

**LIETUVOS SVEIKATOS MOKSLŲ UNIVERSITETAS  
VETERINARIJOS AKADEMIJA**

Veterinarijos fakultetas

**Laura Knizikevičiūtė**

**Pelėsinių grybų ir jų išskiriamų lakiųjų organinių  
junginių bei mikotoksinų įtaka javų grūdų kokybei  
The Influence of Moulds and Their Volatile Organic  
Compounds and Mycotoxins on Cereal Grain Quality**

Veterinarinės maisto saugos nuolatinų studijų  
**MAGISTRO BAIGIAMASIS DARBAS**

Darbo vadovė: doc. dr. Violeta Baliukonienė

Maisto saugos ir kokybės katedra

Kaunas, 2021

## DARBAS ATLIKTAS MAISTO SAUGOS IR KOKYBĖS KATEDROJE PATVIRTINIMAS APIE ATLIKTO DARBO SAVARANKIŠKUMĄ

Patvirtinu, kad įteikiamas magistro baigiamasis darbas „Pelėsinų grybų ir jų išskiriamų lakiųjų organinių junginių bei mikotoksinų įtaka javų grūdų kokybei“.

1. Yra atliktas mano pačios.
2. Nebuvo naudotas kitame universitete Lietuvoje ir užsienyje.
3. Nenaudojau šaltinių, kurie nėra nurodyti darbe, ir pateikiu visą naudotos literatūros sąrašą.

Elektroniniu laišku patvirtinu, o darbas bus pasirašytas pasibaigus karantino ir ekstremaliosios situacijos dėl COVID-19 pandemijos Lietuvos Respublikoje laikotarpiui.

Laura Knizikevičiūtė

(data)

(autorius vardas, pavardė)

(parašas)

## PATVIRTINIMAS APIE ATSAKOMYBĘ UŽ LIETUVIŲ KALBOS TAISYKLINGUMĄ ATLIKTAME DARBE

Patvirtinu lietuvių kalbos taisyklingumą atliktame darbe.

Elektroniniu laišku patvirtinu, o darbas bus pasirašytas pasibaigus karantino ir ekstremaliosios situacijos dėl COVID-19 pandemijos Lietuvos Respublikoje laikotarpiui.

Genovaitė Kriaučiūnienė

(data)

(redaktorius vardas, pavardė)

(parašas)

## MAGISTRO BAIGIAMOJO DARBO VADOVO IŠVADA DĖL DARBO GYNIMO

Elektroniniu laišku patvirtinu, o darbas bus pasirašytas pasibaigus karantino ir ekstremaliosios situacijos dėl COVID-19 pandemijos Lietuvos Respublikoje laikotarpiui.

doc. dr. Violeta Baliukonienė

(data)

(darbo vadovo vardas, pavardė)

(parašas)

## MAGISTRO BAIGIAMASIS DARBAS APROBUOTAS KATEDROJE

Elektroniniu laišku patvirtinu, o darbas bus pasirašytas pasibaigus karantino ir ekstremaliosios situacijos dėl COVID-19 pandemijos Lietuvos Respublikoje laikotarpiui.

prof. dr. Mindaugas

Malakauskas

(aprobacijos data)

(katedros (instituto) vedėjo (-os)  
vardas, pavardė)

(parašas)

### Baigiamojo darbo recenzentas

Elektroniniu laišku patvirtinu, o darbas bus pasirašytas pasibaigus karantino ir ekstremaliosios situacijos dėl COVID-19 pandemijos Lietuvos Respublikoje laikotarpiui.

(vardas, pavardė)

(parašas)

### Baigiamųjų darbų gynimo komisijos įvertinimas:

(data)

(gynimo komisijos sekretoriaus (-ės) vardas, pavardė)

(parašas)

# TURINYS

SANTRAUKA .....	4
SUMMARY .....	5
SANTRUMPOS .....	6
ĮVADAS .....	7
1. LITERATŪROS APŽVALGA .....	9
1.1 Javų grūdų užterštumas pelėsiniais grybais ir mikotoksinais .....	9
1.2 Pelėsinų grybų išskiriami lakieji organiniai junginiai .....	10
1.2.1 Pelėsinų grybų išskiriamų lakiųjų organinių junginių praktinė reikšmė .....	13
1.3 Pelėsinų grybų riebalų rūgštys .....	15
1.4 Aplinkos veiksnių įtaka javų grūdų kokybiniais rodikliams .....	16
1.4.1 Pelėsinų grybų poveikis javų grūdų kokybei .....	16
2. TYRIMO METODAI IR MEDŽIAGA .....	18
2.1 Tyrimo atlikimo trukmė ir vieta .....	18
2.2 Bendrojo pelėsinų grybų skaičiaus grūdų mėginiuose nustatymo metodas .....	19
2.3 Grūdų giluminio ir išorinio užterštumo pelėsiniais grybais skaičiavimo metodas .....	19
2.4 Mikotoksinų koncentracijų nustatymas .....	19
2.5 Grūdų kokybinių rodiklių analizė .....	21
2.6 Pelėsinų grybų riebalų rūgščių ir išskiriamų lakiųjų organinių junginių nustatymas .....	21
2.7 Statistinis tyrimo duomenų įvertinimas .....	22
3. TYRIMO REZULTATAI .....	23
3.1 Kvietrugių, kviečių, miežių, avižų, rugių užterštumo pelėsiniais grybais ir mikotoksinais kitimas sandėliavimo metu .....	23
3.2 Kvietrugių, kviečių, miežių, rugių kokybinių rodiklių kitimas sandėliavimo metu .....	27
3.3 Pelėsinų grybų, jų riebalų rūgščių ir išskiriamų lakiųjų organinių junginių įvertinimas javų grūdų sandėliavimo metu .....	32
3.3.1 Kvietrugių, kviečių, miežių, avižų ir rugių giluminis užterštumas pelėsiniais grybais .....	32
3.3.2 Kvietrugių, kviečių, miežių, avižų ir rugių išorinis užterštumas pelėsiniais grybais .....	34
3.3.3 Pelėsinų grybų išskiriamų lakiųjų organinių junginių analizė .....	36
3.3.4 Pelėsinų grybų riebalų rūgščių sudėties analizė .....	37
3.4 Koreliacija tarp pelėsinės taršos ir javų grūdų kokybinių rodiklių .....	38
4. REZULTATŲ APTARIMAS .....	43
IŠVADOS .....	45
REKOMENDACIJOS .....	46
PADĖKA .....	47
LITERATŪROS SĄRAŠAS .....	48
PRIEDAI .....	53

# SANTRAUKA

## **Pelėsinų grybų ir jų išskiriamų lakiųjų organinių junginių bei mikotoksinų įtaka javų grūdų kokybei**

Laura Knizikevičiūtė

Magistro baigiamasis darbas

Magistrantūros baigiamojo darbo tyrimo tikslas – įvertinti pelėsinų grybų ir jų išskiriamų lakiųjų organinių junginių bei mikotoksinų įtaką kviečių, miežių, kvietrugių, avižų, rugių kokybiniais rodikliams sandėliavimo metu. 2019 metų derliaus grūdų mėginiai surinkti Pasvalio rajono X ūkyje rugsėjo, vasario ir liepos mėnesiais. Išdžiovinti grūdai sandėliuoti 5-7°C, sandėliuose buvo užtikrinta dezinfekcija ir deratizacija. Išskeltam tikslui įgyvendinti nustatytas bendras grūdų užterštumas pelėsiniais grybais (ksv/g), AFB<sub>1</sub>, ZEA, DON, OTA ir T-2 toksino koncentracijos (µg/kg) – plonasluoksnės chromatografijos metodu. Grūdų kokybinių rodiklių analizė atlikta spektrometru NIRS 6500. Be to, išorinį ir giluminį užterštumą sudarančios pelėsinų grybų gentys identifikuotos šviesine mikroskopija, o pelėsinų grybų riebalų rūgštys ir lakieji junginiai nustatyti dujų chromatografijos – masių spektrometrijos metodu.

Tyrimo metu nustatyta, kad vidutiniškai kvietrugių, kviečių, miežių, avižų rugių užterštumas pelėsiniais grybais, lyginant sandėliavimo pradžios ir pabaigos duomenis, padidėjo vidutiniškai 14,94 proc. ( $p < 0,01$ ). Mikotoksinų koncentracijos taip pat kito didėjančia tendencija, didžiausi pokyčiai AFB<sub>1</sub> ir OTA kitime – koncentracijos atitinkamai padidėjo 18,67 ir 9,5 karto ( $p < 0,01$ ). T-2 toksino koncentracija padidėjo mažiausiai – 3,5 karto ( $p < 0,01$ ). Taip pat apibendrinus visų tyrime naudotų javų grūdų cheminę sudėtį, nustatyta, jog pelenų, ląstelienos, baltymų kiekiai mažėjo ( $p < 0,01$ ) – stipriausia neigiama, statistiškai reikšminga koreliacija – tarp T-2 toksino ir baltymų kiekio tyrimo viduryje. Riebalų ( $p \geq 0,05$ ), drėgmės ir krakmolo ( $p < 0,01$ ) kiekiai didėjo, stipriausia teigiama koreliacija – tarp T-2 toksino, *Rhizopus spp.* paplitimo ir drėgmės. Grūdų pelėsinės taršos prevencijai buvo identifikuoti dažniausiai pasitaikančių mikromicetų lakieji junginiai – biomarkeriai. 3-etoksi-1,1,1,5,5,5-heksametil-3-(trimetilsililoksi) trisiloksanas būdingas *Alternaria alternata*, 2,2,4,6,6-pentametilheptanas – *Fusarium sporotrichioides*, 2,5-dimetil-3-metileno-1,5-heptadienas – *Cladosporium herbarum*. Išvardintų mikromicetų sudėtyje dominuoja sočiosios riebalų rūgštys. 1-pentametildisililoksipropeną galima laikyti potencialiu *Penicillium viridicatum* biomarkeriu, minėtame mikromicete dominuoja polinesočiosios riebalų rūgštys. *Aspergillus flavus*, kurio sudėtyje vyrauja mononesočiosios riebalų rūgštys, iš kitų pelėsių išsiskiria 2,2,5,5-tetrametilheksano sinteze.

**Raktažodžiai:** pelėsiniai grybai, pelėsių lakieji junginiai, mikotoksinais, grūdų kokybiniai rodikliai, grūdų sandėliavimas.

# SUMMARY

## The Influence of Moulds and Their Volatile Organic Compounds and Mycotoxins on Cereal Grain Quality

Laura Knizikevičiūtė

Master's Thesis

The aim of the Master's Thesis research work is to evaluate moulds and their released volatile organic compounds and mycotoxins' effect on wheat, barley, triticale, oat and rye qualitative indicators during the storage. Grain samples of the year 2019 harvest in Pasvalys district X farm were collected in September, February and July. Dried grain was stored at 5-7°C, the store disinfection and deratization were guaranteed. To achieve the set objectives, the total contamination of the grain with moulds (cfu/g) was determined, AFB<sub>1</sub>, ZEA, DON, OTA and T-2 toxin concentration (µg/kg) identified using a thin-layer chromatography technique. Grain qualitative indicators' analysis performed by NIRS 6500 spectrometer. Moreover, moulds tribes forming external and internal contamination were identified by light microscopy. Moulds fatty acids and volatile compounds were determined using the gas chromatography-mass spectrometry method.

During the study it was found that an average wheat, barley, triticale, oat and rye mould contamination, when comparing the beginning and end-of-storage data, increased by an average of 14,94% ( $p < 0,01$ ). Mycotoxins' variation also had a growing trend; the most significance change was notices in AFB<sub>1</sub> and OTA alteration where concentration increased accordingly 18,65 and 9,5 times ( $p < 0,01$ ). T-2 toxin concentration increased the least, it was 3,5 times bigger ( $p < 0,01$ ). The summary of chemical composition of all the grain varieties used in the study showed the reduction of ash, fibre and protein levels ( $p < 0,01$ ) – the strongest negative, statistically significant correlation between T-2 toxin and protein content in the middle of the study. Fat ( $p \geq 0,05$ ), moisture and starch ( $p < 0,01$ ) levels increased; the strongest positive correlation between T-2 toxin, *Rhizopus spp.* spread and moisture. Biomarkers are the most common micromycetes volatile compounds to identify the grain mould contamination prevention. 3-Ethoxy-1,1,1,5,5,5-hexamethyl-3-(trimethylsilyloxy) trisiloxane characteristic to *Alternaria alternata*, 2,2,4,6,6-pentamethylheptane – to *Fusarium sporotrichioides*, 2,5-dimethyl-3-methylene-1,5-heptadiene – to *Cladosporium herbarum*. Saturated fatty acids prevail in the composition of the latter micromycetes. 1-pentamethyldisilyloxypropene can be considered a potential biomarker of *Penicillium viridicatum*; polyunsaturated fatty acids dominate the said micromycete. *Aspergillus flavus*, containing predominantly monounsaturated fatty acids, differs from the other mould by synthesis of 2,2,5,5-tetramethylhexane.

**Keywords:** moulds, mould volatile compounds, mycotoxins, grain qualitative indicators, grain storage

## SANTRUMPOS

AFB <sub>1</sub>	–	aflatoksinas B <sub>1</sub>
cm	–	centimetrai
°C	–	temperatūros matavimo vienetas pagal Celsijų
DNR	–	deoksiribonukleorūgštis
DON	–	deoksinivalenolis
g	–	gramai
ksv/g	–	kolonijas sudarantys vienetai grame
LD <sub>50</sub>	–	vidutinė letalinė dozė
mM	–	milimolinė koncentracija
mg/kg	–	miligramai kilograme
mg/g	–	miligramai grame
mg/l	–	miligramai litre
min.	–	minutės
ml	–	mililitrai
mm	–	milimetrai
mol/l	–	moliai litre
OTA	–	ochratoksinas A
p	–	statistinio reikšmingumo lygmuo
pav.	–	paveikslas
PGR	–	polimerazinė grandininė reakcija
pH	–	vandenilio jonų koncentracija
proc.	–	procentai
PSCh	–	plonasluoksnė chromatografija
r	–	koreliacijos koeficientas
rpm	–	apsisukimai per minutę
<i>spp.</i>	–	trumpinys vartojamas norint apibendrinti visas genties rūšis
ZEA	–	zearalenonas
µg/kg	–	mikrogramai kilograme
µg/ml	–	mikrogramai mililitre
µl	–	mikrolitrai
µm	–	mikrometrai

## IVADAS

Javų grūdai yra viena iš dažniausiai naudojamų žaliavų maisto pramonėje. Remiantis naujausiais 2019 – 2020 metų statistiniais duomenimis, pasaulyje daugiausia yra pagaminama kukurūzų (1116,34 milijonai tonų), kviečių (764,49 milijonai tonų) ir ryžių (495,78 milijonai tonų) (1). Be išvardintų javų rūšių, didelę paklausą turi ir miežiai, sorgai, avižos bei rugiai (1), todėl yra siekiama užauginti kuo geresnės kokybės saugias pirmines žaliavas maisto ir pašarų pramonei.

Visų pirma grūdų kokybę veikia biotinė ir abiotinė aplinka. Vienas iš sunkiausiai suvaldomų, grūdų kokybę bloginančių veiksnių – pelėsinė tarša, ypač opi problema viso pasaulio mastu – sparčiai besivystanti javų varpų fuzariozė (2,3). Pelėsiniai grybai išskiria toksiškus cheminius junginius, vieni iš jų – mikotoksinai, susidarantys mikotoksigeninių padermių antrinio metabolizmo metu. Grūdinėse žaliavose labiausiai paplitę pelėsinų grybų antriniai metabolitai yra deoksinivalenolis, zearalenonas, aflatoksinai, T-2 ir HT-2 toksinai, ochratoksinas A, fumonizinai (4,5), kurie per galutinius produktus patenka į žmonių ar gyvūnų organizmus. Dauguma mikotoksinų yra stiprūs kancerogenai, teratogenai, tai heterocikliniai junginiai, pažeidžiantys normalų ląstelių proliferacijos ciklą, veikiantys įvairias organų sistemas, vaisingumą ar sukeltys kitas mikotoksikozes (4-6). Be to, vystantis pelėsiniams grybams, pirminio ir antrinio metabolizmo metu, išsiskiria ir lakieji junginiai, turintys didelį garavimo potencialą (6-8). Mokslininkai daugiausia dėmesį kreipia į patalpose besiveisiančių pelėsinų grybų išskiriamus lakiuosius organinius junginius, kurie, patekę į žmogaus organizmą su įkvepiamu oru, gali sukelti lėtinę plaučių aspergiliozę, grybelinės kilmės pneumonitus ar sukelti nuovargį bei galvos skausmus (9). Javų grūduose, kaip ir patalpose, besivystantys pelėsiniai grybai išskiria ketonų, alkoholių, aldehydų, esterių, terpenų, eterių, angliavandenilių, rūgščių ar jų darinių mišinius, kurie sukuria pelėsiams būdingą kvapą, keičia grūdų spalvą (3,6,7). Mikroskopinių grybų lakiųjų junginių sintezė priklauso nuo auginimo temperatūros, terpės, rūšies bei padermės (7). Kiekviena pelėsių gentis pasižymi individualiu lakiųjų junginių profiliu, tačiau 1-okten-3-olis, 3-oktanolis, 3-oktanonas yra dažniausi pirminės grūdų pelėsinės taršos bioindikatoriai (6,7).

Pelėsiniai grybai blogina sandėliuojamų grūdų kokybę, skverbiasi į grūdų endospermą, suaktyvėja grybelinės proteazės ir amilazės, todėl dažniausiai paveikiami grūdų baltymai, angliavandeniniai ir krakmolai (3). Pelėsinės taršos padariniai sukelia didelius nuostolius, dalis grūdų tampa nebetinkami perdirbimui, todėl ieškoma sprendimo būdų, kaip detoksikuoti grūdines žaliavas, kokias prevencines priemones taikyti, kad efektyviai būtų galima suvaldyti pelėsinę taršą. Viena iš prevencinių priemonių – biomarkerių nustatymas. Pelėsiniai grybai, pradėję daugintis žaliavoje, pirmiausia išskiria lakiuosius organinius junginius, kurie leidžia įtarti pelėsinę taršą ir laiku imtis priemonių, siekiant išsaugoti javų grūdų kokybę (7,8,10). Pelėsinų grybų išskiriami lakieji organiniai junginiai nėra pakankamai išanalizuoti, lyginant su bakterijų, augalų ar sintetinės kilmės lakiaisiais

junginiais, todėl praktikoje labai retai pritaikomi (7,8). Mūsų atliktame tyrime buvo siekiama išsiaiškinti, kaip keičiasi kvietrugių, kviečių, miežių, avižų, rugių užterštumas pelėsiniais grybais ir jų išskiriamais mikotoksinais sandėliavimo metu, užtikrinus pastovią 5-7°C temperatūrą, sandėlių santykinę drėgmę bei kenkėjų kontrolę. Be to, buvo stebima, kaip keičiasi javų grūdų cheminė sudėtis lyginant tarpusavyje rezultatus, gautus sandėliavimo pradžioje, viduryje ir pabaigoje. Taip pat atlikus javų grūdų užterštumo pelėsiniais grybais analizę, buvo atrinkti dažniausiai pasitaikantys mikromicetai ir nustatyti jų išskiriami lakieji organiniai junginiai ir riebalų rūgščių profiliai, kurie gali būti pritaikyti žemės ūkio praktikoje mikroskopinių grybų kontrolei.

**Darbo tikslas** – įvertinti pelėsinų grybų ir jų išskiriamų lakiųjų organinių junginių bei mikotoksinų įtaką kviečių, miežių, kvietrugių, avižų, rugių kokybiniais rodikliais sandėliavimo metu.

**Darbo uždaviniai:**

1. Nustatyti kvietrugių, kviečių, miežių, avižų ir rugių bendrą užterštumą pelėsiniais grybais ir aflatoksinu B<sub>1</sub>, zearalenonu, deoksinivalenolio, T-2 toksino, ochratoksino A koncentracijų kitimą sandėliavimo metu;
2. Nustatyti kvietrugių, kviečių, miežių, avižų ir rugių riebalų, drėgmės, baltymų, ląstelienos, pelenų, krakmolo kiekių kitimą sandėliavimo metu;
3. Įvertinti kvietrugiuose, kviečiuose, miežiuose, avižose ir rugiuose labiausiai paplitusius pelėsinus grybus, jų riebalų rūgščių sudėtį ir išskiriamus lakiuosius organinius junginius;
4. Įvertinti galimą koreliacinę ryšį tarp sandėliavimo metu paplitusių pelėsinų grybų, mikotoksinų ir kvietrugių, kviečių, miežių, avižų ir rugių kokybinių rodiklių.



# 1. LITERATŪROS APŽVALGA

## 1.1 Javų grūdų užterštumas pelėsiniais grybais ir mikotoksinais

Grūdinių kultūrų, naudojamų maisto ir pašarų pramonėje, kokybę labiausiai blogina pelėsinė tarša. Pagrindinės priežastys, kodėl vystosi grūduose mikromicetai – padidėjęs grūdų vandens aktyvumas, drėgnos bei šiltos sandėliavimo sąlygos (11). Grūdus kolonizuojantys mikotoksigeniniai pelėsiniai grybai išskiria antrinius metabolitus, kurių leidžiamos koncentracijos yra griežtai kontroliuojamos ir reglamentuotos Komisijos reglamente (EB) Nr. 1881/2006, nustatančiame didžiausias leistinas tam tikrų teršalų maisto produktuose koncentracijas (12). Visų pirma augalinėse žaliavose besivystantys grybai, pagal drėgmės ir temperatūros poreikius, yra skirstomi į hidrofilinius, saprofitinius ir termofilinius bei kseroofilinius pelėsinius grybus (11). Remiantis mokslininkų apžvalgomis, pagrindinės javų grūduose paplitusios mikotoksigeninės pelėsinių grybų gentys yra: *Alternaria*, *Aspergillus*, *Fusarium* ir *Penicillium* (4,5). Minėtos pelėsinių grybų gentys gamina antrinius metabolitus iš kurių pavojingiausi: aflatoksinas B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>), deoksinivalenolis (DON), fumonizinais, zearalenonas (ZEA), T-2 toksinas, ochratoksinas A (OTA), kurie pasižymi ląstelių genetinę medžiagą pažeidžiančiu poveikiu. Šie mikotoksinai dažniausiai sutrikdo inkstų, kepenų, virškinamojo trakto ir reprodukcinės sistemos veiklą (4,5). Mikotoksinų nustatymas plonasluoksne chromatografija (PSCh) ne visada yra tikslus, kadangi vyrauja šių heterociklinių junginių fizinės ir cheminės modifikacijos. Konjugacijos metu susiformuoja mikotoksinų glikozidai, gliukuronidai, sulfatai, epoksidai, junginiai, prisijungiantys prie oligosacharidų, pavyzdžiui, fumonizinais dažnai sudaro tvirtus kompleksus su krakmolu (13,14).

Analizuojant mokslinę literatūrą pastebėta, jog kviečiai labiausiai yra pažeidžiami *Alternaria spp.*, *Cladosporium spp.*, *Aspergillus spp.*, *Fusarium spp.*, laboratoriniais tyrimais nustatyta, kad kviečių kokybę bei saugą blogina ir *Penicillium digitatum* (15, 16). 2019 metais Saudo Arabijoje atlikti tyrimai rodo, kad kviečiuose taip pat galima aptikti *Acremonium strictum*, *Embellisia chlamydospora*, *Mycelium strelum*, *Mycovellosiella perfoliata*, *Phoma pomorum*, *Xylohypha pinicola*, *Stachybotrys atra*, *Staphylotricum coccusporum* bei *Drechslera*, *Scytalidium*, *Torula*, *Ulocladium*, *Stemphylium* genčių atstovų (16). Dažniausiai kviečių kokybę ir tinkamumą perdirbimui blogina fuzariozė, kurios pagrindiniai sukėlėjai – *Fusarium graminearum* ir *Fusarium culmorum* (17, 18). Pasak Airijos, Brazilijos, Irano mokslininkų apžvalgos, kviečiuose nustatoma DON, ZEA, AFB<sub>1</sub>, OTA, T-2 ir HT-2 toksinų bei fumonizinų (5). Pelėsinių grybų kokybinė sudėtis panaši skirtingose javų grūdų rūšyse. Kukurūzų žaliavose dažnai yra identifikuojamas *Fusarium verticillioides* bei *Fusarium proliferatum*, kurie išskiria fumonizinus. Be fumozinų, remiantis Khodaei ir bendraautorių (5) atlikta 2018-2020 metų mokslinė apžvalga, vyrauja ir AFB<sub>1</sub>, ZEA ir DON. Serbijos mokslininkai Krnjaja ir kiti (19) pateikė išvadas, jog kukurūzuose vyrauja *Aspergillus spp.*, o lietinguoju metu – *F.*

*graminearum*, *F. proliferatum*, *Fusarium subglutinans*, *F. verticillioides* ir *Penicillium spp.* Be to, kukurūzuose aptinkamos ir saprofitinės pelėsinų grybų rūšys: *Nigrospora spp.*, *Rhizopus spp.*, *Acremonium spp.*, *Bipolaris spp.* (19). Taip pat ir miežiuose labiausiai paplitusios pelėsinų grybų gentys: *Fusarium*, *Alternaria*, *Claviceps*, *Aspergillus*, *Penicillium* (20). Italijos ir Austrijos mokslininkų Beccari ir kiti (21) atliktas tyrimas rodo, kad salyklinių miežių kokybę labiausiai blogina *Alternaria* genties mikroskopiniai grybai, kurių vidutinis paplitimas šioje grūdinėje žaliavoje – 77 proc., *Fusarium poae*, *F. graminearum*, *Fusarium avenaceum* bei *Alternaria* genties pelėsiai. Minėtų mokslininkų (21) teigimu, salykliniuose miežiuose dominuojantys mikotoksinai: nivalenolis, T-2 ir HT-2 toksinai, beauvericinas. Be to, miežių mėginiuose Beccari kartu su bendraautorais (21) nustatė ir deoksinivalenol-3- gliukozidą. Remiantis Khodaei ir bendraautorių (5) 2018-2020 metais pasaulyje atliktų tyrimų analize, miežiuose daugiausia nustatoma DON. Šios mokslinės apžvalgos autoriai (5) akcentuoja, kad žieminiuose miežiuose, užaugintuose Kanadoje, 56 proc. visų tirtų mėginių DON koncentracija viršijo 1250 mg/kg, o JAV užaugintuose rugiuose to paties mikotoksino koncentracija yra mažesnė nei 1,0 mg/kg (5), tai įrodo pelėsinų grybų paplitimo skirtumus priklausomai nuo augimo vietos.

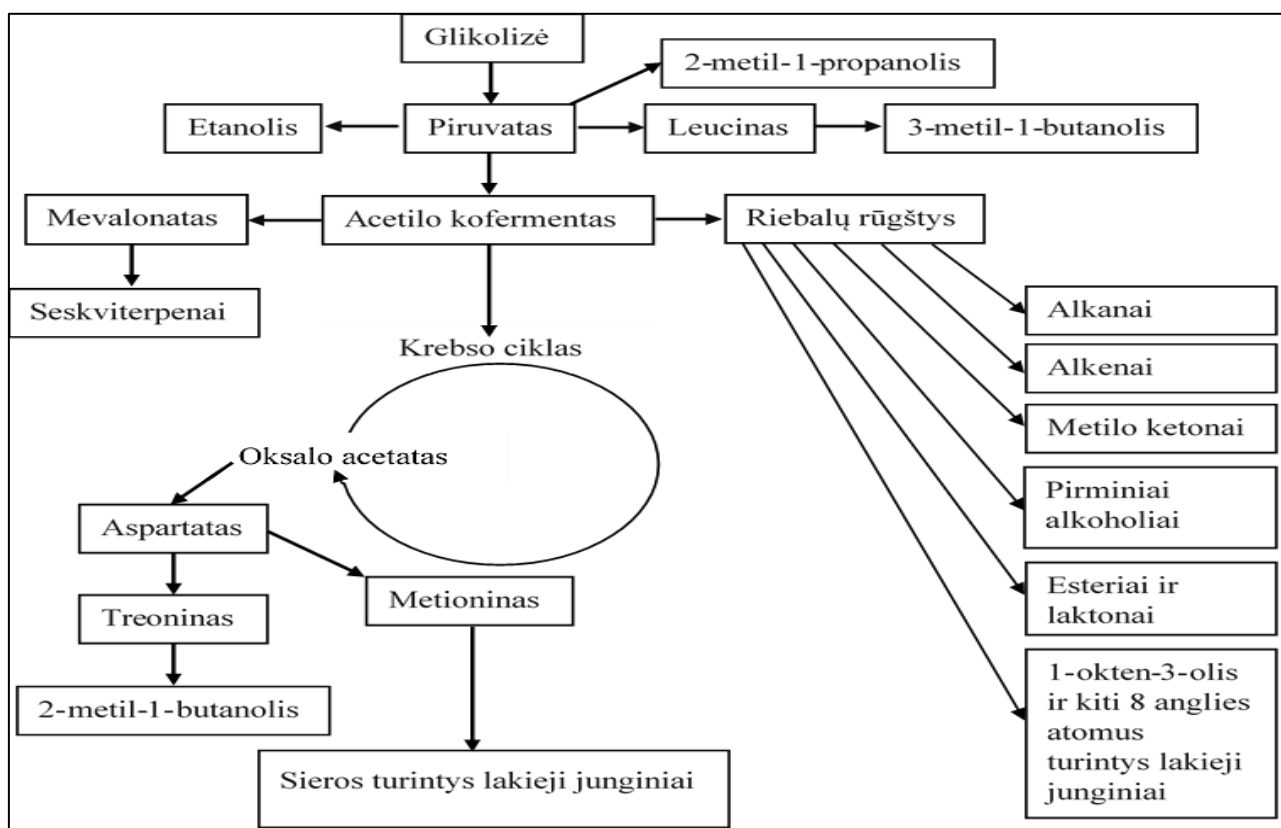
Avižose, kaip ir miežiuose, vyrauja *Fusarium* genties pelėsiniai grybai. 2018 metais Schöneberg ir bendraautorių (22) publikuotame moksliniame straipsnyje analizuotas Šveicarijoje auginamose avižose pelėsinų grybų paplitimas, išskirta dominuojanti mikotoksigeninė pelėsinų grybų padermė – *F. poae*. Schöneberg ir bendraautoriai (22) nustatė, jog T-2 ir HT-2 toksinai buvo dažniausi mikotoksinai aptinkami avižose. Didesni kiekiai T-2, HT-2 toksinų ir nivalenolio tyrimo metu buvo identifikuoti tuose laukuose, kuriuose yra taikoma neiriamoji žemės dirbimo technologija (22). Be *Fusarium* genties atstovų, avižose taip pat aptinkama ir *Alternaria alternata* bei *Aspergillus niger* (22), o Argentinoje Sacchi ir bendraautorių (23) atlikto tyrimo metu avižose nustatytas ir *Arthrimum spp.*, *Acremonium spp.*, *Curvularia spp.* paplitimas. Remiantis minėtu tyrimu (Sacchi ir kiti) (23), avižose galima aptikti aflatoksinų, ZEA, DON bei fumonizino B<sub>1</sub>, kurio koncentracija Argentinoje auginamose avižose, tyrimo metu užfiksuota 105 – 108 µg/kg (23). Ryžiai, taip pat kaip ir avižos, priklauso javų kategorijai. Remiantis Khodaei ir bendraautorių (5) apžvalga, ryžių kokybę ir saugą labiausiai blogina AFB<sub>1</sub> ir ZEA, DON ir fumoniziniai.

## 1.2 Pelėsinų grybų išskiriami lakieji organiniai junginiai

Pelėsiniai grybai metabolizuoja ne tik mikotoksinus, bet į aplinką išskiria ir lakiuosius organinius junginius. Mokslininkai pastebėjo, jog mikotoksinų ir lakiųjų organinių junginių išskyrimas tarpusavyje yra susijęs. Tai įrodo Kinijoje, Zhang ir bendraautorių (24) atliktas tyrimas, kurio metu iškelta hipotezė, jog *Aspergillus carbonarius* išskiriami lakūs junginiai C-8 alkoholiai, ketonai ir trans-nerolidolis tarpusavyje glaudžiai susiję su OTA sinteze. Šį mokslinį spėjimą patvirtina

gauti duomenys, jog *A. carbonarius* antrą inkubacijos dieną išskyrė daugiausia ketonų (vidutiniškai 110 mg/l) bei C-8 alkoholio (vidutiniškai 190 mg/l) ir pastebėta didžiausia OTA koncentracija vidutiniškai 1,65 mg/l. Ketvirtąją ekspozicijos dieną daugėjant trans-nerolidolio nustatytas OTA koncentracijos sumažėjimas 0,5 mg/l, nustatytas neigiamas tiesinis koreliacinis ryšys (24).

Pelėsinų grybų lakieji organiniai junginiai gali susidaryti iš įvairių pirminių medžiagų metabolizmo metu, vykstant glikolizei, susidarius piruvatui, dalyvaujant acetilo kofermentui A yra inicijuojamas Krebso ciklas (25). Remiantis Schnürer ir kitų bendraautorių (25) įžvalgomis, pelėsiniai grybai gali išskirti lakiuosius junginius skaidydami riebalų, amino bei keto rūgštis, acetatą. Pagrindiniai metabolizmo keliai pateikti 1 pav.



**1 pav.** Pelėsinų grybų išskiriamų lakiųjų organinių junginių metabolizmo kelias pagal Schnürer ir kitų (25) mokslinėje apžvalgoje sudarytą schemą

Skirtingos pelėsinų grybų rūšys pasižymi individualia kiekybine ir kokybine lakiųjų junginių sinteze. Visų pirma naudojant didelio efektyvumo skysčių chromatografiją ir dujų chromatografiją kartu su masės spektrometrija galima nustatyti pelėsinų grybų lakiuosius junginius (3). 2016 metais Kamerūno Respublikos ir Indijos mokslininkai Toghueo ir kiti (26) nustatė, jog endofitinis *A. niger*, išskirtas iš *Terminalia catappa* atogrąžų medžio šaknų, išskiria lakiuosius junginius, kuriuose dominuojanti medžiaga – oksalo rūgštis bei izobutilo - propilo esteris. Be to, tyrimo metu nustatyta, kad *A. niger* metabolizuoja chemine sudėtimi skirtingus lakiuosius junginius, priklausomai nuo

augimo terpės sudėties (26). Toghueo ir kiti (26) eksperimentu įrodė, jog iš augalinių substratų išskirto *A. niger* lakiųjų organinių junginių sintezę *in vitro* sąlygomis skatina terpė, kurioje yra acetono, etanolio, 5-azacitidino ar dimetilsulfooksido. Ne tik kokybinę lakiųjų junginių sudėtį veikia išorės veiksniai, bet ir šių greitai garuojančių cheminių junginių kiekis tiesiogiai koreliuoja su pelėsinio grybo augimu (dienomis) substrate (24,27). Mokslinėje literatūroje aprašytas atvejis, kad *A. carbonarius* augimo pradžioje gausiau išskiria esterio junginius, o 7 inkubacijos dienoje pastebima didesnė angliavandenilių koncentracija nei eksperimento pradžioje (24). *Aspergillus spp.* gali išskirti ir ketonus, aldehidus ir ciklinius dikarboksilo anhidridus, alkoholius, esterius, o daugiausia išskiria seskviterpenų ir angliavandenilių. Nustatyta, jog skirtingos *A. carbonarius* padermės skiriasi viena nuo kitos seskviterpeno chemine sudėtimi (24).

Dažniausiai lakieji junginiai analizuojami tų pelėsinų grybų, kurie yra pagrindinė priežastis ekonominių nuostolių, susijusių su grūdinių kultūrų kokybės blogėjimu. Viena iš šių svarbių problemų – javų varpų fuzariozė. Italijos mokslininkų, Laddomada ir bendraautorių (28), parengtoje publikacijoje ir atsispindi šios temos svarba maisto saugoje, ieškant *F. poae* buvimą signalizuojančių biomarkerių. Kviečių sandėliavimo metu pastebėtas etilo acetato, etanolio ir 3-metilbutanolio koncentracijų didėjimas, bet taip pat tyrimo metu nustatyta, kad *F. poae* užteršiant kviečius aptinkamos ir šios pelėsinio grybo lakiosios medžiagos, laikytinos biomarkeriais: etilo dekanoatas, 2-feniletilacetatas, 3-metilbutanalis, heksanalis, feniletilalkoholis, 3-hidroksi-2-butanonas ir acto rūgštis (28). Laddomada ir kiti (28) nustatė, kad etilo dekanoatas gausiai buvo aptiktas tik pirmą tyrimo dieną, tačiau sandėliuojant kviečius 5-7 dieną pastebimas žymus šios lakiosios organinės medžiagos sumažėjimas. Javų grūdų kokybę bei saugą blogina ir kitos *Fusarium* genties rūšys, todėl svarbu išsiaiškinti ir kitus potencialus grybelinės taršos biomarkerius. *Fusarium sporotrichioides*, *Fusarium langsethiae*, *Fusarium sibiricum*, *F. poae* lakieji junginiai: etanolis, acto rūgštis, butanolis, 3-metilbutan-1-olis, 2-metilbutan-1-olis, etil-3-metilbutanoatas, terpenai, seskviterpenai ir trichodienai (29).

Taip pat Gharbi ir kiti (30) nustatė, kad alyvuogėse ir pirmo spaudimo alyvuogių aliejuje dominuojantis *Aspergillus sydowi* daugiausia išskiria neterpeninius junginius, monotereninius angliavandenilius ir deguonies prisotintus monoterenus, o *Fusarium spp.* – deguonies prisotintus seskviterpenus ir seskviterpeninius angliavandenilius. Alyvuogėse be *Fusarium* ir *Aspergillus* genčių vyrauja ir *Cladosporium spp.*, išskiriantys seskviterpeninius angliavandenilius, neterpeninius junginius (30). Be to, *Fusarium oxysporum* ir *F. proliferatum*, pagrindiniai svogūnų puvinų sukėlėjai, išskiria etilo formiatą, 2-metil-1-propanolį, metilo tioacetatą, propilo acetatą ir 3-metil-1-butanolį (31). Wang kartu su bendraautoriais (31) atlikę tyrimus apibendrino, jog etanolio ir etilo

acetato koncentracija didėja statistiškai reikšmingai didėjant pelėsinio grybo micelio biomasei<sup>1</sup>. Minėti mokslininkai (31) pastebėjo ir atvirkštinę priklausomybę acetono ir dimetilsulfido atžvilgiu.

### 1.2.1 Pelėsinių grybų išskiriamų lakiųjų organinių junginių praktinė reikšmė

Pastaruoju metu įvairiose mokslo srityse plačiai pritaikomi biomarkeriai, kurie leidžia anksti nustatyti pakitimus tam tikroje matricoje. Labai svarbu anksti identifikuoti ir įvairių maisto pramonėje naudojamų žaliavų ar galutinių produktų pelėsinę taršą, kad būtų galima imtis prevencinių priemonių, stabdančių mikroskopinių grybų plitimą bei antrinių metabolitų – mikotoksinų kaupimąsi. Mikologijoje biomarkeriais yra laikomi mikromicetų išskiriami lakieji junginiai (7). Pelėsių biomarkeriai gali būti pritaikomi nustatant bei vertinant grūdų kokybę. Barkat ir kiti (32), atlikę tyrimus su Australijoje užaugintais ir sandėliuojamais kviečiais, pateikė išvadas, kad grūdų kokybę išsaugoti leidžia pelėsinių grybų lakiųjų organinių junginių fiksavimas, esant tik pelėsinės taršos užuomazgoms. Tyrimo objektu pasirinkus *A. alternata* ir *Alternaria infectoria* išsiaiškinta, kad pirmoji rūšis greičiau pradeda išskirti lakiuosius junginius nei antroji. *A. infectoria* biomarkeriu kviečių žaliavose galima laikyti pentadekaną, o heksadekametilo junginius ir ciklooktasiloksaną – *A. alternata* vystymąsi signalizuojančiu junginiu (32).

Ne tik grūdų perdirbimo įmonėse yra galimybė pritaikyti pelėsių lakiųjų junginių kontrolę, bet ir kitose srityse. Viena iš jų – daržovių pramonė. Svogūnų kokybę dažnai blogina fuzarinis puvinys, todėl jį suvaldyti gali padėti fiksuojami *F. oxysporum* ir *F. proliferatum* lakieji junginiai – biomarkeriai: etanolis, etilformiatas, etilacetatas, 2-metil-1-propanolis, metiltioacetatas, n-propilo acetatas ir 3-metil-1-butanolis (31). Ankstyvą *Fusarium spp.* inicijuotą svogūnų puvinį gali signalizuoti ir metilpropilsulfidas, stirenas, 1-propantiolis (33). Braškės taip pat, kaip ir svogūnai, yra dažnai paveikiamos mikroskopinių grybų. Viena iš dažniausių braškių gedimo priežasčių – antraknozė, kuri sukeliama grybelinių augalų patogenų *Colletotrichum fragariae* bei *Rhizopus stolonifer* (34). Šie pelėsiniai grybai dažniausiai išskiria esterius bei terpenus, kurie yra kaip indikatoriai, signalizuojantys braškių infekciją, leidžiantys laiku kontroliuoti ligą bei užtikrinti kokybiškų braškių tiekimą vartotojams. Siekiant užfiksuoti pirminę braškių pelėsinę taršą, bioindikatoriais galima laikyti butano rūgšties etilo esterį, etilo butanoatą, 3-heksen-1-olioacetatą, acto rūgšties butilo esterį, 1-butanolio-3-metilacetatą, propilacetatą (34). 2015 metais Brazilijos mokslininkai Oliveira ir kiti (35) nustatė, jog *Botryosphaeriaceae* šeimos pelėsinių grybų biologiniai žymenys gali būti lakieji junginiai:  $\alpha$ -bisabololis,  $\alpha$ -selinenas,  $\alpha$ -cedreno epoksidai ir guaiolio acetatas. Pagal lakiuosius junginius vykdoma ir chemotaksonomija, pavyzdžiui, endofitinio grybo *Pseudofusicoccum stromaticum*  $\alpha$ -bisabololio dideli kiekiai yra chemotaksonominis žymeklis (35).

---

<sup>1</sup> Pelėsinio grybo DNR kiekis, nustatomas realaus laiko PGR (6)

Be to, alyvuogėse ir jų aliejuje dominuojantys pelėsiniai grybai: *A. sydowii*, *Cladosporium spp.*, *Dematie sterile*, *Aerobasidium spp.*, *Alternaria spp.*, *Fusarium spp.*, *Aspergillus fumigatus*, *Hyalohyphomycete spp.*, *Penicillium spp.* išskiria biologiškai aktyvius lakiuosius junginius, kurie parodo, jog alyvuogių aliejaus juslinės savybės gali būti veikiamos pelėsinų grybų (30). 2017 metais Gharbi kartu su bendraautorais (30) nustatė, jog mikromicetų išskiriami heksanalis, nonanalis, 2-dekanalis, fenil-etilo alkoholis, stirenas, n-dodekanas, n-tetradekanas, limonenas ir  $\beta$ -selinenas sutampa su natūraliai alyvuogių aliejuje esančiais lakiaisiais junginiais, todėl pelėsinų grybų išskiriami lakieji junginiai yra naudingi kaip lipazės ir lipoksigenazės aktyvatoriai (30). Suaktyvėjus šiai fermentų sistemai yra pagerinamos alyvuogių aliejaus juslinės savybės, tačiau mikroskopinių grybų paplitimas turi būti kontroliuojamas (30). Aukščiausios kokybės pirmojo spaudimo alyvuogių aliejaus gamybos technologijoje svarbus yra butilintas hidroksitoluenas (36). Šis cheminis junginys – antioksidantas, kuris yra susintetinamas chemijos pramonėje, tačiau 2017 metais Gharbi ir kiti (36) nustatė, jog *A. sydowii*, *D. sterile*, *Cladosporium sp.*, *Alternaria sp.*, *Fusarium sp.*, *Aspergillus conicus*, *Hyalohyphomycete sp.*, *Penicillium sp.* išskiria butilintą hidroksitoluena, kuris visų lakiųjų junginių sudaro nuo 0,3 proc. iki 13,1 proc. Didžiausią natūralaus antioksidanto kiekį išskyrė *A. conicus*. Remiantis minėtų mokslininkų (36) išvadomis, butilintas hidroksitoluenas padidina nesočiųjų riebalų rūgščių stabilumą bei yra naudingesnis žmogaus sveikatai nei sintetinis junginys.

Pelėsinų grybų išskiriami lakieji organiniai junginiai gali būti panaudojami ir kaip ekologiški insekticidai. 1-okten-3-olis, 3-oktanolis ir 3-oktanonas yra naudingi naikinant kukurūzų kenkėjų populiaciją (37). Iš išvardintų lakiųjų junginių, ypač aktyvus – fumigantas 1-okten-3olis ( $LD_{50}$  – 27,7  $\mu$ l 1 litrui oro), kuris gali mažinti kukurūzų kokybę bloginančio straubliuko *Sitophilus zeamais* populiaciją. Taip pat minėtu moksliniu tyrimu (37) nustatyta, jog išgrynintas 1-okten-3-olis labiausiai slopina *F. verticillioides* augimą, kai mažiausia medžiagos slopinanti koncentracija aukštesnė nei 0,53 mM, o esant slopinamosioms medžiagos koncentracijoms mažesnėms nei 0,13 mM – 1-okten-3-olis ir 1-oktanonas veikia priešingai ir stimuliuoja *F. verticillioides* augimą. Išgrynintas 1-okten-3-olis yra stipriausias inhibitorius ne tik *F. verticillioides* augime, bet ir fumonizino B<sub>1</sub> kaupimuisi kukurūzuose, vidutinis eliminuojantis poveikis nuo pradinės koncentracijos – 74 proc. (37).

Pelėsinų grybų išskiriami lakieji organiniai junginiai išskirtiniais atvejais gali būti naudingi augalui (27). Dirvožemyje aptinkamas gijinis grybas *Phoma sp.* gali skatinti augalo augimą, kadangi minėtas grybas išskiria 4 – 8 anglies atomų lakiuosius angliavandenilius. Augalo metabolizmą teigiamai veikia *Phoma sp.* GS8-3 išskiriamas metilpropanolis ir 3-metilbutanolis, nes 2013 metais Japonijoje (27) buvo nustatyta, kad minėti mažos molekulinės masės biologiškai aktyvūs junginiai teigiamai veikia tabako augimą. Japonijoje atlikto tyrimo metu paaiškėjo, jog augalo augimą geriau veikia mažesnės lakiųjų junginių koncentracijos nei didelės (27).

### 1.3 Pelėsinų grybų riebalų rūgštys

Pelėsinų grybų riebalų rūgščių sudėtis nėra plačiai mokslininkų analizuojama mikologijos sritis. Remiantis atliktais tyrimais, pelėsinų grybų riebalų rūgščių profilis pritaikomas dažniausiai tik mikromicetų rūšių identifikavime, pastaraisiais metais šia tema nepaskelbta naujų išvadų. Merja Suutari (38) 1995 metais publikuotame moksliniame straipsnyje akcentuoja, kad *A. niger*, *Penicillium chrysogenum*, *Neurospora crassa*, *Trichoderma reesei* riebalų rūgščių sudėtis gali kisti priklausomai nuo temperatūros, kurioje išvardinti pelėsiniai grybai auga. Sumažėjus aplinkos temperatūrai nuo 26 °C iki 15°C, daugėja mikroskopinių grybų sudėtyje nesočiųjų riebalų rūgščių. Šio tyrimo (38) metu užfiksuota, jog *P. chrysogenum* ir *T. reesei* sudėtyje padaugėjo linoleno riebalų rūgštis. Mažėjant minėtų pelėsinų grybų kultivavimo temperatūrai, pastebimi ir oleino, palmitino, linolo riebalų rūgščių sumažėjimai, tik *N. crassa* riebalų rūgščių kokybinė bei kiekybinė sudėtis statistiškai reikšmingai nepasikeitė priklausomai nuo temperatūrinio režimo (38).

1996 metais Mičigano mokslininkai Stahl ir bendraautoriai (39) tyrė pelėsinų grybų riebalų rūgščių profilius, siekiant efektyviau vykdyti rūšių atskyrimą. 1 lentelėje yra pateikta minėto mokslinio straipsnio tyrimo rezultatų ištrauka, kurioje palyginimui išrinkti trijų *Penicillium* genties atstovų riebalų rūgščių sudėties profiliai. Analizuojant *Penicillium paraherquei*, *Penicillium restrictum*, *Penicillium simplicissimum* riebalų rūgštis, pastebimas esminis skirtumas – *P. simplicissimum* būdinga arachidinė riebalų rūgštis (39).

**1 lentelė.** *Penicillium paraherquei*, *Penicillium restrictum*, *Penicillium simplicissimum* riebalų rūgščių sudėtis (P. D. Stahl ir M. J. Klug atlikto mokslinio tyrimo (39) rezultatų dalis)

Pelėsinis grybas	Riebalų rūgštys ir jų vidutinis kiekis (proc.) nuo bendro kiekio									
	C14:0	C15:0	C16:0	C16:1	C17:0	C17:1	C18:0	C18:1	C18:2	C20:0
<i>Penicillium paraherquei</i>	0,29	0,80	13,73	0,46	2,42	2,67	3,30	25,41	40,46	-
<i>Penicillium restrictum</i>	0,34	0,22	19,52	0,34	0,43	0,21	7,23	34,49	36,42	0,24
<i>Penicillium simplicissimum</i>	0,49	0,61	16,93	0,39	0,77	0,48	5,90	25,98	46,81	-

Remiantis 1 lentele pastebėti skirtumai riebalų rūgščių profilyje ir tarp dviejų likusių pelėsinų grybų. Ryškiausi skirtumai (proc.) identifikuoti linolo (C18:2) ir palmitino (C16:0) rūgščių atžvilgiu – *P. simplicissimum* sudėtyje šių riebalų rūgščių atitinkamai 6,35 proc. ir 3,2 proc. daugiau nei *P. paraherquei* (39).

Taksonomija pagal riebalų rūgštis galima ir *Aspergillus* genties padermių identifikavime, taip pat kaip ir *Penicillium spp.* rūšių nustatyme, svarbiausios riebalų rūgštys: palmitino, stearino, oleino

ir linolo (40). Paskutinė riebalų rūgštis, pasak Fraga ir bendraautorių (40) paskelbtų išvadų, bendrame *Aspergillus spp.* riebalų rūgščių profilyje yra dominuojanti.

## **1.4 Aplinkos veiksnių įtaka javų grūdų kokybiniais rodikliams**

Javų grūdų kokybiniai rodikliai yra labai svarbūs supirkimo, o paskui ir jų perdirbimo bei realizavimo maisto ir pašarų pramonėje metu. Valstybinė augalininkystės tarnyba pateikė grūdų supirkimo ir tiekimo reikalavimų suvestinę (41), kurioje išskirti Lietuvos standartai, nurodantys svarbiausių javų grūdų, kviečių, miežių, rugių, kvietrugių, avižų, supirkimo ir tiekimo reikalavimus. Lietuvos standarte LST 1524:2019 nurodyti kokybės reikalavimai kviečiams, LST 1797:2018 – miežiams, LST 1580:2019 – rugiams, LST 1948:2019 – kvietrugiams, LST 1610:2016 – avižoms, LST 1954:2019 – kukurūzams (41).

Sandėliuojant javų grūdus, jų kokybė yra veikiamą gyvosios ir negyvosios aplinkos veiksnių. Sandėliavimo metu labiausiai grūdų kokybę veikia nepastovi temperatūra ir drėgmė. Be šių veiksnių didelę įtaką sandėliuojamų grūdų kokybei ir saugai turi pelėsinė tarša, vabzdžiai, parazitai ar graužikai (42). Be to, svarbu ir žaliavų laikymo sąlygos iki perdirbimo. Mokslinėje literatūroje yra pateiktas Jungtinių Amerikos Valstijų mokslininkų Walker ir bendraautorių (43) tyrimas apie hermetiškų laikymo pakuočių reikšmę kukurūzų kokybei. Pakavimo medžiagos, kurios nepraleidžia oro, vandens ir drėgmės, leidžia sumažinti pelėsinų grybų vystymąsi ir antrinių metabolitų, aflatoksinų ir fumonizinų, kaupimąsi kukurūzuose bei kukurūzinių straubliukų populiaciją, lyginant su paprastais sandėliavimui naudojamais polipropileningais maišeliais (43).

Žinoma, kad grūdų kokybė priklauso ir nuo veislės. Genotipas didžiausią įtaką daro baltymų bei glitimo kokybei (44). Plačiai maisto pramonėje yra naudojami kviečiai, pavyzdžiui, *Triticum sphaerococcum*, *Triticum dicoccum*, *Triticum aestivum*, kurie pasižymi labai gera glitimo kokybe, todėl yra tinkami duonos gamybai, o *Triticum compactum* ir *Triticum monococcum* būdinga minkšta endospermo tekstūra, silpnas glitimas, todėl tokius kviečius galima naudoti minkštiems konditeriniams gaminiams. Gera baltymų kokybe pasižymi *Triticum aestivum* kviečiai (44).

Taip pat javų grūdų kokybę lemia ir chemizacija. Lietuvoje atlikto tyrimo metu (45) patvirtinta, jog tręšimas azoto trąšomis daro įtaką kviečių kokybiniais rodikliams. Atskirais kviečių augimo periodais, naudojant granuliuotą superfosfatą, kalio chloridą, amonio salietrą, kviečių grūdų baltymingumas gali padidėti vidutiniškai iki 2,20 proc., o šlapijojo glitimo kiekis – 4,89 proc., lyginant su netręštais kviečiais (45).

### **1.4.1 Pelėsinų grybų poveikis javų grūdų kokybei**

Javų grūdų kokybei reikšmingą įtaką daro ir pelėsinė tarša. Analizuojant mokslinę literatūrą, pastebima, kad mikroskopinių grybų įtaka grūdų kokybiniais rodikliams nėra plačiai išnagrinėta



mokslo sritis, ypatingas dėmesys skiriamas dažniausiai javų grūdų fuzariozės ir kokybinių rodiklių koreliacinei priklausomybei aprašyti. Jau 1995 metais Boyacioğlu ir bendraautoriai (46) pateikė išvadą, jog paveikus *F. graminearum*, kviečių grūduose sumažėja celiuliozės ir hemiceliuliozės, daugėja redukuojančių cukrų. Naujesnėse mokslinėse publikacijose taip pat patvirtinami fundamentiniai teiginiai, kad ryškiausi pokyčiai, įvykus grūdo užterštumui *Fusarium* genties mikromicetais, atsiranda grūdų angliavandenių, baltymų ir krakmolo granulių struktūrose (3). *F. graminearum* labiau ardo gliuteniną, o *F. poae* – gliadiną (47). Martinez kartu su bendraautoriais (47) nustatė, jog laboratorinėmis sąlygomis kviečius paveikus dviejų pelėsinų grybų kultūrų mišiniu (*F. graminearum* ir *F. poae*) mikromicetų proteazių poveikis sustiprėja – gliuteninų kiekis sumažėja vidutiniškai 60,91 proc., o gliadinams poveikis – 3,69 karto mažesnis, nei kitam aptartam glitimą sudarančiam baltymui.

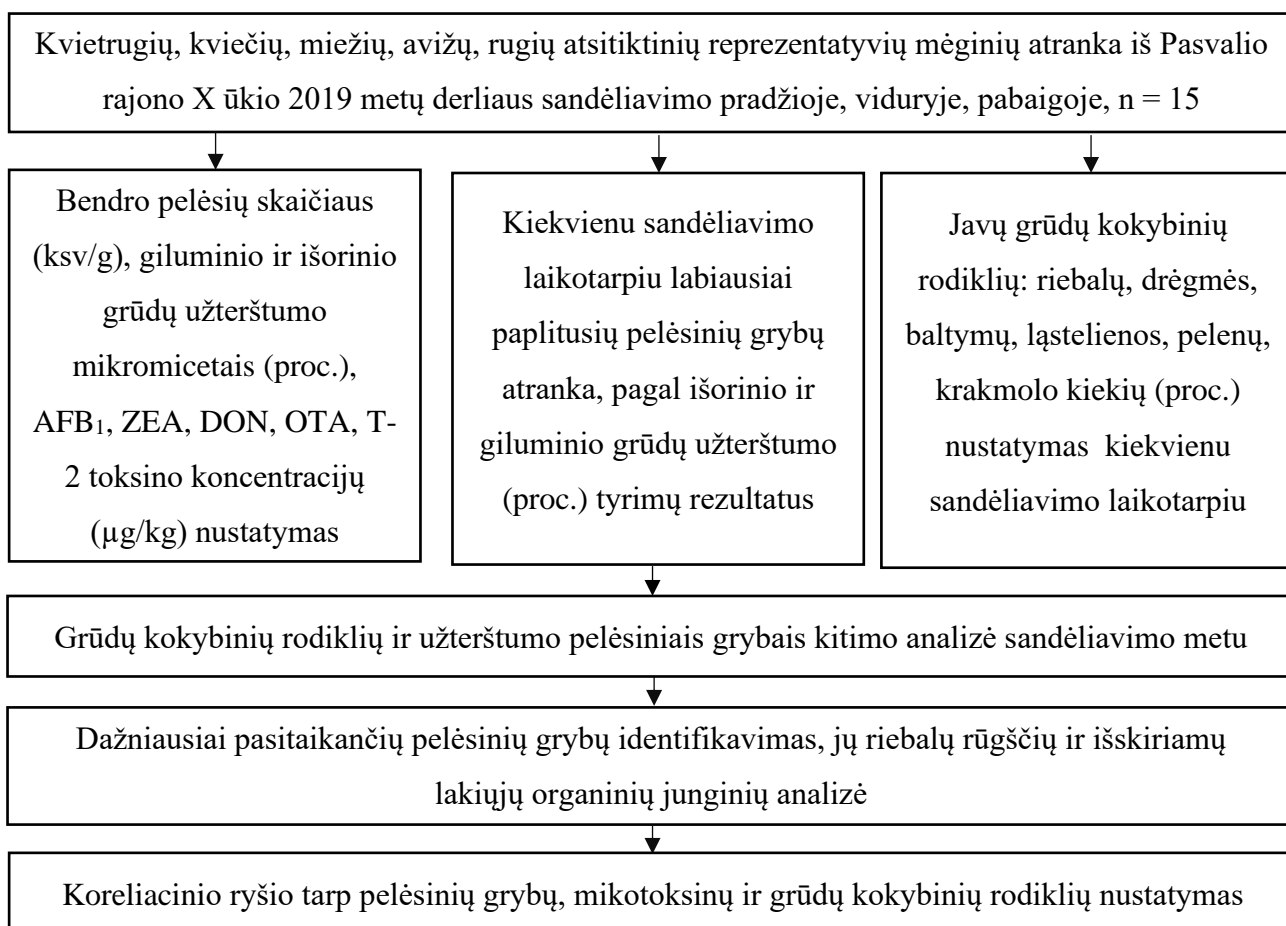
Fuzariozės taikynys, kaip jau ir buvo minėta, yra kviečių glitimo baltymai, todėl pablogėja duonos tešlos kokybė. Remiantis Bellesi ir bendraautorių (2019) (48) atliktu tyrimu, pastebėta, jog *F. graminearum* kviečių glitimo stiprumą gali sumažinti vidutiniškai 65 proc., o *Fusarium pseudograminearum* poveikis dar 5 proc. stipresnis (48). Airijos ir Vokietijos mokslininkai (2), kaip kintamąjį, bloginantį grūdų cheminę struktūrą, pasirinko *F. culmorum* ir elektroninės mikroskopijos būdu nustatė, kad šis pelėsinis grybas, skverbdamasis į grūdo endospermą, skaido krakmolą bei atsarginius baltymus, nustatytas grybelinių proteazių ir amilazių suaktyvėjimas. Pirmiausia Schmidt ir kiti (2), atlikdami mokslinį tyrimą, pastebėjo, kad po 6 savaitių sandėliavimo krakmolo kiekis sumažėjo iki 12 proc., mokslininkų teigimu (2), tai reikšmingas kviečių kokybės blogėjimas. *F. culmorum* prisitaikęs skaidyti ir oligosacharidus. Dėl pelėsinės taršos aptinkami ne tik laisvi sacharidai, bet identifikuojamas ir albumino, gliutelinų bei prolaminų frakcijų procentinis padidėjimas. Globulinai, priešingai nei albuminai, gliutelinai, prolaminai, infekuotuose kviečiuose, lyginant su neinfekuotais, sumažėja (2). Be to, fuzariozė gali suaktyvinti proteolitinį aktyvumą ir miežių mėginiuose. *F. avenaceum* gali baltymų kiekį sumažinti vidutiniškai 4 proc., suaktyvėjus grybelinėms proteazėms. Taip pat miežius pažeidus *Fusarium spp.* padermėms sumažėja miežių grūdų savitasis svoris, miežių misoje aptinkama laisvo azoto (49,50).

Pelėsinė tarša paveikia ne tik grūdų baltymus, angliavandenius, krakmolą, bet lemia ir riebalų rūgščių pokyčius bei lipazės aktyvumą. Vienas iš pagrindinių kviečių fuzariozės sukėlėjų – *F. graminearum* sumažina palmitino, stearino, linolo, o labiausiai oleino ir linoleno kiekius. Remiantis Ortega ir bendraautorių (51) atlikta mokslinė studija, *F. graminearum* lipazės aktyvumo pikas fiksuojamas praėjus vidutiniškai 66,67 proc. viso inkubacijos laiko (51).

## 2. TYRIMO METODAI IR MEDŽIAGA

### 2.1 Tyrimo atlikimo trukmė ir vieta

Magistrantūros baigiamojo darbo tyrimas vykdytas 2019 metų rugsėjo – 2020 metų spalio mėnesiais Lietuvos sveikatos mokslų universitete. Grūdų užterštumo pelėsiniais grybais, mikotoksinais tyrimai atlikti Veterinarijos fakulteto Maisto saugos ir kokybės katedros Mikotoksikologijos laboratorijoje. Pelėsinių grybų išskiriami lakieji organiniai junginiai identifikuoti Farmacijos fakultete Analizinės ir toksikologinės chemijos katedroje, o mikromicetų riebalų rūgščių tyrimai atlikti Veterinarijos fakulteto Maisto saugos ir kokybės katedroje. Be to, Gyvūnų mokslų fakultete Gyvūnų mitybos katedroje Gyvūnų mitybos tyrimų laboratorijoje nustatyta grūdų cheminė sudėtis. Tiriamojo darbo metu atlikta 2019 metų Pasvalio rajono X ūkio derliaus: kvietrugių, kviečių, miežių, avižų, rugių pelėsinių grybų, jų išskiriamų mikotoksinų, lakiųjų organinių junginių ir kokybinių rodiklių palyginamoji analizė sandėliavimo pradžioje (tyrimai atlikti 2019 metų rugsėjo mėnesį), sandėliavimo viduryje (tyrimai atlikti 2020 metų vasario mėnesį), sandėliavimo pabaigoje (tyrimai atlikti 2020 metų liepos mėnesį). Grūdai ūkyje buvo laikomi aruodiniuose grūdų sandėliuose, palaikant pastovią 5 – 10 °C temperatūrą bei 60 – 70 proc. santykinę sandėlių oro drėgnį bei vykdant graužikų ir vabzdžių kontrolę. Tiriamasis darbas atliktas remiantis tyrimo schema (2 pav.).



2 pav. Tyrimo schema

## **2.2 Bendrojo pelėsinų grybų skaičiaus grūdų mėginiuose nustatymo metodas**

Bendras pelėsinų grybų skaičius (ksv/g) kvietrugiuose, kviečiuose, miežiuose, avižose, ruginuose nustatytas remiantis Lietuvos Standartu „Maisto ir pašarų mikrobiologija. Bendras mielių ir pelėsių skaičiavimo metodas. 2 dalis. Kolonijų skaičiavimo būdas produktuose, kurių vandens aktyvumas yra 0,95 arba mažesnis (tapatus ISO 21527-2:2008)“ (52). Sumalti grūdų mėginiai (10 g) buvo skiedžiami 90 ml steriliu distiliuotu vandeniu, homogenizacija vykdoma Erlenmejerio plačiakaklėje kolboje 20 min. 200 rpm greičiu automatinėje purtyklėje „RS-OS-20“ (Vokietija). Po homogenizacijos vykdomi praskiedimai iki 1:10<sup>3</sup> ir 1 ml homogenato, steriliomis sąlygomis, pilamas į Petri lėkštelę, o vėliau užpilama 15 ml selektyvaus Sabūro dekstrozės agaru su inhibitoriumi, antibiotiku chloramfenikoliu (OXOID, CM0041, pH 5,6 ± 0,2). Sukamaisiais judesiais Petri lėkštelės turinys išmaišomas, inkubacija vykdoma termostate 25 ± 2 °C temperatūroje. Po 7 dienų vertinamos Petri lėkštelės ir pelėsinų grybų tipinės formuojamos kolonijos. Tyrimai pakartojami tris kartus.

## **2.3 Grūdų giluminio ir išorinio užterštumo pelėsiniais grybais skaičiavimo metodas**

Nustatant išorinį ir giluminį procentinį grūdų užterštumą pelėsiniais grybais, pirmiausia paruošiama selektyvi Sabūro terpė su chloramfenikoliu (OXOID, CM0041, pH 5,6 ± 0,2). Steriliomis sąlygomis 15 ml selektyvios Sabūro terpės išpilstoma į kiekvieną Petri lėkštelę, 5 min. terpė stingdoma. Ant sustingusios terpės išdėliojama atsitiktiniu būdu atrinktų 10 kiekvienos rūšies grūdų (9 grūdai – ratu, 1 – viduryje). Atliekant giluminio procentinio užterštumo tyrimus kvietrugiai, kviečiai, miežiai, avižos ir rugiai, priešingai nei nustatant išorinį užterštumą, dezinfekuojami 70° etilo spiritu. Po 3 min. dezinfekcijos, grūdai yra praplaunami steriliu distiliuotu vandeniu. Apskaičiuojamas grūdų procentinis užterštumas pelėsiniais grybais. Mikromicetų gentys identifikuojamos šviesinės mikroskopijos būdu pagal morfologines ir kultūrinės ypatybes, remiantis Lugausko ir bendraautorių (53) metodine priemone „Patogeniški ir toksiški mikroorganizmai žmogaus aplinkoje“ bei Samson ir kiti metodologija „Introduction to food-borne fungi“ (54). Tyrimai kartoti 3 kartus.

## **2.4 Mikotoksinų koncentracijų nustatymas**

DON, T-2 toksino, ZEA, AFB<sub>1</sub>, OTA koncentracijos (µg/kg) nustatytos plonasluoksnės chromatografijos (PLCh) būdu, remiantis Romer LAB (JAV) metodologija. Visų pirma nustatinėjant mikotoksinų koncentracijas reprezentatyvūs mėginiai išdžiovinami 50° C temperatūroje bei sumalami Romer Labs (JAV) malūnu, tyrimui naudojama 25 g mėginio. Nustatant DON, T-2 toksino, ZEA, AFB<sub>1</sub>, OTA koncentracijas, tiriamieji grūdų mėginiai ekstrahuojami 100 ml 84/16 acetonitrilo ir

vandens mišiniu maišant dideliu greičiu 3 min. (DON, T-2 toksino, ZEA, AFB<sub>1</sub> nustatymui) arba 30 min. purtant purtykle (OTA nustatymui). Po ekstrahavimo vykdoma filtracija per popierinį filtrą.

Nustatant DON, T-2 toksino, ZEA, AFB<sub>1</sub> ir OTA koncentracijas, gryninimo etapas nėra identiškas. Pirmiausia, siekiant įvertinti DON ir T-2 toksino koncentracijas, gryninimas pradedamas per Multisep® 216 kolonėlę perleidžiant 5 ml 9 ml/1 ml acetonitrilo ir vandens mišinį. Perkėlus į mėgintuvėlį 7 ml grūdų mėginio ekstrakto perleidžiama per Mycosep® 227 Trich+ kolonėlę. Išvalytas ekstraktas (4 ml) perleidžiamas per sudrėkintą Multisep® 216 kolonėlę, kuri turi būti praplaunama 2 kartus su 4,5 ml acetonitrilo ir vandens mišiniu. Nustatinėjant ZEA ir AFB<sub>1</sub> koncentracijas, 4,5 ml grūdų mėginio ekstrakto mėgintuvėlyje 10 sekundžių maišoma su 45 µl acto rūgšties. 4,5 ml ekstrakcijos produkto perleidžiama per Mycosep® 226 kolonėlę. Įvertinant OTA koncentraciją, gryninimo etapo metu 7 ml ekstrakto sumaišoma su 70 µl acto rūgšties, o ekstraktas perleidžiamas per MycoSep®229 Ochra kolonėlę. Sekantis etapas – išgarinimas Romer® Evap sistema. DON ir T-2 toksino koncentracijų nustatymui išgarinama 13 ml grūdų mėginio ekstrakto, ZEA ir AFB<sub>1</sub> – 2 ml, o OTA – 4 ml. Gautų nuosėdų tirpinimui yra naudojami skirtingi mišiniai. DON ir T-2 toksino koncentracijų nustatyme naudojamas 400 µl acetono ir metanolio mišinys 1 ml : 0,5 ml, ZEA ir AFB<sub>1</sub>– 300 µl 97 ml : 3 ml toluolo ir acetonitrilo mišinys, OTA – 400 µl 99 ml : 1 ml tolueno ir acto rūgšties mišinys.

Nustatant DON, T-2 toksino, ZEA, AFB<sub>1</sub>, OTA koncentracijas, naudojamos silicio gelio chromatografinės plokštelės, ant kurių, pasitelkiant mikrošvirkštus, užnešama 10; 20; 40; 60; 80 µl standartų ir 80 µl tiriamojo mėginio (DON, T-2 toksino nustatymui) arba 90 µl (ZEA, AFB<sub>1</sub> nustatymui). Nustatant OTA koncentraciją naudojama 100 µl tiriamojo mėginio ir 10, 30, 50 µl ir 1 µl/ml OTA standarto. DON ir T-2 toksino koncentracijų identifikavimui chromatografinė plokštelė įmerkiamą į vonelę su toluolo/acetono mišiniu, santykiu 1:2, o vėliau apipurškiamą 15 proc. aliuminio chloridu metanolyje, išdžiovinama bei pakaitinama 150°C temperatūroje 5 min. Nustatant ZEA ir AFB<sub>1</sub> – plokštelė įmerkiamą į 18 ml: 2 ml chloroformo ir acetono mišinį ir laukiama, kol skystis pakyla iki 1 cm plokštelės viršaus. Silicio gelio plokštelė apipurškiamą 15 proc. aliuminio chloridu metanolyje ir išdžiovinama. OTA koncentracijos nustatymui chromatografinė plokštelė įmerkiamą į vonelę su 18:1:1 tolueno, metanolio ir acto rūgšties mišiniu. DON, T-2 toksino, ZEA, AFB<sub>1</sub>, OTA koncentracijos įvertinamos UV spindulių fone. DON ir ZEA aptikimo riba – 10 µg/kg, T-2 toksino – 5 µg/kg, AFB<sub>1</sub> ir OTA – 1 µg/kg. Tyrimai kartojami 3 kartus.

**Pastaba:** mikotoksinų koncentracijos nustatytos žemiau aptikimo ribos prilyginamos nuliui.

## 2.5 Grūdų kokybinių rodiklių analizė

Kvietrugių, kviečių, miežių, avižų, rugių kokybiniai rodikliai nustatyti artimosios srities infraraudonųjų spindulių spektrometru NIRS – 6500 (Vokietija). Analizuojama grūdų cheminė sudėtis (proc.): riebalai, drėgmė, baltymai, ląsteliena, pelenai ir krakmolai. Tyrimams naudojami reprezentatyvūs malti kvietrugių, kviečių, miežių, avižų ir rugių mėginiai. Tyrimai atlikti grūdų sandėliavimo pradžioje, viduryje ir pabaigoje, kartojant 3 kartus.

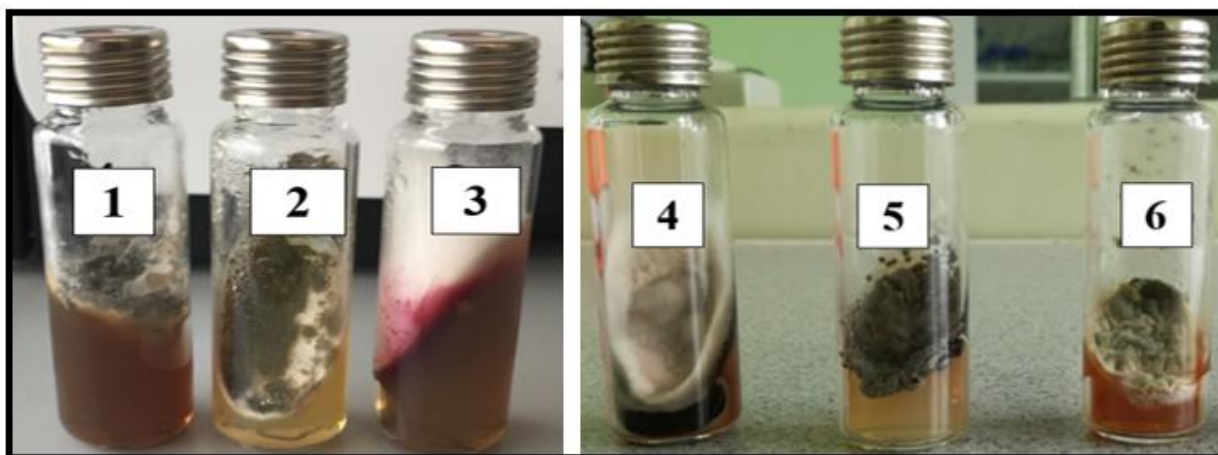
## 2.6 Pelėsinų grybų riebalų rūgščių ir išskiriamų lakiųjų organinių junginių nustatymas

Visų pirma atlikus kvietrugių, kviečių, miežių, avižų, rugių užterštumo (giluminio ir išorinio) pelėsiniais grybais tyrimus, buvo išskirti ir identifikuoti iki rūšių dažniausiai pasitaikantys pelėsiniai grybai: *Penicillium viridicatum*, *Aspergillus flavus*, *Fusarium sporotrichioides*, *Alternaria alternata*, *Cladosporium herbarum*, *Penicillium expansum*. Šie pelėsiniai grybai pirmiausia persėjami dūrio metodu steriliomis sąlygomis į Petri lėkšteles, naudojant selektyvią Sabūro su chloramfenikoliu terpę. Inkubuojama termostate  $25 \pm 2$  °C temperatūroje 7 dienas. Esant antriniam užterštumui, pelėsinų grybų persėjimas kartojamas. Išgryninus kultūrą, pelėsiniai grybai persėjami į specialias, sandarias talpyklas (3 pav.), su įstrižu Sabūro agaru, dūrio metodu, inkubacija vykdoma termostate  $25 \pm 2$  °C temperatūroje 7 dienas.

Lakiųjų organinių junginių analizė atlikta su GCMS-QP2010 Ultra dujų chromatografu su masių spektrometru (Shimadzu, Japonija). Tyrimas atliktas naudojant automatinį injektorius AOC5000 Shimadzu (Japonija) ir chromatografinę kolonėlę Rx 5 ms 30 metrų (0,25 mm, 0,25 μm). Prieš atliekant analizę pelėsinų grybų mėginiai inkubuojami 70°C temperatūroje, ekspozicija – 40 min. Po inkubacinio periodo, adata, kurios temperatūra 150 °C, tiriamasis pelėsinio grybo mėginys injekuojamas į chromatografą. Injekcija atliekama įleidimo į kolonėlę 1 ml metodu. Pradinė chromatografinės kolonėlės temperatūra 50 °C, injektoriaus temperatūra 250 °C, jonų srauto temperatūra 200 °C, sąsajos temperatūra 280 °C. Temperatūra tyrimo metu keliama palaipsnine tendencija – 5°C per minutę – nuo 40°C iki 250°C ir 20°C per minutę nuo 200°C iki 315°C temperatūros, palaikoma 5 min. Vieno mėginio analizės laikas – 55 min. Tyrimo metu nustatinėjant ir analizuojant lakiuosius pelėsinų grybų junginius papildomai remtasi Joblin ir bendraautorių (55) atlikto tyrimo metodika.

Riebalų rūgštys taip pat, kaip ir lakieji pelėsinų grybų organiniai junginiai, nustatytos taikant dujų chromatografijos – masių spektrometrijos metodą. Tyrimai atlikti dujų chromatografu PerkinElmer Clarus 680 ir masių spektrometru PerkinElmer Clarus SQ8T. Pelėsinų grybų mėginiai analizei yra paruošiami remiantis bendromis metodologijomis, skirtomis gyvūninių ir augalinių

riebalų ir aliejaus analizei pagal LST EN ISO 12966-2:2017 (56) standartą. Pirmiausia pelėsių grybų kultūros paveikiamos 86,18 mol/l heksanu (n- Hexane p.a. ISO. CAS 110-54-3), vykdomas riebalų ekstrahavimas, metilesterių paruošimas, naudojant 2 mol/l bevandenį kalio šarmą metanolyje ir duomenų analizė remiantis chromatogramomis. Chromatografinės kolonėlės temperatūra 60°C (1 min.) keliant temperatūrą 12°C per minutę iki 180°C, išlaikant 30 min. Spektrometre tyrimo metu naudojamas temperatūrinis režimas 5°C per minutę iki 300°C, išlaikant 2 min. Pelėsių grybų riebalų rūgščių identifikacijai naudojamas rinkinys – „Supelco 37 Component FAME Mix“.



**3 pav.** Pelėsiniai grybai paruošti lakiųjų organinių junginių ir riebalų rūgščių analizei: Nr. 1. *Penicillium viridicatum*, Nr. 2 *Aspergillus flavus*, Nr. 3 *Fusarium sporotrichioides*, Nr. 4 *Alternaria alternata*, Nr. 5 *Cladosporium herbarum*, Nr. 6 *Penicillium expansum* (nuotraukos baigiamojo darbo autorės)

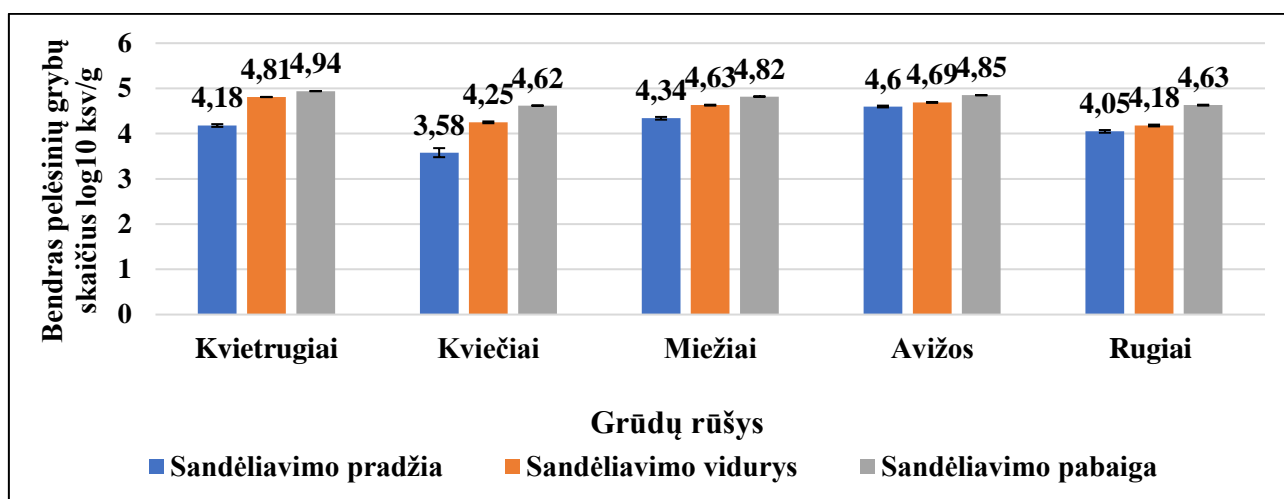
## 2.7 Statistinis tyrimo duomenų įvertinimas

Tyrimo duomenys apdoroti statistine programa IBM SPSS Statistics 26 bei „Microsoft Excel 2016“ (duomenų vizualizacijai). Sudarytos dvi duomenų bazės: pirmoji – bendras pelėsių skaičius, mikotoksinų koncentracijos, grūdų kokybiniai rodikliai – taikyta neparametrinė analizė, naudojant Vilkoksono rangų kriterijų. Antroji duomenų bazė – pelėsių grybų proc. paplitimas analizuojamuose grūduose skirtingais sandėliavimo laikotarpiais – taikoma parametrinė analizė: priklausomų imčių vidurkių palyginimas T testu, vienfaktorinė dispersinė analizė ANOVA. Skaičiuojamos tiriamųjų rodiklių medianos, vidurkiai ir vidurkių paklaidos. Ryšiui tarp mikologinių rodiklių ir grūdų kokybinių rodiklių kitimo nustatyti taikytas Spirmeno ranginės koreliacijos koeficientas. Ryšio stiprumas įvertintas pagal koreliacijos koeficiento reikšmę (r): labai stiprus (0,9 – 1,0), stiprus (0,7 – 0,9), vidutinis (0,5 – 0,7), silpnas (0,3 – 0,5), labai silpnas (0,3 ir mažiau). Duomenys laikyti statistiškai patikimi, kai stebimasis reikšmingumo lygmuo (p reikšmė):  $p < 0,05^*$ ,  $p < 0,01^{**}$ ,  $p < 0,001^{***}$ . Grafikuose paklaidų juostos žymi standartinę vidurkio paklaidą.

### 3. TYRIMO REZULTATAI

#### 3.1 Kvietrugių, kviečių, miežių, avižų, rugių užterštumo pelėsiniais grybais ir mikotoksinais kitimas sandėliavimo metu

Atliekant mokslinio tyrimo duomenų apdorojimą, sudarytos dvi duomenų bazės: analizė atliekama su vidutiniais visų javų grūdų mikologiniais rodikliais ir atskirai nagrinėjant pagal grūdų rūšis. Išanalizavus vidutinį bendrą pelėsinių grybų skaičiaus kitimą kvietrugiuose, kviečiuose, miežiuose, avižose, rugiuose pastebėta, kad sandėliavimo viduryje, lyginant su pradiniu grūdų užterštumu pelėsiniais grybais, mikromicetų kiekis ( $\log_{10}$  ksv/g) padidėjo vidutiniškai 8,67 proc. ( $p < 0,01$ ), o sandėliavimo pabaigoje, lyginant su tyrimo vidurio duomenimis, bendras javų grūdų užterštumas pelėsiniais grybais padidėjo vidutiniškai 5,76 proc. ( $p < 0,01$ ) (1 priedas). Remiantis 4 pav., kuriame pateiktas tyrime naudotų skirtingų javų grūdų rūšių užterštumas pelėsiniais grybais, pastebima, jog sandėliavimo viduryje, lyginant su tyrimo pradžioje užfiksuotais duomenimis, didžiausi pokyčiai kvietrugių ir kviečių mėginiuose – pelėsinių grybų skaičius atitinkamai padidėjo 15,07 proc. ir 18,72 proc., o mažiausi pokyčiai pastebėti avižų mėginiuose – padidėjo 1,96 proc. ( $p \geq 0,05$ ). Lyginant sandėliavimo vidurio ir pabaigos bendro užterštumo pelėsiniais grybais pokyčius nustatyta, jog pelėsinių grybų skaičius kvietrugiuose vidutiniškai padidėjo 2,70 proc., kviečiuose – 8,71 proc., miežiuose – 4,10 proc., avižose – 3,41 proc., rugiuose 10,77 proc. ( $p \geq 0,05$ ).

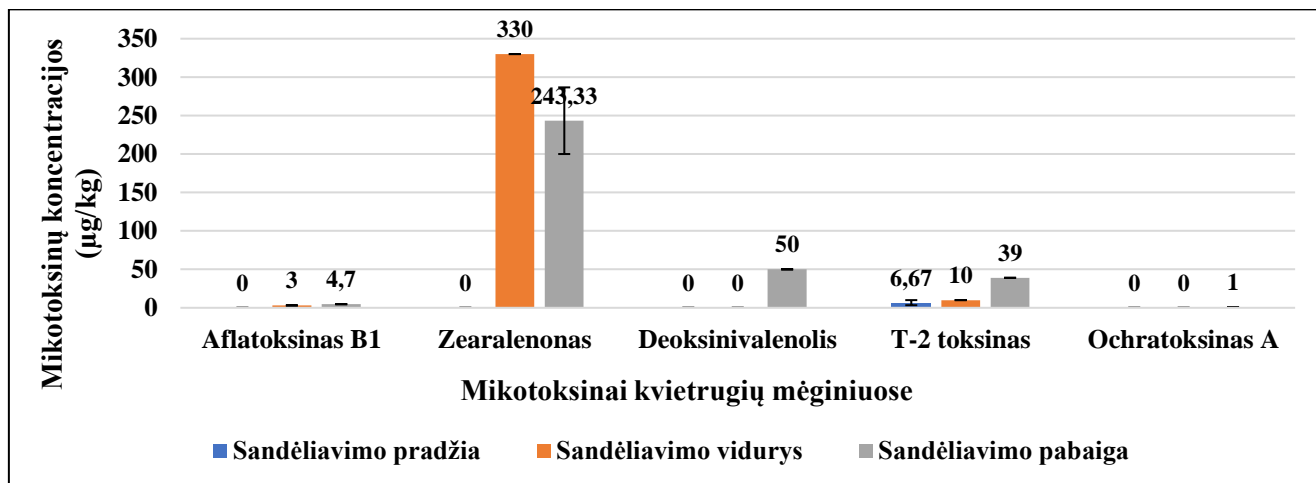


4 pav. Bendras kvietrugių, kviečių, miežių, avižų, rugių užterštumas pelėsiniais grybais ( $\log_{10}$  ksv/g) sandėliavimo pradžioje, viduryje, pabaigoje

Tiriamąjį darbą metu nustatyti ne tik bendro pelėsinių grybų skaičiaus, bet ir mikotoksinų kitimai. Remiantis 1 priede pateiktais apibendrintais visų tyrime naudotų grūdų rūšių duomenimis, didžiausi mikotoksinų koncentracijų pokyčiai pastebimi sandėliavimo viduryje, lyginant su sandėliavimo pradžios duomenimis. Atliekant palyginamąją minėtų sandėliavimo etapų analizę,

AFB<sub>1</sub> koncentracijos ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) vidutinis pokytis didžiausias – šio mikotoksino koncentracija padidėjo 6,87 kartus ( $p < 0,05$ ), ZEA – padidėjo 5,98 kartus ( $p < 0,01$ ), DON – padidėjo 5 kartus ( $p \geq 0,05$ ), o mažiausi pokyčiai OTA ( $p < 0,05$ ) ir T-2 toksino ( $p < 0,01$ ) kitime – padidėjo atitinkamai 2,6 ir 2,06 karto. Taip pat pratešus sandėliavimą, pastebėta mikotoksinų koncentracijų didėjimo tendencija, išskyrus DON ir ZEA. Didžiausi skirtumai, lyginant sandėliavimo vidurio ir pabaigos rezultatus, pastebėti OTA ir AFB<sub>1</sub> koncentracijų kitime: OTA koncentracija padidėjo vidutiniškai 3,65 karto ( $p < 0,01$ ), o AFB<sub>1</sub> – 2,72 karto ( $p < 0,01$ ). T-2 toksino koncentracija sandėliavimo pabaigoje, lyginant su viduriu, padidėjo 1,70 karto ( $p < 0,01$ ), o ZEA koncentracija 1,13 karto mažesnė, lyginant su tyrimo viduryje užfiksuota šio mikotoksino koncentracija ( $p \geq 0,05$ ) (1 priedas).

Analizuojant mikotoksinų koncentracijų pokyčius pagal grūdų rūšis ir remiantis 5 pav., kvietrugiuose nustatyta didžiausia ZEA koncentracija sandėliavimo viduryje – 330  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (mediana 330  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ), o sandėliavimo pabaigoje šio mikotoksino koncentracija sumažėjo vidutiniškai 1,36 karto ( $p \geq 0,05$ ). Analizuojant T-2 toksino kitimą sandėliavimo metu pastebėta, jog didžiausias šio mikotoksino pokytis – sandėliavimo pabaigoje, lyginant su sandėliavimo vidurio duomenimis – padidėjo vidutiniškai 3,9 karto ( $p \geq 0,05$ ). AFB<sub>1</sub> koncentracija kito panašia tendencija, kaip ir T-2 toksino, sandėliavimo viduryje, lyginant su pradžioje užfiksuotais duomenimis, koncentracija padidėjo 3 kartus, o sandėliavimo pabaigoje, lyginant su viduriu – vidutiniškai 1,56 karto ( $p \geq 0,05$ ).

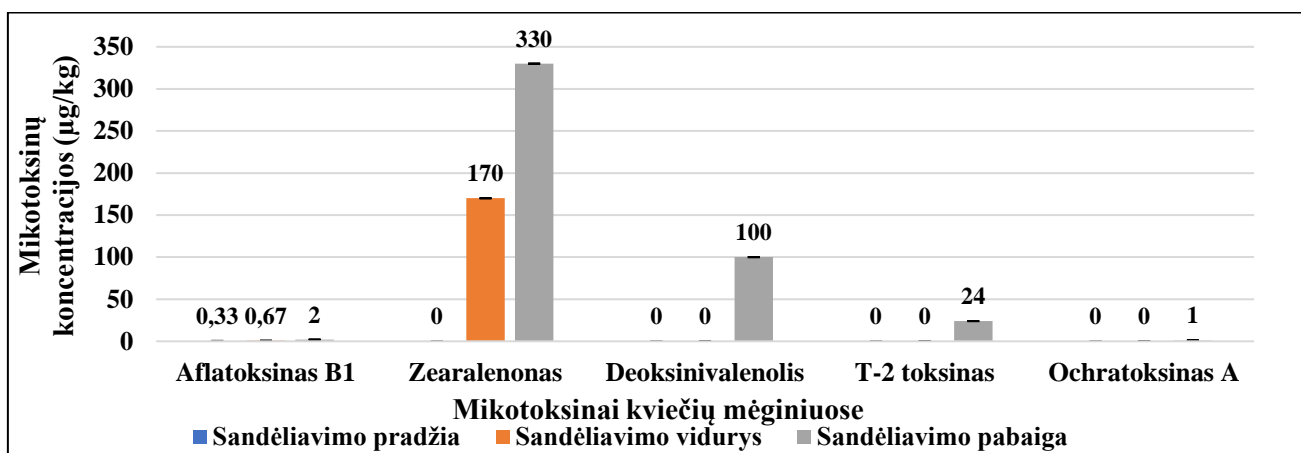


**5 pav.** Aflatoksino B<sub>1</sub>, zearalenono, deoksinivalenolio, T-2 toksino, ochratoksino A koncentracijos ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) kvietrugių mėginiuose sandėliavimo pradžioje, viduryje, pabaigoje

DON ir OTA koncentracijos sandėliavimo pradžioje ir viduryje kvietrugių (5 pav.) kaip ir kitų tyrime naudotų grūdų – kviečių (6 pav.) mėginiuose buvo žemiau aptikimo ribos, tačiau sandėliavimo pabaigoje DON koncentracija padidėjo iki 50  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (mediana 50  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) kvietrugių mėginyje, o kviečių – 100  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (mediana 100  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) ( $p \geq 0,05$ ). OTA koncentracija kviečių ir kvietrugių mėginiuose sandėliavimo pabaigoje siekė 1  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (mediana 1  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ). Kviečių mėginyje T-2 toksino

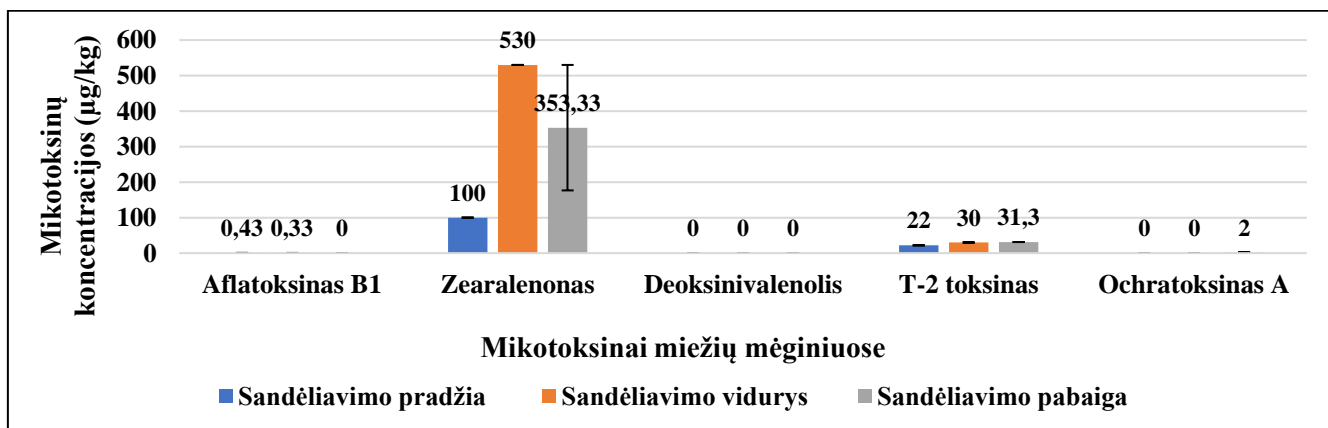


koncentracija, kaip ir DON bei OTA, nustatyta tik sandėliavimo pabaigoje – 24 µg/kg (mediana 24 µg/kg) (6 pav.). AFB<sub>1</sub> koncentracija labiausiai padidėjo sandėliavimo pabaigoje, lyginant su sandėliavimo pradžia – 6,06 karto, o lyginant su sandėliavimo viduriu – 2,99 karto ( $p \geq 0,05$ ).



**6 pav.** Aflatoksino B<sub>1</sub>, zearalenono, deoksinivalenolio, T-2 toksino, ochratoksino A koncentracijos (µg/kg) kviečių mėginiuose sandėliavimo pradžioje, viduryje, pabaigoje

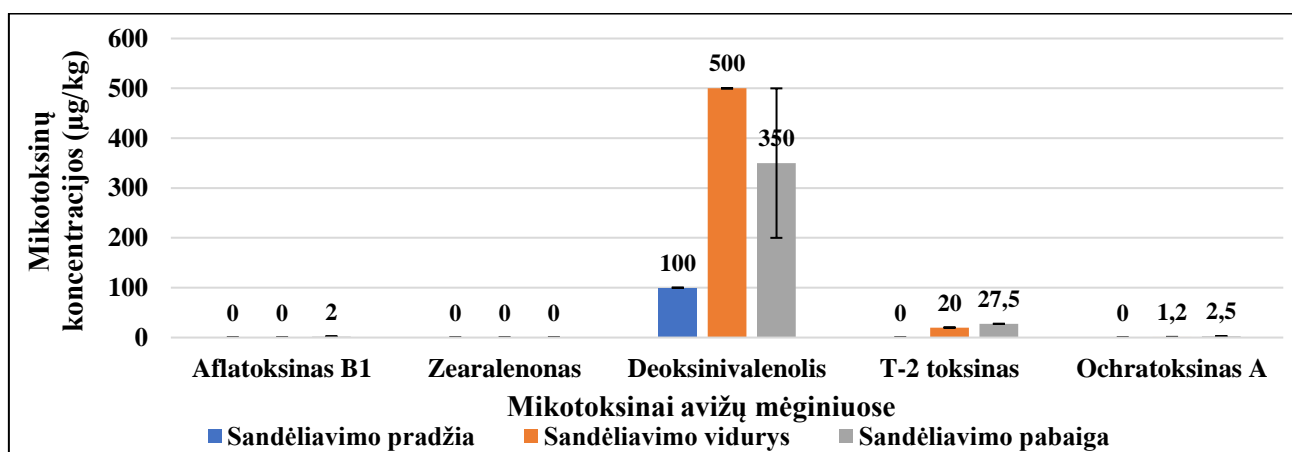
ZEA koncentracija (6 pav.) kviečių mėginiuose, kaip ir kvietrugių (5 pav.) bei miežių (7 pav.) buvo didžiausia, lyginant su kitomis tiriamosiose grūdinėse kultūrose paplitusių pelėsinų grybų antrinių metabolitų koncentracijomis. Kviečių mėginyje ZEA sandėliavimo pabaigoje, lyginant su sandėliavimo viduriu, padidėjo vidutiniškai 1,94 karto ( $p \geq 0,05$ ) (6 pav.). Remiantis 7 pav. pastebėta, kad miežių mėginiuose ZEA koncentracija, priešingai nei kviečių bei kvietrugių mėginiuose, labiausiai padidėjo sandėliavimo viduryje, lyginant su sandėliavimo pradžios duomenimis – vidutiniškai 5,3 karto ( $p \geq 0,05$ ), o sandėliavimo pabaigoje, lyginant su sandėliavimo vidurio tyrimo rezultatais, pastebėtas vidutiniškai 1,50 karto šio mikotoksino koncentracijos sumažėjimas ( $p \geq 0,05$ ). DON miežių mėginiuose buvo žemiau aptikimo ribos, o OTA nustatytas tik sandėliavimo pabaigoje – 2 µg/kg (mediana 2 µg/kg).



**7 pav.** Aflatoksino B<sub>1</sub>, zearalenono, deoksinivalenolio, T-2 toksino, ochratoksino A koncentracijos (µg/kg) miežių mėginiuose sandėliavimo pradžioje, viduryje, pabaigoje

Be to, pastebėta, jog AFB<sub>1</sub> koncentracija miežių mėginiuose sandėliavimo viduryje sumažėjo vidutiniškai 1,30 karto, lyginant su sandėliavimo pradžios duomenimis ( $p \geq 0,05$ ), o tyrimo pabaigoje AFB<sub>1</sub> koncentracija buvo žemiau aptikimo ribos. Analizuojant T-2 toksino koncentracijos kitimus miežių mėginiuose – vidutiniškai 1,36 karto T-2 toksino koncentracijos daugiau nustatyta sandėliavimo viduryje nei pradžioje ( $p \geq 0,05$ ), o tyrimo pabaigoje užfiksuotas nežymus, vidutiniškai 1,04 karto padidėjimas nuo 30 µg/kg (mediana 30 µg/kg) (7 pav.).

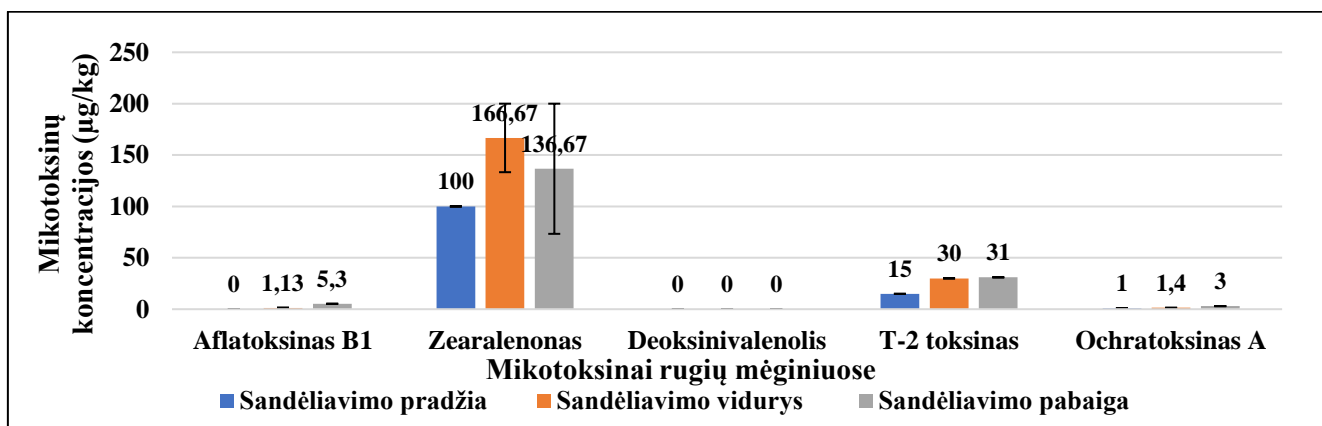
Taip pat tiriamojo darbo metu analizuoti ir avižų mikotoksinų koncentracijų kitimai. Remiantis 8 pav., avižų mėginiai labiausiai užteršti buvo DON – didžiausia koncentracija fiksuota sandėliavimo viduryje – 500 µg/kg (mediana 500 µg/kg), tačiau tyrimo pabaigoje pastebėtas minėto mikotoksino koncentracijos sumažėjimas vidutiniškai 1,43 karto ( $p \geq 0,05$ ). T-2 toksino ir OTA koncentracijos avižose sandėliavimo metu kito didėjančia tendencija – T-2 toksino koncentracija padidėjo vidutiniškai 1,38 karto, o OTA – 2,08 karto ( $p \geq 0,05$ ) sandėliavimo pabaigoje, lyginant su tyrimo viduryje užfiksuotais duomenimis. Tyrimo metu nustatyta, kad AFB<sub>1</sub> koncentracija avižų mėginiuose sandėliavimo pradžioje ir viduryje buvo žemiau aptikimo ribos, o sandėliavimo pabaigoje, lyginant su kitais sandėliavimo laikotarpiais, padidėjo vidutiniškai 2 kartus ( $p \geq 0,05$ ).



8 pav. Aflatoksino B<sub>1</sub>, zearalenono, deoksinivalenolio, T-2 toksino, ochratoksino A koncentracijos (µg/kg) avižų mėginiuose sandėliavimo pradžioje, viduryje, pabaigoje

ZEA koncentracija avižų mėginiuose (8 pav.) buvo žemiau aptikimo ribos, priešingai nei rugių mėginiuose (9 pav.). Analizuojant 9 pav. pastebima, jog rugių mėginiuose sandėliavimo viduryje, lyginant su pradžia, ZEA koncentracija padidėjo vidutiniškai 1,67 karto ( $p \geq 0,05$ ), o pratęsus sandėliavimą pastebėtas šio mikotoksino koncentracijos sumažėjimas vidutiniškai 1,22 karto ( $p \geq 0,05$ ). DON koncentracija visais tyrimo metu stebėtais sandėliavimo laikotarpiais rugių mėginiuose buvo žemiau aptikimo ribos. Be to, analizuojant 9 pav. pateiktus duomenis, pastebima, jog AFB<sub>1</sub>, T-2 toksino ir OTA koncentracijos sandėliavimo metu didėjo. AFB<sub>1</sub> ir OTA koncentracijų

didžiausias pokytis yra lyginant sandėliavimo pabaigą ir vidurį – padidėjimas vidutiniškai 4,69 karto ( $p \geq 0,05$ ) ( $AFB_1$ ) ir 2,14 karto ( $p \geq 0,05$ ) (OTA).



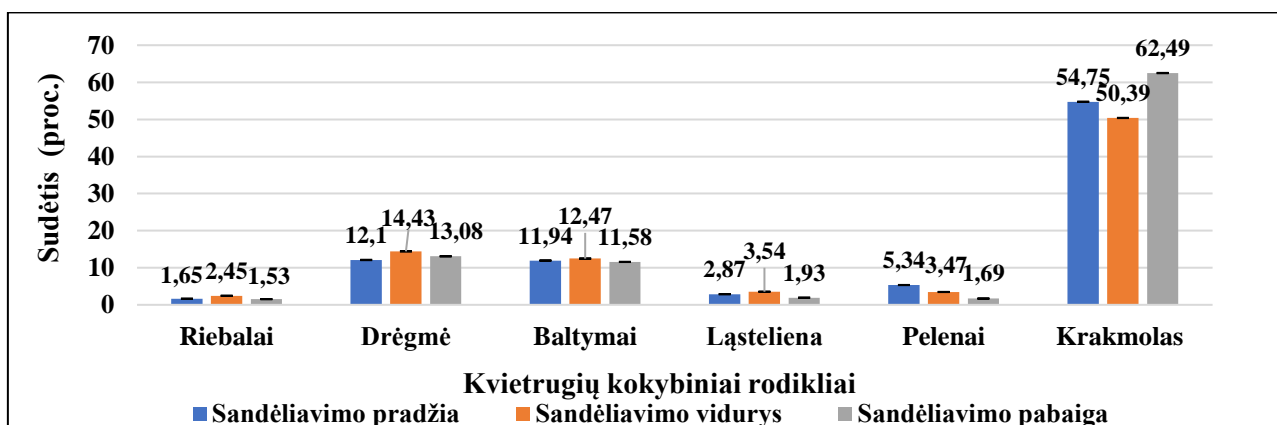
**9 pav.** Aflatoksino  $B_1$ , zearalenono, deoksinivalenolio, T-2 toksino, ochratoksino A koncentracijos ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) rugių mėginiuose sandėliavimo pradžioje, viduryje, pabaigoje

T-2 toksino didžiausias koncentracijų pokytis nustatytas palyginus sandėliavimo vidurio ir pradžios duomenis – šio mikotoksino koncentracija padidėjo vidutiniškai 2 kartus ( $p \geq 0,05$ ). Išanalizavus OTA koncentracijų pokyčius, nustatyta, kad didžiausias skirtumas yra lyginant sandėliavimo pabaigos ir vidurio duomenis – koncentracija vidutiniškai 2,14 karto didesnė nei tyrimo viduryje ( $p \geq 0,05$ ).

### 3.2 Kvietrugių, kviečių, miežių, rugių kokybinių rodiklių kitimas sandėliavimo metu

Sandėliavimo metu buvo stebėta ne tik pelėsinė tarša, bet atlikta ir grūdų kokybinių rodiklių analizė – lyginant visų javų grūdų kokybinius rodiklius ir atskirai nagrinėjant pagal grūdų rūšis. Remiantis 2 priede pateiktais apibendrintais visų grūdų rūšių kokybinių rodiklių duomenimis, pastebimos netolygios kitimo tendencijos. Palyginus visų tyrimo metu panaudotų skirtingų grūdų rūšių sandėliavimo pradžioje ir pabaigoje nustatytus rodiklius, pastebėtas mažėjantis baltymų, ląstelienos, pelenų (proc.) kitimas. Lyginant sandėliavimo pradžios ir vidurio grūdų kokybinių rodiklių kitimus, labiausiai sumažėjo ląstelienos (vidutiniškai 42,41 proc.,  $p \geq 0,05$ ) ir pelenų (vidutiniškai 40,22 proc.,  $p < 0,01$ ) kiekiai. Baltymų kiekio santykinis neigiamas procentinis pokytis – 10,95 proc. ( $p < 0,05$ ). Riebalų, drėgmės ir krakmolo kiekiai sandėliavimo viduryje, lyginant su sandėliavimo pradžia, padidėjo atitinkamai 49,48 proc. ( $p < 0,01$ ), 22,11 proc. ( $p < 0,01$ ) ir 4,3 proc. ( $p \geq 0,05$ ). Pratęsus sandėliavimo laikotarpį, ląstelienos ir pelenų procentinis mažėjimas išliko didžiausias – atitinkamai 18,62 proc. ( $p < 0,01$ ) ir 47,27 proc. ( $p < 0,01$ ). Riebalų kiekis grūdinėse kultūrose sandėliavimo pabaigoje, lyginant su tyrimo vidurio rezultatais, sumažėjo vidutiniškai 20,91 proc. ( $p < 0,01$ ), drėgmės – 12,28 proc. ( $p < 0,01$ ), o baltymų ir krakmolo kiekiai padidėjo atitinkamai 2,84 proc. ( $p \geq 0,05$ ) ir 8,83 proc. ( $p < 0,01$ ) (2 priedas).

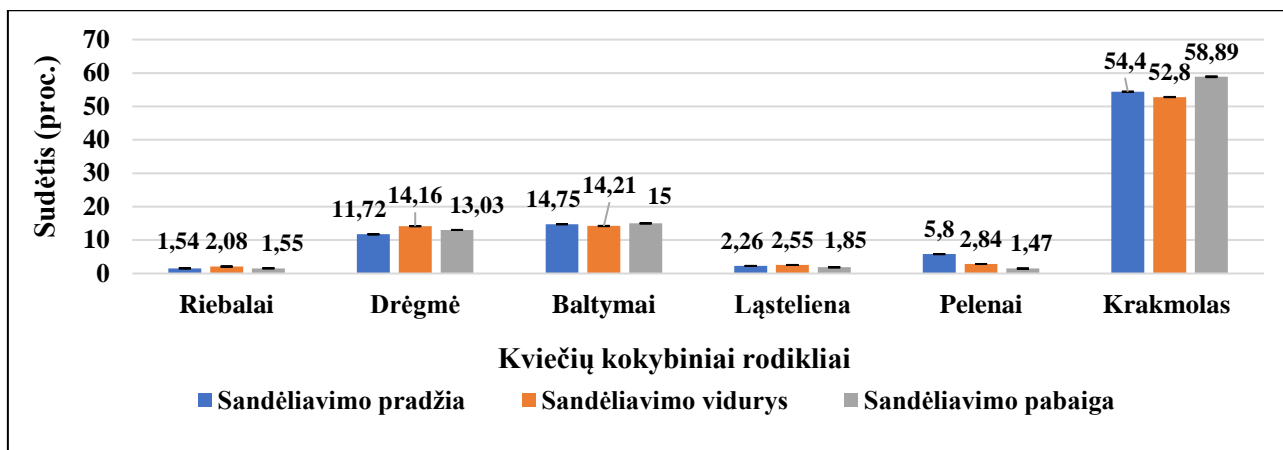
Analizuojant kiekvienos tyrime naudotos grūdų rūšies kokybinius rodiklius, pastebimos taip pat skirtingos tendencijos. Remiantis 10 pav. pateiktais duomenimis pastebėta, jog tik pelenai kvietrugių mėginiuose sandėliavimo laikotarpiu tendencingai mažėjo. Lyginant sandėliavimo pradžios ir vidurio pelenų kiekius, pokytis – vidutiniškai 35,02 proc., o pratęsus sandėliavimą šis kviečių kokybinis rodiklis sumažėjo vidutiniškai 51,30 proc. nuo  $3,47 \pm 0,03$  proc. (mediana 3,47 proc.) ( $p \geq 0,05$ ). Lyginant sandėliavimo pradžios ir vidurio kokybinius rodiklius pastebima, kad riebalai, drėgmė, baltymai ir ląsteliena (proc.) kvietrugiuose didėjo, didžiausi pokyčiai riebalų (vidutiniškai 48,48 proc.) ir ląstelienos (vidutiniškai 23,34 proc.), o mažiausi baltymų (vidutiniškai 4,44 proc.) ( $p \geq 0,05$ ).



10 pav. Kvietrugių riebalų, drėgmės, baltymų, ląstelienos, pelenų ir krakmolo (proc.) kiekiai sandėliavimo pradžioje, viduryje, pabaigoje

Tiriamąjį darbo antrajame etape buvo nustatytas vidutiniškai 7,96 proc. mažesnis krakmolo kiekis nei pradžioje ( $p \geq 0,05$ ). Išanalizavus sandėliavimo vidurio ir pabaigos kvietrugių kokybinių rodiklių kitimus (10 pav.) pastebėta, jog tik krakmolo kiekis (proc.) analizuojamuose grūdų mėginiuose yra vidutiniškai 24,01 proc. didesnis ( $p \geq 0,05$ ) lyginant su  $50,39 \pm 0,04$  proc. (mediana 50,37 proc.). Riebalai, drėgmė, baltymai ir ląsteliena tyrimo pabaigoje, lyginant su viduryje nustatytais kokybiniais rodikliais, sumažėjo atitinkamai: 37,55 proc., 9,36 proc., 7,14 proc., 45,48 proc. ( $p \geq 0,05$ ).

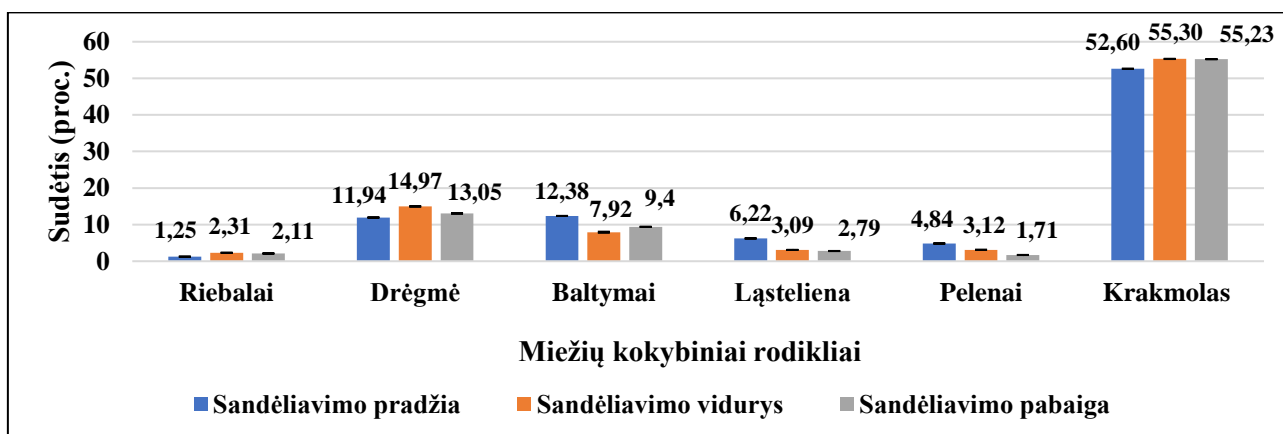
Remiantis 11 pav. pastebima, jog kviečių mėginiuose, kaip ir kvietrugių, viso sandėliavimo metu tendencingai mažėjo tik pelenų kiekis – lyginant sandėliavimo pradžios ir pabaigos rodiklius, sumažėjimas vidutiniškai 74,66 proc. ( $p \geq 0,05$ ). Be to, sandėliavimo viduryje, lyginant su tyrimo pradžioje nustatytais kviečių kokybiniais rodikliais, pastebimas baltymų bei krakmolo (proc.) sumažėjimas. Kviečių baltymų nuo pradinės vertės ( $14,75 \pm 0,05$  proc., mediana 14,75 proc.) stebimas vidutinis 3,66 proc. pokytis ( $p \geq 0,05$ ), o krakmolo nuo pradinės vertės ( $54,4 \pm 0,04$  proc., mediana 54,38 proc.) vidutiniškai – 2,94 proc. ( $p \geq 0,05$ ). Priešingai nei baltymų ir krakmolo, riebalų, drėgmės, ląstelienos kiekiai kviečiuose sandėliavimo viduryje nustatyti didesni nei pradžioje atitinkamai: 35,06 proc., 20,82 proc., 12,83 proc. ( $p \geq 0,05$ ).



11 pav. Kviečių riebalų, drėgmės, baltymų, ląstelienos, pelenų ir krakmolo (proc.) kiekiai sandėliavimo pradžioje, viduryje, pabaigoje

Taip pat analizuojant 11 pav. pateiktus duomenis ir lyginant kviečių kokybinių rodiklių pokyčius antrame ir trečiame sandėliavimo etape, pastebėta, jog riebalai, drėgmė, ląsteliena, pelenai sumažėjo, iš kurių daugiausia pelenai (vidutiniškai 48,24 proc.,  $p \geq 0,05$ ), ląsteliena (pokytis vidutiniškai 27,45 proc.,  $p \geq 0,05$ ) ir riebalai (vidutiniškai 25,48 proc.,  $p \geq 0,05$ ).

Tiriamajame darbe analizuotas ir miežių kokybinių rodiklių kitimas. Remiantis 12 pav. duomenimis, paaiškėjo, jog miežių mėginiuose, lyginant sandėliavimo pradžią ir pabaigą, sumažėjo ne tik ląsteliena ir pelenai, bet ir baltymų kiekis - nuo pradinio kiekio  $12,38 \pm 0,02$  proc. (mediana 12,39 proc.) baltymų sumažėjo 24,07 proc. ( $p \geq 0,05$ ). Pelenų ir ląstelienos skirtumas didesnis: pelenų kiekio vidutinis pokytis analizuojamais tarpsniais – 64,67 proc. nuo  $4,84 \pm 0,01$  proc. (mediana 4,84 proc.), o ląstelienos – 55,14 proc. nuo  $6,22 \pm 0,01$  proc. (mediana 6,22 proc.),  $p \geq 0,05$ .

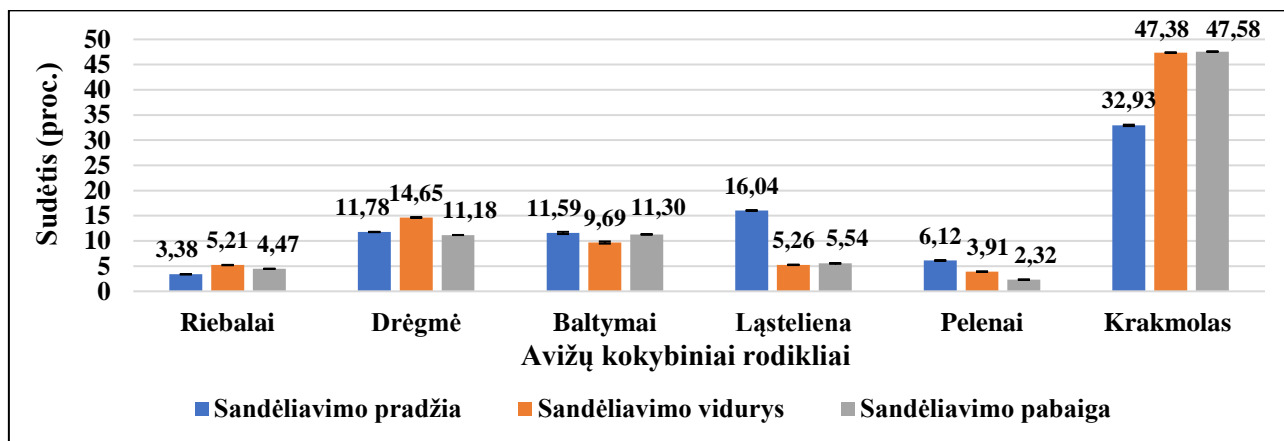


12 pav. Miežių riebalų, drėgmės, baltymų, ląstelienos, pelenų ir krakmolo (proc.) kiekiai sandėliavimo pradžioje, viduryje, pabaigoje

Be to, analizuojant 12 pav. pastebima, jog tyrime naudotuose miežių mėginiuose, lyginant sandėliavimo vidurį ir pabaigą, riebalai bei drėgmė kito mažėjančia procentine tendencija. Riebalų kiekio pokytis – vidutiniškai 8,66 proc. nuo  $2,31 \pm 0,02$  proc. (mediana 2,32 proc.), o drėgmės –

vidutiniškai 12,83 proc. nuo  $14,97 \pm 0,06$  proc. (mediana 14,97 proc.),  $p \geq 0,05$ , lyginant minėtus sandėliavimo etapus, tačiau tarp pirmame ir antrame tyrimo etapuose nustatytų minėtų kokybinių rodiklių kiekių (proc.) pastebima didėjanti tendencija – daugiausia padidėjo riebalų kiekis – vidutiniškai 84,80 proc. ( $p \geq 0,05$ ). Baltymų kiekis sandėliavimo pabaigoje, lyginant su viduryje nustatytu kiekiu, padidėjo vidutiniškai 18,69 proc. ( $p \geq 0,05$ ). Krakmolas miežių mėginiuose svyravo panašiu intervalu sandėliavimo metu. Lyginant sandėliavimo pradžios ir vidurio, bei pradžios ir pabaigos duomenis, krakmolo kiekis vidutiniškai 5 proc. didesnis ( $p \geq 0,05$ ), o tarp sandėliavimo vidurio ir pabaigos pastebimas nežymus 0,13 proc. sumažėjimas ( $p \geq 0,05$ ) (12 pav.).

Avižų, kaip ir miežių, mėginiuose (13 pav.) baltymai (proc.), lyginant sandėliavimo pradžios ir pabaigos duomenis, kito mažėjančia tendencija. Analizuojant 13 pav. pateiktus kokybinius rodiklius, pastebima, jog sandėliavimo pradžioje avižų mėginiuose baltymų buvo nustatyta  $11,59 \pm 0,22$  proc. (mediana 11,66 proc.), tačiau sandėliavimo pabaigoje identifikuotas 2,50 proc. šio kokybinio rodiklio sumažėjimas ( $p \geq 0,05$ ), o didžiausias baltymų vidutinis procentinis sumažėjimas – 16,39 proc., lyginant sandėliavimo pradžios ir vidurio duomenis ( $p \geq 0,05$ ). Be to, kaip ir kvietrugių, kviečių bei miežių mėginiuose, taip ir avižose, didžiausi pokyčiai lyginant sandėliavimo pradžią ir pabaigą – ląstelienos ir pelenų. Avižų mėginiuose, lyginant tyrimo pradžios ir pabaigos rodiklius, ląstelienos sumažėjo vidutiniškai 65,46 proc. (nuo  $16,04 \pm 0,01$  proc. iki  $5,54 \pm 0,02$  proc.,  $p \geq 0,05$ ), o pelenų – 62,09 proc. (nuo  $6,12 \pm 0,01$  proc. iki  $2,32 \pm 0,02$  proc.,  $p \geq 0,05$ ).

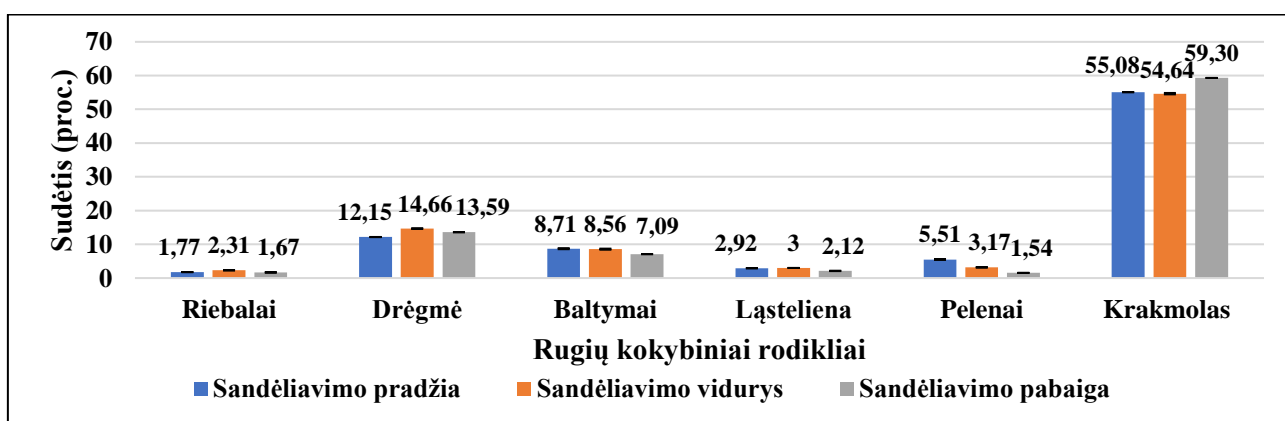


**13 pav.** Avižų riebalų, drėgmės, baltymų, ląstelienos, pelenų ir krakmolo (proc.) kiekiai sandėliavimo pradžioje, viduryje, pabaigoje

Remiantis 13 pav. pateiktais duomenimis ir analizuojant sandėliavimo pradžios ir vidurio pokyčius, pastebima, jog avižų riebalų, drėgmės ir krakmolo kiekiai sandėliavimo metu padidėjo. Riebalų padaugėjo labiausiai, lyginant su kitais tyrimo metu nustatytais avižų kokybiniais rodikliais, sandėliavimo viduryje riebalų vidutiniškai 54,14 proc. nustatyta daugiau, lyginant su pradiniu kiekiu  $3,38 \pm 0,04$  proc. (mediana 3,35 proc.) ( $p \geq 0,05$ ), o krakmolas nuo pradinio kiekio  $32,93 \pm 0,14$  proc. (mediana 33,05 proc.) padidėjo vidutiniškai 43,88 proc. ( $p \geq 0,05$ ), mažiausiai padidėjo drėgmės kiekis

– vidutiniškai 24,36 proc. nuo pradinio kiekio –  $11,78 \pm 0,04$  proc. (mediana 11,79 proc.) ( $p \geq 0,05$ ). Lyginant sandėliavimo vidurį ir pabaigą, krakmolo kiekis avižų mėginiuose ir toliau nežymiai padidėjo, vidutiniškai 0,42 proc. ( $p \geq 0,05$ ) nuo sandėliavimo viduryje nustatyto kiekio  $47,38 \pm 0,06$  proc. (mediana 47,42 proc.). Be to, sandėliavimo pabaigoje užfiksuotas vidutiniškai 14,2 proc. ( $p \geq 0,05$ ) riebalų ir 23,69 proc. drėgmės ( $p \geq 0,05$ ) sumažėjimas, lyginant su sandėliavimo viduryje nustatytais šiais avižų kokybinių rodiklių kiekiais.

Tiriamajame darbe analizuoti ir rugių kokybinių rodiklių pokyčiai sandėliavimo metu. Remiantis 14 pav. pateiktais duomenimis, rugių mėginiuose, kaip ir kvietrugiuose, kviečiuose, miežiuose, avižose, sandėliavimo metu nustatytas pelenų ir ląstelienos sumažėjimas. Tyrimo pabaigoje nustatytas didžiausias pelenų (proc.) sumažėjimas, vidutiniškai 72,05 proc. pokytis nuo pradinio nustatyto rodiklio  $5,51 \pm 0,01$  proc. (mediana 5,51 proc.) ( $p \geq 0,05$ ). Be to, rugių mėginiuose nustatytas nuoseklus ir baltymų kiekio (proc.) mažėjimas sandėliavimo laikotarpiu. Lyginant sandėliavimo pradžią ir vidurį, baltymų kiekis rugiuose sumažėjo vidutiniškai 1,72 proc. ( $p \geq 0,05$ ), o analizuojant sandėliavimo vidurio ir pabaigos baltymų rodiklius, procentinis sumažėjimas vidutiniškai 9,98 karto didesnis nei pirmame lyginamajame etape ( $p \geq 0,05$ ). Taip pat ir riebalų bei ląstelienos kiekiai, lyginant sandėliavimo pradžios ir pabaigos duomenis, rugių mėginiuose sumažėjo. Tyrimo pabaigoje riebalų nustatyta vidutiniškai 5,65 proc. mažiau nuo kiekio, užfiksuoto sandėliavimo pradžioje  $1,77 \pm 0,02$  proc. (mediana 1,78 proc.), tačiau, apžvelgus tyrimo pradžioje ir viduryje užfiksuotą riebalų kiekį, nustatytas vidutiniškai 30,51 proc. ( $p \geq 0,05$ ) padidėjimas. Tokia pati tendencija būdinga ir ląstelienos kitime. Sandėliavimo pradžioje nustatytas  $2,92 \pm 0,01$  proc. (mediana 2,92 proc.) ląstelienos kiekis pabaigoje sumažėjo vidutiniškai 27,4 proc., tačiau remiantis tyrimo vidurio duomenimis, užfiksuotas vidutiniškai 2,74 proc. ląstelienos padidėjimas ( $p \geq 0,05$ ).



**14 pav.** Rugių riebalų, drėgmės, baltymų, ląstelienos, pelenų ir krakmolo (proc.) kiekiai sandėliavimo pradžioje, viduryje, pabaigoje

Išanalizavus 14 pav. duomenis pastebėta, jog drėgmė (proc.) ir krakmolas (proc.), lyginant sandėliavimo pradžios ir pabaigos etapus, rugiuose padidėjo. Ryškiausias rugių drėgmės pokytis pastebimas lyginant pradinį drėgmės kiekį su užfiksuotu sandėliavimo viduryje – padidėjo



vidutiniškai 20,66 proc. ( $p \geq 0,05$ ). Krakmolo kiekis (proc.), priešingai nei drėgmės, labiausiai padidėjo, lyginant sandėliavimo vidurio ir pabaigos rodiklius – nustatytas vidutiniškai 8,53 proc. didesnis krakmolo kiekis ( $p \geq 0,05$ ).

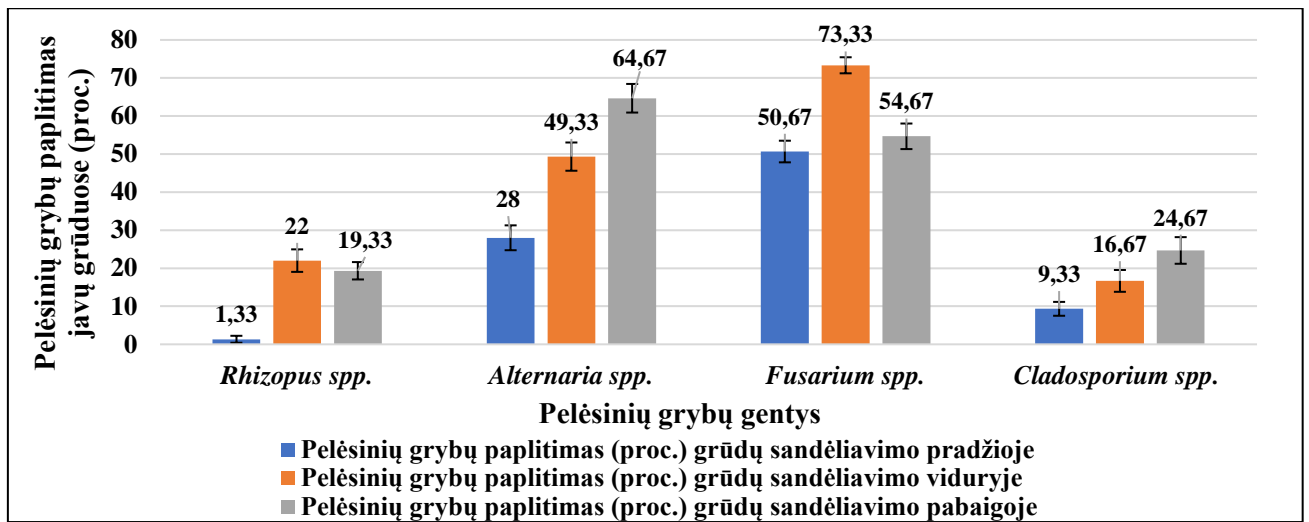
### **3.3 Pelėsinių grybų, jų riebalų rūgščių ir išskiriamų lakiųjų organinių junginių įvertinimas javų grūdų sandėliavimo metu**

Tiriamąjį darbo metu buvo analizuota ne tik bendras grūdų užterštumas pelėsiniais grybais, jų išskiriamų mikotoksinų koncentracijos, grūdų kokybinių rodiklių kitimas, bet ir kvietrugių, kviečių, miežių, avižų ir rugių giluminis bei išorinis užterštumas (proc.) pelėsinių grybų gentimis. Visų pirma šviesinės mikroskopijos būdu buvo identifikuotos giluminiame grūdų užterštume dominuojančios pelėsinių grybų gentys: *Rhizopus spp.*, *Alternaria spp.*, *Fusarium spp.*, *Cladosporium spp.*. Kitos šviesinės mikroskopijos būdu neidentifikuotos pelėsinių grybų gentys vidutiniškai visuose javų grūduose sandėliavimo pradžioje sudarė  $7,33 \pm 1,82$  proc., viduryje –  $11,33 \pm 2,36$  proc., o pabaigoje –  $10,67 \pm 2,48$  proc. Taip pat tyrimo metu buvo analizuojamas ne tik giluminis (proc.), bet ir išorinis (proc.) grūdų užterštumas pelėsiniais grybais. Kaip ir giluminiame, taip ir išoriniame javų grūdų užterštume dominavo *Alternaria spp.*, *Cladosporium spp.*, *Fusarium spp.* ir papildomai šviesinės mikroskopijos būdu, pagal kultūrinius, morfologinius ypatumus, identifikuotos *Penicillium spp.* ir *Aspergillus spp.* Be minėtų pelėsinių grybų genčių nustatyta ir kitų neidentifikuotų mikromicetų: sandėliavimo pradžioje  $12 \pm 2$  proc., viduryje –  $14,67 \pm 1,33$  proc., pabaigoje –  $9,33 \pm 1,53$  proc.

#### **3.3.1 Kvietrugių, kviečių, miežių, avižų ir rugių giluminis užterštumas pelėsiniais grybais**

Analizuojant sandėliavimo pradžioje javų grūduose dominuojančius giluminio grūdų užterštumo pelėsinis grybus (15 pav.), pastebėta, jog daugiausia vyravo *Fusarium spp.*  $50,67 \pm 2,84$  proc. ir *Alternaria spp.*  $28 \pm 3,27$  proc. Remiantis 3 priede pateiktais duomenimis trečia pagal dažnumą sandėliavimo pradžioje kvietrugiuose, miežiuose, avižose ir rugiuose paplitusi pelėsinis grybų gentis – *Cladosporium spp.* ( $13,33 \pm 3,33$  proc., mediana 10 proc.), o kviečių mėginiuose – *Rhizopus spp.* ( $3,33 \pm 3,33$  proc., mediana 0 proc.). Be to, analizės metu buvo ieškoma statistiškai reikšmingų skirtumų mikromicetų genčių paplitime atskirų grūdų rūšių atžvilgiu. Tyrimo pradžioje *Alternaria spp.* vidutiniškai  $33 \pm 4,22$  proc. ir  $26,67 \pm 4,22$  proc. buvo labiau paplitusi avižose nei atitinkamai rugiuose ir kvietrugiuose ( $p < 0,001$ ). Didžiausi, statistiškai reikšmingi skirtumai nustatyti ir *Fusarium spp.* atžvilgiu, kvietrugiuose ši gentis vidutiniškai  $26,67 \pm 4,71$  proc. labiau buvo paplitusi nei rugiuose ( $p < 0,001$ ). *Cladosporium spp.* didžiausi skirtumai aptikti miežių ir kviečių atžvilgiu – miežiuose šios genties buvo aptikta vidutiniškai  $16,67 \pm 3,65$  proc. daugiau ( $p < 0,01$ ) (4 priedas).





15 pav. Giluminis javų grūdų (kvietrugių, kviečių, miežių, avižų, rugių) vidutinis užterštumas (proc.) pelėsiniiais grybais

Sandėliavimo viduryje vidutiniškai visose tyrime nagrinėjamose grūdinėse kultūrose *Fusarium* genties paplitimas padidėjo vidutiniškai 1,45 karto. ( $p < 0,001$ ), o *Alternaria* genties – 1,76 karto ( $p < 0,001$ ), lyginant su sandėliavimo pradžia. Sandėliavimo viduryje *Fusarium spp.* labiausiai buvo paplitusi kvietrugių mėginiuose  $83,33 \pm 3,33$  proc. (mediana 80 proc.) ir avižose –  $76,67 \pm 3,33$  proc. (mediana 80 proc.) (3 priedas). *Alternaria spp.* tyrimo viduryje dominavo avižose –  $66,67 \pm 3,33$  proc. (mediana 70 proc.) bei kvietrugių ir miežių mėginiuose –  $53,33 \pm 3,33$  proc. (mediana 50 proc.) (3 priedas). Avižose nustatyta vidutiniškai  $40 \pm 4,71$  proc. daugiau *Alternaria spp.* pelėsinių grybų nei rugių mėginiuose ( $p < 0,001$ ) (4 priedas). Be to, išanalizavus 15 pav. pateiktus duomenis, pastebėta, jog didžiausias pokytis, lyginant sandėliavimo pradžią ir vidurį, yra *Rhizopus* genties paplitimo atžvilgiu – šios mikromicetų genties paplitimas grūdinėse kultūrose padidėjo vidutiniškai 16,5 karto ( $p < 0,001$ ).

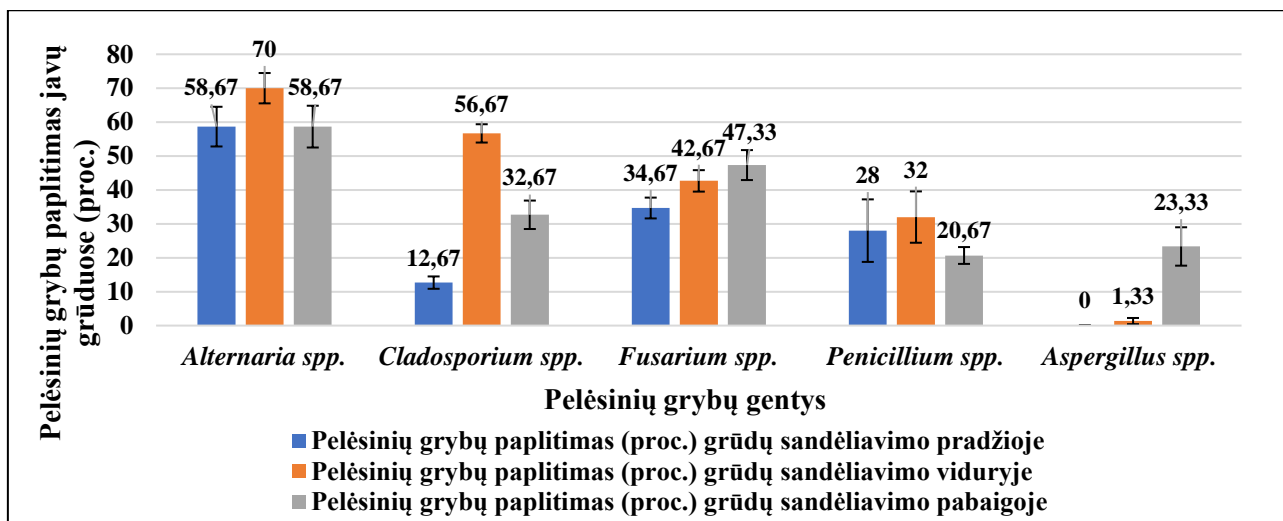
Taip pat palyginus sandėliavimo pabaigos rezultatus (15 pav.), pastebėta, jog ir šiame etape labiausiai paplitusios gentys yra *Alternaria* ir *Fusarium* (15 pav.). Lyginant su sandėliavimo viduriu, pastebimas 1,34 karto *Fusarium spp.* paplitimo sumažėjimas ( $p < 0,001$ ), o *Alternaria spp.* – vidutiniškai 1,31 karto padidėjimas ( $p < 0,001$ ). Analizuojamame laikotarpyje, ne tik *Fusarium spp.*, bet ir *Rhizopus spp.* aptikimo dažnis sumažėjo – vidutiniškai 1,14 karto ( $p \geq 0,05$ ), o *Alternaria spp.* kaip ir *Cladosporium spp.* paplitimas išaugo atitinkamai 1,31 ir 1,48 karto ( $p < 0,001$ ) (15 pav.). Remiantis 3 priede pateiktais giluminio grūdų užterštumo (proc.) rezultatais, sandėliavimo pabaigoje *Rhizopus spp.* pelėsiniai grybai labiausiai buvo paplitę rugių mėginiuose – 30 proc. (mediana 30 proc.), *Alternaria spp.* – kvietrugiuose ir miežiuose  $76,67 \pm 3,33$  proc. (mediana 80 proc.). *Fusarium* pelėsiniai grybai sandėliavimo pabaigoje labiausiai užteršė kvietrugių  $73,33 \pm 3,33$  proc. (mediana 70 proc.), o *Cladosporium spp.* – miežius 40 proc. (mediana 40 proc.). Reikšmingiausi skirtumai pastebėti *Alternaria spp.* atžvilgiu – kvietrugiuose ir miežiuose vidutiniškai  $36,67 \pm 4,22$  proc. aptikta

daugiau šio mikromiceto nei rugių mėginiuose ( $p < 0,001$ ). Panašus skirtumas aptiktas sandėliavimo pabaigoje lyginant ir *Fusarium spp.* paplitimą – kvietrugiuose minėtos pelėsinių grybų genties – vidutiniškai  $36,67 \pm 4,71$  proc. daugiau nei rugiuose ( $p < 0,001$ ) (4 priedas).

### 3.3.2 Kvietrugių, kviečių, miežių, avižų ir rugių išorinis užterštumas pelėsinais grybais

Analizuojant išorinį javų grūdų užterštumą pelėsinais grybais pastebėta, jog dominuoja tos pačios mikromicetų gentys, kaip ir giluminiame užterštume – *Alternaria* ir *Fusarium*. Remiantis 5 priedu, *Alternaria spp.* sandėliavimo pradžioje labiausiai paplitusi kvietrugių mėginyje –  $90 \pm 5,77$  proc. (mediana 90 proc.), o *Fusarium spp.* miežiuose –  $53,33 \pm 3,33$  proc. (mediana 50 proc.). Palyginus didžiausius, statistiškai reikšmingus, skirtumus tarp tyrimo objektu pasirinktų grūdinių kultūrų (6 priedas), pastebėta, jog sandėliavimo pradžioje kvietrugių mėginiuose *Alternaria spp.* vidutiniškai  $63,33 \pm 5,58$  proc. dažniau buvo aptinkama nei avižose ( $p < 0,001$ ) bei  $43,33 \pm 5,58$  proc. nei rugiuose ( $p < 0,001$ ). Be to,  $40 \pm 5,58$  proc. daugiau *Alternaria spp.* bei  $30 \pm 4,71$  proc. daugiau *Fusarium spp.* tyrimo metu buvo nustatyta miežiuose nei avižose ( $p < 0,001$ ) (6 priedas).

Taip pat, remiantis 16 pav. pateiktais duomenimis, padaryta išvada, jog sandėliavimo pradžioje grūdinėse kultūrose pagal aptikimo dažnumą po *Alternaria spp.* ir *Fusarium spp.* buvo nustatyti *Penicillium* genčiai priklausantys mikromicetai ( $28 \pm 9,22$  proc.) bei *Cladosporium spp.* ( $12,67 \pm 1,82$  proc.). *Cladosporium* genties daugiausia buvo aptikta kviečiuose ir miežiuose po  $16,67 \pm 3,33$  proc., mediana 20 proc. (5 priedas), tai yra  $13,3 \pm 4,71$  proc. daugiau nei rugiuose ( $p < 0,05$ ) (6 priedas). *Penicillium* genčiai priklausantys mikromicetai buvo nustatyti tik avižų ( $66,67 \pm 3,33$  proc., mediana 70 proc.) ir rugių ( $73,33 \pm 3,33$  proc., mediana 70 proc.) mėginiuose, o *Aspergillus spp.* sandėliavimo pradžioje tiriamuosiuose javų grūduose nebuvo aptiktas. Lyginant vidutinius sandėliavimo pradžios ir sandėliavimo vidurio išorinio grūdų užterštumo pelėsinais grybais kitimus, nustatyta, jog didžiausi pokyčiai – *Cladosporium spp.* atžvilgiu (16 pav.). Šios pelėsinių grybų genties grūdų sandėliavimo viduryje padidėjo vidutiniškai 4,47 karto ( $p < 0,001$ ). *Alternaria spp.*, *Fusarium spp.*, *Penicillium spp.* ir *Aspergillus spp.*, kaip ir *Cladosporium spp.*, antrame tyrimo etape kito didėjančia tendencija, iš jų labiausiai padaugėjo *Alternaria spp.*, vidutiniškai 1,19 karto ( $p < 0,01$ ), o mažiausiai *Penicillium spp.* – vidutiniškai 1,14 karto ( $p \geq 0,05$ ). Kvietrugiuose  $46,67 \pm 3,65$  proc. pastebėtas didesnis *Alternaria spp.* paplitimas nei rugių mėginiuose ( $p < 0,001$ ) (6 priedas). Miežiuose vidutiniškai  $30 \pm 5,16$  proc. daugiau nei avižose buvo aptikta *Fusarium* genties pelėsinių grybų ( $p < 0,001$ ) bei  $16,67 \pm 7,30$  proc. daugiau *Cladosporium spp.* nei kvietrugiuose bei kviečiuose ( $p < 0,05$ ) (6 priedas). Sandėliavimo viduryje, remiantis 5 priede pateiktais duomenimis, *Aspergillus spp.* buvo aptikta tik avižų mėginyje –  $6,67 \pm 3,33$  (mediana 10 proc.). *Penicillium spp.*, priešingai nei *Aspergillus spp.*, buvo aptinkami jau kviečių ir miežių mėginiuose atitinkamai 10 proc. (mediana 10 proc.) ir 20 proc. (mediana 20 proc.) (6 priedas).



**16 pav.** Išorinis javų grūdų (kvietrugių, kviečių, miežių, avių, rugių) vidutinis užterštumas (proc.) pelėsiniais grybais

Taip pat tyrimo metu nustatyta, jog didžiausias pokytis, palyginus sandėliavimo viduryje ir pabaigoje užfiksuotus duomenis, yra *Aspergillus spp.* paplitime. Minėtos pelėsinų grybų genties paplitimas padidėjo vidutiniškai 17,54 karto ( $p < 0,001$ ), lyginant su  $1,33 \pm 0,91$  proc. *Aspergillus spp.* vidutiniu aptikimo dažniu sandėliavimo viduryje. Be to, sandėliavimo pabaigoje irgi pastebėtas nežymus *Fusarium spp.* padidėjimas – vidutiniškai 1,11 karto ( $p \geq 0,05$ ). Remiantis 16 pav. duomenimis paaiškėjo, kad *Alternaria spp.*, *Cladosporium spp.* ir *Penicillium spp.*, priešingai nei *Aspergillus spp.* ir *Fusarium spp.*, sandėliavimo pabaigoje, lyginant su antruoju stebėtu laikotarpiu, kito mažėjančia tendencija. Labiausiai sumažėjo *Cladosporium spp.* ir *Penicillium spp.* paplitimai (proc.) – atitinkamai 1,73 ( $p < 0,001$ ) ir 1,55 ( $p \geq 0,05$ ) karto. Sandėliavimo pabaigoje avižose dominavo *Penicillium spp.* ( $33,33 \pm 3,33$  proc., mediana 30 proc.) ir *Cladosporium spp.* ( $56,67 \pm 3,33$  proc., mediana 60 proc.). Remiantis 6 priede pateiktais didžiausiais ir statistiškai reikšmingais skirtumais, pastebėta, jog avių mėginiai vidutiniškai  $43,33 \pm 5,58$  proc. buvo labiau užteršti *Cladosporium spp.* nei rugių ( $p < 0,001$ ). Tačiau avių mėginiuose vidutiniškai  $43,3 \pm 5,58$  proc. mažiau nustatyta *Fusarium* genčiai priklausančių mikromicetų nei kvietrugių mėginiuose ( $p < 0,001$ ). Sandėliavimo pabaigoje kvietrugių mėginiuose dominavo *Fusarium spp.* ( $73,33 \pm 3,33$  proc., mediana 70 proc.) ir *Alternaria spp.* ( $76,67 \pm 3,33$  proc., mediana 80 proc.). Kvietrugių, kviečių, miežių mėginiuose vidutiniškai  $40 \pm 5,96$  proc. sandėliavimo pabaigoje nustatytas didesnis *Alternaria spp.* užterštumas nei avių mėginiuose ( $p < 0,001$ ) bei vidutiniškai  $50 \pm 5,96$  proc. nei rugių mėginiuose ( $p < 0,001$ ). Tyrimų duomenys rodo, jog *Aspergillus spp.* sandėliavimo pabaigoje buvo aptiktas kviečiuose, rugiuose, miežiuose, kvietrugiuose, tačiau, daugiausia *Aspergillus* genties mikroskopiniai grybai buvo paplitę avių mėginyje, vidutiniškai  $56,67 \pm 5,96$  daugiau nei kvietrugiuose ( $p < 0,001$ ) bei  $50 \pm 5,96$  proc. nei miežiuose ( $p < 0,001$ ).

### 3.3.3 Pelėsinų grybų išskiriamų lakiųjų organinių junginių analizė

Atlikus skirtingų grūdų rūšių giluminio ir išorinio užterštumo mikromicetais analizę, išskirti dažniausiai pasitaikantys pelėsiniai grybai lakiųjų organinių junginių ir riebalų rūgščių analizei. Remiantis 2 lentele, pastebėta, jog *Penicillium viridicatum* ir *Penicillium expansum* būdinga santolina trieno, 3-metilpentano, 3-etoksi-1,1,1,7,7,7-heksametil-3,5,5 tris(trimetilsililoksi) tetrasiloksano ir dodekametil-cikloheksasiloksano sintezė. Skiriamasis *P. expansum* lakusis organinis junginys – 1-pentametildisililoksipropenas.

**2 lentelė.** *Penicillium viridicatum*, *Aspergillus flavus*, *Fusarium sporotrichioides*, *Alternaria alternata*, *Cladosporium herbarum*, *Penicillium expansum* išskiriami lakieji organiniai junginiai

Pelėsinio grybo rūšis	Pelėsinio grybo išskiriamas lakusis organinis junginys
<i>Penicillium viridicatum</i>	Santolina trienas
	3-metilpentanas
	Dodekametil-cikloheksasiloksanas
	3-etoksi-1,1,1,7,7,7-heksametil-3,5,5 tris(trimetilsililoksi) tetrasiloksanas
<i>Aspergillus flavus</i>	Oksalo rūgštis (Etano dirūgštis, trimetilsililesteris)
	Kamfenas
	2,2,5,5-tetrametilheksanas
	2-propeno rūgštis, 1,7,7-trimetilbiciklo (2.2.1) (Akrilo rūgštis)
	3-etoksi-1,1,1,7,7,7-heksametil-3,5,5 tris(trimetilsililoksi) tetrasiloksanas
<i>Fusarium sporotrichioides</i>	Oksalo rūgštis (Etano dirūgštis, trimetilsililesteris)
	Kamfenas
	2,2,4,6,6-pentametilheptanas
	3-etoksi-1,1,1,7,7,7-heksametil-3,5,5 tris(trimetilsililoksi) tetrasiloksanas
<i>Alternaria alternata</i>	2-propeno rūgštis, 1,7,7-trimetilbiciklo (2.2.1) (Akrilo rūgštis)
	Santolina trienas
	3-etoksi-1,1,1,5,5,5-heksametilo-3-(trimetilsililoksi) trisiloksanas
	Dodekametil-cikloheksasiloksanas
	3-etoksi-1,1,1,7,7,7-heksametil-3,5,5 tris(trimetilsiloksi) tetrasiloksanas
<i>Cladosporium herbarum</i>	2,5-dimetil-3-metileno-1,5-heptadienas
	3-metilpentanas
<i>Penicillium expansum</i>	1-pentametildisililoksipropenas
	Santolina trienas
	3-metilpentanas
	Dodekametil-cikloheksasiloksanas
	3-etoksi-1,1,1,7,7,7-heksametil-3,5,5 tris(trimetilsililoksi) tetrasiloksanas

*Cladosporium herbarum*, kaip ir tyrime analizuoti *Penicillium* genties mikromicetai pasižymi 3-metilpentano sinteze, tačiau nuo kitų pelėsinių grybų skiriasi lakaus junginio 2,5-dimetil-3-metileno-1,5-heptadieno išskyrimu. Be to, 3-etoksi-1,1,1,7,7,7-heksametil-3,5,5 tris(trimetilsililoksi) tetrasiloksano sintezė būdinga ne tik *P. viridicatum*, *P. expansum*, bet ir *Aspergillus flavus*, *Fusarium sporotrichioides*, *Alternaria alternata*. *A. flavus* bei *F. sporotrichioides* sieja ir oksalo rūgšties bei kamfeno sintezė. *F. sporotrichioides* iš kitų tyrime analizuotų mikromicetų skiriasi 2,2,4,6,6-pentametilheptano sinteze. Taip pat, vadovaujantis 2 lentelėje pateiktais duomenimis, pastebima, jog *A. flavus* išskiriamu lakiųjų organinių junginių profiliu panašus ne tik į *F. sporotrichioides*, bet ir į *A. alternata*. Juos sieja išskiriamas 3-etoksi-1,1,1,5,5,5-heksametilo-3-(trimetilsililoksi) trisiloksanas, bet būdinga ir 2-propeno rūgšties 1,7,7-trimetilbiciklo sintezė. *A. flavus* iš kitų tyrime analizuotų mikromicetų išsiskiria 2,2,5,5-tetrametilheksano sintezės atžvilgiu, o *A. alternata* – 3-etoksi-1,1,1,5,5,5-heksametilo-3-(trimetilsililoksi) trisiloksano. *A. alternata* dviejų lakiųjų junginių išskyrimu (santolina trieno ir dodekametil-cikloheksasiloksano) panašus į *P. viridicatum* ir *P. expansum*.

### 3.3.4 Pelėsinių grybų riebalų rūgščių sudėties analizė

Tyrimo metu buvo analizuoti ne tik *P. viridicatum*, *A. flavus*, *F. sporotrichioides*, *A. alternata*, *C. herbarum* ir *P. expansum* lakieji organiniai junginiai, bet ir riebalų rūgštys. Remiantis 7 priede pateiktomis minėtų pelėsinių grybų riebalų rūgščių sudėtimis, pastebėta, jog kaprio rūgštis būdinga visiems minėtiems mikromicetams. Ši sočioji kaprio riebalų rūgštis didžiausią dalį sudaro *F. sporotrichioides* sudėtyje (67,86 proc.). Kita pelėsinių grybų chromatogramose užfiksuota yra undecilo riebalų rūgštis, kuri buvo identifikuota visuose tiriamojo darbo metu analizuotuose pelėsiniuose grybuose, išskyrus *C. herbarum*. Undecilo riebalų rūgštis dominavo *A. alternata* sudėtyje (36,37 proc.). Dar viena pelėsiniuose grybuose nustatyta sočioji riebalų rūgštis – lauro, kuri identifikuota išanalizavus *F. sporotrichioides*, *A. alternata*, *C. herbarum* ir *P. expansum* chromatogramas, didžiausias santykinis šios riebalų rūgšties kiekis nustatytas *A. alternata* (12,19 proc.). *F. sporotrichioides*, *A. alternata* ir *C. herbarum* riebalų rūgščių sudėtyje buvo nustatyta ir sočioji tridekano rūgštis – santykinai ši rūgštis daugiausia sudarė *C. herbarum* (35,69 proc.). Taip pat tyrimo metu pastebėta, kad visiems mikromicetams būdingos keturios riebalų rūgštys (7 priedas): palmitino, stearino, oleino ir linolo. Šios riebalų rūgštys, santykinai bendrame kiekyje, daugiausia aptiktos *P. expansum* (12,35 proc. – palmitino, 8,97 proc. – stearino, 42,98 proc. – oleino, 42,98 proc. – linolo) (7 priedas). Išanalizavus mikroskopinių grybų riebalų rūgščių sudėtis, pastebėti ir skirtumai (7 priedas). *F. sporotrichioides* sudėtyje yra mononesočioji cis-10-Heptadekaeno rūgštis, kuri kitiems analizuotiems mikromicetams nebūdinga. Nervono riebalų rūgštis būdinga tik *A. flavus*, margarino rūgštis – *A. alternata*, *C. herbarum* bei *P. expansum*. *A. alternata* nebūdinga alfa linoleno rūgštis,

gama-linoleno rūgštis, beheno rūgštis, cis-8,11,14-eikozatrieno rūgštis, cis-5,8,11,14,17-eikozapentaeno rūgštis, kurios būdingos *C. herbarum* ir *P. expansum*. Galima pastebėti ir *P. viridicatum*, *C. herbarum* ir *P. expansum* riebalų rūgščių kokybinės sudėties skirtumus. Pirmiausia *P. viridicatum* nuo *P. expansum* ir *C. herbarum* skiria alfa ir gama linoleno rūgšties nebuvimas. Cis-13,16-dokazadienoinė rūgštis būdinga *P. viridicatum* ir *C. herbarum*, tačiau *P. expansum* sudėtyje ši riebalų rūgštis nenustatyta (7 priedas).

### 3.4 Koreliacija tarp pelėsinės taršos ir javų grūdų kokybinių rodiklių

Spirmeno ranginės koreliacijos koeficientas buvo taikomas norint rasti galimą koreliacinį ryšį tarp pelėsinės taršos ir grūdų kokybinių rodiklių sandėliavimo metu. Analizuojant reikšmių priklausomybes, nustatyti teigiami ir neigiami koreliaciniai ryšiai.

Pirmiausia, remiantis 3 lentele ir aptariant sandėliavimo pradžios statistiškai reikšmingus neigiamus koreliacinius ryšius nustatyta, jog T-2 toksino koncentracija tyrimo metu stipriai neigiamai koreliavo su pelenų kiekiu grūdinėse kultūrose ( $r = -0,80$ ) ( $p < 0,01$ ), o DON – su krakmolo kiekiu ( $r = -0,70$ ) ( $p < 0,01$ ). Sandėliavimo pradžioje nustatytos ir vidutinio stiprumo neigiamos statistiškai patikimos koreliacijos, iš kurių pagal koeficientą ( $r$ ), stipriausia – tarp OTA ir baltymų kiekio ( $r = -0,69$ ) ( $p < 0,01$ ) ir tarp bendro pelėsinų grybų skaičiaus ir krakmolo kiekio ( $r = -0,67$ ). ZEA koncentracija vidutinio stiprumo neigiamu ryšiu ( $r = -0,57$ ) koreliavo su javų grūdų pelenų kiekiu ( $p < 0,05$ ).

Be to, išanalizavus 3 lentelėje pateiktus duomenis, sandėliavimo viduryje, kaip ir pradžioje, pastebėtos vidutinio stiprumo neigiamos koreliacijos tarp bendro pelėsinų grybų skaičiaus ir krakmolo ( $r = -0,58$ ) ( $p < 0,05$ ) bei tarp DON koncentracijos ir krakmolo kiekio ( $r = -0,69$ ) ( $p < 0,01$ ). Tiriamojo darbo antrajame etape identifikuota ir labai stipri neigiama koreliacija ( $r = -0,96$ ) tarp T-2 toksino koncentracijos ir baltymų kiekio ( $p < 0,01$ ). Grupuojuant sandėliavimo pabaigos duomenis ir ieškant statistiškai reikšmingų korelacijų tarp mikologinių ir grūdų kokybinių rodiklių, aptikta stipri ( $r = -0,86$ ) neigiama koreliacija tarp OTA ir baltymų kiekio bei vidutinio stiprumo ( $r = -0,67$ ) tarp DON ir drėgmės kiekio ( $p < 0,01$ ) (3 lentelė).

Taip pat, remiantis 3 lentele, pastebėti ne tik neigiami, bet ir teigiami koreliaciniai ryšiai. Sandėliavimo pradžioje stipriausios, statistiškai reikšmingos teigiamos koreliacijos nustatytos tarp bendro pelėsinų grybų skaičiaus ir ląstelienos kiekio ( $r = 0,87$ ), tarp DON koncentracijos ir ląstelienos ( $r = 0,70$ ) ( $p < 0,01$ ) bei tarp OTA ir krakmolo ( $r = 0,70$ ) ( $p < 0,01$ ). Nustatytos ne tik stiprios, bet ir vidutinio stiprumo teigiamos koreliacijos, iš kurių glaudžiausios – tarp DON koncentracijos ir riebalų ( $r = 0,69$ ) bei pelenų ( $r = 0,69$ ) kiekio ( $p < 0,01$ ).

**3 lentelė.** Koreliacijos koeficientai tarp bendro grūdų pelėsinio užterštumo, AFB<sub>1</sub>, ZEA, DON, T-2 toksino, OTA koncentracijų ir javų grūdų kokybinių rodiklių sandėliavimo pradžioje, viduryje ir pabaigoje

Sandėliavimo etapas	Grūdų kokybiniai rodikliai (proc.)	Bendras pelėsinių grybų skaičius (ksv/g)	AFB <sub>1</sub> (µg/kg)	ZEA (µg/kg)	DON (µg/kg)	T-2 toksinas (µg/kg)	OTA (µg/kg)
Sandėliavimo pradžia	Riebalai	0,30	-0,37	-0,28	0,69**	-0,43	0,35
	Drėgmė	0,02	-0,21	0,46	-0,39	0,57*	0,56*
	Baltymai	-0,27	0,39	-0,28	-0,31	-0,12	-0,69**
	Łąsteliena	0,87**	-0,11	0,29	0,70**	0,22	0
	Pelenai	0,01	-0,12	-0,57*	0,69**	-0,80**	0
	Krakkolas	-0,67**	-0,05	0,28	-0,70**	0,26	0,70**
Sandėliavimo viduryje	Riebalai	0,69**	-0,07	-0,25	0,70**	0,15	0,28
	Drėgmė	-0,07	-0,33	0,35	0,15	0,89**	0,28
	Baltymai	0,21	0,25	-0,39	0	-0,96**	-0,33
	Łąsteliena	0,78**	-0,04	-0,13	0,70**	0,15	0,11
	Pelenai	0,57*	0,09	-0,34	0,69**	0,15	0,44
	Krakkolas	-0,58*	-0,12	0,64*	-0,69**	0,55*	-0,11
Sandėliavimo pabaigoje	Riebalai	0,11	-0,43	-0,39	-0,02	-0,19	0,62*
	Drėgmė	-0,25	0,59*	0,32	-0,67**	0,42	0,20
	Baltymai	0,12	-0,20	0,26	0,72**	-0,30	-0,86**
	Łąsteliena	0,31	-0,30	-0,50	-0,15	0,10	0,66**
	Pelenai	0,72**	-0,27	-0,42	0,11	0,34	0,24
	Krakkolas	0,07	0,71**	0,30	-0,29	0,49	-0,30

**Statistinio reikšmingumo lygmenys:** \*p<0,05; \*\* p<0,01

Sandėliavimo viduryje stipriausia teigiama koreliacija aptikta tarp T-2 toksino ir drėgmės ( $r = 0,89$ ) ( $p < 0,01$ ). Iš vidutinio stiprumo teigiamų koreliacijų, pagal koeficientą ( $r = 0,69$ ), tarpiausias ryšys tarp bendro pelėsinių grybų skaičiaus ir riebalų kiekio bei tarp DON koncentracijos ir pelenų kiekio ( $p < 0,01$ ). Sandėliavimo pabaigoje stipriausios teigiamos koreliacijos ( $r = 0,72$ ) buvo tarp bendro pelėsinių grybų skaičiaus ir pelenų kiekio bei tarp DON ir baltymų kiekio ( $p < 0,01$ ). Trečioji pagal stiprumą koreliacija ( $r = 0,66$ ) – tarp OTA ir łąstelienos ( $p < 0,01$ ) (3 lentelė).

Taip pat buvo analizuotos koreliacijos tarp giluminį grūdų užterštumą sudarančių mikromicetų (proc.) ir grūdų kokybinių rodiklių (4 lentelė). Sandėliavimo pradžioje stipriausios neigiamos koreliacijos nustatytos tarp *Alternaria spp.* paplitimo ( $r = -0,97$ ) ir krakmolo kiekio bei *Cladosporium spp.* ( $r = -0,70$ ) ir pelenų kiekio grūdinėse žaliavose ( $p < 0,01$ ). Pirmajame tyrimo etape pastebėtas ir vidutinio stiprumo neigiamas ryšys tarp *Alternaria spp.* ir drėgmės kiekio ( $r = -0,63$ ), ( $p < 0,05$ ) ir vidutinio stiprumo teigiama koreliacija – tarp *Alternaria spp.* ir ląstelienos kiekio ( $r = 0,59$ ) ( $p < 0,05$ ).

**4 lentelė.** Koreliacijos koeficientai tarp giluminį grūdų užterštumą sudarančių grybų (proc.) ir javų grūdų kokybinių rodiklių sandėliavimo pradžioje, viduryje ir pabaigoje

Sandėliavimo etapas	Grūdų kokybiniai rodikliai (proc.)	Giluminis grūdų užterštumas pelėsiniais grybais (proc.)			
		<i>Rhizopus spp.</i>	<i>Alternaria spp.</i>	<i>Fusarium spp.</i>	<i>Cladosporium spp.</i>
Sandėliavimo pradžia	Riebalai	-0,18	0,02	-0,17	-0,23
	Drėgmė	-0,02	-0,63*	0,05	0,42
	Baltymai	0,32	0,26	0,26	-0,25
	Ląsteliena	-0,46	0,59*	0,19	0,40
	Pelenai	0,05	0,32	-0,42	-0,70**
	Krakmolas	0,14	-0,97**	-0,33	0,06
Sandėliavimo vidurys	Riebalai	-0,49	0,60*	0,69**	0,47
	Drėgmė	-0,27	0,14	-0,06	0,76**
	Baltymai	0,49	0,07	0,02	-0,72**
	Ląsteliena	-0,61*	0,73**	0,73**	0,62*
	Pelenai	-0,56*	0,53*	0,61*	0,48
	Krakmolas	0,15	-0,54*	-0,49	0,06
Sandėliavimo pabaiga	Riebalai	-0,25	-0,01	-0,20	0,74**
	Drėgmė	0,85**	-0,22	-0,37	-0,19
	Baltymai	-0,49	0,26	0,57*	-0,63*
	Ląsteliena	-0,26	0,11	-0,14	0,78**
	Pelenai	-0,56*	0,50	0,37	0,60*
	Krakmolas	0,41	-0,03	0,12	-0,54*

Statistinio reikšmingumo lygmenys: \* $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$

Remiantis 4 lentele, sandėliavimo viduryje stipriausias neigiamas koreliacinis ryšys užfiksuotas tarp *Cladosporium spp.* ir baltymų kiekio ( $r = -0,72$ ) ( $p < 0,01$ ), o iš vidutinio stiprumo neigiamų



korelacių glaudžiausias ryšys ( $r = -0,61$ ) – tarp *Rhizopus spp.* ir ląstelių kiekio ( $p < 0,05$ ). Sugrupavus tyrimo viduryje gautus duomenis, nustatytos ir teigiamos koreliacijos. Stipriausias, statistiškai reikšmingas, ryšys nustatytas tarp *Cladosporium spp.* ir drėgmės kiekio ( $r = 0,76$ ) ( $p < 0,01$ ). Be to, sandėliavimo viduryje nustatyti tiesinės koreliacijos koeficientai, rodo, jog yra ir vidutinio stiprumo kategorijos statistiškai reikšmingų korelacių. Iš šios grupės, tarpiausia teigiama tiesine priklausomybe susiję kintamieji – *Fusarium spp.* ir riebalai ( $r = 0,69$ ) ( $p < 0,01$ ). Sandėliavimo pabaigoje, kaip ir pradžioje bei viduryje, nustatytos teigiamos ir neigiamos priklausomybės. Paskutiniame tiriamojo darbo etape identifikuotos 3 statistiškai reikšmingos vidutinio stiprumo neigiamos koreliacijos, iš kurių stipriausia tarp *Cladosporium spp.* ir baltymų kiekio ( $r = -0,63$ ) ( $p < 0,05$ ). Vadovaujantis 4 lentelėje pateiktais duomenimis, stipriausias teigiamas koreliacinis ryšys trečiajame etape nustatytas tarp *Rhizopus spp.* ir drėgmės kiekio ( $r = 0,85$ ) ( $p < 0,01$ ), o glaudžiausias vidutinio stiprumo, statistiškai reikšmingas, teigiamas ryšys nustatytas tarp *Cladosporium spp.* paplitimo ir pelenų kiekio ( $r = 0,60$ ) ( $p < 0,05$ ).

Magistro baigiamojo darbo tyrime buvo analizuoti ne tik giluminį, bet ir išorinį grūdų užterštumą sudarančių pelėsinių grybų paplitimo (proc.) teigiami bei neigiami koreliaciniai ryšiai su grūdų kokybiniais rodikliais (5 lentelė). Remiantis 5 lentele, sandėliavimo pradžioje pastebėti du stipriai neigiami, statistiškai reikšmingi koreliaciniai ryšiai: tarp *Penicillium spp.* ir baltymų kiekio ( $r = -0,84$ ), bei tarp *Fusarium spp.* ir pelenų kiekio ( $r = -0,81$ ) ( $p < 0,01$ ). Be to, pastebėta ir vidutinio stiprumo kategorijos neigiamų korelacių ryšių tarp *Alternaria spp.* paplitimo ir riebalų, ląstelių ir pelenų, su paskutiniu rodikliu nustatyta glaudžiausia priklausomybė ( $r = -0,69$ ) sandėliavimo pradžioje ( $p < 0,01$ ). 5 lentelėje pateikti koreliacijos koeficientai rodo, jog nustatyta ir teigiamų statistiškai reikšmingų korelacių sandėliavimo pradžioje. Stipriausia teigiama koreliacija tarp *Penicillium spp.* ir riebalų kiekio ( $r = 0,77$ ) ( $p < 0,01$ ) bei vidutinio stiprumo tarp *Cladosporium spp.* paplitimo javų grūduose ir baltymų kiekio ( $r = 0,56$ ).

Sandėliavimo viduryje, kaip ir pradžioje, nustatytos vidutinio stiprumo ir stiprios teigiamos statistiškai reikšmingos koreliacijos (5 lentelė). Tarp *Fusarium spp.* ir krakmolo kiekio ( $r = 0,73$ ) ( $p < 0,01$ ) bei tarp *Cladosporium spp.* ir drėgmės kiekio ( $r = 0,64$ ) ( $p < 0,05$ ). Sandėliavimo viduryje stiprių neigiamų korelacių, priešingai nei teigiamų tiesinių priklausomybių, neaptikta. Remiantis 5 lentelėje pateiktais duomenimis, nustatytos dvi statistiškai reikšmingos neigiamos vidutinio stiprumo koreliacijos, iš kurių stipresnė tarp *Fusarium spp.* ir baltymų kiekio ( $r = -0,65$ ) ( $p < 0,01$ ).

Atliktų tyrimų duomenys rodo, kad sandėliavimo pabaigoje irgi nustatyta teigiamų ir neigiamų statistiškai reikšmingų korelacių ryšių. Stipriausi neigiami koreliaciniai ryšiai identifikuoti tarp *Cladosporium spp.* ir drėgmės bei krakmolo kiekio ( $r = -0,73$ ) ( $p < 0,01$ ). Išanalizavus vidutinio stiprumo neigiamų korelacių koeficientus, pateiktus 5 lentelėje, pastebėta, jog tarpiausias ryšys – tarp *Aspergillus spp.* ir krakmolo kiekio ( $r = -0,63$ ) ( $p < 0,05$ ).

**5 lentelė.** Koreliacijos koeficientai tarp išorinį grūdų užterštumą sudarančių grybų (proc.) ir javų grūdų kokybinių rodiklių sandėliavimo pradžioje, viduryje ir pabaigoje

Sandėliavimo etapas	Grūdų kokybiniai rodikliai	Išorinis grūdų užterštumas pelėsiniais grybais (proc.)				
		<i>Alternaria spp.</i>	<i>Cladosporium spp.</i>	<i>Fusarium spp.</i>	<i>Penicillium spp.</i>	<i>Aspergillus spp.</i>
Sandėliavimo pradžia	Riebalai	-0,65**	-0,42	-0,50	0,77**	0
	Drėgmė	0,27	-0,48	0,43	0,21	0
	Baltymai	0,50	0,56*	0,07	-0,84**	0
	Łąsteliena	-0,59*	-0,09	0,08	0,50	0
	Pelenai	-0,69**	-0,05	-0,81**	0,49	0
	Krąkmolas	0,32	-0,53*	0,21	0,14	0
Sandėliavimo vidurys	Riebalai	-0,09	0,24	-0,24	0,36	0,50
	Drėgmė	-0,49	0,64*	0,48	0,51	0,23
	Baltymai	0,50	-0,50	-0,65**	-0,48	0
	Łąsteliena	-0,01	0,35	-0,11	0,31	0,50
	Pelenai	-0,21	0,15	-0,25	0,40	0,50
	Krąkmolas	-0,12	0,07	0,73**	-0,10	-0,55*
Sandėliavimo pabaiga	Riebalai	-0,39	0,69**	-0,60*	0,18	0,61*
	Drėgmė	-0,15	-0,73**	0,26	-0,58*	-0,48
	Baltymai	0,54*	0,19	0,42	0,48	-0,03
	Łąsteliena	-0,43	0,63*	-0,45	0,07	0,51
	Pelenai	-0,15	0,72**	-0,08	0,06	0,44
	Krąkmolas	0,19	-0,73**	0,51*	-0,37	-0,63*

Statistinio reikšmingumo lygmenys: \*p<0,05; \*\* p<0,01

Be to, sandėliavimo pabaigoje buvo nustatytas viena stiprus teigiamas tiesinis koreliacinis ryšis tarp *Cladosporium spp.* paplitimo (proc.) ir pelenų kiekio ( $r = 0,72$ ) ( $p < 0,01$ ). Likusios šiame etape nustatytos statistiškai reikšmingos koreliacijos – vidutinio stiprumo. Remiantis 5 lentele, iš minėtų koreliacijų, stipriausios yra tarp riebalų kiekio ir *Cladosporium spp.* paplitimo ( $r = 0,69$ ) ( $p < 0,01$ ) bei tarp łąstelienos ir *Cladosporium spp.* ( $r = 0,63$ ) paplitimo (proc.) grūdinėse žaliavose ( $p < 0,05$ ).

## 4. REZULTATŲ APITARIMAS

Pelėsinė javų grūdų tarša yra sunkiai kontroliuojama, pirminis užterštumas atsiranda javų augimo lauke fazėse. Minimaliai pažeistos grūdų laikymo, džiovavimo sąlygos, prasta sandėlių sanitarinė priežiūra – potencialūs pelėsinų grybų plitimo veiksniai (53,54,57). Mūsų atlikto tyrimo metu nustatyta, jog sandėliuojant javų grūdus pastovioje 5-7 °C temperatūroje, užtikrinant kenkėjų kontrolę, ventiliaciją, grūdų užterštumas pelėsiniais grybais nuo sandėliavimo pradžios iki pabaigos padidėjo vidutiniškai 14,94 proc. ( $p < 0,01$ ). Didėjančią bendro pelėsinų grybų skaičiaus tendenciją kviečių sandėliavimo metu nustatė Alhowikan ir kiti (58), šių mokslininkų gauti rezultatai rodo, kad per 90 dienų bendras pelėsinų grybų skaičius padidėjo 59,82 proc. Pagal santykinę proporciją galima daryti prielaidą, kad mūsų analizuotų kviečių užterštumas mikromicetais (335 dienos – pokytis 29,05 proc.) 7,67 karto būtų mažesnis. Manome, kad skirtumo pagrindinė priežastis – 18 - 20 °C aukštesnė grūdų sandėliavimo temperatūra, skirtingos auginimo, laikymo sąlygos (58). Kitos grūdų rūšys šių mokslininkų nebuvo analizuotos, tačiau stebėtas kenksmingiausio kancerogeno, inicijuojančio ląstelių DNR pažaidas – AFB<sub>1</sub> (59) aptikimas kviečiuose sandėliavimo metu. AFB<sub>1</sub> kviečiuose nustatytas praėjus 23 proc. viso Alhowikan ir bendraautorių (58) atlikto tyrimo laiko, o mūsų tyrime šio mikotoksino koncentracija aukščiau aptikimo ribos buvo rugsėjo mėn. – pirmajame tyrimo etape.

Be to, mūsų tyrimo metu buvo stebimi grūdų cheminės sudėties pokyčiai bei ieškoma galimų koreliacinių grūdų kokybės kitimo ryšių su pelėsinės taršos rodikliais. Mūsų tyrime javų grūduose daugiausia sumažėjo pelenų (68,48 proc.) ir ląstelių (53,14 proc.) kiekiai. Mažėjančia tendencija kito ir baltymai, o riebalų, drėgmės ir krakmolo kiekiai didėjo. Pelėsinės taršos įtaka grūdų kokybiniais rodikliams nėra plačiai išanalizuota, tačiau Schmidt ir bendraautoriai (2) atliko tyrimą, kurio tikslas buvo laboratorinėmis sąlygomis išsiaiškinti *F. culmorum* įtaką kviečių kokybei. Kviečius paveikus *F. culmorum* kultūra, per 6 savaitių ekspoziciją, krakmolo kiekis kviečiuose sumažėjo 10 - 20 proc. (2). Mūsų atliktame tyrime gauti priešingi rezultatai, bendrai visuose javų grūduose pastebimas vidutiniškai 13,51 proc. ( $p < 0,01$ ) krakmolo padidėjimas, o atskirai kviečiuose – 8,25 proc. ( $p \geq 0,05$ ). Ieškant koreliacijų tarp *Fusarium* genties mikromicetų aptiktos dvi statistiškai reikšmingos teigiamos koreliacijos (sandėliavimo viduryje,  $r = 0,73$ ; sandėliavimo pabaigoje  $r = 0,51$ ), kurios irgi patvirtina mūsų tyrime nustatytą prielaidą, jog plintant grūduose *Fusarium spp.* krakmolo kiekis didėja. Taip pat nustatėme ir neigiamų statistiškai reikšmingų koreliacijų: didėjant bendram pelėsinų grybų skaičiui, DON koncentracijai, *Alternaria spp.* paplitimui sandėliavimo pradžioje ir viduryje, *Cladosporium spp.* – sandėliavimo pradžioje, pabaigoje ir *Aspergillus spp.* – sandėliavimo viduryje ir pabaigoje krakmolo kiekis mažėja. Remiantis mūsų tyrimo rezultatais, didžiausias krakmolo neigiamas pokytis nustatytas kvietrugių mėginiuose, lyginant sandėliavimo pradžios ir vidurio duomenis – 7,96 proc. ( $p \geq 0,05$ ). Schmidt ir kt. (2) pateikė išvadą, kad dėl pelėsių

skaidomo krakmolo ir skaidulinių medžiagų yra aptinkama laisva maltotriozė, maltozė ir gliukozė. Manome, kad skirtumus mūsų tyrime galėjo lemti nevienodos ekspozicijos ir tai, jog didžiausias *Fusarium* genties paplitimas kviečiuose buvo  $66,67 \pm 3,33$  proc., o sandėliavimo pabaigoje vidutiniškai 20,01 proc. sumažėjo ( $p \geq 0,05$ ), minėto mokslinio tyrimo metu, pagal ergosterolio kiekį, *F. culmorum* paplitimas – 100 proc. (2). Schmidt ir kiti (2) analizavo ir *F. culmorum* įtaką kviečių baltymams bei nustatė, jog albuminų (11,19 proc.), prolaminų (11,85 proc.), gliutelinų (9,09 proc.) kiekis padidėja, o globulinų sumažėja (6,17 proc.). Martinez ir kiti (47) pateikė išvadas, jog *Fusarium* genties pelėsių poveikyje kviečių glitimo baltymų kiekis mažėja. Mūsų atlikto tyrimo pabaigoje užfiksuota vidutiniškai 8,42 proc. mažiau ( $p < 0,01$ ) baltymų nei pradžioje, o sandėliavimo viduryje identifikuota baltymų mažėjimą pelėsinų grybų poveikyje įrodanti vidutinio stiprumo, statistiškai patikima, neigiama koreliacija tarp *Fusarium spp.* ir baltymų kiekio. Be to, lyginant sandėliavimo vidurio ir pabaigos duomenis nustatytas vidutiniškai 2,84 proc. baltymų padidėjimas ( $p \geq 0,05$ ), didžiausias minėtas skirtumas – miežių mėginiuose (18,69 proc.,  $p \geq 0,05$ ). Teigiamos, tiesinės koreliacijos ryšiu sandėliavimo pradžioje susiję *Cladosporium spp.*, pabaigoje DON, *Fusarium spp.*, *Alternaria spp.* ir baltymų kiekis. Literatūroje yra aprašytas ir pelėsinų grybų poveikis riebalų rūgštims. Ortega ir kiti (51) nustatė, jog *F. graminearum* didesnę neigiamą įtaką daro nesočiosioms riebalų rūgštims (oleino, linolo, linoleno) vidutinis sumažėjimas 77,74 proc., o sočiosioms (palmitino ir stearino) vidutiniškai 69,26 proc. Poveikis gliceroliui nebuvo analizuotas. Lyginant mūsų atlikto tyrimo pradžios ir pabaigos duomenis, riebalų kiekis vidutiniškai 18,23 proc. padidėjo ( $p \geq 0,05$ ), tačiau išanalizavus sandėliavimo vidurio ir pabaigos rezultatus pastebimas vidutinis 20,91 proc. sumažėjimas ( $p < 0,01$ ). Rasti neigiami koreliaciniai ryšiai su riebalų kiekiu ir sandėliavimo pradžios *Alternaria spp.* bei sandėliavimo pabaigos *Fusarium spp.* paplitimu. Didžiausias neigiamas pokytis (37,55 proc.,  $p \geq 0,05$ ) buvo kvietrugiuose, lyginant sandėliavimo vidurio ir pabaigos duomenis.

Kadangi pelėsiniai grybai neigiamai veikia grūdų kokybę ir saugą, svarbu ieškoti prevencinių priemonių. Viena iš jų – biomarkeriai, kurie signalizuoja pelėsinio grybo augimą net pradinėse fazėse (8). Remiantis Bennett ir bendraautorių (2015) (6) atlikta mokslinė apžvalga, 1-octen-3-olis, 3-oktanolis, 3-oktanas yra dažniausi lakieji pelėsinų grybų junginiai. Mūsų atliktame tyrime šios cheminės medžiagos nebuvo aptiktos, tačiau, remiantis tų pačių mokslininkų (6) išvalgomis, ne visi lakieji junginiai yra mikromicetų biosintezės produktai. Tai gali būti atsitiktinės medžiagos, redukcijos, oksidacijos procesų padariniai, pavyzdžiui, užfiksuotos karboksirūgštys gali būti aldehidų oksidacijos produktai (6). Mūsų atliktame tyrime dažniausiai aptikti pelėsinų grybų lakieji junginiai: santolina trienas, dodekametil-cikloheksasiloksanas, 3-etoksi-1,1,1,7,7,7-heksametil-3,5,5-tris(trimetilsililoksi) tetrasiloksanas ir 3-metilpentanas. Manome, kad šiuos skirtumus galėjo lemti ir pelėsinų grybų izoliavimas *in vitro*, o ne lakiųjų junginių stebėseną sandėliavimo patalpose pažangia technologija – elektroniniais jutikliais (angl. e - nose) (7) .

## IŠVADOS

1. Įvertinus javų grūdų užterštumą pelėsiniais grybais sandėliavimo metu nustatyta:
  - 1.1 Bendras pelėsinių grybų skaičius padidėjo vidutiniškai 14,94 proc. ( $p < 0,01$ ). Kviečių ir kvietrugių mėginiuose užterštumas padidėjo labiausiai atitinkamai – 29,05 proc. ir 18,18 proc. ( $p \geq 0,05$ ), mažiausi pokyčiai avižų mėginiuose – vidutiniškai 5,43 proc. ( $p \geq 0,05$ );
  - 1.2 Lyginant mikotoksinų koncentracijas, daugiausiai padidėjo AFB<sub>1</sub> koncentracija – vidutiniškai 18,67 karto ( $p < 0,01$ ) ir OTA – 9,5 karto ( $p < 0,01$ ), o mažiausiai T-2 toksino – 3,5 karto ( $p < 0,01$ ). AFB<sub>1</sub>, ZEA, DON koncentracijos labiausiai padidėjo kviečiuose, T-2 – avižose, o OTA – ruginuose ( $p \geq 0,05$ ).
2. Atlikus javų grūdų kokybinių rodiklių analizę nustatyta:
  - 2.1 Pelenų, ląstelienos ir baltymų kiekiai javų grūduose atitinkamai sumažėjo: 68,48 proc., 53,14 proc. ir 8,42 proc. ( $p < 0,01$ ). Riebalų, drėgmės ir krakmolo kiekiai grūduose atitinkamai padidėjo: 18,23 proc. ( $p \geq 0,05$ ), drėgmės – 7,12 proc. ir 13,51 proc. ( $p < 0,01$ );
  - 2.2 Kvietruginuose, avižose labiausiai padidėjo krakmolo kiekis, kviečiuose, miežiuose, ruginuose – drėgmės ( $p \geq 0,05$ ). Kvietrugių, kviečių, miežių, rugių mėginiuose labiausiai sumažėjo pelenų, o avižose – ląstelienos ( $p \geq 0,05$ ) kiekiai.
3. Įvertinus dažniausiai grūduose paplitusius pelėsinius grybus nustatyta:
  - 3.1 Sočiosios riebalų rūgštys vyravo *Alternaria alternata* (92,44 proc.), *Fusarium sporotrichioides* (89,37 proc.) ir *Cladosporium herbarum* (74,73 proc.). Mononesočiosios dominavo *Aspergillus flavus* (50,75 proc.) ir *Penicillium expansum* (42,98 proc.). Polinesočiosios riebalų rūgštys daugiausia sudarė *Penicillium viridicatum* (65,03 proc.).
  - 3.2 Dažniausi nustatyti pelėsinių grybų lakieji junginiai: santolina trienas, kamfenas, dodekametil-cikloheksasiloksanas, alkanų junginiai (3-metilpentanas, 2,2,5,5-tetrametilheksanas, 2,2,4,6,6-pentametilheptanas), akrilo ir oksalo rūgštys, 3-etoksi-1,1,1,7,7,7-heksametil-3,5,5- tris(trimetilsililoksi) tetrasiloksanas.
4. Įvertinus koreliacinį ryšį tarp mikologinių ir grūdų kokybinių rodiklių nustatyta:
  - 4.1 Stipriausios teigiamos statistiškai reikšmingos koreliacijos sandėliavimo metu: tarp bendro pelėsinių grybų skaičiaus ir ląstelienos (sandėliavimo pradžioje), tarp T-2 toksino ir drėgmės (sandėliavimo viduryje), tarp *Rhizopus spp.* (proc.) ir drėgmės (sandėliavimo pabaigoje).
  - 4.2 Stipriausios neigiamos statistiškai reikšmingos koreliacijos: tarp *Alternaria spp.* (proc.) ir krakmolo (sandėliavimo pradžioje), tarp T-2 toksino ir baltymų (sandėliavimo viduryje) ir tarp OTA ir baltymų (sandėliavimo pabaigoje).

## REKOMENDACIJOS

1. Plėtojant mokslinę veiklą bei siekiant išsamiau išsiaiškinti pelėsinų grybų poveikį grūdų kokybiniais rodikliais, rekomenduojame analizei pasitelkti elektroninę mikroskopiją, nagrinėjant grūdų struktūrinius, o ne procentinės sudėties pokyčius, endospermo pažeidimus, remiantis Shmidt ir bendraautorių atlikto tyrimo (2) patirtimi;
2. Siekiant suvaldyti pelėsinę taršą grūdų sandėliuose, rekomenduojama į prevencinę strategiją įtraukti lakiųjų junginių sandėliavimo patalpose nustatymą elektroninių jutiklių pagalba;
3. Remiantis mūsų atliktu tyrimu, dažniausi užfiksuoti pelėsinų grybų lakieji organiniai junginiai: santolina trienas, kamfenas, dodekamil-cikloheksasiloksanas, alkanų junginiai (3-metilpentanas, 2,2,5,5-tetrametilheksanas, 2,2,4,6,6-pentametilheptanas), rūgščių dariniai (akrilo ir oksalo rūgštys) 3-etoksi-1,1,1,7,7,7-heksametil-3,5,5-tris(trimetilsililoksi) tetrasiloksanas. Šios lakios cheminės medžiagos gali signalizuoti pirminę pelėsinę grūdų bei sandėliavimo patalpų taršą;
4. Pelėsinų grybų taksonomijoje, kaip papildomą identifikavimo metodą, rekomenduojama atlikti riebalų rūgščių tyrimus. Remiantis mūsų tyrimo išvadomis, sočiosios riebalų rūgštys būdingos *Alternaria spp.*, *Fusarium spp.*, *Cladosporium spp.* mikroskopiniams grybams, nesočiosios – *Aspergillus spp.* ir *Penicillium spp.*

## PADĖKA

Nuoširdžiai dėkoju magistro baigiamojo darbo vadovei doc. dr. Violetai Baliukonienei už naudingus mokslinius patarimus, konsultacijas, skatinimą ir paramą atliekant mokslinį tyrimą.

Taip pat noriu padėkoti Farmacijos fakulteto Analizinės ir toksikologinės chemijos katedros lektoriui Mindaugui Marksai už pagalbą nustatant pelėsinių grybų lakiuosius organinius junginius, suteiktus patarimus cheminių junginių analizės metu.

Esu nuoširdžiai dėkinga Gyvūnų mokslų fakulteto Gyvūnų mitybos tyrimų laboratorijos kolektyvui už pagalbą atliekant javų grūdų cheminę analizę.

Reiškiu padėką ir Veterinarijos fakulteto Maisto saugos ir kokybės katedros profesorei dr. Gintarei Zaborskienei ir doktorantei Gintarei Vaičiulienei už pagalbą nustatant pelėsinių grybų riebalų rūgštis ir vertingus mokslinius patarimus atliekant analizę.

Esu labai dėkinga lituanistei Genovaitei Kriauciūnienei už magistro baigiamojo darbo korektūrą, siekiant užtikrinti lietuvių kalbos taisyklingumą.

Dėkoju už palaikymą ir paskatinimą savo šeimai.

# LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. The Statistica corporation web site. Worldwide production of grain in 2019/ 2020 [Online]. [cited 2019 12 16]. Available from: <https://www.statista.com/statistics/263977/world-grain-production-by-type/>.
2. Schmidt M, Horstmann S, Colli LD, Danaher M, Speer K, Zannini E, et al. Impact of fungal contamination of wheat on grain quality criteria. *J Cereal Sci* 2016; 69(1): 95 – 103.
3. Alconada TM, Moure MC, Ortega LM. *Fusarium* infection in wheat, aggressiveness and changes in grain quality: a review. *Vegetos* 2019; 32: 441– 9.
4. Alshannaq A, Jae-Hyuk Yu JH. Occurrence, Toxicity, and Analysis of Major Mycotoxins in Food. Review. *Int J Environ Res Public Health* 2017; 14(6): 632 doi:10.3390/ijerph14060632
5. Khodaei D, Javanmardi F, Khaneghah AM. The global overview of the occurrence of mycotoxins in cereals: a three-year survey. *Curr Opin Food Sci* 2021, 39: 36 – 42.
6. Bennett JW, Inamdar AA. Are Some Fungal Volatile Organic Compounds (VOCs) Mycotoxins? Review. *Toxins* 2015; 7(9): 3785 – 804.
7. Hung R, Lee S, Bennett JW. Fungal volatile organic compounds and their role in ecosystems. *Appl Microbiol Biotechnol.* 2015; 99(8): 3395 – 405.
8. Börjesson T, Stöllman U, Adamek P, Kaspersson A. Analysis of volatile compounds for detection of molds in stored cereals. *Cereal Chem.* 1989; 66(4): 300 – 4.
9. Borchers AT, Chang C, Gershwin ME. Mold and human health: a reality check. *Clinic Rev Allerg Immunol* 2017; 52(3): 305 – 22.
10. Morath SU, Hung R, Bennet JW. Fungal volatile organic compounds: A review with emphasis on their biotechnological potential. *Fungal Biol Rev* 2012; 26(2-3): 73 – 83.
11. Fleurat – Lessard R. Integrated management of the risks of stored grain spoilage by seedborne fungi and contamination by storage mould mycotoxins - An update. Review. *J Stored Prod Res* 2017; 71: 22 – 40.
12. KOMISIJOS REGLAMENTAS (EB) Nr. 1881/2006 2006 m. gruodžio 19 d., nustantis didžiausias leistinas tam tikrų teršalų maisto produktuose koncentracijas [elektroninis išteklius] [žiūrėta 2020 02 06].  
Prieiga per internetą: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/ALL/?uri=CELEX:32006R1881>
13. Lu Q, Qin JA, Fu YW, Luo JY, Lu JH, Logrieco AF, et al. Modified mycotoxins in foodstuffs, animal feed, and herbal medicine: A systematic review on global occurrence, transformation mechanism and analysis methods. *Trends Analyt Chem* 2020; 133: 116088.  
<https://doi.org/10.1016/j.trac.2020.116088>



14. Rychlik M, Humpf HU, Marko D, Dänicke S, Mally A, Berthiller F, et al. Proposal of a comprehensive definition of modified and other forms of mycotoxins including “masked” mycotoxins. *Mycotoxin Res* 2014; 30(4):197–205.
15. Asghar MA, Ahmed A, Iqbal J, Zahir E, Nauman H. Fungal flora and aflatoxin contamination in Pakistani wheat kernels (*Triticum aestivum L.*) and their attribution in seed germination. *J Food Drug Anal* 2016; 24(3): 635 – 43.
16. Gashgari R, Ameen F, Al-Homaidi E, Gherbawy Y, Al Nadhari S, Vijayan V. Mycotoxigenic fungi contaminating wheat; toxicity of different *Alternaria compacta* strains. *Saudi J Biol Sci* 2019; 26(1): 210 – 5.
17. Beukes I, Rose LJ, Johannes van Coller G, Viljoen A. Disease development and mycotoxin production by the *Fusarium graminearum* species complex associated with South African maize and wheat. *Eur J Plant Pathol* 2018; 150(4): 893 – 910.
18. Supronienė S, Sakalauskas S, Stumbrienė K, Žvirdauskienė R, Švėgžda P. Variances in trichothecene chemotype distribution in Lithuanian wheat grain and within pure culture *Fusarium graminearum* isolated from the same grain samples. *Eur J Plant Pathol* 2016; 144(2): 371– 81.
19. Krnjaja VS, Mandić V, Stanković S, Vasic T, Bjelić Z, Obradović A, et al. Influence of plant density on toxigenic fungal and mycotoxin contamination of maize grains. *Crop Prot* 2019; 116: 126 – 31.
20. Drakopoulos D, Sulyok M, Krska R, Logrieco AF, Vogelgsang S. Raised concerns about the safety of barley grains and straw: A Swiss survey reveals a high diversity of mycotoxins and other fungal metabolites. *Food control* 2021; 125(7): 107919.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.107919>
21. Beccari G, Senatore MT, Tini F, Sulyok M, Covarelli L. Fungal community, *Fusarium* head blight complex and secondary metabolites associated with malting barley grains harvested in Umbria, central Italy. *Int J Food Microbiol.* 2018; 273: 33 – 42.
22. Schöneberg T, Jenny E, Wettstein FE, Bucheli TD, Mascher F, Bertossa M, et al. Occurrence of *Fusarium* species and mycotoxins in Swiss oats—Impact of cropping factors. *Eur J Agron* 2018; 92: 123 – 32.
23. Sacchi C, González HHL, Broggi LE, Pacin A, Resnik S, Cano G, et al. Fungal contamination and mycotoxin natural occurrence in oats for race horses feeding in Argentina. *Anim Feed Sci Technol* 2009; 152(3-4): 330 – 5.
24. Zhang X, Cheng Z, Ma L, Li J. A study on accumulation of volatile organic compounds during ochratoxin a biosynthesis and characterization of the correlation in *Aspergillus carbonarius* isolated from grape and dried vine fruit. *Food Chem* 2017; 227: 55 – 63.

25. Schnürer J, Olsson J, Börjesson T. Fungal Volatiles as Indicators of Food and Feeds Spoilage. Review. Fungal Genet Biol 1999; 27(2-3): 209 – 17.
26. Toghueo KRM, Dinkar S, Boyom FF. Stimulation of the production of new volatile and non – volatile metabolites by endophytic *Aspergillus niger* using small organic chemicals. Current Research in Environmental and Applied Mycology. 2016; 6(4): 256 – 7.
27. Naznin HA, Kimura M, Miyazawa M, Hyakumachi M. Analysis of Volatile Organic Compounds Emitted by Plant Growth-Promoting Fungus *Phoma sp. GS8-3* for Growth Promotion Effects on Tobacco. Microbes Environ 2013; 28(1): 42– 9.
28. Laddomada B, Coco LD, Durante M, Presicce DS, Siciliano PA, Fanizzi FP, et al. Volatile Metabolite Profiling of Durum Wheat Kernels Contaminated by *Fusarium poae*. Metabolites 2014; 4(4): 932 – 45.
29. Savelieva EI, Gustyleva LK, Kessenikh ED, Khlebnikova NS, Leffingwell J, Gavrilova O, et al. Study of the Vapor Phase Over *Fusarium* Fungi Cultured on Various Substrates. Chem Biodiversity 2016; 13(7): 891 – 903.
30. Gharbi I, Issaoui M, Haddadi D, Gheith S, Rhim A, Cheraief I, et al. Fungal volatile organic compounds (FVOCs) contribution in olive oil aroma and volatile biogenesis during olive preprocessing storage. J Food Biochem 2017; 41(4): 1 – 13 (12368).  
<https://doi.org/10.1111/jfbc.12368>
31. Wang A, Haapalainen M, Latvala S, Edelenbos M, Johansen A. Discriminant analysis of volatile organic compounds of *Fusarium oxysporum f. sp. cepae* and *Fusarium proliferatum* isolates from onions as indicators of fungal growth. Fungal Biol 2018; 122(10): 1013 – 22.
32. Barkat EH, Du B, Ren Y, Hardy GE, St J, Bayliss KL. Volatile organic compounds associated with postharvest fungi detected in stored wheat grain. Australasian Plant Pathol 2017; 46(4): 483 – 92.
33. Wang A, Islam N, Johansen A, Haapalainen M, Latvala S, Edelenbos M. Pathogenic *Fusarium oxysporum f. sp. cepae* growing inside onion bulbs emits volatile organic compounds that correlate with the extent of infection. Postharvest Biol Technol 2019; 152:19 – 28.
34. Rojas – Flores C, Ventura – Aguilar RI, Bautista – Banos S, Revah S, Saucedo – Lucero JO. Estimating CO<sub>2</sub> and VOCs production of *Colletotrichum fragariae* and *Rhizopus stolonifer* grown in cold stored strawberry fruit. Microbiol Res 2019; 228(8): 1 – 7 (126327).  
<https://doi.org/10.1016/j.micres.2019.126327>
35. Oliveira FC, Barbosa FG, Mafezoli J, Oliveira MCF, Camelo ALM, Longhinotti E, et al. Volatile Organic Compounds from Filamentous Fungi: a Chemotaxonomic Tool of the *Botryosphaeriaceae* Family. J Braz Chem Soc 2015; 26(11): 2189 – 94.

36. Gharbi I, Issaoui M, Gharbi SE, Gazzeh NE, Tekeya M, Mechri B, et al. Butylated hydroxytoluene (BHT) emitted by fungi naturally occurring in olives during their pre-processing storage for improving olive oil stability. *Eur J Lipid Sci Technol* 2017; 119(11): 1 – 7 (1600343).  
<https://doi.org/10.1002/ejlt.201600343>.
37. Herrera JM, Pizzolitto RP, Zunino MP, Dambolena JS, Zygodlo JA. Effect of fungal volatile organic compounds on a fungus and an insect that damage stored maize. *J Stored Prod Res* 2015; 62:74 – 80.
38. Suutari M. Effect of growth temperature on lipid fatty acids of four fungi (*Aspergillus niger*, *Neurospora crassa*, *Penicillium chrysogenum*, and *Trichoderma reesei*). *Arch Microbiol* 1995; 164: 212 – 6.
39. Stahl PD, Klug MJ. Characterization and Differentiation of Filamentous Fungi Based on Fatty Acid Composition. *Appl Environ Microbiol* 1996; 62(11): 4136 – 46.
40. Fraga ME, Santana DMN, Gatti MJ, Direito GM, Cavaglieri LR, Rosa CAR. Characterization of *Aspergillus* species based on fatty acid profiles. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2008; 103(6): 540 – 4.
41. Valstybinė augalininkystės tarnyba prie Žemės ūkio ministerijos. [elektroninis išteklius] [žiūrėta 2021 01 24].  
Prieiga per internetą: <http://www.vatzum.lt/uploads/documents/apkltls/standartai.pdf>
42. Fleurat-Lessard F. Postharvest Operations for Quality Preservation of Stored Grain. *Encyclopedia of Food Grains* 2016; 4: 117 – 25 [Online] [cited 2021 01 25] Available from: <https://www.sciencedirectcom.ezproxy.dbazes.lsmuni.lt/science/article/pii/B9780123944375001893>
43. Walker S, Jaime R, Kagot V, Probst C. Comparative effects of hermetic and traditional storage devices on maize grain: Mycotoxin development, insect infestation and grain quality. *J Stored Prod Res* 2018; 77(3): 34 – 44.
44. Akman H, Karaduman Y. Evaluating technological quality of cultivated *Triticum* species, interspecific, and intergeneric hybrids for wheat-based products and breeding programs. *J Cereal Sci* 2021; 99: 103188, <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103188>
45. Juchnevičienė A, Vagusevičienė I, Brazaitytė A, Duchovskis P. Žieminių kviečių grūdų kokybinių rodiklių priklausomumas nuo tręšimo azoto trąšomis. *Žemės ūkio mokslai* 2016; 23 (2): 47 – 55.
46. Boyacıoğlu D, Hettiarachchy NS. Changes in some biochemical components of wheat grain that was infected with *Fusarium graminearum*. *J Cereal Sci* 1995; 21(1): 57 – 62.
47. Martínez M, Albuquerque LR, Arata AF, Biganzoli F, Pinto VF, Stenglein SA. Effects of *Fusarium graminearum* and *Fusarium poae* on disease parameters, grain quality and mycotoxins contamination in bread wheat (Part I). *J Sci Food Agric* 2020; 100(2): 863 – 73.

48. Bellesi FJ, Arata AF, Martínez M, Arrigoni AC, Stenglein SA, Dinolfo MI. Degradation of gluten proteins by *Fusarium* species and their impact on the grain quality of bread wheat. *J Stored Prod Res* 2019; 83: 1 – 8.
49. Geißinger C, Whitehead I, Hofer K, Heß M, Habler K, Becker T, et al. Influence of *Fusarium avenaceum* infections on barley malt: Monitoring changes in the albumin fraction of barley during the malting process. *Int J Food Microbiol* 2019; 293: 7 – 16.
50. Nielsen LK, Cook DJ, Edwards SG, Ray RV. The prevalence and impact of *Fusarium* head blight pathogens and mycotoxins on malting barley quality in UK. *Int J Food Microbiol* 2014; 179(100): 38 – 49.
51. Ortega LM, Romero L, Moure C, Garmendia G, Albuquerque DR, Pinto VF, et al. Effect of moisture on wheat grains lipid patterns and infection with *Fusarium graminearum*. *Int J Food Microbiol* 2019; 306: 108264. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2019.108264>
52. Lietuvos standartas LST ISO 21527-2. „Maisto ir pašarų mikrobiologija. Bendrasis mielių ir pelėsių skaičiavimo metodas. 2 dalis. Kolonijų skaičiavimo būdas produktuose, kurių vandens aktyvumas yra 0,95 arba mažesnis (tapatus ISO 21527-2:2008)“ [elektroninis išteklius] [žiūrėta 2020 10 05].  
Prieiga per internetą: [https://view.elaba.lt/standartai/view?search\\_from=primo&id=952743](https://view.elaba.lt/standartai/view?search_from=primo&id=952743)
53. Lugauskas A, Paškevičius A, Repečkienė J. Patogeniški ir toksiški mikroorganizmai žmogaus aplinkoje. Vilnius 2002. p. 32 – 55, 130 – 80, 276 – 95. ISBN 9986-820-28-6.
54. Samson RA, van Reenen – Hoekstra ES. Introduction to food – borne fungi. 1988; 156: 3 – 46.
55. Joblin Y, Moularat S, Anton R, Bousta F, Oriol G, Robine E, et al. Detection of moulds by volatile organic compounds: application to heritage conservation. *Int Biodeterior Biodegradation* 2010; 64(3): 210 – 7.
56. Lietuvos standartas LST EN ISO 12966-2. Gyvūniniai ir augaliniai riebalai ir aliejus. Riebalų rūgščių metilesterių dujų chromatografija. 2 dalis. Riebalų rūgščių metilesterių paruošimas (ISO 12966-2:2017) [elektroninis išteklius] [žiūrėta 2020 09 15] Prieiga per internetą: [https://view.elaba.lt/standartai/view?search\\_from=primo&id=1232674](https://view.elaba.lt/standartai/view?search_from=primo&id=1232674)
57. Mohapatra D, Kumar S, Kotwaliwale N, Singh K. Critical factors responsible for fungi growth in stored food grains and non Chemical approaches for their control. *Ind Crops Prod* 2017; 108: 162–82.
58. Alhowikan AM, Rouq FA, Aldokhi LM, Alzamil H, Zakareia FA. Effect of Storage. Period on Wheat Grains Quality. *Biomed J Sci & Tech Res* 2019; 20(3): 15084 – 94.
59. Marchese S, Polo A, Ariano A, Velotto S, Costantini S, Severino L. Aflatoxin B<sub>1</sub> and M<sub>1</sub>: Biological Properties and Their Involvement in Cancer Development. Review. *Toxins* 2018; 10(6): 214 doi:10.3390/toxins10060214

## PRIEDAI

**I priedas.** Sandėliavimo pradžioje, viduryje, pabaigoje nustatytas vidutinis bendras pelėsių grybų skaičius ( $\log_{10}$  ksv/g), aflatoksinu B<sub>1</sub>, zearalenonu, deoksinivalenolio, T-2 toksino ir ochratoksino A koncentracijos ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) kvietrugiuose, kviečiuose, miežiuose, avižose, rugiuose bendrai

Rodiklis	Sandėliavimo pradžia	Sandėliavimo vidurys	Sandėliavimo pabaiga
Bendras pelėsių skaičius ( $\log_{10}$ ) ksv/g	$4,15 \pm 0,09$	$4,51 \pm 0,07$	$4,77 \pm 0,03$
AFB <sub>1</sub> ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	$0,15 \pm 0,11$	$1,03 \pm 0,31$	$2,8 \pm 0,52$
ZEA ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	$40 \pm 13,09$	$239,33 \pm 48,15$	$212,67 \pm 47,76$
DON ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	$20 \pm 10,69$	$100 \pm 53,45$	$100 \pm 43,10$
T-2 toksinas ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	$8,73 \pm 2,37$	$18 \pm 3,12$	$30,56 \pm 1,33$
OTA ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	$0,20 \pm 0,11$	$0,52 \pm 0,17$	$1,9 \pm 0,21$

Lentelėje nurodytos vidutinės reikšmės ir standartinės vidurkio paklaidos

**2 priedas.** Sandėliavimo pradžioje, viduryje, pabaigoje nustatyti vidutiniai riebalų, drėgmės, baltymų, ląstelių, pelenų, krakmolo kiekiai (proc.) kvietrugiuose, kviečiuose, miežiuose, avižose, rugiuose bendrai

Rodiklis	Sandėliavimo pradžia	Sandėliavimo vidurys	Sandėliavimo pabaiga
Riebalų kiekis (proc.)	1,92 ± 0,20	2,87 ± 0,31	2,27 ± 0,30
Drėgmės kiekis (proc.)	11,94 ± 0,05	14,58 ± 0,07	12,79 ± 0,22
Baltymų kiekis (proc.)	11,87 ± 0,52	10,57 ± 0,64	10,87 ± 0,70
Ląstelių kiekis (proc.)	6,06 ± 1,38	3,49 ± 0,25	2,84 ± 0,37
Pelenų kiekis (proc.)	5,52 ± 0,12	3,30 ± 0,10	1,74 ± 0,08
Krakmolo kiekis (proc.)	49,95 ± 2,29	52,10 ± 0,78	56,70 ± 1,37

Lentelėje nurodytos vidutinės reikšmės ir standartinės vidurkio paklaidos

**3 priedas.** *Kvietrugių, kviečių, miežių, avižų ir rugių vidutinis giluminis užterštumas pelėsiniais grybais (proc.) sandėliavimo pradžioje, viduryje ir pabaigoje*

Sandėliavimo etapas	Grūdų rūšis	Pelėsinų grybų gentys			
		<i>Rhizopus spp.</i> (proc.)	<i>Alternaria spp.</i> (proc.)	<i>Fusarium spp.</i> (proc.)	<i>Cladosporium spp.</i> (proc.)
Grūdų sandėliavimo pradžia	Kvietrugiai	3,33 ± 3,33 Mediana 0	20 Mediana 20	63,33 ± 3,33 Mediana 60	13,33 ± 3,33 Mediana 10
	Kviečiai	3,33 ± 3,33 Mediana 0	26,67 ± 3,33 Mediana 30	43,33 ± 3,33 Mediana 40	0*
	Miežiai	0*	33,33 ± 3,33 Mediana 30	56,67 ± 3,33 Mediana 60	16,67 ± 3,33 Mediana 20
	Avižos	0*	46,67 ± 3,33 Mediana 50	53,33 ± 3,33 Mediana 50	6,67 ± 3,33 Mediana 10
	Rugiai	0*	13,33 ± 3,33 Mediana 10	36,67 ± 3,33 Mediana 40	10 Mediana 10
Grūdų sandėliavimo vidurys	Kvietrugiai	16,67 ± 3,33 Mediana 20	53,33 ± 3,33 Mediana 50	83,33 ± 3,33 Mediana 80	13,33 ± 3,33 Mediana 10
	Kviečiai	40,00 ± 5,77 Mediana 40	46,67 ± 3,33 Mediana 50	66,67 ± 3,33 Mediana 70	0*
	Miežiai	20 ± 5,77 Mediana 20	53,33 ± 3,33 Mediana 50	73,33 ± 3,33 Mediana 70	26,67 ± 3,33 Mediana 30
	Avižos	16,67 ± 3,33 Mediana 20	66,67 ± 3,33 Mediana 70	76,67 ± 3,33 Mediana 80	26,67 ± 3,33 Mediana 30
	Rugiai	16,67 ± 3,33 Mediana 20	26,67 ± 3,33 Mediana 30	66,67 ± 3,33 Mediana 70	16,67 ± 3,33 Mediana 20
Grūdų sandėliavimo pabaiga	Kvietrugiai	16,67 ± 3,33 Mediana 20	76,67 ± 3,33 Mediana 80	73,33 ± 3,33 Mediana 70	16,67 ± 6,67 Mediana 10
	Kviečiai	20 Mediana 20	63,33 ± 3,33 Mediana 60	53,33 ± 3,33 Mediana 50	6,67 ± 3,33 Mediana 10
	Miežiai	23,33 ± 3,33 Mediana 20	76,67 ± 3,33 Mediana 80	53,33 ± 3,33 Mediana 50	40 Mediana 40
	Avižos	6,67 ± 3,33 Mediana 10	66,67 ± 3,33 Mediana 70	56,67 ± 3,33 Mediana 60	33,33 ± 3,33 Mediana 30
	Rugiai	30 Mediana 30	40 Mediana 40	36,67 ± 3,33 Mediana 40	26,67 ± 3,33 Mediana 30

Lentelėje nurodytos vidutinės pelėsinio grybo paplitimo reikšmės, standartinės vidurkio paklaidos ir medianos

\* – mikotoksino koncentracija nustatyta žemiau aptikimo ribos prilyginama nuliui

**4 priedas.** Giluminio grūdų užterštumo pelėsiniais grybais statistiškai reikšmingi skirtumai tarp grūdų rūšių mėginių (1 – kvietrugiai), (2 – kviečiai), (3 – miežiai), (4 – avižos), (5 – rugiai)

Sandėliavimo etapas	Pelėsinis grybas	Skirtumas tarp mėginių	Skirtumas
Vidurys	<i>Rhizopus spp.</i>	1 ir 2	-23,33 ± 6,33**
Vidurys	<i>Rhizopus spp.</i>	2 ir 3	20 ± 6,33*
Vidurys	<i>Rhizopus spp.</i>	2 ir 4	23,33 ± 6,33**
Vidurys	<i>Rhizopus spp.</i>	2 ir 5	23,33 ± 6,33**
Pabaiga	<i>Rhizopus spp.</i>	1 ir 4	10 ± 3,65*
Pabaiga	<i>Rhizopus spp.</i>	1 ir 5	-13,3 ± 3,65**
Pabaiga	<i>Rhizopus spp.</i>	2 ir 4	13,3 ± 3,65**
Pabaiga	<i>Rhizopus spp.</i>	2 ir 5	-10 ± 3,65*
Pabaiga	<i>Rhizopus spp.</i>	3 ir 4	16,67 ± 3,65**
Pabaiga	<i>Rhizopus spp.</i>	4 ir 5	-23,33 ± 3,65***
Pradžia	<i>Alternaria spp.</i>	1 ir 3	-13,33 ± 4,22*
Pradžia	<i>Alternaria spp.</i>	1 ir 4	-26,67 ± 4,22***
Pradžia	<i>Alternaria spp.</i>	2 ir 4	-20 ± 4,22**
Pradžia	<i>Alternaria spp.</i>	2 ir 5	13,33 ± 4,22*
Pradžia	<i>Alternaria spp.</i>	3 ir 4	-13,33 ± 4,22*
Pradžia	<i>Alternaria spp.</i>	3 ir 5	20 ± 4,22**
Pradžia	<i>Alternaria spp.</i>	4 ir 5	33 ± 4,22***
Vidurys	<i>Alternaria spp.</i>	1 ir 4	-13,33 ± 4,71*
Vidurys	<i>Alternaria spp.</i>	1 ir 5	26,67 ± 4,71***
Vidurys	<i>Alternaria spp.</i>	2 ir 4	-20 ± 4,71**
Vidurys	<i>Alternaria spp.</i>	2 ir 5	20 ± 4,71**
Vidurys	<i>Alternaria spp.</i>	3 ir 4	-13,33 ± 4,71*
Vidurys	<i>Alternaria spp.</i>	3 ir 5	26,67 ± 4,71***
Vidurys	<i>Alternaria spp.</i>	4 ir 5	40 ± 4,71***
Pabaiga	<i>Alternaria spp.</i>	1 ir 2	13,33 ± 4,22*
Pabaiga	<i>Alternaria spp.</i>	1 ir 4	10 ± 4,22*
Pabaiga	<i>Alternaria spp.</i>	1 ir 5	36,67 ± 4,22***
Pabaiga	<i>Alternaria spp.</i>	2 ir 3	-13,33 ± 4,22*
Pabaiga	<i>Alternaria spp.</i>	2 ir 5	23,33 ± 4,22***
Pabaiga	<i>Alternaria spp.</i>	3 ir 4	10 ± 4,22*
Pabaiga	<i>Alternaria spp.</i>	3 ir 5	36,67 ± 4,22***



#### 4 priedo tęsinys

Sandėliavimo etapas	Pelėsinis grybas	Skirtumas tarp mėginių	Skirtumas
Pabaiga	<i>Alternaria spp.</i>	4 ir 5	26,67± 4,22***
Pradžia	<i>Fusarium spp.</i>	1 ir 2	20 ± 4,71**
Pradžia	<i>Fusarium spp.</i>	1 ir 5	26,67 ± 4,71***
Pradžia	<i>Fusarium spp.</i>	2 ir 3	-13,33 ± 4,71*
Pradžia	<i>Fusarium spp.</i>	3 ir 5	20 ± 4,71**
Pradžia	<i>Fusarium spp.</i>	4 ir 5	16,67 ± 4,71**
Vidurys	<i>Fusarium spp.</i>	1 ir 2	16,67 ± 4,71**
Vidurys	<i>Fusarium spp.</i>	1 ir 5	16,67 ± 4,71**
Pabaiga	<i>Fusarium spp.</i>	1 ir 2	20 ± 4,71**
Pabaiga	<i>Fusarium spp.</i>	1 ir 3	2 ± 4,710**
Pabaiga	<i>Fusarium spp.</i>	1 ir 4	16,67 ± 4,71**
Pabaiga	<i>Fusarium spp.</i>	1 ir 5	36,67 ± 4,71***
Pabaiga	<i>Fusarium spp.</i>	2 ir 5	16,67 ± 4,71**
Pabaiga	<i>Fusarium spp.</i>	3 ir 5	16,67 ± 4,71**
Pabaiga	<i>Fusarium spp.</i>	4 ir 5	20 ± 4,71**
Pradžia	<i>Cladosporium spp.</i>	1 ir 2	13,3 ± 3,65**
Pradžia	<i>Cladosporium spp.</i>	2 ir 3	-16,67 ± 3,65**
Pradžia	<i>Cladosporium spp.</i>	2 ir 5	-10 ± 3,65*
Pradžia	<i>Cladosporium spp.</i>	3 ir 4	10 ± 3,65*
Vidurys	<i>Cladosporium spp.</i>	1 ir 2	13,3 ± 4,22**
Vidurys	<i>Cladosporium spp.</i>	1 ir 3	-13,3 ± 4,22**
Vidurys	<i>Cladosporium spp.</i>	1 ir 4	-13,3 ± 4,22**
Vidurys	<i>Cladosporium spp.</i>	2 ir 3	-26,67 ± 4,22***
Vidurys	<i>Cladosporium spp.</i>	2 ir 4	-26,67 ± 4,22***
Vidurys	<i>Cladosporium spp.</i>	2 ir 5	-16,67 ± 4,22**
Vidurys	<i>Cladosporium spp.</i>	3 ir 5	10 ± 4,22*
Vidurys	<i>Cladosporium spp.</i>	4 ir 5	10 ± 4,22*
Pabaiga	<i>Cladosporium spp.</i>	1 ir 3	-23,33 ± 5,58**
Pabaiga	<i>Cladosporium spp.</i>	1 ir 4	-16,67 ± 5,58*
Pabaiga	<i>Cladosporium spp.</i>	2 ir 3	-33,33 ± 5,58***
Pabaiga	<i>Cladosporium spp.</i>	2 ir 4	-26,67 ± 5,58**
Pabaiga	<i>Cladosporium spp.</i>	2 ir 5	-20 ± 5,58**
Pabaiga	<i>Cladosporium spp.</i>	3 ir 5	13,3 ± 5,58*

Statistinio reikšmingumo lygmenys: \*p<0,05; \*\* p<0,01; \*\*\* p< 0,001

5 priedas. Kvietrugių, kviečių, miežių, avižų ir rugių vidutinis išorinis užterštumas pelėsiniais grybais (proc.) sandėliavimo metu

Sandėliavimo etapas	Grūdų rūšis	Pelėsinių grybų gentys				
		<i>Alternaria spp.</i> (proc.)	<i>Cladosporium spp.</i> (proc.)	<i>Fusarium spp.</i> (proc.)	<i>Penicillium spp.</i> (proc.)	<i>Aspergillus spp.</i> (proc.)
Grūdų sandėliavimo pradžia	Kvietrugiai	90 ± 5,77 Mediana 90	13,33 ± 3,33 Mediana 10	33,33 ± 3,33 Mediana 30	0*	0*
	Kviečiai	63,33 ± 3,33 Mediana 60	16,67 ± 3,33 Mediana 20	26,67 ± 3,33 Mediana 30	0*	0*
	Miežiai	66,67 ± 3,33 Mediana 70	16,67 ± 3,33 Mediana 20	53,33 ± 3,33 Mediana 50	0*	0*
	Avižos	26,67 ± 3,33 Mediana 30	13,33 ± 3,33 Mediana 10	23,33 ± 3,33 Mediana 20	66,67 ± 3,33 Mediana 70	0*
	Rugiai	46,67 ± 3,33 Mediana 50	3,33 ± 3,33 Mediana 0	36,67 ± 3,33 Mediana 40	73,33 ± 3,33 Mediana 70	0*
Grūdų sandėliavimo vidurys	Kvietrugiai	96,67 ± 3,33 Mediana 100	50 ± 5,77 Mediana 50	43,33 ± 3,33 Mediana 40	0*	0*
	Kviečiai	76,67 ± 3,33 Mediana 80	50 ± 5,77 Mediana 50	33,33 ± 3,33 Mediana 30	10 Mediana 10	0*
	Miežiai	70 Mediana 70	66,67 ± 6,67 Mediana 60	60 ± 5,77 Mediana 60	20 Mediana 20	0*
	Avižos	56,67 ± 3,33 Mediana 60	63,33 ± 3,33 Mediana 60	30 Mediana 30	73,33 ± 3,33 Mediana 70	6,67 ± 3,33 Mediana 10
	Rugiai	50 Mediana 50	53,33 ± 3,33 Mediana 50	46,67 ± 3,33 Mediana 50	56,67 ± 3,33 Mediana 60	0*
Grūdų sandėliavimo pabaiga	Kvietrugiai	76,67 ± 3,33 Mediana 80	26,67 ± 3,33 Mediana 30	73,33 ± 3,33 Mediana 70	16,67 ± 3,33 Mediana 20	6,67 ± 6,67 Mediana 0
	Kviečiai	76,67 ± 3,33 Mediana 80	26,67 ± 3,33 Mediana 30	46,67 ± 3,33 Mediana 50	26,67 ± 3,33 Mediana 30	16,67 ± 3,33 Mediana 20
	Miežiai	76,67 ± 3,33 Mediana 80	40 ± 5,77 Mediana 40	53,33 ± 3,33 Mediana 50	10 Mediana 10	13,33 ± 3,33 Mediana 10
	Avižos	36,67 ± 3,33 Mediana 40	56,67 ± 3,33 Mediana 60	30 Mediana 30	33,33 ± 3,33 Mediana 30	63,33 ± 3,33 Mediana 60
	Rugiai	26,67 ± 6,67 Mediana 20	13,33 ± 3,33 Mediana 10	33,33 ± 6,67 Mediana 40	16,67 ± 3,33 Mediana 20	16,67 ± 3,33 Mediana 20

Nurodytos vidutinės reikšmės, standartinės vidurkio paklaidos ir medianos; \* 0 – mikotoksino koncentracija žemiau aptikimo ribos prilyginama nuliui

**6 priedas.** Išorinio grūdų užterštumo pelėsiniais grybais statistiškai reikšmingi skirtumai tarp grūdų rūšių mėginių (1 – kvietrugiai), (2 – kviečiai), (3 – miežiai), (4 – avižos), (5 – rugiai)

Sandėliavimo etapas	Pelėsinis grybas	Aptiktas skirtumas tarp mėginių	Skirtumas
Pradžia	<i>Alternaria spp.</i>	Tarp 1 ir 2	26,67 ± 5,58 **
Pradžia	<i>Alternaria spp.</i>	Tarp 1 ir 3	23,33 ± 5,58**
Pradžia	<i>Alternaria spp.</i>	Tarp 1 ir 4	63,33 ± 5,58***
Pradžia	<i>Alternaria spp.</i>	Tarp 1 ir 5	43,33 ± 5,58***
Pradžia	<i>Alternaria spp.</i>	Tarp 2 ir 4	36,67 ± 5,58***
Pradžia	<i>Alternaria spp.</i>	Tarp 2 ir 5	16,67 ± 5,58*
Pradžia	<i>Alternaria spp.</i>	Tarp 3 ir 4	40 ± 5,58***
Pradžia	<i>Alternaria spp.</i>	Tarp 3 ir 5	20 ± 5,58**
Pradžia	<i>Alternaria spp.</i>	Tarp 4 ir 5	-20 ± 5,58**
Vidurys	<i>Alternaria spp.</i>	Tarp 1 ir 2	20 ± 3,65***
Vidurys	<i>Alternaria spp.</i>	Tarp 1 ir 3	26,67 ± 3,65***
Vidurys	<i>Alternaria spp.</i>	Tarp 1 ir 4	40 ± 3,65***
Vidurys	<i>Alternaria spp.</i>	Tarp 1 ir 5	46,67 ± 3,65***
Vidurys	<i>Alternaria spp.</i>	Tarp 2 ir 4	20 ± 3,65***
Vidurys	<i>Alternaria spp.</i>	Tarp 2 ir 5	26,67 ± 3,65***
Vidurys	<i>Alternaria spp.</i>	Tarp 3 ir 4	13,33 ± 3,65**
Vidurys	<i>Alternaria spp.</i>	Tarp 3 ir 5	20 ± 3,65***
Pabaiga	<i>Alternaria spp.</i>	Tarp 1 ir 4	40 ± 5,96***
Pabaiga	<i>Alternaria spp.</i>	Tarp 1 ir 5	50 ± 5,96***
Pabaiga	<i>Alternaria spp.</i>	Tarp 2 ir 4	40 ± 5,96***
Pabaiga	<i>Alternaria spp.</i>	Tarp 2 ir 5	50 ± 5,96***
Pabaiga	<i>Alternaria spp.</i>	Tarp 3 ir 4	40 ± 5,96***
Pabaiga	<i>Alternaria spp.</i>	Tarp 3 ir 5	50 ± 5,96***
Pradžia	<i>Cladosporium spp.</i>	Tarp 2 ir 5	13,3 ± 4,71 *
Pradžia	<i>Cladosporium spp.</i>	Tarp 3 ir 5	13,3 ± 4,71 *
Vidurys	<i>Cladosporium spp.</i>	Tarp 1 ir 3	-16,67 ± 7,30 *
Vidurys	<i>Cladosporium spp.</i>	Tarp 2 ir 3	-16,67 ± 7,30 *
Pabaiga	<i>Cladosporium spp.</i>	Tarp 1 ir 3	-13,3 ± 5,58*
Pabaiga	<i>Cladosporium spp.</i>	Tarp 1 ir 4	-30 ± 5,58***
Pabaiga	<i>Cladosporium spp.</i>	Tarp 1 ir 5	13,3 ± 5,58*
Pabaiga	<i>Cladosporium spp.</i>	Tarp 2 ir 3	-13,3 ± 5,58*

**6 priedo tęsinys (1)**

Sandėliavimo etapas	Pelėsinis grybas	Aptiktas skirtumas tarp mėginių	Skirtumas
Pabaiga	<i>Cladosporium spp.</i>	Tarp 2 ir 4	-30 ± 5,58*
Pabaiga	<i>Cladosporium spp.</i>	Tarp 2 ir 5	13,3 ± 5,58*
Pabaiga	<i>Cladosporium spp.</i>	Tarp 3 ir 4	-16,67 ± 5,58*
Pabaiga	<i>Cladosporium spp.</i>	Tarp 3 ir 5	26,67 ± 5,58**
Pabaiga	<i>Cladosporium spp.</i>	Tarp 4 ir 5	43,33 ± 5,58***
Pradžia	<i>Fusarium spp.</i>	Tarp 1 ir 3	-20 ± 4,71**
Pradžia	<i>Fusarium spp.</i>	Tarp 2 ir 3	-26,67 ± 4,71***
Pradžia	<i>Fusarium spp.</i>	Tarp 3 ir 4	30 ± 4,71***
Pradžia	<i>Fusarium spp.</i>	Tarp 3 ir 5	16,67 ± 4,71**
Pradžia	<i>Fusarium spp.</i>	Tarp 4 ir 5	-13,3 ± 4,71*
Vidurys	<i>Fusarium spp.</i>	Tarp 1 ir 3	-16,67 ± 5,16**
Vidurys	<i>Fusarium spp.</i>	Tarp 1 ir 4	13,3 ± 5,16*
Vidurys	<i>Fusarium spp.</i>	Tarp 2 ir 3	-26,67 ± 5,16***
Vidurys	<i>Fusarium spp.</i>	Tarp 2 ir 5	-13,3 ± 5,16*
Vidurys	<i>Fusarium spp.</i>	Tarp 3 ir 4	30 ± 5,16***
Vidurys	<i>Fusarium spp.</i>	Tarp 3 ir 5	13,33 ± 5,16*
Vidurys	<i>Fusarium spp.</i>	Tarp 4 ir 5	-16,67 ± 5,16**
Pabaiga	<i>Fusarium spp.</i>	Tarp 1 ir 2	26,67 ± 5,58**
Pabaiga	<i>Fusarium spp.</i>	Tarp 1 ir 3	20 ± 5,58**
Pabaiga	<i>Fusarium spp.</i>	Tarp 1 ir 4	43,3 ± 5,58***
Pabaiga	<i>Fusarium spp.</i>	Tarp 1 ir 5	40 ± 5,58***
Pabaiga	<i>Fusarium spp.</i>	Tarp 2 ir 4	16,67 ± 5,58*
Pabaiga	<i>Fusarium spp.</i>	Tarp 2 ir 5	13,3 ± 5,58*
Pabaiga	<i>Fusarium spp.</i>	Tarp 3 ir 4	23,33 ± 5,58**
Pabaiga	<i>Fusarium spp.</i>	Tarp 3 ir 5	20 ± 5,58**
Pradžia	<i>Penicillium spp.</i>	Tarp 1 ir 4	-66,67 ± 2,98 ***
Pradžia	<i>Penicillium spp.</i>	Tarp 1 ir 5	-73,33 ± 2,98 ***
Pradžia	<i>Penicillium spp.</i>	Tarp 2 ir 4	-66,67 ± 2,98 ***
Pradžia	<i>Penicillium spp.</i>	Tarp 2 ir 5	-73,33 ± 2,98 ***
Pradžia	<i>Penicillium spp.</i>	Tarp 3 ir 4	-66,67 ± 2,98 ***
Pradžia	<i>Penicillium spp.</i>	Tarp 3 ir 5	-73,33 ± 2,98 ***
Pradžia	<i>Penicillium spp.</i>	Tarp 4 ir 5	-6,67 ± 2,98 *
Vidurys	<i>Penicillium spp.</i>	Tarp 1 ir 2	-10 ± 2,98 **

**6 priedo tęsinys (2)**

Sandėliavimo etapas	Pelėsinis grybas	Aptiktas skirtumas tarp mėginių	Skirtumas
Vidurys	<i>Penicillium spp.</i>	Tarp 1 ir 3	-20 ± 2,98 ***
Vidurys	<i>Penicillium spp.</i>	Tarp 1 ir 4	-73,33 ± 2,98 ***
Vidurys	<i>Penicillium spp.</i>	Tarp 1 ir 5	-56,67 ± 2,98 ***
Vidurys	<i>Penicillium spp.</i>	Tarp 2 ir 3	-10 ± 2,98 **
Vidurys	<i>Penicillium spp.</i>	Tarp 2 ir 4	-63,33 ± 2,98 ***
Vidurys	<i>Penicillium spp.</i>	Tarp 2 ir 5	-46,67 ± 2,98 ***
Vidurys	<i>Penicillium spp.</i>	Tarp 3 ir 4	-53,33 ± 2,98 ***
Vidurys	<i>Penicillium spp.</i>	Tarp 3 ir 5	-36,67 ± 2,98 ***
Vidurys	<i>Penicillium spp.</i>	Tarp 4 ir 5	16,67 ± 2,98 ***
Pabaiga	<i>Penicillium spp.</i>	Tarp 1 ir 2	-10 ± 4,22*
Pabaiga	<i>Penicillium spp.</i>	Tarp 1 ir 4	-16,67 ± 4,22**
Pabaiga	<i>Penicillium spp.</i>	Tarp 2 ir 3	16,67 ± 4,22**
Pabaiga	<i>Penicillium spp.</i>	Tarp 2 ir 5	10 ± 4,22**
Pabaiga	<i>Penicillium spp.</i>	Tarp 3 ir 4	-23,33 ± 4,22***
Pabaiga	<i>Penicillium spp.</i>	Tarp 4 ir 5	16,67 ± 4,22**
Vidurys	<i>Aspergillus spp.</i>	Tarp 1 ir 4	-6,67 ± 2,11*
Vidurys	<i>Aspergillus spp.</i>	Tarp 2 ir 4	6,67 ± 2,11*
Vidurys	<i>Aspergillus spp.</i>	Tarp 3 ir 4	-6,67 ± 2,11*
Vidurys	<i>Aspergillus spp.</i>	Tarp 4 ir 5	6,67 ± 2,11*
Pabaiga	<i>Aspergillus spp.</i>	Tarp 1 ir 4	-56,67 ± 5,96***
Pabaiga	<i>Aspergillus spp.</i>	Tarp 2 ir 4	-46,67 ± 5,96***
Pabaiga	<i>Aspergillus spp.</i>	Tarp 3 ir 4	-50 ± 5,96***
Pabaiga	<i>Aspergillus spp.</i>	Tarp 4 ir 5	46,67 ± 5,96***

Statistinio reikšmingumo lygmenys: \*p<0,05; \*\* p<0,01, \*\*\* p<0,001

7 priedas. *Penicillium viridicatum*, *Fusarium sporotrichioides*, *Alternaria alternata*, *Cladosporium herbarum*, *Penicillium expansum* riebalų rūgštys

Pelėsinis grybas	Riebalų rūgštis pavadinimas	Riebalų rūgštis kiekis (proc.) nuo bendro kiekio
<i>Penicillium viridicatum</i>	Kaprio rūgštis (C10:0)	1,10
	Undecilo rūgštis (C11:0)	0,80
	Palmitino rūgštis (C16:0)	3,58
	Stearino rūgštis (C18:0)	1,99
	Oleino rūgštis (C18:1n-9)	8,59
	Linolo rūgštis (C18:2n-6)	3,26
	Beheno rūgštis (C22:0)	13,66
	Eruko rūgštis (C22:1n-9)	5,26
	cis-13,16- dokozeno rūgštis (C22:2)	27,41
	cis-5,8,11,14,17- eikozapentaeno rūgštis (C20:5n - 3)	17,48
	cis-4,7,10,13,16,19- dokozaheksaeno rūgštis (C22:6n-3)	16,88
<i>Aspergillus flavus</i>	Kaprio rūgštis (C10:0)	1,82
	Undecilo rūgštis (C11:0)	1,33
	Palmitino rūgštis (C16:0)	11,36
	Stearino rūgštis (C18:0)	8,17
	Oleino rūgštis (C18:1n-9)	36,50
	Linolo rūgštis (C18:2n-6)	10,96
	Cis-8,11,14- eikozatrieno rūgštis (C20:3n-3)	15,61
	Nervono rūgštis (C24:1n-9)	14,25
<i>Fusarium sporotrichioides</i>	Kaprio rūgštis (C10:0)	67,86
	Undecilo rūgštis (C11:0)	7,79
	Lauro rūgštis (C12:0)	5,27
	Tridekano rūgštis (C13:0)	4,57
	Palmitino rūgštis (C16:0)	2,25
	cis-10-Heptadekaeno rūgštis (C17:1)	0,78
	Stearino rūgštis (C18:0)	1,63
	Oleino rūgštis (C18:1n-9)	7,35
	Linolo rūgštis (C18:2n-6)	2,50
<i>Alternaria alternata</i>	Kaprio rūgštis (C10:0)	38,35
	Undecilo rūgštis (C11:0)	36,37
	Lauro rūgštis (C12:0)	12,19
	Tridekano rūgštis (C13:0)	2,17
	Palmitino rūgštis (C16:0)	1,79
	Margarino rūgštis (C17:0)	0,25
	Stearino rūgštis (C18:0)	1,32

**7 priedo tęsinys**

Pelėsinis grybas	Riebalų rūgštis pavadinimas	Riebalų rūgštis kiekis (proc.) nuo bendro kiekio
<i>Alternaria alternata</i>	Oleino rūgštis (C18:1 n-9)	5,77
	Linolo rūgštis (C18:2 n-6)	1,79
<i>Cladosporium herbarum</i>	Kaprio rūgštis (C10:0)	15,54
	Lauro rūgštis (C12:0)	9,36
	Tridekano rūgštis (C13:0)	35,69
	Palmitino rūgštis (C16:0)	4,90
	Margarino rūgštis (C17:0)	4,89
	Stearino rūgštis (C18:0)	3,86
	Oleino rūgštis (C18:1n-9)	14,44
	Linolo rūgštis (C18:2n-6)	4,09
	Alfa linoleno rūgštis (C18:3n-3)	0,84
	Gama – linoleno rūgštis (C18:3n-6)	0,41
	Beheno rūgštis (C22:0)	0,49
	Cis-8,11,14- eikozatrieno rūgštis (C20:3n-3)	0,74
	Eruko rūgštis (C22:1n-9)	0,24
	cis-13,16- dokoziadienoinė rūgštis (C22:2)	0,77
	cis-5,8,11,14,17– eikozapentaeno rūgštis (C20:5n - 3)	0,87
	cis-4,7,10,13,16,19–dokozaheksaeno rūgštis (C22:6n-3)	2,86
<i>Penicillium expansum</i>	Kaprio rūgštis (C10:0)	2,37
	Undecilo rūgštis (C11:0)	0,51
	Lauro rūgštis (C12:0)	1,79
	Palmitino rūgštis (C16:0)	12,35
	Margarino rūgštis (C17:0)	3,34
	Stearino rūgštis (C18:0)	8,97
	Oleino rūgštis (C18:1n-9)	42,98
	Linolo rūgštis (C18:2n-6)	16,68
	Alfa linoleno rūgštis (C18:3n-3)	1,40
	Gama – linoleno rūgštis (C18:3n-6)	3,17
	Beheno rūgštis (C22:0)	1,15
	Cis-8,11,14- eikozatrieno rūgštis (C20:3n-3)	1,32
	cis-5,8,11,14,17– eikozapentaeno rūgštis (C20:5n - 3)	3,96