla aikuisella vajaa 3 kg käsittelemättömiä korvasieniä, vaihdellen vajaan 1 kg ja noin 6 kg välillä.

MMH on käytössä rakettien polttoaineena, ja sille on määritetty raja-arvoja hengitysilmassa: NASAn (1992) käyttämä raja-arvo on 0,04 ppm eli 0,08 mg/m^3, jolle voi altistua seitsemän vuorokauden ajan avaruusaluksen ilmassa. Yhdysvaltain työterveysviranomainen NIOSH

(1994) on määrittänyt samansuuruisen altistuskaton kahden tunnin aikana tapahtuvalle altistukselle. Arvot perustuvat vuonna 1955 julkaistuun tutkimukseen hiiren LC_{50}-arvosta eli hengitysilman pitoisuudesta, joka tappaa puolet koe-eläimistä, sekä turvakertoimeen. Hiiri oli MMH:lle herkempi kuin muut jyrsijät, ja NIOSH (1994) viittaamassa Jacobson ym. (1955) tutkimuksessa hiiren MMH-altistuksen LC_{50} oli 56 ppm eli 10 mg/m^3 neljän tunnin aikana.

Normaalilla hengitysnopeudella 0,08 mg/m^3 pitoisuudessa oleilu kahden tunnin ajan vastaa noin 60 µg suuruista MMH-altistusta ihmiselle. Tämä lukema ei kuitenkaan ole suoraan sovellettavissa ruoansulatuskanavan kautta tapahtuvaan altistukseen, sillä imeytymistehokkuus keuhkoista ja ruoansulatuskanavasta on hyvin erilainen, ja myös hajoamisreitissä on eroja eri altistusreittien välillä.

Luvussa 3.4. on käsitelty eläinkokeisiin perustuvia syöpävaarallisuustutkimuksia, joissa MMH:ta, MFH:ta tai korvasieniä on syötetty eläimille. Niiden tuloksia ei kuitenkaan ole pystytty soveltamaan ihmisiin. Eläinkokeissa käytetyt annokset ovat olleet huomattavan suuria (suuruusluokkaa jopa muutamia kymmeniä mg/kg rp) verrattuna tässä laskettuun ihmisten krooniseen altistukseen (keskimäärin 0,001 mg/kg rp, taulukko 5).

5 Johtopäätökset

5.1 Tiedonpuutteita

Gyromitriinin myrkyllisyyttä on tutkittu vähän ja tutkimukset ovat pääosin 1970–1980-luvuilta. Etenkin gyromitriinin haitallisia vaikutuksia on tutkittu liian vähän, jotta täysimittaisen riskinarvioinnin tekeminen olisi mahdollista. Isoin tiedonpuute liittyy gyromitriinin annosvasteeseen: ei tiedetä, kuinka suuri määrä gyromitriiniä pitää syödä, jotta aiheutuu haittavaikutuksia tai myrkytys. Myös gyromitriinin syöpää aiheuttavissa vaikutuksissa on tiedonpuutteita. Gyromitriini aiheuttaa syöpää eläimillä. Tutkimuksia ei kuitenkaan ole tehty nykyisten standardien mukaan, jolloin epäselväksi on jäänyt, aiheuttaako gyromitriini syöpää myös ihmisillä.

Enemmän tutkimusta tarvittaisiin myös gyromitriinin muuttumisesta hajoamistuotteikseen korvasienten valmistuksen aikana ja ruoansulatuselimistössä. Korvasienistä tehdyissä pitoisuusmittauksissa on mitattu vain yhtä yhdistettä (gyromitriini, MFH tai MMH) kerrallaan, jolloin ei ole tietoa, kuinka paljon muita aineita on mahdollisesti jäljellä. Etenkin gyromitriini hajoaa melko nopeasti hajoamistuotteikseen, jolloin pelkän gyromitriinin mittaaminen voi antaa näennäisesti liian pienen tuloksen. Tämä selittänee osaltaan, miksi aikaisemmin ajateltiin yhden keittokerran tai kuivaamisen olevan riittävä menetelmä gyromitriinin poistamiseen, perustuen mm. Pyysalon (1976) tutkimukseen. Osa gyromitriinistä on kemiallisesti sitoutuneena korvasienissä ja joillakin analyysimenetelmillä tätä sitoutunutta osaa ei saada mitattua, jolloin analyysin tuloksena saadaan oikeaa pitoisuutta pienempi arvo. Etenkin vanhimmissa tutkimuksissa käytetyt menetelmät puolestaan olivat liian epäspesifisiä, jolloin saatiin oikeaa pitoisuutta korkeamman näköinen tulos (Michelot & Toth 1990).

Uudempien tutkimusten mukaan Suomessa ei tavata korvasienilajia *G. esculenta* vaan sen näköislajeja. Ennen DNA-tekniikoiden kehittymistä tehdyissä tutkimuksissa oikean korvasienilajin määritys on siis voinut olla puutteellinen. Ei ole tietoa, miten eri lajit eroavat toisistaan gyromitriinin pitoisuuden osalta, mikä aiheuttaa mahdollisen virhelähteen tähän selvitykseen.

Tiedossa ei ole, kuinka moni suomalainen syö korvasieniä ja minkä kokoisia syödyt annokset ovat. Korvasienten käyttäjien osuuden oletettiin olevan sama kuin luonnonsienien käyttäjien. Koska oletettavasti useampi syö mitä tahansa luonnonsieniä kuin korvasieniä, johtaa tämä oletus käyttäjämäärän yliarvioon ja altistuksen aliarvioon. Olennaista olisi myös tietää, syödäänkö korvasieniä useina peräkkäisinä päivinä, sillä tämä voi vaikuttaa sairastumisriskiin. Käyttömääriä koskevan tiedonpuutteen vuoksi tässä selvityksessä jouduttiin turvautumaan osittain oletuksiin, mikä voi vaikuttaa arvioon altistuksen suuruudesta.

5.2 Riskinhallintatoimien riittävyys

Koska tiedoissa korvasienten myrkyllisyydessä on puutteita, myös riskinhallintatoimia on vaikea arvioida. Voidaankin todeta, että on seikkoja, jotka sopivat oletukseen, että oikein valmistettujen korvasienten syöminen on turvallista ja myös seikkoja, jotka puoltavat syömisen välttämistä.

Syömisen turvallisuutta puoltaa ennen kaikkea korvasienten pitkä syömisen perinne Suomessa. Vaikka annoksia syödään vuosittain arvioin mukaan vuosittain jopa noin 950 000–3 000 000, vakavia myrkytyksiä ei ole tietääksemme tapahtunut vuosikymmeniin. Vakavat myrkytykset liittyvät lisäksi usein korvasienten virheelliseen käsittelyyn, tyypillisesti esimerkiksi siksi, että lajintunnistus ei ole onnistunut ja korvasieni on sekoitettu toiseen, myrkyttömään lajiin (Diaz, 2016).

Toiseksi olemassa oleva niukka tieto vaarallisesta annoksesta ei anna viitteitä siitä, että oikein käsiteltyjen korvasienten kulutus ei olisi turvallista. Pienimmänkin LD_{50}-arvon (4,7–8 mg/kg rp) mukaan vaarallinen annoskoko olisi vajaa 3 kg käsittelemättömiä korvasieniä, vaihdellen vajaan 1 kg ja noin 6 kg välillä. Toisaalta LD_{50}-arvo on huono mittari terveysvaikutuksille, sillä seuraukset ovat jo hyvin vakavat, kun puolet kuolevat. Jo paljonkin pienemmällä annoksella aiheutuu todennäköisesti muita akuutteja vaikutuksia, kuten maksavaurioita. Gyromitriinille ei ole määritetty suurinta annosta, jolla mitään haittavaikutuksia ei ilmene.

Kolmanneksi korvasieni ei nykykäsityksen perusteella ole ihmiselle syöpävaarallinen, mutta oletus perustuu jossain määrin sopivan tiedon puutteeseen eikä niinkään siihen, että gyromitriini olisi todistettu syöpää aiheuttamattomaksi. Tässä selvityksessä arvioitu suosituksen mukaan käsitellyistä korvasienistä johtuva krooninen altistus jää pieneksi verrattuna eläinkokeissa käytettyihin gyromitriinin tai sen hajoamistuotteiden pitoisuuksiin.

On myös näyttöä korvasienen haitallisuudesta ihmiselle. Myrkytystietokeskukselle tulleiden puheluiden perusteella korvasienet aiheuttavat vuosittain ainakin joitakin oireisia myrkytystapauksia. Myrkytystietokeskuksen tilastot perustuvat kuitenkin vain epäilyyn siitä, että korvasieni olisi aiheuttanut oireet. Oireet ovat luultavasti olleet vain lieviä, sillä Suomessa ei ole raportoitu viime vuosina vakavia myrkytyksiä.

Toiseksi gyromitriini on yhdistetty vakaviin kroonisiin haittoihin. Useissa eläinkokeissa sen on todettu aiheuttavan syöpiä, vaikka syöpävaarallisuudesta ei ole riittävää näyttöä ihmisillä. Lisätutkimusta tarvitaan, jotta tuloksia voisi yleistää ihmisiin. Viime vuosina on huomattu, että ALS:in esiintyvyys on suurempaa alueilla, jossa korvasieniä syödään, mutta syy-yhteyttä ei ole pystytty osoittamaan. Koska gyromitriinin annosvastetta syöpiin tai ALS:iin sairastumiseen ei tiedetä, ei ole myöskään pystytty arvioimaan, mikä olisi turvallinen annos käyttää. Viitteitä on myös MMH:n genotoksisuudesta.

Lisäksi tiedetään, että osa gyromitriinistä jää korvasieniin käsittelystä huolimatta. Korvasienien käytön välttämistä voisi siten perustella ns. varovaisuusperiaatteella: koska tietoa vaarallisesta annoksesta ei ole, pienetkin myrkkyjäämät saattavat olla vaarallisia. Ruotsin elintarviketurvallisuusviranomainen on perustellut suositusta välttää korvasienten käyttöä osaltaan juuri myrkkyjäämillä, joita korvasieneen jää keittämisestä huolimatta (Livsmedelsverket 2024).

Osaltaan käytön rajoittamista perustelee myös akuutin myrkytyksen vakavat haitat. Maksavaurio, neurologiset oireet ja jopa kuolema ovat mahdollisia, vaikka niitä esiintyykin harvoin. Akuutin myrkytyksen annosvastetta ei tiedetä, joten ei pystytä arvioimaan, kuinka suuri annos gyromitriiniä tarvitaan myrkytykseen.

Nykyinen Ruokaviraston suositus keittää korvasienet kaksi kertaa väljässä vedessä näyttäisi kirjallisuuden mukaan olevan tehokkain tapa poistaa gyromitriini. Kuitenkin tämänkin käsittelyn jälkeen keskimäärin 18 % gyromitriinistä jää korvasieniin. Muilla käsittelymenetelmillä myrkkyä jäi vielä huomattavasti enemmän, kuivaamalla jopa noin puolet alkuperäisestä pitoisuudesta.

Saatavilla ollut aineisto gyromitriinin sekä sen tärkeimpien aineenvaihduntatuotteiden pitoisuuksista korvasienessä oli vanhaa ja osittain puutteellista. Arvion päivittämiseksi tarvittaisiin lisätutkimuksia gyromitriinin, MMH:n ja MFH:n määristä raa'assa korvasienessä erilaisissa kasvuympäristöissä, eri korvasienilajeissa sekä erilaisten esikäsittelytapojen, kuten keittämisen ja kuivaamisen, vaikutuksista syötävään sieneen jäljelle jääviin myrkkymääriin.

6 Lähteet

Andary, C., Privat, G. & Bourrier, M-J. (1985) Variations of Monomethylhydrazine Content in *Gyromitra Esculenta*, Mycologia, 77:2, 259-264, DOI:10.1080/00275514.1985.12025094

Andersson, C., Slanina, P. & Koponen, A. (1995). Hydrazones in the False Morel. Nordic Council of Ministers, Kööpenhamina, TemaNord 1995:561.

Arłukowicz-Grabowska, M., Wójcicki, M., Raszeja-Wyszomirska, J., Szydłowska-Jakimiuk, M., Piotuch, B. & Milkiewicz, P. (2019). Acute liver injury, acute liver failure and acute on chronic liver failure: A clinical spectrum of poisoning due to *Gyromitra esculenta*, Annals of Hepatology 18:514–516.

Back, K.C. & Pinkerton, M.K. (1967). Toxicology and Pathology of Repeated Doses of Monomethylhydrazine in Monkeys. AMRL-TR-66-199. AMRL TR. Dec:1-13. PMID: 5298145.

Bergman, K. & Hellenäs, K.-E. (1992). Methylation of rat and mouse DNA by the mushroom poison gyromitrin and its metabolite monomethylhydrazine. Cancer Letters, 61 (1992) 165–170.

Beug, M.W, Shaw, M. & Cochran, K.W. (2006). Thirty-Plus Years of Mushroom Poisoning: Summary of the Approximately 2,000 Reports in the NAMA Case Registry, McIlvainea 16: 47–68.

Boice, J., Marano, D., Cohen, S., Mumma, M., Blot, W., Brill, A.B. Fryzek, J., Henderson, B. & McLaughlin, J. (2006). Mortality Among Rocketdyne Workers Who Tested Rocket Engines, 1948–1999. Journal of Occupational and Environmental Medicine 48(10):1070–1092, DOI: 10.1097/01.jom.0000240661.33413.b5.

Diaz, J. (2016). Mistaken Mushroom Poisonings. Wilderness & Environmental Medicine 27:330–335.

Diaz, J. (2005). Syndromic diagnosis and management of confirmed mushroom poisonings, Crit Care Med 33:427–436.

Dirks, A.C., Mohamed, O.G, Schultz, P.J, Miller, A.N, Tripathi, A. & James, T.Y. (2022). Not all bad: Gyromitrin has a limited distribution in the false morels as determined by a new ultra high-performance liquid chromatography method, Mycologia, DOI: 10.1080/00275514.2022.2146473.

Dorne, J.L.C.M. & Renwick, A.G. (2005). The Refinement of Uncertainty/Safety Factors in Risk Assessment by the Incorporation of Data on Toxicokinetic Variability in Humans, Toxicological Sciences, 86(1):20–26, https://doi.org/10.1093/toxsci/kfi160.

EFSA (2024a). Food consumption statistics for FoodEx2: Level 4 (e.g. plain cakes). https://www.efsa.europa.eu/en/microstrategy/foodex2-level-4. luettu 24.1.2025

EFSA (2024b). Food consumption statistics for FoodEx2: Level 3 (e.g. cakes). https://www.efsa.europa.eu/en/microstrategy/foodex2-level-3. luettu 24.1.2025

EFSA (2023). Margin of Exposure. https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/margin-exposure, luettu 24.4.2025.

EFSA, Valanou, E. M., Koffas, N., & Livaniou, A. (2024). EFSA Comprehensive European Food Consumption Database: release notes. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.14415042.

Franke, S., Freimuth, U. & List, P.H. (1967). Über die Giftigkeit der Frühjahrslorchel Gyromitra (Helvella) esculenta Fr. Arch. Toxikol. 22:293–332. https://doi.org/10.1007/BF00577586.

Gregory, A.R., Warrington, H.P., Bafus, D.A., Bailey, J.W., Legg, C.A., Corbish, M.H. & Evans, D.Q. (1971). Monomethylhydrazine nitrate toxicity. Proc. West Pharmacol 14:117–120.

Hartwig, A. (2024). Monomethylhydrazine MAK Value Documentation, addendum – Translation of the German version from 2021. The MAK Collection for Occupational Health and Safety 9, nro 4. https://doi.org/10.34865/MB6034E9_4AD.

HUS (2025). Myrkytystietokeskuksen vuositilastot. https://www.hus.fi/potilaalle/nain-saat-apua/myrkytystietokeskus/myrkytystietokeskuksen-vuositilastot, luettu 24.1.2025.

IARC (2019). IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans Preamble. Lyon, Ranska.

IARC (2018a). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 115. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Lyon, Ranska.

IARC (2018b). Red Meat and Processed Meat IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 114. Lyon, Ranska.

IARC (2018c). Drinking Coffee, Mate, and Very Hot Beverages. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 116. Lyon, Ranska.

IARC (1999). Re-evaluation of Some Organic Chemicals, Hydrazine and Hydrogen Peroxide (Part 1, Part 2, Part 3). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 71. Lyon, Ranska.

IARC (1987). Overall Evaluations of Carcinogenicity: An Updating of IARC Monographs Volumes 1–42.

Lagrange, E.J., Vernoux, P., Reis, J., Palmer, V., Camu, W., & Spencer, P.S. (2021). An Amyotrophic Lateral Sclerosis Hot Spot in the French Alps Associated with Genotoxic Fungi. Journal of the Neurological Sciences 427: 117558. https://doi.org/10.1016/j.jns.2021.117558.

Lagrange, E., Loriot, M.-A., Chaudhary, N.K., Schultz, P. Dirks, A.C., Guissart, C., James, T.Y., Vernoux, J.P., Camu, W., Tripathi, A. & Spencer, P.S. (2024). Corrected speciation and gyromitrin content of false morels linked to ALS patients with mostly slow-acetylator phenotypes. eNeurologicalSci 35: 100502. https://doi.org/10.1016/j.ensci.2024.100502.

Larsson, B & Eriksson, A. (1989). The analysis and occurrence of hydrazine toxins in fresh and processed false morel, *Gyromitra esculenta*. Lebensm Unters Forsch (1989) 189: 438–442.

List, P.H. & Luft, P. (1969). Nachweis und Gehaltsbestimmung von Gyromitrin in frischen Lorcheln 19. Mitt. über Pilzinhaltsstoffe. Archiv der Pharmazie 302: 143–146. https://doi.org/10.1002/ardp.19693020209.

Livsmedelsverket (2024). Svamp - lär dig skilja på ätliga och giftiga sorter. https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/mat-och-dryck/svamp#Stenmurklan_giftig_%C3%A4ven_om_du_kokar_den, luettu 23.4.2025.

Luontoportti (2025). Korvasieni *Gyromitra esculenta*. https://luontoportti.com/t/2533/korvasieni, luettu 20.3.2025.

Nagel, D., Wallcave L., Toth B. & Kupper R. (1977). Formation of methylhydrazine from acetaldehyde N-methyl-N-formylhydrazone, a component of *Gyromitra esculenta*. Cancer Res. 1977 37(9):3458–60.

Mäkinen, S.M., Kreula, M. & Kauppi, M. (1977). Acute oral toxicity of ethylidene gyromitrin in rabbits, rats and chickens, Food and Cosmetics Toxicology 15(6):575–578.

NIOSH. The National Institute for Occupational Safety and Health (1994). Methyl hydrazine. https://www.cdc.gov/niosh/idlh/60344.html, luettu 12.3.2025.

Michelot, D. & Toth, B. (1991). Poisoning by *Gyromitra esculenta* - a Review, Journal of Applied Toxicology, 11(4):235–243.

Patocka J., Pita, R. & Kuca, K. (2012). Gyromitrin, Mushroom Toxin of *Gyromitra* Spp. Mil. Med. Sci. Lett. (Voj. Zdrav. Listy) 81:61–67.

Peintner U., Schwarz S., Mes˘ic´ A., Moreau P.-A., Moreno G. & Saviuc, P. (2013) Mycophilic or Mycophobic? Legislation and Guidelines on Wild Mushroom Commerce Reveal Different Consumption Behaviour in European Countries. PLoS ONE 8(5): e63926. doi:10.1371/journal.pone.0063926.

Pyysalo, H. (1976). Tests for Gyromitrin, a Poisonous Compound in False Morel *Gyromitra esculenta*. Z. Lebensm. Unters.-Forsch 160:325–330.

Pyysalo, H. & Niskanen, A. (1977). On the Occurrence of jV-Methyl-JV-formylhydrazones in Fresh and Processed False Morel, *Gyromitra esculenta*. J. Agrie. Food Chem. 25: 844–847.

Renwick, A.G. (1993). Data-derived safety factors for the evaluation of food additives and environmental contaminants. Food Addit Contam. 10(3):275-305. doi: 10.1080/02652039309374152. PMID: 8359312.

Ritz, B., Zhao, Y., Krishnadasan, A., Kennedy, N. & Morgenstern, H. (2006). Estimated Effects of Hydrazine Exposure on Cancer Incidence and Mortality in Aerospace Workers. Epidemiology 17(2):154–161. DOI: 10.1097/01.ede.0000199323.55534.fb.

Ruokavirasto (2025). Elintarvikkeiden turvallisen käytön ohjeet. https://www.ruokavirasto.fi/elintarvikkeet/ohjeita-kuluttajille/turvallisen-kayton-ohjeet/, luettu 4.2.2025.

Ruokavirasto (2024). MARSI raportit. https://www.ruokavirasto.fi/tuet/elintarvikkeet/metsamarjojen-ja--sienten-varastointituki/marsi-raportit/, luettu 23.1.2025.

Ruokavirasto (2023). Korvasienten käsittely ja varoitusmerkinnät. https://www.ruokavirasto.fi/elintarvikkeet/ohjeita-kuluttajille/turvallisen-kayton-ohjeet/ruokasienet/suositeltavat-ruokasienet/korvasieni/korvasienten-kasittely-ja-varoitusmerkinnat/, luettu 4.2.2025.

Serés, L. (2015). Síndrome Giromítrico Monometilhidrazinas Neurotoxicidad Epileptogénica, Revista Catalana de Micologia 36:101–112.

Spencer, P.S. (2020). Consumption of Unregulated Food Items (False Morels) and Risk for Neurodegenerative Disease (Amyotrophic Lateral Sclerosis). Health Risk Analysis 2020(3):93–98. https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.3.11.eng.

Spencer P.S. (2020). Hypothesis: Etiologic and Molecular Mechanistic Leads for Sporadic Neurodegenerative Diseases Based on Experience With Western Pacific ALS/PDC. Front Neurol. 31;10:754. doi: 10.3389/fneur.2019.00754.

THL (2025). Fineli avoin data. https://fineli.fi/fineli/fi/ohje/19, luettu 23.1.2025.

Toth, B. (1972). Hydrazine, methylhydrazine and methylhydrazine sulfate carcinogenesis in swiss mice. Failure of ammonium hydroxide to interfere in the development of tumors. Int. J. Cancer: 9:109–118.

Toth, B & Nagel, D. (1978). Tumors induced in mice by N-methyl-N-formylhydrazine of the false morel *Gyromitra esculenta*. J Natl Cancer Inst. 60(1):201–4. doi: 10.1093/jnci/60.1.201.

Toth, B. & Patil, K. (1980). The tumorigenic effect of low dose levels of N-methyl-N-formylhydrazine in mice. Neoplasma 27(1):25–31.

Toth, B. & Patil, K. (1979). Carcinogenic effects in the Syrian golden hamster of N-methyl-N-formylhydrazine of the false morel mushroom *Gyromitra esculenta*. J Cancer Res Clin Oncol 93(2):109–21. doi: 10.1007/BF00406569.

Toth, B., Patil, K., Erickson, J., Kupper, R. (1979). False morel mushroom *Gyromitra esculenta* toxin: N-methyl-N-formylhdrazine carcinogenesis in mice. Mycopathologia 68(2):121–8. doi: 10.1007/BF00441091.

Toth, B., Patil, K., Pyysalo, H., Stessman, C. & Gannett, P. (1992). Cancer Induction in Mice by Feeding the Raw False Morel Mushroom *Gyromitra esculenta*. Cancer Research 52:2279–2284.

Wacklin, S. (2022). Arvoketjuja vahvistamalla volyymia luonnontuotealalle. TEM toimialaraportit 2022:5. Työ- ja elinkeinoministeriö. http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-985-8.

Witkin, L.B. (1956). Acute toxicity of hydrazine and some of its methylated derivatives. AMA Arch Ind Health 13(1):34–6.

Von Wright, A., Pyysalo, H. & Niskanen, A. (1978a). Quantitative evaluation of the metabolic formation of methylhydrazine from acetaldehyde-N-methyl-N-formylhydrazone, the main poisonous compound of *Gyromitra esculenta*. Toxicology Letters 2: 261–265.

Von Wright, A., Niskanen, A., Pyysalo, H. & Korpela, H. (1978b). The toxicity of some N-methyl-N-formylhydrazones from *Gyromitra esculenta* and related compounds in mouse and microbial tests. Toxicology and Applied Pharmacology 45:(2):429–434. https://doi.org/10.1016/0041-008X(78)90106-0.

Yamakawa M., Dwyer S., Song X. & Statland J. (2022). Demographics, clinical characteristics, and prognostic factors of amyotrophic lateral sclerosis in Midwest. Muscle Nerve. 65(2):217–224. doi: 10.1002/mus.27450. Epub 2021 Nov 12.

Liite 1. Korvasienien annoskoon määritykseen käytetyt reseptit

Määrä, g	Annoksia	Kerroin	Annos, g	Lähde
400	4	0,71	71,0	https://www.martat.fi/reseptit/korvasienimuhennos/
400	4	0,71	71,0	https://www.soppa365.fi/reseptit/kasvis-keitot/korvasienikeitto
250	10	0,71	17,8	https://www.soppa365.fi/reseptit/kasvis-suolainen-leivonta/korvasienipiirakka
400	4	0,71	71,0	https://www.k-ruoka.fi/reseptit/korvasienimuhennos
100	8	0,71	8,9	https://www.is.fi/ruokala/resepti/art-2000001008002.html
350	4	0,71	62,1	https://kokitjapotit.fi/korvasienimuhennos/
200	4	0,71	35,5	https://www.kotikokki.net/reseptit/nayta/146052/KORVASIENIMUHENNOS/
180	4	1	45,0	https://www.valio.fi/reseptit/korvasienikeitto/
200	6	0,71	23,7	https://www.soppa365.fi/reseptit/kasvis-juhli-ja-nauti-kastikkeet-tahnat-ja-marinadit/korvasienikastike-parsaa
500	5	1	100,0	https://www.soppa365.fi/reseptit/kasvis-pastat-ja-risotot-padat-ja-laatikot/korvasieni-makaronilaatikko
100	4	1	25,0	https://www.meillakotona.fi/reseptit/korvasienipannukakut
150	4	1	37,5	https://www.meillakotona.fi/reseptit/korvasieni-vuohenjuustokeitto-ja-krassioljya
50	4	1	12,5	https://www.meillakotona.fi/reseptit/taytelainen-korvasieni-lohikeitto
400	4	0,71	71,0	https://kokitjapotit.fi/korvasienipasta/
220	8	1	27,5	https://www.valio.fi/reseptit/korvasienipiiras/
200	4	0,71	35,5	https://apetit.fi/reseptit/korvasieni-savukalapasta/
400	4	0,71	71,0	https://www.kotikokki.net/reseptit/nayta/146425/KORVASIENI-SAVUPOROKEITTO/
200	4	1	50,0	https://www.rosaviinijaruoka.fi/resepti/korvasienirisotto/
200	4	1	50,0	https://www.tinskunkeittiossa.fi/2018/05/rapealla-pekonilla-maustettu-korvasieni.html
200	6	0,71	23,7	https://www.mtvuutiset.fi/makuja/reseptit/resepti/korvasieni-nokkospiirakka/6424508



RUOKAVIRASTO
Livsmedelsverket • Finnish Food Authority

Ruokaviraston tutkimukia 3/2024
ISSN 2490-1180
ISBN 978-952-358-068-0 (pdf)

ruokavirasto.fi