

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
ĶĪMIJAS FAKULTĀTE

**METĀLISKO ELEMENTU NOTEIKŠANA SĒNĒS,
IZMANTOJOT DAŽĀDUS SĒŅU PARAUGU
SAGATAVOŠANAS VEIDUS**

BAKALaura DARBS

Autors: **Vladislavs Arhipovs**

Studenta apliecības Nr.: va14019

Darba vadītāja: Dr.ķīm., doc. Agnese Osīte

RĪGA

2017

ANOTĀCIJA

Metālisko elementu noteikšana sēnēs, izmantojot dažādus sēņu paraugu sagatavošanas veidus. Arhipovs V., zinātniskā vadītāja Dr. ķīm., doc. Osīte A. Bakalaura darbs, 39 lappuses, 10 attēli, 12 tabulas, 28 literatūras avoti, 4 pielikumi. Latviešu valodā.

Bakalaura darba ietvaros pētīta zinātniskā, metodiskā un mācību literatūra par sēņu paraugu priekšsagatavošanas, kā arī sagatavošanas metožu iespējām dažādu metālisko elementu noteikšanai sēnēs. No literatūrā pētītajām metodēm sēņu paraugu sagatavošanai izvērtēšanai bija izvēlētas divas: sausā pārpelnošana un mineralizācijas metode mikroviļņu tehnikā.

SĒNES, PARAUGU SAGATAVOŠANA, SAUSĀ PĀRPELNOŠANA, MINERALIZĀCIJAS METODE MIKROVIĻŅU IEKĀRTĀ, LIESMAS ATOMU ABSORBCIJAS SPEKTROMETRIJA, INDUKTĪVI SAISTĪTĀS PLAZMAS MASSPEKTROMETRIJA

ABSTRACT

Metallic elements determination options in mushrooms, using different types of mushroom sample preparation methods. Arhipovs V., supervisor Dr. chem. Osīte A. Bachelor thesis, 39 pages, 10 figures, 12 tables, 28 literature references, 4 appendices. In Latvian.

In this bachelor thesis the scientific, methodical and educational literature of the mushroom samples before preparation and preparation methods options to various metallic elements determination in mushrooms was investigated. After the literature research two methods for the mushroom's sample preparation are choosed for evaluation: dry ashing and microwave digestion method.

MUSHROOMS, SAMPLE PREPARATION, DRY ASHING METHOD, MICROWAVE DIGESTION METHOD, FLAME ATOMIC ABSORPTION SPECTROMETRY, INDUCTIVELY COUPLED PLASMA MASS SPECTROMETRY

SATURS

Darbā izmantotie apzīmējumi.....	5
Ievads.....	6
1. LITERATŪRAS APSKATS	7
1.1. Sēnes.....	7
1.2. Sēņu ķīmiskais sastāvs	8
1.3. Paraugu sagatavošanas metodes.....	9
1.4. Metālisko elementu kvantitatīvās noteikšanas metodes.....	11
2. EKSPERIMENTĀLĀ DAĻA	16
2.1. Izmantoti trauki, iekārtas un reaģenti.....	16
2.2. Šķīduma pagatavošana.....	17
2.3. Sēņu paraugu ņemšana.....	17
2.4. Sēņu paraugu priekšapstrāde.....	18
2.5. Sausā pārpelnošana un slapjā mineralizācija.....	19
2.6. Metālisko elementu noteikšana sēņu paraugos ar FAAS un ICP-MS.....	21
3. REZULTĀTI UN TO IZVĒRTĒJUMS	23
3.1. Rezultāti.....	23
3.2. Rezultātu izvērtējums.....	25
SECINĀJUMI	28
IZMANTOTĀ LITERATŪRA	29
1. pielikums.....	30
2. pielikums.....	32
3. pielikums.....	34
4. pielikums.....	36

APZĪMĒJUMI

PS – polistirols

PE – polietilēns

PP – polipropilēns

PE-LD – zema blīvuma polietilēns

PFA – perfluoralkoksi alkāns (polimērs)

FAAS – liesmas atomabsorbcijas spektrometrija

ETAAS – elektrotermāla atomabsorbcijas spektrometrija

ICP – MS – induktīvi saistītās plazmas masspektometrija

IEVADS

Sēnes nepieskaita pie dāržiem un tās nepieder arī augu valstij, jo to sastāvā nav hlorofila. Bet, tā kā sēnes ir bagāts enzīmu, olbaltumvielu, antioksidantu, vitamīnu un minerālvielu avots, cilvēki atsevišķas ēdamās sēnes lieto uzturā. Pasaulē eksistē ap 1,5 miljoni sēņu sugas, bet tikai 5 % no tiem ir dokumentētas un sistematizētas.

Šobrīd ir zināmi arī citi sēņu pielietojumi. Sēnes lieto ne tikai uzturā, bet plaši pētījumi tiek veikti daudzviet pasaulē sēņu izmantošanas iespēju apzināšanai ārstniecības nozarē. No sēnēm gatavo ārstnieciskus preparātus, piemēram, izmantojot polisaharīda lentināna ekstraktu, kas iznīcina vīrusus un audzēja šūnas. Piemēram, arī Latvijā pazīstamās uz bērziem augošās melnās spulgpiepes ekstrakts uzskatāms par labu antioksidantu, cinka un labāko dabā sastopamo melanīna avotu, kas kopumā organismā rada bāzisku vidi un ir hipoalerģisks.

Ņemot vērā sēņu spēju adaptēties daudzveidīgām vides izmaiņām jau vairāku tūkstošu gadu garumā, radot dažādus aizsargmehānismus, kā sevi pasargāt arī klimatiskajām pārmaiņām, tās var kalpot arī kā bioindikators, augsnes, ūdens vai gaisa piesārņojuma pakāpes raksturošanai.

Darba mērķis: izvērtēt dažādas sēņu paraugu sagatavošanas metodes dažu metālisko elementu noteikšanai.

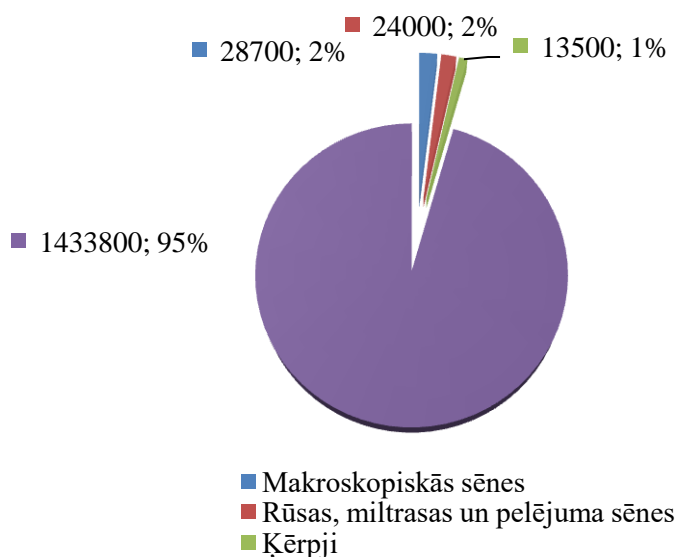
Darba uzdevumi:

1. Veikt literatūras analīzi par sēnēm, sēņu ķīmisko sastāvu, kā arī sēņu paraugu sagatavošanas veidiem un dažādu metālisku elementu noteikšanas metodēm.
2. Apkopot literatūru par sēņu paraugu sagatavošanu analīzei ar sauso pārpelnošanu un ar mineralizācijas metodi mikroviļņu iekārtā.
3. Savākt dažādu sēņu sugu paraugus Ropažu novada meža apkārtnē.
4. Sagatavot sēņu paraugus ar divām dažādām sagatavošanas metodēm un novērtēt vara (Cu), cinka (Zn), dzelzs (Fe), mangāna (Mn), nikelja (Ni), svina (Pb) un kadmija (Cd) elementu kvantitatīvo saturu meža sēņu un komerciāli iegādātajos sēņu paraugos.

1.LITERATŪRAS APSKATS

1.1. Sēnes

Sēņu valsts. Samērā nesen sēnes vēl uzskatīja par viszemāk attīstītajiem augiem. Sēnes atšķiras gan pēc izmēra – sākot no mikroskopiskiem līdz makroskopiskiem, un tās iedala – ēdamajās un neēdamajās. 2002. gadā datētas 1,5 miljoni sugu, bet tikai 5 % no kopēja sugu skaita ir dokumentāli fiksētas un sistematizētas [1]. Sēņu sugu sadalījums redzams 1.1. att.



1.1. att. Sēņu sugu sadalījuma diagramma [1]

Makroskopiskās sēnes. Makroskopiskās sēnes ir sēnes, kuras veido vairāk vai mazāk redzamus augļķermeņus. Tās atšķiras gan pēc formas – ar cepurīti un kātiņu, gan pēc krāsas. Ēdamo sēņu dzīves ilgums ir ~ 10 dienas.

Sēņu augšanas vieta ir atkarīga no augsnes veida un augsnes pH vērtības. Sārmainā smilšmāla augsnē neveidojas sēnes mikoriza (sēnes un koka abpusēji izdevīga sadarbība), tāpēc tur aug atmatenes, lielākā daļa beku. Savukārt, skābā kūdrainā augsnē ar dižskābaržiem vai bērziem veidojas mikoriza, līdz ar to tur var augt bekas (*Boletus*), pūkaines (*Tricholoma*) un bērzlapes (*Russula*) [1].

Bakalaura darbā tika vērsta uzmanība tikai uz ēdamām sēnēm, kuras pieder pie makroskopisko sēņu grupas.

Parastās gailenes (*Cantharellus cibarius*). Parastās gailenes ir ēdamās sēnes ar dažādiem dzeltenās krāsas toņiem līdz pat sarkanīgam. Parastās gailenes pieder pie lapiņu sēnēm, jo gailenes cepurītes apakšpusē ir nolaidenas, zarotas lapiņas lejup gar kātiņu. Šīs sēnes cepurīte ir vidū ieliekta un tās malas ir viļņainas. Gailenes kātiņš ir gluds un slaidis, kā arī bez dobuma. Gaišais cepurītes mīkstums lauzuma vietā parasti kļūst oranžīgs vai pat sārts.

Parastās gailenes aug skujkoku mežos, piemēram, egļu un priežu mežos vai arī blakus lapu kokiem, piemēram, ozoliem. Parastās gailenes augļķermeņus veido grupās labi drenētā augsnē.

Violetzaļā bērzlape (*Russula cyanoxantha*). Šīm sēnēm pie kātiņa ir pieaugušas dzeltenbaltas lapiņas un dzeltenbalts kātiņš. Mīkstums ir stingrs, bet trausls. Visas bērzlapes sugas veido mikorizu ar kokiem, ar krūmiem vai ar zālaugiem, tāpēc tās aug pa vienai vai grupās meža augsnē. Violetzaļā bērzlape veido mikorizu ar lapu kokiem, īpaši dižskābaržiem, arī skuju kokiem; biežākaug sārmainā augsnē.

Meža atmatene (*Agaricus sylvaticus*). Šīs sēnes cepurīte ir izliekta pēc formas un ar radiālām zvīņām uz virsmas. Cepurītes centrs var būt tumši brūns. Kātiņam ir nokarens gredzens, kuram var būt šķiedraina, zvīņaina virsma. Meža atmatene aug skuju koku mežos stādījumos, kā arī parkos.

Lāču samtbeka (*Boletus badius*). Šīs sēnes cepurīte ir gluda, pietiekami lipīga, tumši kastaņbrūnā krāsā ar baltām vai līdz pat olīvdzeltenām porām, kuras iespaiduma vietas kļūst zilās. Sēnes kātiņš ir cilindrisks un viscaur brūns, bez tīklojuma. Ja sēnes termiski apstrādā, tad zilais krāsojums uz sēnes mīkstuma izzūd.

Lāču samtbekas parasti aug gan skuju koku mežos, gan lapu koku mežos. Aug mežos pa vienai vai grupās [1].

1.2. Sēņu ķīmiskais sastāvs

Sēnes augļķermenī ir atrodamas gan enerģētiski bagātīgas vielas, kā eļļa, ogļhidrāti, olbaltumvielas, gan bioloģiski aktīvas – polisaharīdi, aminoskābes (tirozīns, histidīns, leicīns, arginīns), antibiotiskās vielas, vitamīni (A, B1, D, PP1), mikroelementi, kas nodrošina svarīgas organisma funkcijas. Sēņu ķīmisko sastāvu ietekmē arī augsne, koku sugas, un citi sēņu augšanas vietai raksturīgi apstākļi tostarp arī laikapstākļi. Dažu populārāko sēņu procentuālais saturs rādīts 1.1. tabulā.

1.1.tabula

Dažu sēņu saturs, (%) [2]

Nosaukums	Mitrums	Tauki	Olbaltumvielas	Celuloze	Citi savienojumi
<i>Bērzu bekas</i>	88	0,6	5,0	3,0	3,4
<i>Sviesta bekas</i>	92	0,3	2,0	1,6	4,1
<i>Apšu bekas</i>	88	0,8	4,6	3,5	3,1
<i>Baravikas</i>	87	0,5	5,5	3,0	4,0
<i>Gailenes</i>	94	0,4	2,6	1,0	1,6
<i>Celmenes</i>	90	0,5	2,0	2,7	4,8

Vairāki pētījumi ir apliecinājuši, ka sēnēm ir akumulējošas īpašības – sēnes spēj uzkrāt vairākus elementus no augsnes – Ca, Na, P, Fe, Zn, Cu, Mn, Mg, Ni, Co, Bi, K, Al, arī piesārņojumu, tajā skaitā smagos metāliskos elementus – Hg, Pb, Cd, As [3].

Ir zināms, ka metālisko elementu koncentrācijas sēnēs ir atkarīgas no sēņu sugas, sēņu lasīšanas vietas, sēņu auglķermeņu daļas vecuma, kā arī no attāluma no jebkura piesārņojuma avota (ceļš, ražotnes, atkritumu izgāztuve). Sadzīves tehnika, sadzīves ķīmija, energoprodukti, kā arī transporta degviela nelielās daudzumos satur smagos metālus, kas iekšdzinējā sadedzināšanas laikā nonāk gaisā. No gaisa šie smagi elementi ar sausiem un mitriem nosēdumiem nonāk augsnē un iespējams līdz pazemes ūdeņiem. Pēc datiem Latvijas augsnēs smago metālu koncentrācijas atbilst fona līmenim, kas nav bīstams cilvēkam vai citiem meža dzīvniekiem.

Tā kā ir zināms ka sēnes un ķērpji var kalpot par bioindikatoriem, tad tiem piemīt spēja akumulēt no apkārtējas vides piesārņojumu, tajā skaitā smāgos metālus, kas bīstami cilvēka un citiem meža dzīvniekiem. Sēņu auglķermeņi uzkrāj vairākas vielas un elementus tieši no augsnes, bet dažas sugas spēj arī uzkrāt ķīmiskas vielas no gaisa [4, 5].

1.3. Paraugu sagatavošanas metodes

Vacot sēņu paraugus, vispirms ir jābūt skaidram mērķim – kādus komponentus sēņu paraugos ir jāanalizē. Tā pat pirms paraugu ņemšanas ir jāizveido paraugu ņemšanas, transportēšanas un uzglabāšanas stratēģija, maksimāli izslēdzot jebkuru piesārņošanas iespēju. Tā kā parasti sēnes lasa ar metālisku nazi, tad naža asmens, kas pārsvarā sastāv no dzelzs, var ienest piemaisījumu sēņu paraugā un metālisko elementu noteikšana būs nepareiza. Līdz ar to, sēnes vēlams lasīt, izmantojot PS nazi. Ievāktie sēņu paraugi jāievieto tīros paraugu transportēšanai paredzētos konteineros un pēc iespējas ātrāk nogādā laboratorijā. Laboratorijā sēņu paraugus attīra no augsnes, sagriež mazākās daļās un žāvē žāvēšanas skapī 60 – 70 °C (žāvēšanas temperatūra variē dažādos literatūras avotos) temperatūrā no 10 līdz 48 stundām [6]. Pēc žāvēšanas sēņu paraugus sasmalcina, homogenizē un uzglabā PE traukā vai maisiņā.

Literatūras avotos ir rakstīts, ka laboratorijas paraugu ir jāhomogenezē, lai dabūtu daļiņa izmērus intervālā no 0,15 mm līdz 0,30 mm diametrā. Ja daļiņas izmēri neatbilst, tad tos secīgi turpinā maisīt, homogenizēt un atkal maisīt [7].

Sausā pārpelnošanas metode. Metodes pamatā ir organiskās matricas iznīcināšana, lai tā netraucētu metālisko elementu noteikšanai. Sausās pārpelnošanas metodi veiksmīgi var pielietot sēņu paraugu sagatavošanā. jo šajā metodē nav lietotas koncentrētas skābes, kā arī ir minimizēts piesārņojums, ko varētu ienest ar papildus reaģentiem organiskās matricas sagraušanai [8].

Dažādas literatūras ir aprakstītas vairākas sausās pārpelnošanas metodes, savukārt metodes apraksti sakrīt ar to, ka sēnes paraugus, kuri satur augu eļļas un hitīnu (kas noārdas ļoti slikti), sagatavo tālākai analīzei tieši ar sauso mineralizāciju.

Metodes pamatā ir sēņu paraugu pārpelnošana mufelī temperatūras intervālā 650-700 °C ar pakāpenisku temperatūras paaugstināšanu. Pārpelnošanas kopējais laiks – vidēji 8 stundas. Iegūtos pelnus šķīdina koncentrētas HNO₃ šķīdumā. Šādi sagatavotais paraugs ir derīgs tālākai metālisko elementu noteikšanai [9].

Ja vēlas noteikt dzīvsudraba (Hg), selēna (Se) vai arsēna (As) saturu sēņu paraugos, tad šī metode nav derīga, jo iespējama metālisko elementu gaistamība [8].

Slapjās mineralizācijas metode mikroviļņu iekārtā. Sēņu paraugu sagatavošanai visbiežāk lieto tā saucamo slapjo mineralizāciju, kur paraugu mineralizē ar koncentrētu skābju maisījumu vai koncentrētas slāpekļskābes un 30% ūdeņraža peroksīda maisījumu, lietojot mikroviļņu iekārtu, paaugstinātā spiedienā un temperatūrā.

Slapjās mineralizācijas metodei mikroviļņu iekārtā, salīdzinājumā ar sauso pārpelnošanas metodi, var minēt šādas priekšrocības – diezgan ātra metode, efektīva paraugu sagatavošanas metode daudzelementu noteikšanai, var izvairīties no gaistošu elementu zudumiem un ir samazināts risks ienest piesārņojumu no gaisa vai no pašas iekārtas [10, 11].

Metodes pamatā ir paraugu mineralizācija slegtajā sistēmā ar palielinātu spiedienu. No 0,25 līdz 1,0 g (atkarībā no mineralizācijas iekārtas) izžāvētam paraugam pievieno 65-69 % koncentrētu HNO₃ un 30% H₂O₂. Mikroviļņu iekārtas darbības parametri jāprogrammē, lai analizējamo paraugu karsētu secīgi pa etapiem, kas ir atkarīgi no parauga dabas [10, 12, 13]. Programmēšanas parametru dažādību var redzēt 1.2. tabulā.

1.2. tabula

Mineralizācijas ar mikroviļņu iekārtas programmēšanas parametri [4, 15, 16]

Jauda, W	Uzsildīšanas temperatūra, °C	Uzsildīšanas laiks, min	Uzstūrēšanas temperatūra, °C	Uzstūrēšanas laiks, min
1548	200	10	200	15
1500	200	20	200	30
1200	200	10	200	15

Slapjā mineralizācijas metodē ar mikroviļņu iekārtu neiesaka lietot perhlorskābi kā mineralizācijas vielu, jo reakcijā ar organiskām vielām izdalās siltums (eksotermiskā reakcija), kā arī perhlorskābe gaisā ir stipri kūpošs šķīdums. Abu paraugusagatavošanas metožu salīdzinājums dots 1.3. tabulā.

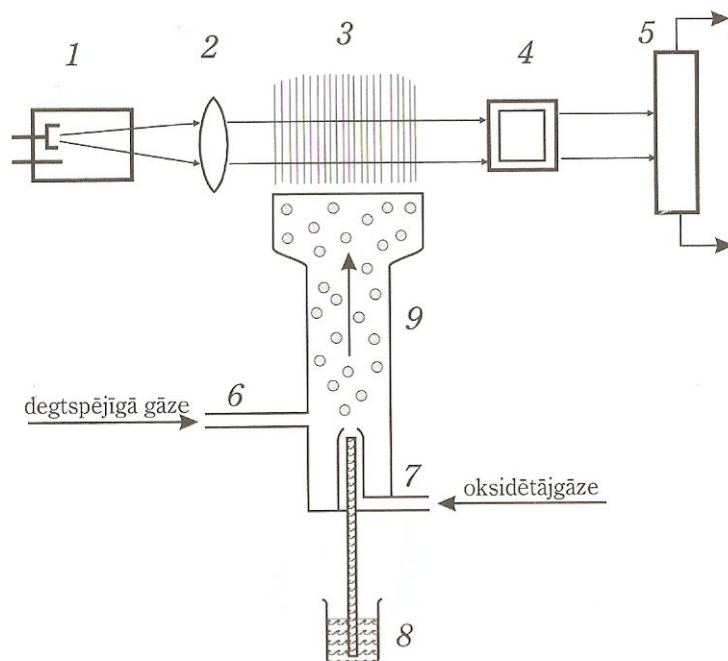
Abu paraugu sagatavošanas metožu salīdzinājums

<i>Sausā pārpelnošana</i>	+ diezgan vienkārša metode; + nav nepieciešamas papildvielas un reaģenti, izņemot pelnu šķīdināšanai	- ir nepieciešams mufelis; - ilgstošs pārpelnošanas laiks; - var būt gaistošo elementu zudumi.
<i>Mineralizācija mikroviļņu iekārtā</i>	+ atra; + mazāk reaģentu patēriņš; + var saglabāt gaistošos elementus paraugā; + augstāka rezultātu reproducējamība; + mineralizācijas process ir pilnīgi automatizēts.	- ir nepieciešams dārga mikroviļņa iekārta; - ja pēc parauga mineralizācijas skābes saturs ir liels, tad tas var traucēt ICP-MS noteikšanai.

Ar sauso pārpelnošanas metodi un slapjo mineralizācijas metodi mikroviļņu iekārtāsagatavotajos sēņu paraugos iespējams noteikt kadmija, svina, dzelzs, cinka, vara, mangāna, dažu sārņu metālisko, sārņzemju u.c. elementu koncentrācijas sēņu paraugos, lietojot tādas analīzes metodes kā atomabsorbcijas spektrometrijas metodes (FAAS un ETAAS) vai ICP-MS metodi.

1.4. Metālisku elementu kvantitatīvas noteikšanas metodes

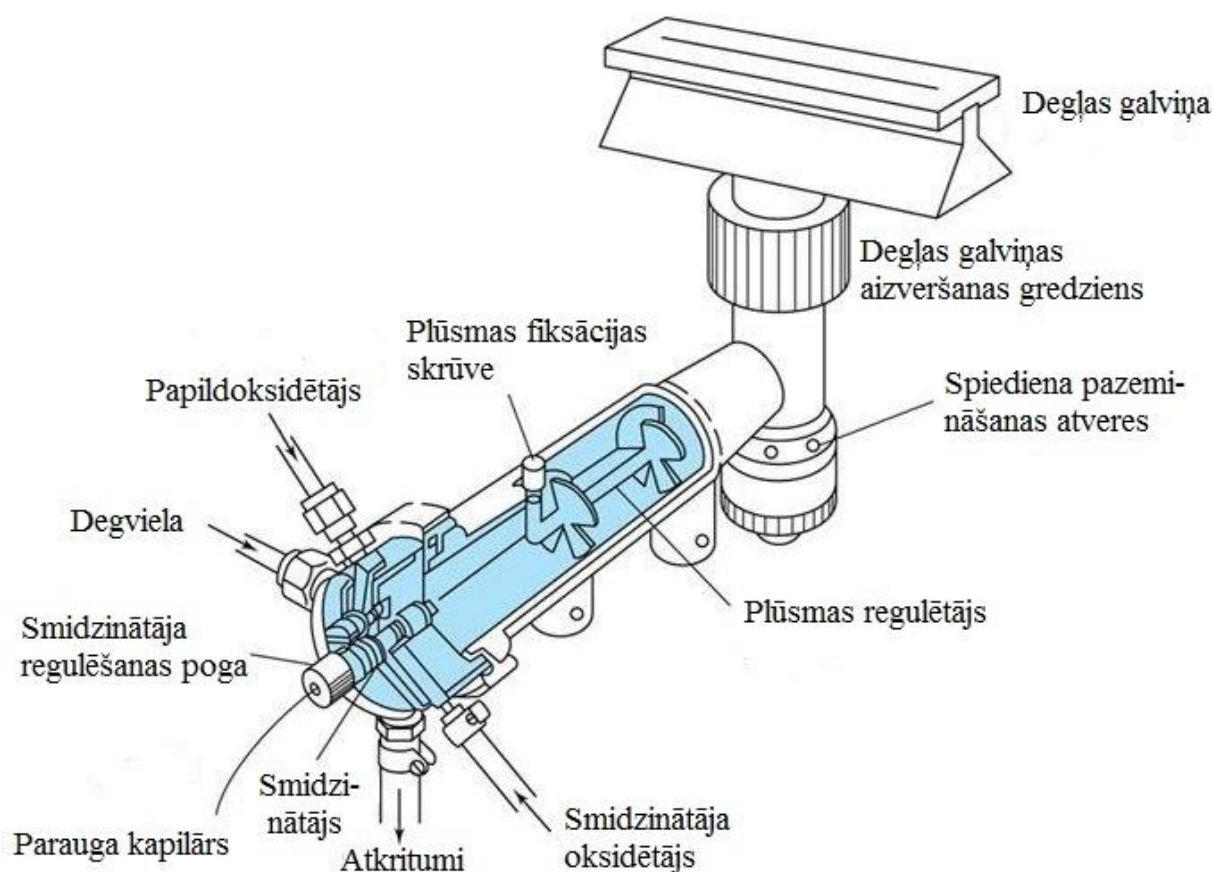
Liesmas atomabsorbcijas spektrometrija (FAAS). Liesmas atomabsorbciometrijas spektrometriju biežāk pielieto metālisko elementu masas koncentrācijas noteikšanai dažādos vides paraugos. Atomabsorbcijas spektrometra iekārta sastāv no trim galvenām sastāvdaļām – gaismas avots, parauga telpa (atomtvaika radīšanai) un detektors (specifiskās absorbētās gaismas detektēšanai) (skat. 1.2.att).



1.2. att. Liesmas atomabsorbciometra shematiska uzbūve (1 – dobā katoda lampa, 2 – lēca, 3 – liesma, 4 – monohromators, 5 – fotopavairotāju, 8 – vārglāzīte ar analizējamo šķīdumu, 9 – kamerā) [17]

Visbiežāk FAAS iekārtā pielieto dobā katoda lampu, kas kalpo par gaismas avotu. Dobā katoda lampas anods un katods atrodas slēgtā stikla caurulē, kas piepildīta ar inertiem gāzi (neonu vai argonu). Spiediens šajā dobā katoda lampas slēgtajā caurulē ir no 1 līdz 5 Pa. Inertās gāzes joni, kas atrodas slēgtajā caurulē bombardē metālu veidojošo katodu, līdz ar ko daži atomi pāriet ierosinātā stāvoklī. Atgriežoties pamatstāvoklī, ierosināti metāliskie atomi izstaro metālam raksturīgo elektromagnētisko starojumu [18].

Pirms paraugu ievadīšanas veic zināmas koncentrācijas elementu kalibrācijas līknes uzņemšanu. Ja kalibrācijas līkne ir uzņemta ar aproksimāciju, iegūstot korelācijas koeficientu 0,99, tad iespējama paraugā esošā elementa noteikšanai. Analizējamā parauga šķīdums nonāk smidzinātājkamerā pa kapilāru (skatīt 1.3. attēlu). Smidzinātājkamerā mazie pilieni (~5 μm) tiek pārvērsti aerosolā, kas tālāk tiek ievadīts liesmā. Ja veidojas pārāk liela izmēra pilieni, tad tie notek atkritumu konteinerā.



1.3. att. FAAS atomizatora shēma [19]

Mūsdienās visbiežāk lieto degļi ar spraugas garumu 10 cm, līdz ar to tā ir optimāla absorbcijas mērījumiem liesmas sistēmā acetilēns un gaiss. Visbiežāk izmantojamo degļa temperatūru diapazons ir no 2200-3300 °C. Dažādu gāzu maisījumu temperatūru vērtības dotas 1.4. tabulā.

1.4. tabula

Gāzu maisījumu temperatūras vērtības [18]

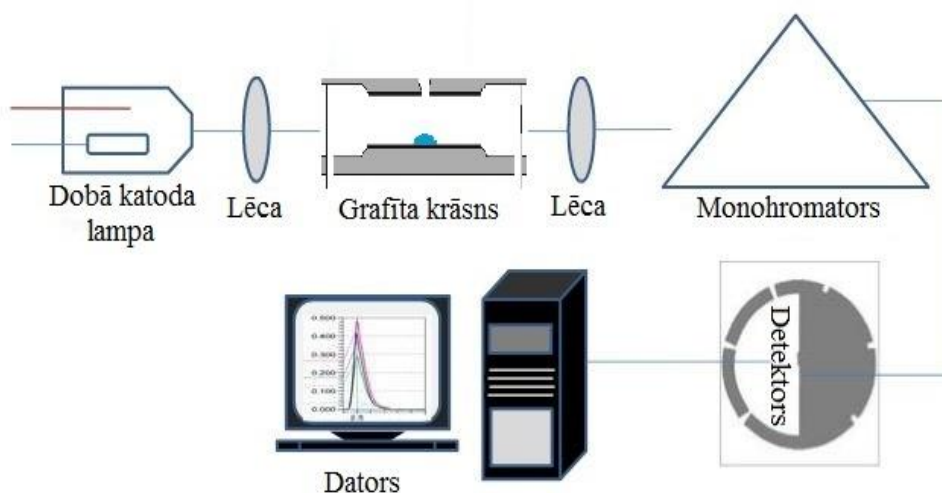
Gāzu maisījums	Temperatūra, °C
Ogļūdeņradis (metāns, propāns-butāns) – gaiss	1900
Ūdeņradis – gaiss	2050
Acetilēns – gaiss	2250
Ūdeņradis – skābeklis	2600
Acetilēns – dislāpekļa oksīds	2700
Acetilēns – skābeklis	3100

No analizējama šķīduma vispirms iztvaikojas šķīdinātājs, līdz ar ko veidojot cietās aerosola daļiņas (sāļu mikrokristāli), pēc tam zaudē kristalizācijas ūdeni (ja tāds bijis), tad vielas kristāli pārvēršas par molekulāro tvaiku. Karstākos liesmas temperatūras reģionos

notiek molekulu termiskā disociācija – veidojas pamatstāvoklī esošie atomi (atomu absorbcijas mērījumiem var būt izmantotas tikai šīs daļiņas) [18].

Tālāka temperatūras paaugstināšana izraisa atomu jonizāciju. Lai izveidotais atomtvaiks būtu pēc iespējas intensīvi absorbēts, tad to iegūst ar monohromatora palīdzību. Monohromators laiž cauri tikai nepieciešamo analītiskā signāla starojumu. Savukārt, fotopavairotājs pārvērš ejošo starojumu no monohromatora kā elektrisko signālu, iegūstot caurlaidībai absorbciju.

Elektrotermālā atomabsorbciometrijas spektrometrija (ETAAS). ETAAS ir atomabsorbciometrijas spektrometrijas veids, kurā par atomizatoru izmanto kivetu ar grafīta pārklājumu, kuru elektriski karsē. 1.4. attēlā ir rādīta elektrotermālā atomabsorbciometra principiālā shēma.



1.4. att. Elektrotermālā atomabsorbciometra shematiska uzbūve [20]

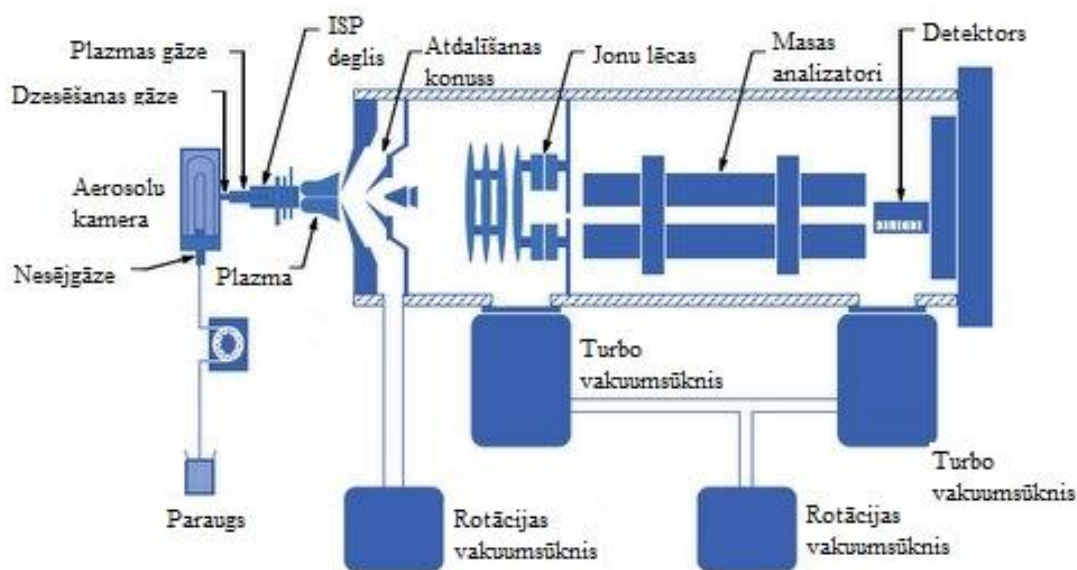
Liesmas atomizatora vietā ETAAS iekārtā tiek lietota grafīta krāsns, kas sastāv no grafīta cilindriskas caurules, kas ir atvērta no abām pusēm, tās garums ir no 18 līdz 28 mm ar iekšējo diametru no 6 līdz 10 mm. Caurules vidū ir mazs caurums, kur automātiski iepilina paraugu ar tilpumu 5 – 20 μL un iekšā atrodas inertā gāze – argons (lai iekšā nebūtu gaisa) [18].

Atšķirība starp FAAS un ETAAS ir saistīta ar elementa noteikšanas robežām un vienlaicīgu noteikšanu skaitu. FAAS lieto, lai noteiktu elementu koncentrāciju parauga robežās no 1 līdz 100 $\mu\text{g/L}$. Savukārt, ETAAS lieto robežās no 0,1 līdz 100 ng/L . Tajā laikā, ETAAS ir daudz lenākā metode, nekā FAAS.

Induktīvi saistītās plazmas masspektrometrija (ICP-MS). Induktīvas saistītās plazmas masspektrometrija ir efektīvāka kvantitatīvās noteikšanas metode vairākiem elementiem, jo noteikšanas ierobežojums ir ar ppt jeb $1 \cdot 10^{-12}$ daudzuma mērvienībām. Visus elementus var noteikt sakot no 2 līdz 6 minūtēm; īstermiņa precizitāte 1-3%, ilgtermiņa – $> 5\%$; parauga

izmantošana, bet salīdzinoši lielas izmaksas. Induktīvi saistītās plazmas masspektrometrijas (ICP-MS) iekārtas shēmu var apskatīt 1.6. attēlā [18].

Šajā metodē par atomizatoru ir lietota plazma, kam ir pietiekoši liela enerģija, lai atomizētu un jonizētu pilnīgi visus periodiskās sistēmas elementus. Induktīvi saistītā plazma veidojas sasaistoties radioviļņu frekvences ģeneratora enerģijai ar elektromagnētisko lauku. ICP-MS ir piemērota jebkuram elementam. Analīzes laikā iegūst aerosolu ar dažādu daļiņu izmēriem, kuri ar smidzinātāja palīdzību tiek ievadīti plazmā. Tad, kad aerosols sasniedz karstāko plazmas daļu, šķīdinātājs ietvaicējas un izveidojas sausais aerosols, kas tālāk sadalās molekulās un atomos, sasniedzot karstāko plazmas vietu [21].



1.5. att. Induktīvi saistītās plazmas masspektrometrijas (ICP-MS) iekārtas shēma [22]

Masspektrometā daļā atsevišķi joni tiek izolēti un tiek mērīts jonu koncentrācija parauga šķīdumā. Masspektrometrs ir masas filtrs, kas izdalā no vairākiem multijoniem noteiktus jonus ar masas un lādiņa attiecībām (m/z). Atdalot šādas daļiņas, joni tiek vērsti uz detektoru, lai nomērītu katru individuālo jonu (izotopu) radīto strāvas stiprumu, kas ir tieši proporcionāls jonu koncentrācijai paraugā [23, 24].

2.EKSPERIMENTĀLĀ DAĻA

2.1. Izmantotie trauki, iekārtas un reaģenti

Iekārtas

- KERN 440-33 laboratorijas sviri ($\pm 0,01$ g), sērijas numurs WC9912659;
- Analītiskie sviri Mettler Toledo Me204 ($\pm 0,1$ mg);
- Žāvēšanas skapis Memmert Excellent ($t_{\max} = 250$ °C);
- Mikroviļņu iekārtas sistēma Milestone Start E. Ražotājs: Milestone S.r.l., Itālija.
- Induktīvi saistītās plazmas masspektrometrs PerkinElmer SCIEX – ELAN DRC-e. Ražotājs: PerkinElmer, ASV.

Trauki

- Petri trauciņi;
- Pulkstenstikliņi;
- Laboratorijas dzirnaviņa;
- Mikropipete 2-20 μL ($\pm 0,8$ μL);
- Mikropipete 40-400 μL ($\pm 0,6$ μL);
- Mikropipete 100-1000 μL ($\pm 0,6$ μL);
- Mikropipete 500-5000 μL ($\pm 0,6$ μL);
- PP stobriņi, 15 mL ($\pm 0,25$ mL);
- Merkolbas, B klase, 100 mL ($\pm 0,2$ mL).

Reaģenti

- Slāpekļskābe HNO_3 65 %. Suprapur. Ražotājs: Merck kGaA, Vācija.
- Ūdeņraža peroksīds H_2O_2 30%. Suprapur. Ražotājs: Merck kGaA, Vācija.
- Vara standartšķīdums $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, $\gamma=1001\pm 2$ mg/L 0,5 mol/L HNO_3 šķīdumā. Ražotājs: Merck kGaA, Vācija.
- Svina standartšķīdums $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, $\gamma=1000\pm 2$ mg/L 0,5 mol/L HNO_3 šķīdumā. Ražotājs: Merck kGaA, Vācija.
- Mangāna standartšķīdums $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$, $\gamma=1002\pm 2$ mg/L 0,5 mol/L HNO_3 šķīdumā. Ražotājs: Merck kGaA, Vācija.
- Cinka standartšķīdums $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$, $\gamma=1001\pm 2$ mg/L 0,5 mol/L HNO_3 šķīdumā. Ražotājs: Merck kGaA, Vācija.

- Kadmija standartšķīdums $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$, $\gamma=1001\pm 2$ mg/L 0,5 mol/L HNO_3 šķīdumā. Ražotājs: Merck kGaA, Vācija.
- Dzelza standartšķīdums $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$, $\gamma=999\pm 2$ mg/L 0,5 mol/L HNO_3 šķīdumā. Ražotājs: Merck kGaA, Vācija.
- Nikeļa standartšķīdums $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$, $\gamma=1001\pm 2$ mg/L 0,5 mol/L HNO_3 šķīdumā. Ražotājs: Merck kGaA, Vācija.
- Standartšķīdums ICP-MS-68A-A. 10 mg/L, 2% HNO_3 . Al, As, Ba, Be, Bi, B, Cd, Ca, Ce, Cs, Cr, Co, Cu, Dy, Er, Eu, Gd, Ga, Ho, In, Fe, La, Pb, Li, Lu, Mg, Mn, Nd, Ni, P, K, Pr, Re, Rb, Sm, Sc, Se, Na, Sr, Tb, Th, Tm, U, V, Yb, Y, Zn. Ražotājs: High Purity Standards.
- Dejonizētais ūdens ar elektrovadītspēju 0,055 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

2.2. Šķīduma pagatavošana

Vara standartšķīdums ($\gamma = 1$ mg/L): 15 mL PP stobriņā 1001 mg/L standartšķīduma pārnesa 15 μL ar mikropipeti un atšķaidīja ar dejonizēto ūdeni līdz atzīmei.

Cinka standartšķīdums ($\gamma = 10$ mg/L): 150 mL PP stobriņā 1002 mg/L standartšķīduma pārnesa 15 μL ar mikropipeti un atšķaidīja ar dejonizēto ūdeni līdz atzīmei.

Dzelza standartšķīdums ($\gamma = 100$ mg/L): 1500 mL PP stobriņā 999 mg/L standartšķīduma pārnesa 15 μL ar mikropipeti un atšķaidīja ar dejonizēto ūdeni līdz atzīmei.

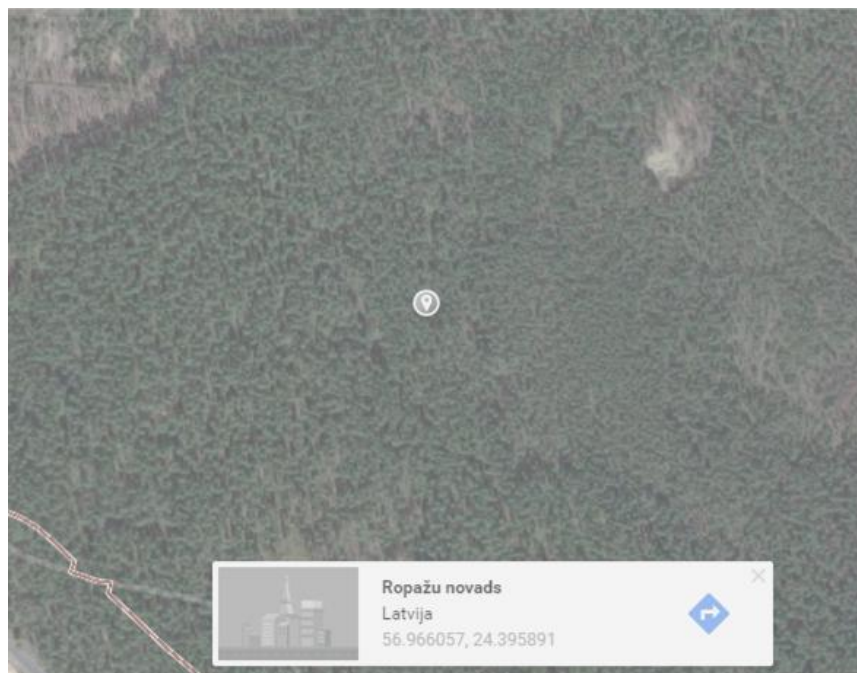
Mangāna standartšķīdums ($\gamma = 100$ mg/L): 1500 mL PP stobriņā 1002 mg/L standartšķīduma pārnesa 15 μL ar mikropipeti un atšķaidīja ar dejonizēto ūdeni līdz atzīmei.

Svina standartšķīdums ($\gamma = 1$ mg/L): 15 mL PP stobriņā 1000 mg/L standartšķīduma pārnesa 15 μL ar mikropipeti un atšķaidīja ar dejonizēto ūdeni līdz atzīmei.

Kadmija standartšķīdums ($\gamma = 1$ mg/L): 15 mL PP stobriņā 1001 mg/L standartšķīduma pārnesa 15 μL ar mikropipeti un atšķaidīja ar dejonizēto ūdeni līdz atzīmei.

2.3. Sēņu paraugu ņemšana

Sēņu lasīšana. Sēņojot ir jāatceras, ka augļķermeņus – micēlijas ir jāatstāj augsnē. Ievacot sēnes, izmantojot PS nazi, nogrieza sēnes pie kātiņa pamatnes, lai pamatne paliktu augsnē [1]. Sēņu paraugi bija salasīti Ropažu novada mežā (skatīt 2.1.attēlā), attālināti no lielas braukšanas ceļa. Paraugu ņemšanas datums – 2016. gada 16. septembris. Kopumā bija ievākti 8 dažāda vecuma sēņu paraugi – Parastās gailenes (*Cantharellus cibarius*), Violetzaļā bērzlape (*Russula cyanoxantha*), Meža atmatene (*Agaricus sylvaticus*) un Lāču samtbeķa (*Boletus badius*).



2.1. att. Sēņu paraugu aptuvena ņemšanas vieta (koordinātes 56°57'57.8"N 24°23'45.2"E)

2.4. Sēņu paraugu priekšapstrāde

Sēņu paraugu attīrīšana, griešana, svēršana un žāvēšana. Ievāktās sēnes attīra no augsnes daļiņām, skuļām, lapām un citiem redzamiem piejaukumiem. Attīrīto sēņu paraugus sašķiroja atbilstoši sugai un sēņu augšanas ilgumam (1 diena un 2-3 dienas). Tālāk lielākas sēnes ar PS nazi sadala mazākās daļās un nosver uz Petri trauciņiem.

Nosvērtos sēņu paraugus ievieto žāvēšanas skapī 70 °C temperatūrā uz 48 stundām. Paraugu žāvē līdz konstantai masai. Pēc parauga atdzesēšanas, tos atkārtoti nosver un aprēķina sēņu mitrumu %. Rezultātus var redzēt 2.1. tabulā.

Atkārtoti nosvertos, izžāvētos sēņu paraugus ievietoja marķētos PE-LD maisiņos ar aizdari. Tos atstāja tumšā, sausā vietā, lai izvairoties no saules staru, mitruma un citu potenciālo piesārņotāju ietekmes.

Mitruma satura noteikšana sēņu paraugos. Mitrums ir ūdens masu analizējamā paraugā, kuru nosaka, aprēķinot svērumu starpību pirms un pēc žāvēšanas:

$$\omega_{H_2O,\%} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100\% , \quad (2.1.)$$

kur: $\omega_{H_2O,\%}$ – mitrums, %;
 m_1 – sēņu paraugu masa pirms žāvēšanas;
 m_2 – sēņu paraugu masa pēc žāvēšanas.

Sēņu paraugu mitruma % noteikšanas rezultātu tabula

Sēņu paraugu kods	Sēņu paraugu masa pirms žāvēšanas m_1 , g	Sēņu paraugu masa pēc žāvēšanas m_2 , g	Sēņu paraugu masa starpība pirms un pēc žāvēšanas Δm , g	Mitrums, %
CC_1_16.09.16	10,70	1,39	9,31	87
CC_2_16.09.16	6,26	0,69	5,57	89
RC_1_16.09.16	13,01	1,54	11,47	88
RC_2_16.09.16	12,32	1,62	10,70	87
AS_1_16.09.16	48,74	3,91	44,83	92
AS_2_16.09.16	3,28	0,36	2,92	89
BB_1_16.09.16	35,56	3,30	32,26	91
BB_2_16.09.16	12,86	2,74	10,12	79
Vidēja vērtība:				88

2.5. Sēņu paraugu pārpelnošana un slapjā mineralizācija

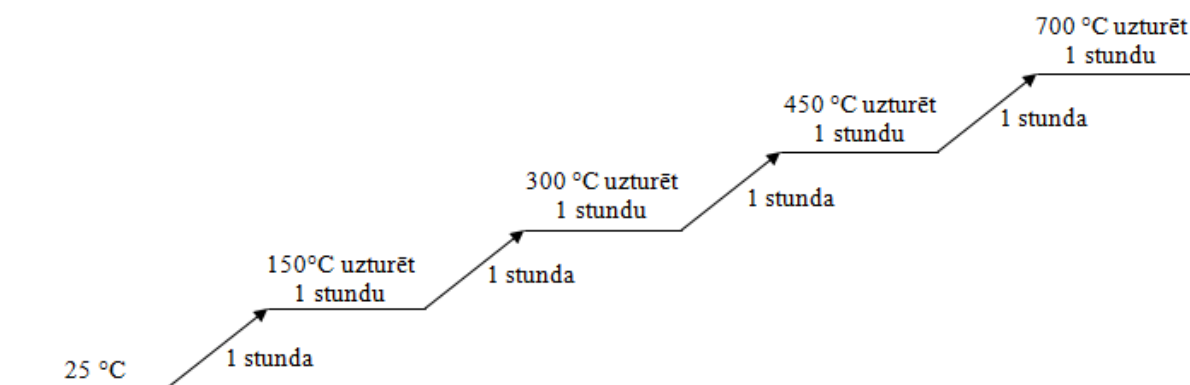
Sēņu paraugu sagatavošana un pārpelnošana. Sēņu paraugi, kas bija iepriekš izžāvētie, sahomogenizē ar laboratorijas dzirnaviņu. Sausai pārpelnošanai bija izvēlēti paraugi ar kodiem BB_1, BB_2, RC_1, RC_2 un sagatavoti šitake sēņu paraugi ar kodiem Š_1, Š_2 un Š_3, kur paraugu masa ir 0,5 g ($\pm 0,1$ mg). Paraugu masas var redzēt 2.2. tabulā.

2.2. tabula

Sēņu paraugu iesvari sausai pārpelnošanai

Parauga kods	DA_BB_1	DA_BB_2	DA_RC_1	DA_RC_2	DA_Š_1	DA_Š_2	DA_Š_3
Iesvars, g	0,5015	0,5022	0,5002	0,5012	0,5008	0,5004	0,5017

Visi 7 sahomogenizēti un nosvērti sēņu paraugi tika pārberti kvarca tīģelī un uzkārsēti uz elektriskā plītiņa līdz 250 °C, vēlāk atdzesēti līdz istabas temperatūrai. Tālāk paraugi tika pārpelnoti mufelī pēc shēmas, kuru var redzēt 2.2. attēlā.



2.2. att. Sēņu paraugu pārpalnošanas metodes uzsildīšanas shēma

Nākamajā dienā sēņu paraugi tika izšķīdināti ~3 mL koncentrēta slāpekļskābē un atšķaidīti līdz 15 mL ar dejonizēto ūdeni PP stobriņās.

Slapjā mineralizācija mikroviļņa iekārtā. Tā kā mikroviļņu iekārtā bija 10 paraugu ievietošanas veseli (teflona stobriņi), tad sagatavoja sekojošus paraugus ar masu 0,25 g ($\pm 0,1$ mg), bet 10. veselī - tukšajam paraugam. 8. un 9. veselī papildus tika pievienotas piedevas (40 μ g vara, 40 μ g cinka, 15 μ g dzelzs, 15 μ g mangāna, 3 μ g svina un 3 μ g kadmija). Katrā veselī pievienoja 5 mL koncentrētas slāpekļskābes un pēc laika 1 mL 30% ūdeņraža peroksīda šķīdumu. Informāciju par paraugiem var apskatīt 2.3. tabulā.

2.3. tabula

Sēņu paraugi mineralizācijai mikroviļņu iekārtā

Parauga kods	Iesvars, g	+HNO ₃ , mL	+H ₂ O ₂ , mL	Piedevas, mL					
				Cu ($\gamma=1$ mg/L)	Zn ($\gamma=10$ mg/L)	Fe ($\gamma=100$ mg/L)	Mn ($\gamma=100$ mg/L)	Pb ($\gamma=1$ mg/L)	Cd ($\gamma=1$ mg/L)
MV_BB_1	0,2508	5	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MV_BB_2	0,2516			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MV_RC_1	0,2508			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MV_RC_2	0,2518			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MV_Š_1	0,2532			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MV_Š_2	0,2517			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MV_Š_3	0,2485			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MV_Š_P1	0,2512			4,0	6,5	4,5	4,0	3,7	0,15
MV_Š_P2	0,2501			4,0	6,5	4,5	4,0	3,7	0,15
Tukšais	0,0000			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Pēc tam, kad sēņu paraugi beidza putot, mineralizācijas traukus aizvēra un ievietoja mikroviļņu krasnī. Mineralizācijas process bija ieregulēts: 30 minūtes vienmērīgi karsējās līdz 170 °C temperatūrai ar jaudu 600W un 30 minūtes izturēja 170 °C temperatūrā; jauda 500W.

Pēc mineralizācijas procesa un iekārtas dzesēšanas, paraugu šķīdumi tika kvantitatīvi pārnesti no teflona vesoļiem un atšķaidīti līdz 15 mL PP stobriņos, izmantojot dejonizētu ūdeni.

2.6. Metālisko elementu noteikšana sēņu paraugos ar FAAS un ICP-MS metodēm

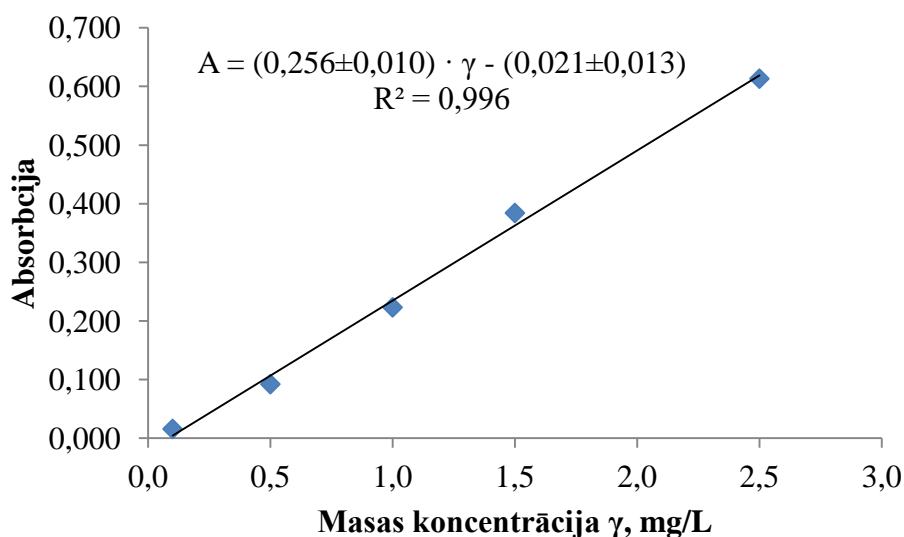
Kalibrēšanas grafika kontrūšana FAAS metodei. Kalibrēšanas grafika uzņemšanai tika pagatavoti nepieciešamas koncentrācijas šķīdumi 50 mL B klases mērkolbās no rūpnieciski ražotā standartšķīduma, kura masas koncentrācija ap 1000 mg/L. Standartšķīduma ņemti tilpumi un atbilstošās masas koncentrācijas visiem elementiem tiek apkopotas 2.4. tabulā.

2.4. tabula

Elementu standartšķīduma ņemti tilpumi un koncentrācijas kalibrācijas grafikam

Cu		Fe		Zn		Mn		Ni	
<i>V</i> , μL	<i>γ</i> , mg/L	<i>V</i> , μL	<i>γ</i> , mg/L	<i>V</i> , μL	<i>γ</i> , mg/L	<i>V</i> , μL	<i>γ</i> , mg/L	<i>V</i> , μL	<i>γ</i> , mg/L
5	0,1	100	2,0	50	1,0	100	2,0	-	-
25	0,5	200	4,0	100	2,0	200	4,0	200	4,0
50	1,0	300	6,0	150	3,0	300	6,0	300	6,0
75	1,5	400	8,0	200	4,0	400	8,0	400	8,0
125	2,5	500	10,0	250	5,0	500	10,0	500	10,0

Pēc kalibrēšanas datiem uzzīmēja kalibrēšanas līknes $A = f(\gamma)$. Iegūto vara kalibrācijas līkni var apskatīt 2.3. attēlā, parējas kalibrēšanas līknes 2.pielikumā.



2.3. att. Kalibrēšanas grafiks vara masas koncentrācijas noteikšanai

Kalibrēšanas grafika kontrūšana ICP-MS metodei. Kalibrēšanas grafika uzņemšanai tika pagatavoti nepieciešamas koncentrācijas šķīdumi 50 mL B klases mērkolbās no

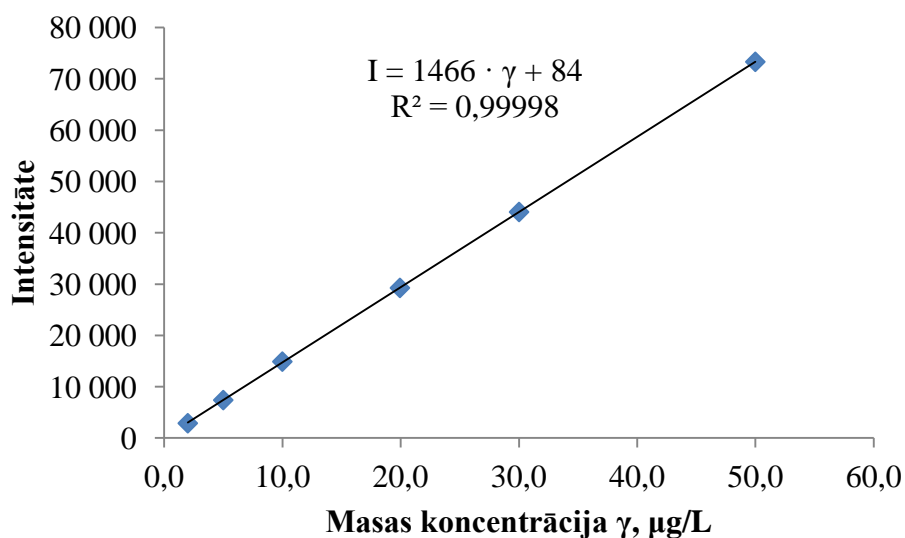
rūpnieciski ražotā standartšķīduma, kura masas koncentrācija ap 10 mg/L. Standartšķīduma ņemti tilpumi un atbilstošās masas koncentrācijas visiem elementiem tiek apkopotas 2.5. tabulā.

2.5. tabula

Elementu standartšķīduma ņemti tilpumi un koncentrācijas kalibrācijas grafikam

Cu, Cd, Zn, Mn, Ni, Pb	
<i>V, μL</i>	<i>γ, μg/L</i>
10	2,0
25	5,0
50	10,0
100	20,0
150	30,0
250	50,0

Pēc kalibrēšanas datiem uzzīmēja kalibrēšanas līknes $I = f(\gamma)$. Iegūto kadmija kalibrācijas līkni var apskatīt 2.4. attēlā, parējas kalibrēšanas līknes 3.pielikumā.

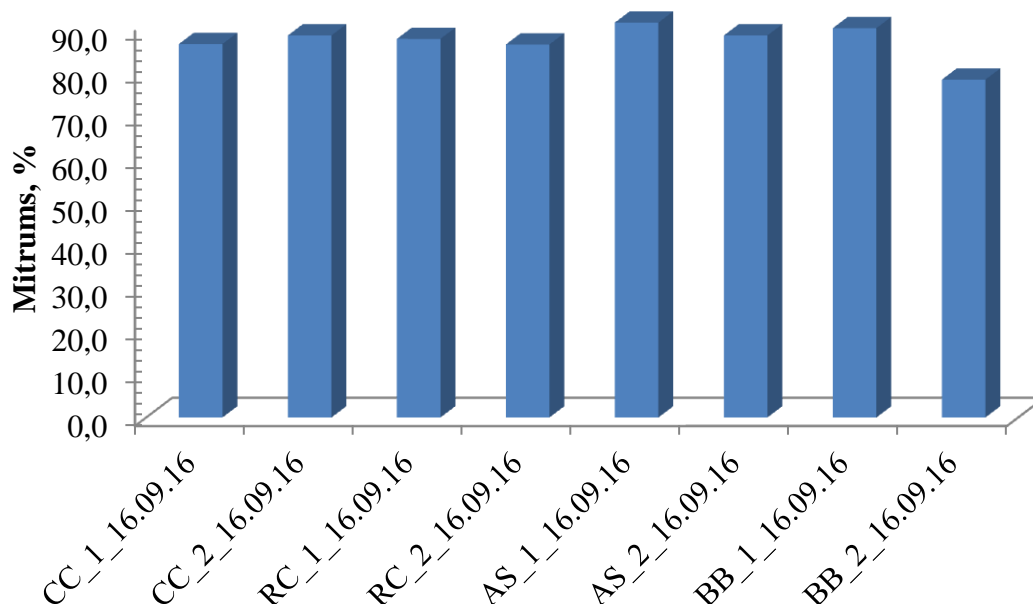


2.4. att. Kadmija masas koncentrācijas atkarības kalibrācijas grafiks no intensitātes

3.REZULTĀTI UN TO IZVĒRTĒJUMS

3.1. Rezultāti

Mitruma noteikšana sēņu paraugos. Mitrums sēņu paraugos bija noteikts kā starpība starp masām pirms un pēc žāvēšanas un dalot uz masu pirms žāvēšanas, un izteikta procentos. Sēņu paraugu mitrumu var redzēt 3.1. attēlā.



3.1. att. Sēņu paraugu mitruma (%) diagramma

Masas koncentrācijas un masas daļas noteikšana sēņu paraugos ar FAAS. Pēc uzņemtām kalibrēšanas grafikiem, veica paraugu šķīdumu absorbcijas mērīšanu. 4. pielikuma 1. tabulā var redzēt apkopotus mērījumus. Iegūtajiem rezultātiem tiek rēķināta standartnovirze un drošības intervāla pusplatums pie varbūtības 0,95. Aprēķinu piemērs:

$$\omega = \frac{(\gamma_{Cu} - \gamma_{tukš}) \cdot V}{m_{iesv}} = \frac{(0,44 \text{ mg/L} - 0,13 \text{ mg/L}) \cdot 0,015 \text{ L} \cdot 1000}{0,2508 \text{ g}} = 18,5 \text{ } \mu\text{g/g}$$

$$Sn = \sqrt{\frac{(\omega_1 - \omega_{vid})^2 + (\omega_2 - \omega_{vid})^2 + (\omega_3 - \omega_{vid})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{(18-19)^2 + (21-19)^2 + (17-19)^2}{3-1}} = 1,8 \text{ } \mu\text{g/g}$$

$$DIP = \frac{t_{0,95;n} \cdot Sn}{\sqrt{n}} = \frac{4,30 \cdot 1,8}{\sqrt{3}} = \pm 4,5 \text{ } \mu\text{g/g}$$

3.1. tabulā var redzēt apkopotus elementu masas koncentrācijas ($\mu\text{g/L}$) un masas daļas ($\mu\text{g/g}$) sēņu paraugos ar FAAS noteikšanas metodi.

Elementu masas koncentrācijas un masas daļas vērtības ar FAAS metodi

Paraugu kodi	Cu		Zn		Fe		Mn		Ni	
	γ , $\mu\text{g/L}$	ω , $\mu\text{g/g}$	γ , mg/L	ω , mg/g	γ , mg/L	ω , mg/g	γ , $\mu\text{g/L}$	ω , $\mu\text{g/g}$	γ , mg/L	ω , mg/g
DA_BB_1	422±27	13±1	5,21± 0,05	156±1	293,42 ±0,94	8,78± 0,08	108 ±4	3,26± 0,27	20,58 ±1,05	615 ±31
DA_BB_2	378±49	11±1	6,82± 0,07	201±2	41,03 ±3,26	1,23± 0,10	55±2	1,66± 0,06	6,75± 0,35	206 ±20
DA_RC_1	2193 ±165	64±8	4,84± 0,08	145±3	33,71 ±0,44	1,01± 0,01	167±4	4,98± 0,08	7,71± 2,32	231 ±70
DA_RC_2	709±76	22±4	3,53± 0,07	106±2	40,11 ±0,13	1,20± 0,01	114±2	3,42± 0,07	10,26 ±1,98	307 ±59
DA_Š_1	367±49	11±1	8,66± 0,02	259±1	52,92 ±2,94	1,58± 0,09	228±1	6,85± 0,01	10,69 ±4,18	320 ±124
DA_Š_2	440±76	13±2	8,59± 0,18	257±5	50,09 ±0,63	1,50± 0,01	297±2	8,89± 0,11	23,42 ±1,74	701 ±49
DA_Š_3	340±78	10±2	7,32± 0,86	206±18	50,67 ±0,56	1,52± 0,02	257 ±1	7,70± 0,03	12,37 ±0,81	370 ±24
Tukšais	12±3	-	2,01± 0,20	-	26,23 ±3,50	-	0,22 ±0,02	-	5,57 ±3,38	-
MV_BB_1	441±17	18±1	3,33± 0,06	323±4	296,87 ±9,08	15,85 ±0,38	12±2	0,73± 0,18	24,55 ±1,51	1096 ±69
MV_BB_2	423±83	17±5	2,88± 0,05	295±3	35,87 ±1,25	0,47± 0,06	6±1	0,36± 0,04	8,70 ±1,86	229 ±14
MV_RC_1	1810±55	99±6	3,17± 0,18	308±1	27,88 ±0,63	0,21± 0,01	29±1	1,72± 0,04	8,11 ±0,02	144 ±49
MV_RC_2	889±21	45±8	4,62± 0,14	401±15	32,48 ±0,13	0,41± 0,21	39±1	2,34± 0,06	8,21 ±0,81	242 ±21
MV_Š_1	206±37	4±0	4,84± 0,14	405±8	34,14 ±0,19	0,48± 0,27	35±2	2,03± 0,13	11,22 ±3,72	376 ±34
MV_Š_2	281±27	13±1	4,58± 0,21	393±8	40,77 ±1,06	0,82± 0,02	52±1	3,07± 0,09	8,50 ±0,23	136 ±14
MV_Š_3	267±21	10±6	4,16± 0,20	375±8	36,95 ±3,32	0,57± 0,01	31±2	1,87± 0,13	6,72 ±0,46	76 ±28
MV_Š_P1	510±34	20±1	8,96± 0,09	658±9	65,71 ±0,81	2,35± 0,01	57±1	3,40± 0,03	10,75 ±3,72	379 ±5
MV_Š_P2	631±48	31±5	8,72± 0,16	646±14	64,59 ±2,91	2,21± 0,03	59±1	3,53± 0,05	8,47 ±1,05	186 ±84

Masas koncentrācijas un masas daļas noteikšana sēņu paraugos ar ICP-MS. Pēc 3.2. tabulas var redzēt apkopotus aprēķinus.

Masas koncentrācijas un masas daļas noteikšana sēņu paraugos ar ICP-MS.

Paraugu kodi	Cd		Cu		Pb		Ni		Mn		Zn	
	γ , $\mu\text{g/L}$	ω , $\mu\text{g/g}$	γ , $\mu\text{g/L}$	ω , $\mu\text{g/g}$	γ , $\mu\text{g/L}$	ω , $\mu\text{g/g}$	γ , mg/L	ω , mg/g	γ , $\mu\text{g/L}$	ω , $\mu\text{g/g}$	γ , mg/L	ω , mg/g
DA_BB_1	180	5,4	444	13,3	254	7,6	18,0	0,54	112	3,3	5,7	0,2
DA_BB_2	85	2,5	392	11,7	36	1,1	10,5	0,31	49	1,5	6,2	0,2
DA_RC_1	37	1,1	2641	79,2	80	2,4	11,4	0,34	185	5,5	4,7	0,1
DA_RC_2	36	1,1	687	20,6	163	4,9	12,6	0,38	116	3,5	3,4	0,1
DA_Š_1	43	1,3	297	8,9	372	11,1	8,3	0,25	272	8,1	7,8	0,2
DA_Š_2	50	1,5	376	11,3	199	6,0	19,9	0,60	311	9,3	8,5	0,3
DA_Š_3	45	1,3	325	9,7	449	13,4	15,0	0,45	262	7,8	6,6	0,2
Tukšais	2	-	15	-	5	-	1,6	-	0,3	-	1,3	-
MV_BB_1	25	1,5	437	26,1	92	5,5	26,1	1,56	10	0,60	3,4	0,2
MV_BB_2	0,5	0,03	401	23,9	245	14,6	5,4	0,32	5	0,30	3,0	0,2
MV_RC_1	8	0,5	1898	113,5	73	4,4	7,2	0,43	31	1,85	3,6	0,2
MV_RC_2	12	0,7	873	52,0	135	8,0	7,0	0,42	40	2,38	4,9	0,3
MV_Š_1	10	0,6	247	14,6	343	20,3	11,3	0,67	35	2,07	4,8	0,3
MV_Š_2	14	0,8	319	19,0	179	10,7	8,5	0,51	55	3,28	5,1	0,3
MV_Š_3	10	0,6	284	17,1	386	23,3	9,1	0,55	31	1,87	3,8	0,2
MV_Š_P1	18	1,1	492	29,4	607	36,2	13,6	0,81	62	3,70	9,2	0,5
MV_Š_P2	28	1,7	645	38,7	452	27,1	7,6	0,46	68	4,08	8,6	0,5

3.2. Rezultātu izvērtējums

Kopumā mitruma saturs sēņu paraugos ir robežās no 78 līdz 92 %. Literatūrā ir aprakstīts, ka sēņu vidējais mitrums ir robežās no 70 līdz 90 %. Savukārt sēņu mitruma vērtība ir atkarīga no sēņu parauga vecuma, no sēņu sugas, no vietas, kur aug sēnes, no laikapstākļiem [25].

Salīdzinājumā ar literatūras datiem, sēņu paraugu mitruma vērtība % aptuveni sakrīt. Publikācijās ir rakstīts, ka piemērs – Parastās gailenes (*Cantharellus cibarius*) – sēņu mitrums ir aptuveni 90 – 94 %, bet tas vērtība ir atkarīga no laikapstākļiem un vietas, kur aug sēnes, kā arī sēņu paraugu žāvēšanas metodi.

Citā publikācijā ir rakstīts, ka sēnes nav rekomendēts žāvēt augstāk par 70 – 75 °C, jo tad saturošas organiskās vielas (proteīni, karbohidrāti, lipīdi un vitamīni) var sadalīties, līdz ar to mēs varam pazaudēt īstas sausnes masu [26].

Pēc literatūras datiem var spriest, ka 70 – 95 % no sēņu masas ir ūdens, tad parējas 5 – 30 % ir organiskās un neorganiskā vielas. Analizējot sēņu paraugus bieži nosaka sēnes mitrumu, lai analizējot sēņu sausni varētu aprēķināt organiskās vai neorganiskās vielas koncentrāciju paraugā.

Tā kā ir zināms no vairākām zinātniskām publikācijām, ka sēnes var kalpot par bioindikatoriem jeb apkārtējas vides piesārņojumu akumulējošo avotu, kas norāda cik daudz akumulē metāliskos elementus, tajā skaitā smāgos metālus, kas ir bīstami cilvēka un citiem meža dzīvniekiem. Sēņu auglķermenī uzkrāj vairākas vielas un elementus tieši no augsnes, bet dažas sugas spēj arī uzkrāt ķīmiskas vielas arī no gaisa kopā ar mitrumu [4, 5].

Lai noteiktu metāliskos elementus kā Fe, Zn, Mn, Cu, Pb un Cd sēņu paraugos, bija izvēlētas divas metodes FAAS un ICP-MS. Novērtējot vairākas publikācijas, secināju, ka tādus metāliskos elementus kā Fe, Zn, Mn un Cu var noteikt gan ar liesmas atomabsorbcijas spektrofotometriju, gan ar induktīvi saistītās plazmas masspektometriju. Savukārt, kadmiju tikai ar ICP-MS. Par svīnu nebija noteikt ar kuru metodi lābāk noteikt, jo bija apraksti ar abām metodēm.

Veicot svīna noteikšanu ar FAAS iekārtu, tika konstatēts, ka paraugā esošais svīna daudzums ir pārāk zems un līdz ar to šī elementa masas koncentrācija noteikta ar ICP-MS iekārtu. 3.3. tabulā var redzēt ar abām metodēm noteikto metālisko elementu masas koncentrācijas.

3.3. tabula

Masas koncentrācijas noteikšana sēņu paraugos ar FAAS un ICP-MS.

Paraugu kodi	Cu γ , $\mu\text{g/L}$		Ni γ , mg/L		Mn γ , $\mu\text{g/L}$		Zn γ , mg/L	
	FAAS	ICP-MS	FAAS	ICP-MS	FAAS	ICP-MS	FAAS	ICP-MS
DA_BB_1	422±27	444	20,6±1,0	18,0	108 ±4	112	5,21±0,05	5,7
DA_BB_2	378±49	392	6,7±0,3	10,5	55±2	49	6,82±0,07	6,2
DA_RC_1	2193 ±165	2641	7,7±2,3	11,4	167±4	185	4,84±0,08	4,7
DA_RC_2	709±76	687	10,3±1,9	12,6	114±2	116	3,53±0,07	3,4
DA_Š_1	367±49	297	10,7±4,2	8,3	228±1	272	8,66±0,02	7,8
DA_Š_2	440±76	376	23,4±1,7	19,9	297±2	311	8,59±0,18	8,5
DA_Š_3	340±78	325	12,4±0,8	15,0	257 ±1	262	7,32±0,86	6,6
Tukšais	12±3	15	5,6 ±3,4	1,6	0,22±0,02	0,3	2,01±0,20	1,3
MV_BB_1	441±17	437	24,5±1,5	26,1	12±2	10	3,33±0,06	3,4

<i>MV_BB_2</i>	423±83	401	8,7 ±1,8	5,4	6±1	5	2,88±0,05	3,0
<i>MV_RC_1</i>	1810±55	1898	8,11 ±0,02	8,0	29±1	31	3,17±0,18	3,6
<i>MV_RC_2</i>	889±21	873	8,2 ±0,8	8,2	39±1	40	4,62±0,14	4,9
<i>MV_Š_1</i>	206±37	247	11,2±3,7	11,3	35±2	35	4,84±0,14	4,8
<i>MV_Š_2</i>	281±27	319	8,5 ±0,2	8,5	52±1	55	4,58±0,21	5,1
<i>MV_Š_3</i>	267±21	284	6,7 ±0,4	9,1	31±2	31	4,16±0,20	3,8
<i>MV_Š_P1</i>	510±34	492	10,7±3,7	13,6	57±1	62	8,96±0,09	9,2
<i>MV_Š_P2</i>	631±48	645	8,4 ±1,0	7,6	59±1	68	8,72±0,16	8,6

Latvijas Republikā līdz 2006. gada 8. aprīlim bija spēkā Ministru kabineta noteikumi Nr. 292 „Noteikumi par pārtikas piesārņojumu”, kas regulēja maksimāli pieļaujamās toksisko elementu, mikotoksīnu un nitrozamīnu normas pārtikas produktos un to izejvielās, tajā skaitā svina, kadmija, dzīvsudraba, vara un arsēna maksimālo pieļaujamo koncentrāciju pārtikas paraugos: Pb – 0,5 mg/kg, Cd – 0,03-0,1 mg/kg un Cu – 5-10 mg/kg. Pēc šādi pieļaujām koncentrācijām sēņu paraugi, kas savkti Ropažu novadā var atzīst par bistāmiem, jo noteikta koncentrācija ir lielāka par atļauto līdz 2006. gada 8. aprīlim [27].

Saskaņā ar Eiropas Komisijas regula Nr.1881/2006 [28] maksimāli pieļaujamā svina koncentrācijas norma sēnēs – 0,1 mg/kg un kadmija – 0,05 mg/kg. Pēc 3.2. tabulas var redzēt kā sēņu paraugi pārsniedz gan Eiropas Komisijas regulu, gan Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumus, kas zaudēju spēku.

SECINĀJUMI

1. Sēņu paraugu mitrums variē robežās no 78 līdz 92 % kursa darbā apskatītiem sēnes paraugiem, savukārt analizējot vairākas literatūrās mitruma vērtība ir robežās no 70 līdz 95 %.
2. Novērtējot 2.1. tabulu, var spriest, ka mitrums sēnēs ir atšķirīgs gan pēc sēņu vecuma, gan pēc sēņu sugas, jo sēņu paraugi bija ņemti vienā dienā un vienā meža apkārtnē.
3. Bakalaura darba ietvaros bija noteikts, ka abas sēņu paraugu sagatavošanas metodes ir derīgas tālākai analīzei. Savukārt, slāpjas mineralizācijas metode ar mikroviļņu iekārtu ir daudz ātrāka, vienkāršāka un automatizēta.
4. Lai pilnīgi izvērtētu likumsakarību starp elementu noteikšanu un sēnes akumulācijas spējas – turpmākos pētījumos jāveic arī augsnes ķīmiskā sastāva izvērtējums.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

1. Lesoe, T. *Sēnes*; Rīga: Zvaigzne ABC. 2002, 6.-188. lpp.
2. Informācija par sēnēm „Latvijas pirts” mājaslapa (tiešsaite) <http://www.latvijaspirts.lv/web/?id=400677> (skatīts 29.01.2017)
3. Ita, B.N.; Essien, J.P.; Ebong G.A. Heavy metal levels in fruiting bodies of edible and non-edible mushrooms from the Niger Delta Region of Nigeria. *J. Agric. & Soc. Scien.* **2006**, 84-87.
4. Falandysza, Jerzy; Drewnowska, Małgorzata; Chudzińskab, Maria; Barańkiewicz, Danuta. Accumulation and distribution of metallic elements and metalloids in edible *Amanita fulva* mushrooms. *Ecotoxicology and Environmental Safety.* **2017**, 265 – 271.
5. Falandysza, Jerzy; Drewnowska, Małgorzata. Distribution of mercury in *Amanita fulva* (Schaeff.) Secr. mushrooms: Accumulation, loss in cooking and dietary intake. *Ecotoxicology and Environmental Safety.* **2015**, 49 – 54.
6. Radulescu, C.; Stih, C.; Busuioc, G. Evaluation of essential elements and heavy metal levels in fruiting bodies of wild mushrooms and their substrate by EDXRF spectrometry and FAA spectrometry. *Romanian Biotechnological Letters.* **2010**, No. 4, 5444-5456.
7. Harris D.C. *Quantitative Chemical Analysis*. 5th edition. W.H. Freeman and Company, New York, 2000, 821.
8. Chang, S.T.; Quimio, T.H.. Tropical Mushrooms Biological Nature and Cultivation Methods. China: *The Chinese University press.* **1989**, 98-103.
9. Mallikarjuna, S. E.; Ranjini, A.; Devendra, H. J.; Vijayalakshmi, M. R.; Shashirekha, M. N.; Rajarathnam, S. Mineral Composition of Four Edible Mushrooms. *Journal of Chemistry.* **2013**, 101-106.
10. Kingston, H. M.; Walter, P. J. The Art and Science of Microwave Sample Preparations for Trace and Ultratrace Elemental Analysis In Inductively Coupled Mass Spectrometry. *Wiley-VCH.* **1997**, 78-90.
11. Barela, P.S.; Silva, N.A.; Pareira, J.S.F.; Marques, J.C.; Rodrigues, L.F.; Moraes, D.P. Microwave-assisted digestion using diluted nitric acid for further trace elements determination in biodiesel by SF-ICP-MS. *Fuel.* 2016, 85-90.
12. Kučak, A.; Blanuša, M. Validation of Microwave digestion method for determination of trace metals in mushrooms. *Arh hig rada toksikol*, Vol 49. **1998**, 335. – 342.lpp.
13. Mleczek, M.; Magdziak, Z.; Goliński, P.; Siwulski, M.; Stuper-Szablewska, K. Concentrations of minerals in selected edible mushroom species growing in Poland and Poland and their effect on human health. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.* **2013**, 12(2), 203-214.

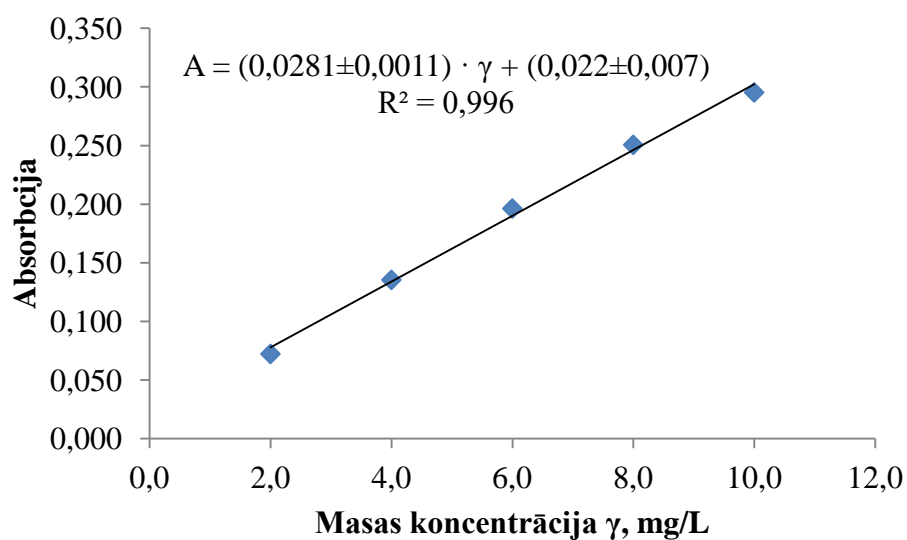
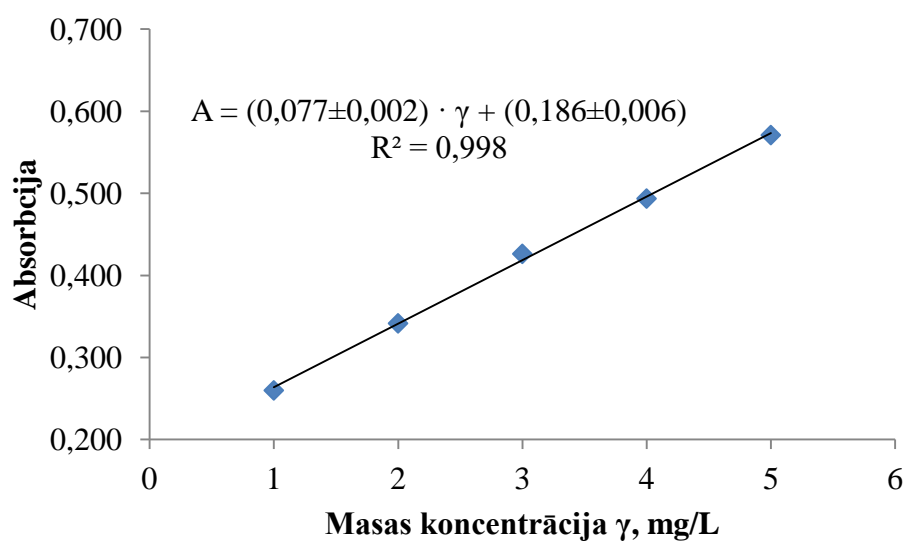
14. *American Organization of Analytical Chemistry*; A guide to Chemical analysis. **1998**; pp 189-192.
15. Dimitrijevic, Marija V.; Mitic, Violeta D.; Cvetkovic, Jelena S.; Stankov Jovanovic, Vesna P.; Mutic, Jelena J.; Nikolic Mandic, Snezana D. Update on element content profiles in eleven wild edible mushrooms from family *Boletaceae*. *Springer-Verlag*. **2015**.
16. Falandysza, Jerzy; Zhangb, Ji; Wiejaka, Anna; Barańkiewicz, Danuta; Hanć, Anetta. Metallic elements and metalloids in *Boletus luridus*, *B. magnificus* and *B. tomentipes* mushrooms from polymetallic soils from SW China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. **2017**, 497 – 502.
17. Jansons, E. *Analītiskās ķīmijas teorētiskie pamati. Mācību grāmata augstskolu studentiem*. LU Akadēmiskais apgāds, 2006, 303.-307.lpp.
18. Gauglitz, G.; Vo-Dinh, T. *Handbook of spectroscopy*; Wiley-Vch Verlag GmbH & Co. KgaA, 2003, 436-470.
19. Atomic spectroscopy presentation slides (tiešsaite) <http://slideplayer.com/slide/4320823/> (skatīts 13.05.2017.).
20. Atomic Absorption Spectroscopy (tiešsaite) <http://slideplayer.com/slide/3419645/> (skatīts 13.05.2017.).
21. Osīte, A. Analītiskā mērīšanas cikla metodikas pilnveidošana gaisa aerosolu, virszemes ūdeņu un skuju analīzē. Promocijas darbs. Latvijas Universitāte, Rīga. 2008.
22. HP 4500 Quadrupole ICP-MS schematic diagram (tiešsaite) <http://houk.public.iastate.edu/instruments/hpicpms.html> (skatīts 03.05.2017.).
23. Houk R.S. *Mass Spectrometry of Inductively Coupled Plasmas*. Analytical Chemistry, 1986, 58, 1, 127 – 134.
24. Dean J.R. *Atomic Absorption and Plasma Spectroscopy*. Ed. by Wiley J., England, 1997, 201.
25. Galoburda, R.; Kuka, M.; Čakste, I.; Klava D. The effect of blanching temperature on the quality of microwave-vacuum dried mushroom *Cantharellus cibarius*. *Agronomy Research*. **2015**, 929–938.
26. Kulshreshtha, M.; Singh, A. Effect of drying conditions on mushroom quality. *Journal of engineering science and technology Vol. 4, No. 1*. **2009**, 90 – 98.
27. Noteikumi par pārtikas piesaņojumu. MK noteikumi Nr.292, 20.08.1999, Ministru kabinets, Rīga. (tiešsaite) <http://likumi.lv/doc.php?id=18618> (skatīts 21.05.2017.)
28. Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Commission Regulation (EC) No 1881/2006, 19.12.2006. Official Journal of the European Union. 2006, L 364/5.

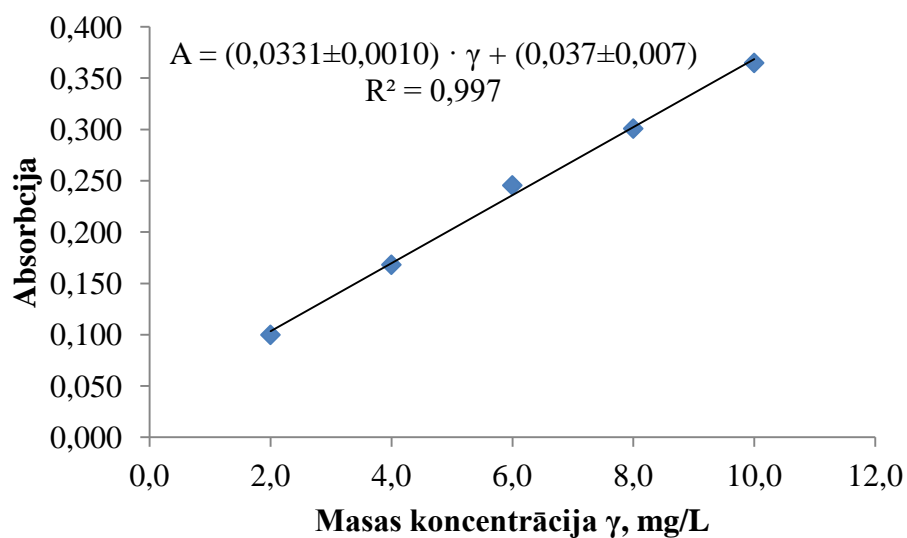
PIELIKUMI

1. pielikums

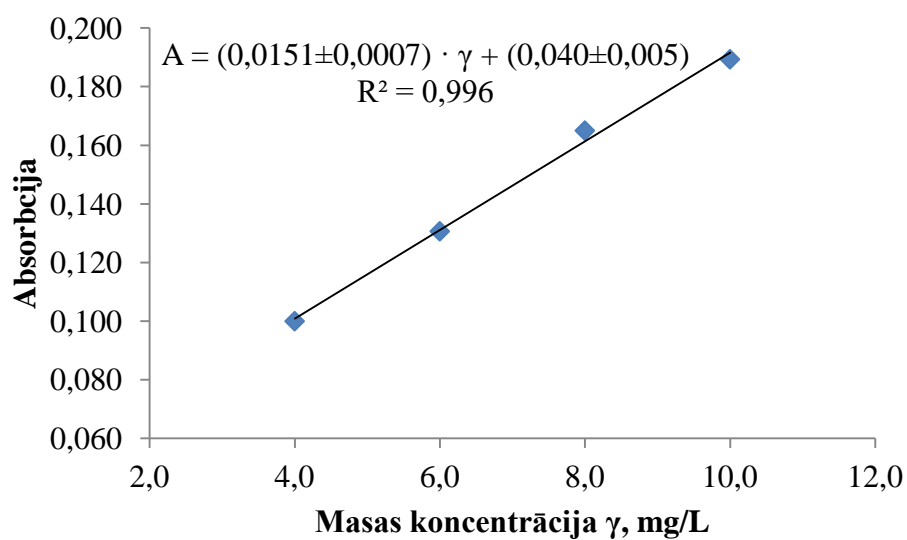


1.att. Ievākto sēņu sēņu paraugi izstrādei

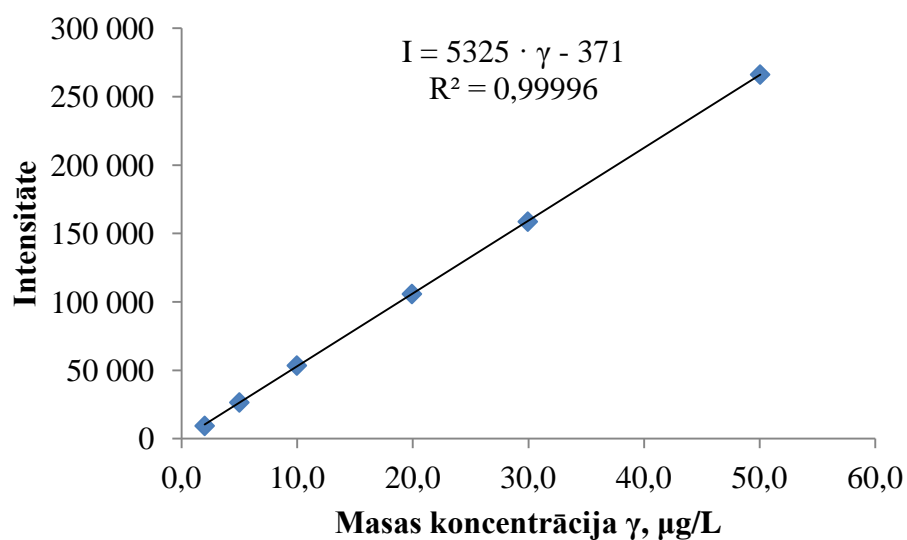
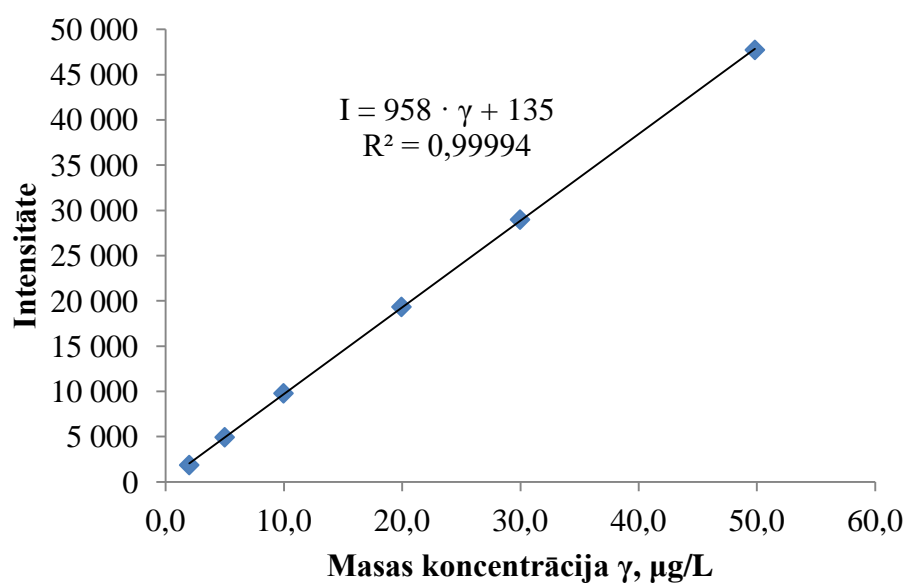
Dzelzs (Fe), cinka (Zn), mangāna (Mn) un niķeļa (Ni) kalibrēšanas grafiki $A = f(\gamma)$ noteikšanai ar FAAS**1.att. Kalibrēšanas grafiks dzelza masas koncentrācijas noteikšanai****2.att. Kalibrēšanas grafiks cinka masas koncentrācijas noteikšanai**

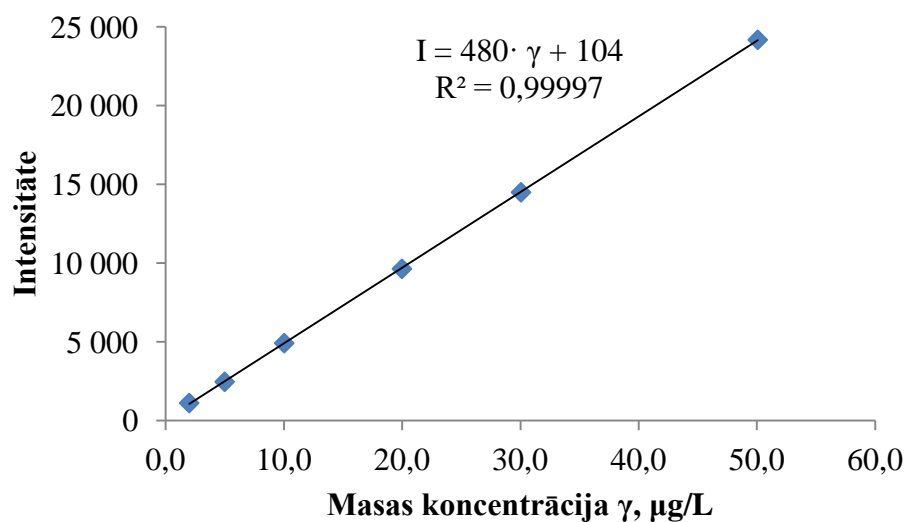


3.att. Kalibrēšanas grafiks mangāna masas koncentrācijas noteikšanai

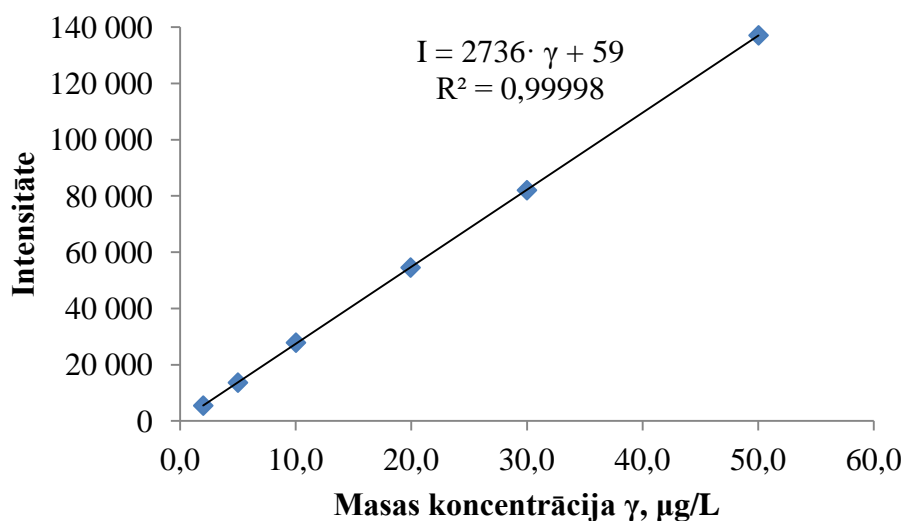


4.att. Kalibrēšanas grafiks nikelja masas koncentrācijas noteikšanai

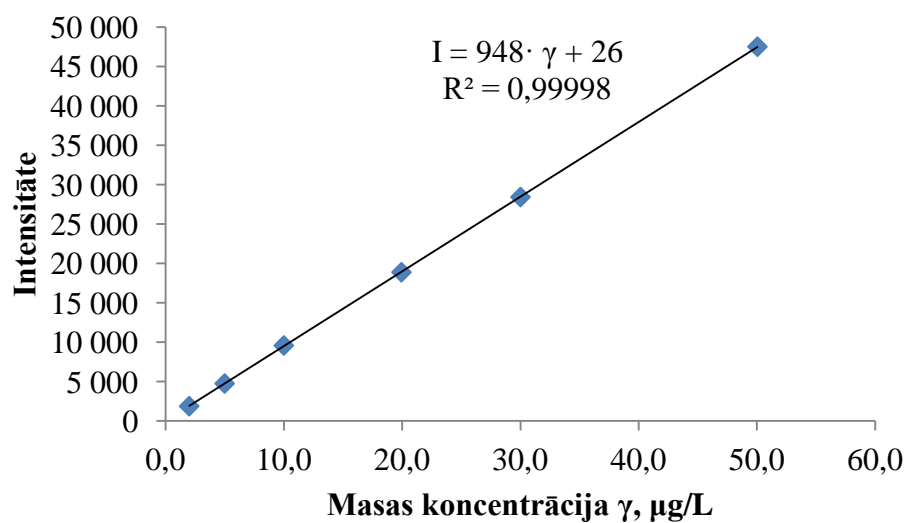
Svina (Pb), vara (Cu), cinka (Zn), mangāna (Mn) un niķeļa (Ni) kalibrēšanas grafiki **$I = f(\gamma)$ noteikšanai ar ICP-MS****1.att. Kalibrēšanas grafiks svina masas koncentrācijas noteikšanai****2.att. Kalibrēšanas grafiks vara masas koncentrācijas noteikšanai**



3.att. Kalibrēšanas grafiks cinka masas koncentrācijas noteikšanai



4.att. Kalibrēšanas grafiks mangāna masas koncentrācijas noteikšanai



5.att. Kalibrēšanas grafiks nikelā masas koncentrācijas noteikšanai

Vara koncentrācijas noteikšanas absorbcijas vērtības sēņu paraugos

Parauga kods	Absorbcija Nr. 1.	Absorbcija Nr. 2.	Absorbcija Nr. 3.	Vidēja absorbcija	Standartnovirze
DA_BB_1	0,089	0,059	0,085	0,078	0,016
DA_BB_2	0,081	0,071	0,075	0,076	0,005
DA_RC_1	0,493	0,552	0,528	0,524	0,030
DA_RC_2	0,155	0,182	0,166	0,168	0,014
DA_Š_1	0,073	0,068	0,078	0,073	0,005
DA_Š_2	0,086	0,071	0,097	0,085	0,013
DA_Š_3	0,058	0,074	0,066	0,066	0,008
MV_Tukš	0,012	0,000	0,018	0,010	0,010
MV_BB_1	0,091	0,091	0,094	0,092	0,0017
MV_BB_2	0,079	0,087	0,096	0,087	0,009
MV_RC_1	0,446	0,412	0,438	0,432	0,018
MV_RC_2	0,191	0,205	0,208	0,201	0,010
MV_Š_1	0,029	0,030	0,036	0,032	0,004
MV_Š_2	0,068	0,053	0,049	0,057	0,010
MV_Š_3	0,046	0,049	0,034	0,043	0,008
MV_Š_P1	0,098	0,112	0,107	0,106	0,007
MV_Š_P2	0,123	0,137	0,144	0,135	0,010

2.tabula

Cinka koncentrācijas noteikšanas absorbcijas vērtības sēņu paraugos

Parauga kods	Absorbcija Nr. 1.	Absorbcija Nr. 2.	Absorbcija Nr. 3.	Vidēja absorbcija	Standartnovirze
DA_BB_1	0,589	0,576	0,591	0,585	0,009
DA_BB_2	0,667	0,713	0,716	0,699	0,03
DA_RC_1	0,563	0,558	0,561	0,561	0,003
DA_RC_2	0,461	0,477	0,458	0,465	0,010
DA_Š_1	0,857	0,857	0,807	0,840	0,03
DA_Š_2	0,830	0,847	0,855	0,844	0,013
DA_Š_3	0,772	0,707	0,734	0,738	0,03
MV_Tukš	0,038	0,026	0,029	0,031	0,006
MV_BB_1	0,442	0,445	0,445	0,444	0,0017
MV_BB_2	0,408	0,410	0,411	0,410	0,0015
MV_RC_1	0,436	0,433	0,428	0,432	0,004
MV_RC_2	0,568	0,541	0,547	0,552	0,014
MV_Š_1	0,564	0,558	0,533	0,552	0,016
MV_Š_2	0,548	0,540	0,535	0,541	0,007

<i>MV_Š_3</i>	0,485	0,504	0,513	0,501	0,014
<i>MV_Š_P1</i>	0,865	0,882	0,878	0,875	0,009
<i>MV_Š_P2</i>	0,846	0,865	0,858	0,856	0,009

3.tabula

Dzelza koncentrācijas noteikšanas absorbcijas vērtības sēņu paraugos

Parauga kods	Absorbcija Nr. 1.	Absorbcija Nr. 2.	Absorbcija Nr. 3.	Vidēja absorbcija	Standartnovirze
<i>DA_BB_1</i>	8,262	8,206	8,247	8,238	0,03
<i>DA_BB_2</i>	1,147	1,306	1,199	1,217	0,08
<i>DA_RC_1</i>	1,052	0,964	0,971	0,996	0,05
<i>DA_RC_2</i>	1,148	1,146	1,093	1,129	0,03
<i>DA_Š_1</i>	1,530	1,483	1,354	1,456	0,09
<i>DA_Š_2</i>	1,422	1,432	1,296	1,383	0,08
<i>DA_Š_3</i>	1,499	1,439	1,448	1,462	0,03
<i>MV_Tukš</i>	0,768	0,791	0,714	0,757	0,04
<i>MV_BB_1</i>	8,424	8,279	8,101	8,268	0,16
<i>MV_BB_2</i>	0,980	1,018	1,038	1,012	0,03
<i>MV_RC_1</i>	0,799	0,889	0,809	0,832	0,05
<i>MV_RC_2</i>	0,932	0,878	0,934	0,915	0,03
<i>MV_Š_1</i>	0,992	0,981	0,978	0,984	0,007
<i>MV_Š_2</i>	1,157	1,174	1,260	1,197	0,05
<i>MV_Š_3</i>	1,032	1,085	0,977	1,031	0,05
<i>MV_Š_P1</i>	1,872	1,898	1,859	1,876	0,02
<i>MV_Š_P2</i>	1,808	1,823	1,871	1,834	0,03

4.tabula

Mangāna koncentrācijas noteikšanas absorbcijas vērtības sēņu paraugos

Parauga kods	Absorbcija Nr. 1.	Absorbcija Nr. 2.	Absorbcija Nr. 3.	Vidēja absorbcija	Standartnovirze
<i>DA_BB_1</i>	3,567	3,642	3,735	3,648	0,08
<i>DA_BB_2</i>	1,873	1,854	1,89	1,872	0,018
<i>DA_RC_1</i>	5,627	5,524	5,573	5,575	0,05
<i>DA_RC_2</i>	3,845	3,821	3,803	3,823	0,02
<i>DA_Š_1</i>	7,621	7,601	7,624	7,615	0,012
<i>DA_Š_2</i>	9,893	9,856	9,848	9,866	0,02
<i>DA_Š_3</i>	8,571	8,542	8,562	8,558	0,015
<i>MV_Tukš</i>	0,054	0,047	0,042	0,048	0,006
<i>MV_BB_1</i>	0,427	0,458	0,473	0,453	0,02
<i>MV_BB_2</i>	0,213	0,253	0,236	0,234	0,02
<i>MV_RC_1</i>	1,012	0,993	1,002	1,002	0,009

<i>MV_RC_2</i>	1,363	1,357	1,332	1,350	0,016
<i>MV_Š_1</i>	1,167	1,173	1,212	1,184	0,02
<i>MV_Š_2</i>	1,738	1,754	1,767	1,753	0,014
<i>MV_Š_3</i>	1,082	1,045	1,097	1,074	0,03
<i>MV_Š_P1</i>	1,938	1,926	1,935	1,933	0,006
<i>MV_Š_P2</i>	2,016	2,001	1,982	1,999	0,017

5.tabula

Nikeļa koncentrācijas noteikšanas absorbcijas vērtības sēņu paraugos

Parauga kods	Absorbcija Nr. 1.	Absorbcija Nr. 2.	Absorbcija Nr. 3.	Vidēja absorbcija	Standartnovirze
<i>DA_BB_1</i>	0,356	0,347	0,383	0,362	0,018
<i>DA_BB_2</i>	0,144	0,141	0,149	0,145	0,004
<i>DA_RC_1</i>	0,125	0,147	0,167	0,146	0,02
<i>DA_RC_2</i>	0,187	0,148	0,204	0,180	0,03
<i>DA_Š_1</i>	0,184	0,22	0,286	0,230	0,05
<i>DA_Š_2</i>	0,387	0,402	0,345	0,378	0,03
<i>DA_Š_3</i>	0,346	0,224	0,231	0,267	0,07
<i>MV_Tukš</i>	0,146	0,123	0,105	0,125	0,02
<i>MV_BB_1</i>	0,418	0,405	0,453	0,425	0,02
<i>MV_BB_2</i>	0,102	0,18	0,164	0,149	0,04
<i>MV_RC_1</i>	0,179	0,163	0,163	0,168	0,009
<i>MV_RC_2</i>	0,161	0,183	0,168	0,171	0,0112
<i>MV_Š_1</i>	0,159	0,194	0,226	0,193	0,03
<i>MV_Š_2</i>	0,17	0,168	0,246	0,195	0,04
<i>MV_Š_3</i>	0,167	0,14	0,144	0,150	0,014572
<i>MV_Š_P1</i>	0,187	0,219	0,201	0,202	0,016
<i>MV_Š_P2</i>	0,173	0,164	0,158	0,165	0,008

Bakalaura darbs „Metālisko elementu noteikšana sēnēs, izmantojot dažādus sēņu paraugu sagatavošanas veidus” izstrādāts LU Ķīmijas fakultātē.

Ar savu parakstu apliecinu, ka pētījums veikts patstāvīgi, izmantoti tikai tajā norādītie informācijas avoti un iesniegtā darba elektroniskā kopija atbilst izdrukai.

Autors: _____
(personiskais paraksts) (paraksta atšifrējums)

Rekomendēju/nerekomendēju darbu aizstāvēšanai

Vadītāja, Dr.ķīm., doc. Agnese Osīte: _____
(personiskais paraksts) (datums)

Recenzents, Dr.ķīm., prof. Artūrs Vīksna: _____
(personiskais paraksts) (datums)

Darbs iesniegts Ķīmijas fakultātē: _____ (datums)
Dekāna pilnvarotā persona, metodiķe: _____ Vija Gutāne
(personiskais paraksts)

Darbs aizstāvēts bakalaura gala pārbaudījuma komisijas sēdē:

_____ protokols Nr. _____ (ieraksta sekretārs)
(datums) (protokola Nr.)

Komisijas sekretāre, lektore: _____
(personiskais paraksts) (paraksta atšifrējums)