



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS**

**Simona Persijanovaitė**

**TECHNOLOGINIŲ VEIKSNIŲ ĮTAKA UŽDAROJE TALPYKLOJE  
LAIKOMŲ KVIEČIŲ GRŪDŲ KOKYBEI IR CO<sub>2</sub> KONCENTRACIJAI  
TARPGRŪDINĖJE ERDVĖJE**

Baigiamasis magistro projektas

**Vadovas**  
Doc. Dr. Loreta Bašinskienė

**Kaunas, 2016**

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**

**CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS**

**TECHNOLOGINIŲ VEIKSNIŲ ĮTAKA UŽDAROJE TALPYKLOJE  
LAIKOMŲ KVIEČIŲ GRŪDŲ KOKYBEI IR CO<sub>2</sub> KONCENTRACIJAI  
TARPGRŪDINĖJE APLINKOJE**

Baigiamasis magistro projektas

**Maisto mokslas ir sauga (kodas 621E40001)**

**Vadovas**

Doc. dr. Loreta Bašinskienė

**Recenzentas**

Lekt. dr. Dalia Čižeikienė

**Projektą atliko**

Simona Persijanovaitė

**KAUNAS, 2016**



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**

Cheminės technologijos fakultetas

(Fakultetas)

**Simona Persijanovaitė**

(Studento vardas, pavardė)

**Maisto mokslas ir sauga, 621E40001**

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Technologinių veiksnių įtaka uždaroje talpykloje laikomų kviečių grūdų kokybei ir CO<sub>2</sub> koncentracijai tarpgrūdinėje aplinkoje“

**AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA**

20 \_\_\_\_ m. \_\_\_\_\_ d.

Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Simonos Persijanovaitės**, baigiamasis projektas tema „Technologinių veiksnių įtaka uždaroje talpykloje laikomų kviečių grūdų kokybei ir CO<sub>2</sub> koncentracijai tarpgrūdinėje aplinkoje“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

\_\_\_\_\_  
(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

\_\_\_\_\_  
(parašas)

## TURINYS

|  |    |
|--|----|
| <b>LENTELIŲ IR PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS</b> .....   | 9  |
| <b>TERMINŲ IR SĄVOKŲ PAAIŠKINIMAI BEI SANTRUPOS</b> .....  | 11 |
| <b>ĮVADAS</b> .....  | 12 |
| <b>1. LITERATŪROS ANALIZĖ</b> .....  | 14 |
| 1.1. Veiksniai, turintys įtakos grūdų kokybei laikymo metu.....  | 14 |
| 1.1.1. Grūdų sandėliavimo būdai .....  | 14 |
| 1.1.2. Temperatūra ir drėgmės kiekis .....   | 17 |
| 1.1.3. Grūdų užkrėstumas mikroskopiniais grybais ir vabzdžiais kenkėjais .....   | 21 |
| 1.2. Laikomų grūdų kokybės stebėseną .....   | 25 |
| 1.3. Grūdų taršos įvertinimas fiksuojant CO <sub>2</sub> pokytį grūdų laikymo metu .....   | 27 |
| <b>2. TYRIMŲ OBJEKTAI IR METODAI</b> .....   | 30 |
| 2.1. Pagrindinės tyrimų kryptys .....  | 31 |
| 2.2. Tyrimo objektai ir medžiagos .....  | 32 |
| <b>2.3. TYRIMŲ METODAI</b> .....   | 34 |
| 2.3.1. CO <sub>2</sub> koncentracijos nustatymas OPTIMA 7 BIOGAS dujų analizatoriumi.....  | 33 |
| 2.3.2. CO <sub>2</sub> susidarymo kinetikos grūduose įvertinimas.....  | 34 |
| 2.3.3. Bendras mikroorganizmų skaičiaus nustatymas .....   | 35 |
| 2.3.4. Grūdų drėgnio nustatymas .....  | 36 |
| 2.3.5. Mielių ir pelėsinių grybų skaičiaus nustatymas.....   | 36 |
| 2.3.6. Tirpiųjų baltymų nustatymas Kjeldalio metodu.....   | 37 |
| 2.3.7. Riebalų rūgštingumo nustatymas .....  | 38 |
| 2.3.8. Grūdų stambumo nustatymas.....  | 39 |
| 2.3.9. <i>Matematinis statistinis duomenų apdorojimas</i> .....  | 39 |
| <b>3. DARBO REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS</b> .....   | 39 |
| 3.1. Grūdų stambumo ir drėgmės kiekio įtaka CO <sub>2</sub> susidarymui ir kviečių kokybės rodiklių pokyčiams laikymo metu .....     | 39 |
| 3.2. Priemaišų kiekio įtaka skirtingo drėgnio kviečių kokybės rodiklių ir CO <sub>2</sub> koncentracijos pokyčiams laikymo metu..... | 45 |
| 3.3. CO <sub>2</sub> dujų susidarymo kinetika grūdų laikymo metu.....  | 55 |
| 3.3.1. Drėgmės kiekio įtaka skirtingo stambumo laikomų kviečių grūdų kvėpavimui.....   | 56 |
| 3.3.2. Drėgmės kiekio įtaka mikotoksinais užkrėstų laikomų kviečių grūdų kvėpavimui.....   | 57 |
| <b>IŠVADOS</b> .....   | 59 |
| <b>BIBLIOGRAFINĖS NUORODOS</b> .....   | 61 |

Persijanovaitė, Simona. Technologinių veiksnių įtaka uždaroje talpykloje laikomų kviečių grūdų kokybei ir CO<sub>2</sub> koncentracijai tarpgrūdinėje erdvėje. *Magistro* baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Loreta Bašinskienė; Kauno technologijos universitetas, Cheminės technologijos fakultetas.

Mokslų kryptis ir sritis: Technologijos mokslai, Maisto technologijos

Reikšminiai žodžiai: *kviečiai, laikymas, CO<sub>2</sub> koncentracija, technologiniai veiksniai, kokybės rodikliai*

Kaunas, 2016. 65 p.

## SANTRAUKA

Šio darbo tikslas buvo nustatyti technologinių veiksnių įtaką kviečių kokybės rodiklių ir išsiskyrusių CO<sub>2</sub> dujų koncentracijos pokyčiams talpykloje laikymo metu bei įvertinti CO<sub>2</sub> dujų koncentracijos stebėsenos talpykloje panaudojimo efektyvumą grūdų kokybės ir saugos kontrolei.

Eksperimento metu tirta kokią įtaką kviečių stambumas, drėgnis, užterštumas priemaišomis ir užkrėstumas mikotoksinais (deoksinivalenoliu) turėjo grūdų kvėpavimo intensyvumui ir kokybės pokyčiams laikant juos 6 sav. uždaroje talpykloje. Grūdų kokybė vertinta pagal bendro mikroorganizmų kiekio, tirpiųjų baltymų kiekio, riebalų rūgštingumo rodiklius. Grūdams kvėpuojant išsiskyrusių CO<sub>2</sub> koncentracija matuota dviem būdais: dujų analizatoriumi OPTIMA 7 BIOGAS (Phoenix Instrumentation Pty Ltd., JAV) ir CO<sub>2</sub> dujų davikliu CO<sub>2</sub> Engine K30 FR (SenseAir, Švedija).

Nustatyta, kad grūdų drėgnis turėjo didžiausią įtaką CO<sub>2</sub> koncentracijos pokyčiams laikymo metu. Esant didesniai grūdų drėgnei (virš 19 %), suaktyvėjo mikroskopinių grybų vystymasis, išsiskyrusių CO<sub>2</sub> dujų koncentracija pasiekė 30 %. Priemaišų kiekis taip pat intensyviai CO<sub>2</sub> išsiskyrimą. Didžiausia (17 %) CO<sub>2</sub> koncentracija išmatuota daugiausiai (25 %) priemaišų turinčiuose ir didesnio drėgno (16,4 %) kviečiuose. Kviečių kvėpavimo intensyvumų skirtumai tarp sveikų (DON kiekis 0 µg/kg) ir užkrėstų mikotoksinais (DON kiekis 210-6000 µg/kg) grūdų, matomi esant padidėjusiai šių grūdų drėgnei (17,85 ir 20,67 %), tuo tarpu esant standartiniam grūdų drėgnumui (mažiau 14 %) reikšmingų skirtumų nenustatyta. Gauti rezultatai patvirtina, kad grūdų kvėpavimo intensyvumo padidėjimas susijęs su intensyvesne mikroorganizmų veikla ir galima įtarti apie prasidedantį grūdinės žaliavos gedimą. Žinant šias tendencijas, galima teikti rekomendacijas ir imtis technologinių veiksnių grūdų saugai užtikrinti.

Tiriant CO<sub>2</sub> susidarymo dinamiką dujų davikliais, dėl CO<sub>2</sub> migracijos grūduose ypatumų, po CO<sub>2</sub> koncentracijos padidėjimo pradiniam laikymo periode, toliau fiksuojamas CO<sub>2</sub> koncentracijos mažėjimas. Tikslūs rezultatai galėtų būti gauti montuojant CO<sub>2</sub> daviklius įvairiose grūdų sluoksniuose. Taip pat projektuojami davikliai turėtų apimti platesnę CO<sub>2</sub> koncentracijų diapazoną, kurio viršutinė matavimo riba, pagal atlikto eksperimento rezultatus, turėtų būti didesnė nei 10000 ppm.

Persijanovaitė, Simona. Effect of technological factors on the quality of wheat grain stored in closed container and CO<sub>2</sub> concentration in interstitial air. *Master's thesis/supervisor assoc. prof. dr. Loreta Bašinskienė. Faculty of Chemical Technology, Kaunas University of Technology*

Research area and field: Technological Sciences, Food Technology

Key words: *wheat, storage, CO<sub>2</sub> concentration, technological factors, quality parameters*  
Kaunas, 2016. 65 p.

### SUMMARY

The objective of this thesis is to determine the effect of the technological factors to the changes of the wheat quality indicators and to the concentration of the emitted CO<sub>2</sub> gas in the silo during the storage, and to assess the efficiency of the use of monitoring of the CO<sub>2</sub> gas concentration in the silo to the control of the grain quality and safety.

During the experiment, it was tested what influence did the coarseness, humidity, impurities and contamination with micotoxins (deoxivalenol) had for the intensity of the grain breathing and for the changes of quality when they were held for 6 weeks in the closed silo. The quality of the grain is assessed according to the indicators of the total amount of micro-organisms, the amount of soluble proteins and the indicator of the fat acidity. During the breathing of the grain the concentration of the emitted CO<sub>2</sub> is measured in two ways: with the gas analyser "OPTIMA 7 BIOGAS" ("Phoenix Instrumentation Pty Ltd.", USA) and with the CO<sub>2</sub> gas monitor CO<sub>2</sub> "Engine K30 FR" ("SenseAir", Sweden).

It was established that the humidity of the grains had the biggest influence on the concentration of the CO<sub>2</sub> during the storage. In case of the higher humidity of the grains (above 19 %) the growth of the microscopic fungi intensified, and the concentration of the emitted CO<sub>2</sub> gas reached 30 %. The amount of the impurities intensified the emission of CO<sub>2</sub> as well. The highest CO<sub>2</sub> concentration (17 %) was measured in the wheat with the largest amount of impurities (25 %) and in the wheat of higher humidity (16.4 %). The differences in the wheat breathing intensity between the healthy grain (DON concentration 0 µg/kg) and grain contaminated with the micotoxins (DON concentration 210-6000 µg/kg), are noticeable when the humidity of these grains is higher (17.85 and 20.67 %), while in case of the standard humidity of the grains (less than 14 %) the significant differences were not observed. The obtained results confirmed that the increase of the grain breathing intensity is related to more intensive activity of the micro-organisms and it can indicate the deterioration of the grain material. With the knowledge of these trends the recommendations can be provided and the technological solutions can be undertaken to ensure the safety of the grain.

During the research of the dynamics of the CO<sub>2</sub> formation with the monitors, after the increase of the CO<sub>2</sub> concentration in the initial storage period, later the reduction of the CO<sub>2</sub> concentration is recorded, due to the peculiarities of the CO<sub>2</sub> migration in the grain. More accurate results could be obtained by installing the CO<sub>2</sub> monitors at the various layers of the grain. The designed monitors should also have a wider range of the CO<sub>2</sub> concentrations, with the top limit, according to the results of the conducted experiment, should be higher than 10000 ppm.

## LENTELIŲ IR PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

**1.1 pav.** 200 t maišas, skirtas hermetiškam sandėliavimui.

**1.2 pav.** Grūdų saugaus laikymo kriterijai savaiminio kaitimo metu.

**1.3 pav.** Saugaus grūdų laikymo trukmė.

**2.6 pav.** Kai kurių mikroskopinių grybų: (1) *Fusarium culmorum*, (2) *Penicilium rugulosum*, (3) *Penicilium cyclopidum*, (4) *Aspergillus versicolor*, (5) *Aspergillus glaucus*, (6) *Absidia Rhizopus arrhizus*, (7) *Streptomyces altus*, (8) *Aspergillus candidus*, (9) *Penicilium capsulatum*, (10) *Talaromyces thermophilus* dauginimasis grūduose.

**2.7 pav.** Vabzdžių kenkėjų vystymasis grūduose.

**1.8 pav.** CO<sub>2</sub> daviklių sistema grūdų talpykloje.

**2.1 pav.** Pagrindinės tyrimų kryptys.

**2.2 pav.** „OPTIMA BIOGAS“ dujų analizatorius (A) ir talpyklose laikomi kviečių grūdai (B).

**2.3 pav.** Eksperimento schema (A) ir pastovaus klimato kamera (B).

**3.1 pav.** Drėgmės kiekio įtaka susidariusių CO<sub>2</sub> dujų kiekiui talpykloje smulkių (A) ir stambių (B).

**3.2 pav.** Drėgmės kiekio įtaka smulkių (A) ir stambių (B) kviečių BMS pokyčiams laikymo metu.

**3.3 pav.** Mikroskopinių grybų kolonijos, susidarę smulkių (A) ir stambių (B) kviečiuose, kurių drėgnis daugiau kaip 17 %, po 3 savaičių laikymo uždaroje talpyklose.

**3.4 pav.** Drėgnio įtaka smulkių (A) ir stambių (B) kviečių tirpiųjų baltymų pokyčiams laikymo metu.

**3.5 pav.** Drėgnio įtaka smulkių (A) ir stambių (B) kviečių riebalų rūgštingumo pokyčiams laikymo metu.

**3.6 pav.** Priemaišų įtaka CO<sub>2</sub> pokyčiams talpykloje kviečių (sausų (A) ir padidinto drėgnio, su 15 % H<sub>2</sub>O (B)) laikymo metu.

**3.7 pav.** Mikroskopinių grybų kolonijos, susidarę skirtingo užterštumo sausų kviečių mėginiuose (su 9 % priemaišų (A) ir su 25 % priemaišų (B)) po 3 savaičių laikymo uždaroje talpyklose.

**3.8 pav.** Priemaišų įtaka BMS pokyčiams kviečių (sausų (A) ir padidinto drėgnio, su 15 % H<sub>2</sub>O (B)) laikymo metu.

**3.9 pav.** Priemaišų įtaka tirpiųjų baltymų pokyčiams kviečių (sausų (A) ir padidinto drėgnio, su 15 % H<sub>2</sub>O (B)) laikymo metu.

**3.10 pav.** Priemaišų įtaka riebalų rūgštingumo pokyčiams kviečių (sausų (A) ir padidinto drėgno, su 15 % H<sub>2</sub>O (B)) laikymo metu.

**3.11 pav.** Skirtingo užkrėstumo DON ir drėgno (+ 0 % H<sub>2</sub>O (A); + 5 % H<sub>2</sub>O (B); + 10 % H<sub>2</sub>O (C)) įtaka CO<sub>2</sub> koncentracijos pokyčiams talpykloje kviečių laikymo metu.

**3.12 pav.** Skirtingo užkrėstumo DON ir drėgno (+ 0 % H<sub>2</sub>O (A); + 5 % H<sub>2</sub>O (B); + 10 % H<sub>2</sub>O (C)) įtaka BMS pokyčiams kviečių laikymo metu.

**3.13 pav.** Mikroskopinių grybų kolonijos, susidarę DON 6000 µg/kg užkrėstų kviečių mėginiuose .

**3.14 pav.** Skirtingo užkrėstumo DON ir drėgno (+ 0 % H<sub>2</sub>O (A); + 5 % H<sub>2</sub>O (B); + 10 % H<sub>2</sub>O (C)) įtaka kviečių tirpiųjų baltymų pokyčiams laikymo metu.

**4.6 pav.** Grūdų drėgno įtaka smulkių (A) ir stambių (B) kviečių grūdų laikymo metu susidariusiam CO<sub>2</sub> koncentracijos pokyčiui.

**4.7 pav.** Skirtingo užterštumo kviečių grūdų drėgno įtaka laikymo metu susidariusiam CO<sub>2</sub> koncentracijos pokyčiui.

**3.1 lentelė.** Kviečių grūdų modelinių sistemų drėgnis (%).

**3.2 lentelė.** Kviečių grūdų su priemaišomis modelinių sistemų drėgnis (%).

**3.3 lentelė.** Skirtingo DON užkrėstumo kviečių modelinių sistemų drėgnis (%).



## **TERMINŲ IR SĄVOKŲ PAAIŠKINIMAI BEI SANTRUPOS**

LG – lietuviški grūdai;

PG – prancūziški grūdai;

DON – deoksinivalenolis;

KSV – kolonijas sudarantis vienetas;

BMS – bendras mikroorganizmų skaičius;

Ppm – milijoninė dalis(1 ppm = 0,0001 %).

## IVADAS

Kiekvienais metais grūdų nuostoliai išsivysčiusiose šalyse sudaro apie 10 %, o besivystančiose šalyse jie siekia net 50 % [3]. Tokius skirtumus visų pirma apsprendžia technologinis ir techninis grūdų gamybos aprūpinimo lygis. Pusė visų nuostolių tenka grūdų popjūtiniam apdorojimui, daugiausiai laikymui. Šiuos nuostolius galima sumažinti, objektyviai įvertinant veiksnius, turinčius įtakos grūdų kokybės išsilaikymui, taikant efektyvesnius grūdų po derliaus nuėmimo apdorojimo būdus ir grūdų kokybės kontrolės metodus.

Vidutinis Lietuvoje nuimamų grūdų drėgnis dažniausiai yra apie 18-20 % ir viršija bazinį 14,0 % drėgnį, o nepalankiais, lietingais metais drėgnio vidurkis šokteli dar 1- 2 %. Laikant drėgnus ir ypač nevalytus grūdus, labai greitai prasideda savaiminis kaitimas, menkėja jų sėklinė ir maistinė vertė, suaktyvėja fermentų bei mikroorganizmų veikla: vyksta medžiagų skaidymasi, susidarant metabolizmo produktams, kurie gali būti toksiniais ar net kancerogeniniais.

Grūdų laikymo tikslas – išsaugoti grūdų kiekybinę bei kokybinę vertę. Grūdų sandėliavimo pramonėje labai svarbu turėti efektyvius kontrolės metodus ir programas, kurios padėtų apsisaugoti nuo finansinių nuostolių, kurie atsiranda dėl mikroorganizmų veiklos ir su tuo susijusiu grūdų kaitimu ir gedimu. Grūdų tikrinimas ir temperatūros matavimas yra pagrindiniai šiuo metu ūkininkų ir grūdų pramonės naudojami metodai, kuriais stebimos grūdų laikymo sąlygos [2]. Didinant grūdų laikymo efektyvumą, svarbu žinoti specifines laikomų grūdų savybes ir mokėti įvertinti veiksnius, darančius neigiamą įtaką jų pokyčiams ir sukeliančius gedimą. Iš jų svarbiausi tokie, kaip padidintas grūdų masės drėgnis ir temperatūra, grūdinių ir šiukšlinių priemaišų kiekis, grūdų užkrėstumo mikroskopiniais grybais ir vabzdžiais kenkėjais laipsnis.

Grūdai sandėlyje sudaro savarankišką ekologinę sistemą, kurioje gyvieji organizmai

ir negyvoji supanti aplinka veikia vienas kitą. Per didelė drėgmė kartu su aukšta temperatūra sudaro palankias sąlygas mikroskopiniams grybams daugintis laikomuose grūduose (daugumai mikromicetų optimali temperatūra 20-32 °C) [3] Supiltuose grūduose mikroorganizmai pradeda greitai veikti jau per 24 valandas ir gali pakenkti jų kokybei, jei drėgmės kiekis viršija 14 % [5]. Dėl grūdų morfologinių savybių bei pašalinės mikrofloros, laikomi grūdai pradeda kvėpuoti. Pagrindinis grūdų kvėpavimo metabolitas yra anglies dvideginis (CO<sub>2</sub>). Stebint laikomoje grūdų masėje vykstančius kvėpavimo procesus ir CO<sub>2</sub> dujų išsiskyrimą, galima būtų daug anksčiau nustatyti grūdų gedimą ir vabzdžių infekciją nei vykdant temperatūros ir drėgmės monitoringą; tai ypač naudinga laikant grūdus didelėse talpyklose. Todėl, žinant laikomų grūdų kvėpavimo priežastingumus ir jiems įtakos turinčių technologinius veiksnius, galima savalaikiai, užtikrinant grūdų masės ventiliacijos ir džiovinimo režimus, sulėtinti mikromicetų augimą ir vystimąsi bei apsaugoti laikomus grūdus nuo pažeidimo ir galimų nuostolių.

Šio darbo tikslas buvo nustatyti technologinių veiksnių įtaką kviečių kokybės rodiklių ir išsiskyrusių CO<sub>2</sub> dujų koncentracijos grūdų sampilo viršerdvėje pokyčiams laikymo metu ir įvertinti CO<sub>2</sub> dujų koncentracijos stebėsenos talpykloje panaudojimo efektyvumą grūdų kokybės ir saugos kontrolei.

Darbe spręsti uždaviniai:

1) Nustatyti technologinių veiksnių, tokių kaip grūdų drėgnis, stambumas, priemaišų kiekis, užkrėstumo mikotoksinais lygis, įtaką kviečių kokybės rodikliams (bendram mikroorganizmų kiekiui, tirpiųjų baltymų kiekiui, riebalų rūgštingumui) ir išsiskyrusių CO<sub>2</sub> dujų koncentracijai 6 savaičių laikymo uždaroje talpykloje metu, esant pastoviai 25 °C temperatūrai.

2) Įvertinti grūdų stambumo, drėgnio, užkrėstumo mikotoksinais įtaką CO<sub>2</sub> susidarymo kinetikai ir difuzijai per grūdų masę.

3) Įvertinti CO<sub>2</sub> dujų koncentracijos stebėsenos talpykloje metodikos panaudojimo efektyvumą grūdų kokybės ir saugos kontrolei laikymo metu.

# 1. LITERATŪROS ANALIZĖ

## 1.1. Veiksniai, turintys įtakos grūdų kokybei laikymo metu

Grūdų laikymo tikslas – išsaugoti grūdų kiekybinę bei kokybinę vertę. Tai reiškia, kad grūdai sandėliuose turi būti apsaugoti nuo nepalankių oro sąlygų, mikroskopinių grybų bei kitų kenksmingų mikroorganizmų, pernelyg aukštų temperatūrų, sudrėkimo, įvairių vabzdžių, graužikų bei paukščių. Be to, grūdai laikymo periodo metu neturi įgauti pašalinio kvapo, būti užteršti priemaišomis.

Daugelyje pasaulio šalių grūdų kokybės išsaugojimas laikymo metu yra nemenka problema. Teisingas sandėliavimas padeda išsaugoti grūdų fizikines ir maistines savybes, juslines charakteristikas [5]. Grūdų kokybės pokyčiai priklauso nuo laikymo sąlygų ir trukmės, o taip pat jų kokybės supirkimo metu [6]. Netinkamas kviečių saugojimas, dėl metabolizmo procesų, vabzdžių padarytos žalos bei mitotoksinų atsiradimo, nulemia spartų maistinių medžiagų mažėjimą [7].

Temperatūra, santykinis drėgnis ir sandėliuojamų grūdų drėgnis yra pagrindiniai veiksniai, nulemiantys vabzdžių aktyvumą, mikroskopinių grybų dauginimąsi ir mikotoksinų gamybą sandėliuojamuose produktuose [8, 9].

### 1.1.1. Grūdų sandėliavimo būdai

Nustatyta, kad sandėliavimo būdas turi įtakos grūdų kokybei. Grūdai gali būti laikomi bearuodžiuose ar aruodiniuose sandėliuose arba specialiose kilnojamose talpyklose. Grūdų laikymo organizavimas priklauso nuo sandėlio dydžio, formos ir konstrukcijos.

*Dydis.* Laikomų grūdų masė turi įtakos jų temperatūrai ir drėgniui bei lengvesniam vabzdžių patekimui. Mažesni grūdų kiekiai dėl didesnio paviršinio ploto į masės vienetą greičiau reaguoja į aplinkos sąlygas nei dideli, t. y. greičiau atvėsta ir išyla. Dėl tų pačių priežasčių jie yra lengviau užkrečiami vabzdžiais kenkėjais.

*Forma.* Plokščiadugniuose aruoduose paviršinis grūdų plotas į masės vienetą yra didesnis nei bokštiniuose, o tai sudaro palankesnes sąlygas vabzdžių patekimui ir aplinkos poveikiui. Be to, bokštiniame aruode stebimas tolygesnis skirtingos kokybės grūdų

pasiskirstymas masėje.

*Konstrukcija.* Talpyklos, skirtos grūdų laikymui, gali būti skirstomos pagal medžiagas, iš kurių yra pagamintos. Nuo talpyklos medžiagos priklauso šilumos perdavimas iš aplinkos į laikomus grūdus. Metalinėse talpyklose greičiau vyksta šilumos mainai tarp aplinkos ir grūdų. Tuo tarpu betoninių sienų šiluminis laidumas yra 25 kartus mažesnis nei metalinių ir jas galima laikyti "šiluminiu barjeru" tarp grūdų ir aplinkos oro. Įrodyta, kad medvilnės pluoštas mažiau absorbuoja drėgmę nei džiuoto pluoštas. Molinės talpyklos yra labiau atsparios karščiui ir drėgnai aplinkai [10]. Pastebėta, kad grūdai, laikomi molinėse talpyklose, buvo vidutiniškai 10–15 °C žemesnės temperatūros, nei grūdai laikomi metalinėse talpyklose. Aukštesnė laikymo temperatūra neigiamai veikia grūdų kokybę [11]. Dar vienas galimas būdas grūdams laikyti – polipropileno maišai. Šie maišai mažiausiai sugeria drėgmę, tačiau per juose esančias poras iš aplinkos gali patekti šiluma, o drėgmės perteklius tokiu pat būdu gali būti pašalintas [12].

Kalbant apie grūdų laikymo talpyklas ir jų privalumus bei trūkumus, svarbiausi kriterijai, kuriuos reikia įvertinti yra: grūdų kvapas, temperatūra, drėgnis, rūgštingumas, priemaišų kiekis, užkrėstumas vabzdžiais kenkėjais. Visi šie aspektai svarbūs, siekiant išsaugoti grūdų masę ir kokybę [13].

Thakur *ir kt.* [14] vakarų Indijoje 2001–2002 m. nagrinėjo grūdų nuostolius laikymo metu, susidariusius dėl kenkėjiškos vabzdžių veiklos. Atsižvelgiant į šio tyrimo rezultatus ir grūdų nuostolius laikymo metu, pagal efektyvumą talpyklas galima suskirstyti taip: metalinės uždaros talpyklos, metalinės atviros talpyklos, medinės talpyklos, džiuoto maišai. Kalbant apie sandėliavimo laikotarpį, nustatyta, kad tiek vasaros, tiek žiemos laikotarpiais vabzdžių kenkėjų pažeistų grūdų buvo kiekis panašus. Vabzdžių kenkėjų daugiausia pažeistų grūdų buvo aptikta lietinguoju sezonu [14].

Kitas tyrimas, kuriame buvo analizuojami grūdų sandėliavimo ypatumai, atliktas Banks ir Annis [15]. Eksperimento metu dviejų veislių kviečiai, kurių drėgnis buvo 8 %, 12 % arba 16 %, buvo laikomi trijose skirtingose talpyklose – medžiaginiuose maišuose, metalinėse atvirose ir metalinėse uždaroje, reguliuojamo slėgio talpyklose. Esant 21 °C ir 38 °C temperatūrai, abiejų veislių grūdų, laikomų skirtingose talpyklose, pokyčiai buvo panašūs: grūdų mėginiuose, kurių drėgnis 16 %, peleningumas buvo mažesnis

nepriklausomai nuo to, kurioje temperatūroje jie buvo laikomi. Didesnis riebalų rūgštingumas pastebėtas tuose grūduose, kurie buvo laikomi 38 °C temperatūroje. Kviečiai, laikyti uždaroje metalinėse talpyklose, išsiskyrė didesniu riebalų rūgštingumu, nei laikomi kitose talpyklose [15,16].

Bakshi ir Sharma nustatė, kad grūdų riebalų rūgštingumas didėjo juos saugant medžiaginiuose maišeliuose ir stikliniuose induose [17].

Luckow *ir kt.* [24] tyrimų rezultatai parodė, kad, laikant kviečius hermetiškuose maišuose (1.1 pav.), susidariusio CO<sub>2</sub> koncentracija yra tiesiogiai priklausoma nuo kviečių drėgnio lygio. Pavyzdžiui, jei kviečių drėgnis yra mažesnis nei 13 %, tada ir CO<sub>2</sub> koncentracija yra mažesnė nei 5 %, tačiau esant didesniai grūdų drėgmeniui (drėgmės kiekis 19 %), suaktyvėja mikroskopiniai grybai, CO<sub>2</sub> koncentracija pasiekia 30 % [24].



**1.1 pav.** 200 t maišas, skirtas hermetiškam sandėliavimui

Hermetiški maišai yra atsparūs drėgmei. Jie savyje kaupia ir į aplinką neišleidžia dujų, t. y. O<sub>2</sub> ir CO<sub>2</sub>. Šių dujų kiekį siloso maišuose gali nulemti biotiniai komponentai, pavyzdžiui, mikroskopiniai grybai, vabzdžiai ar net patys grūdai. Paminėti veiksniai didina CO<sub>2</sub> ir mažina O<sub>2</sub> koncentraciją maišuose. Kai biologinis aktyvumas yra didelis, vidutinė atmosferinių dujų koncentracija yra didesnė: CO<sub>2</sub> – 0,033 %, O<sub>2</sub> – 21 %, tai mažina grūdų respiraciją ir slopina mikroskopinių grybų bei vabzdžių vystymąsi. Taip pat buvo pastebėta, kad esant didelei CO<sub>2</sub> koncentracijai, sumažėja *Aspergillus Flavus* produkuojamų aflatoksinų susidarymas [19].

Kokybinė grūdų analizė leidžia teigti, kad geriausios sandėliavimo talpyklos yra metalinės dėžės ir džiuoto maišai su vidiniu plastiko sluoksniu. Metalinėse dėžėse saugomų grūdų daigumas 91 %, džiuoto maišuose – 88 %, o, pavyzdžiui, bambukinėse talpyklose – 73,5 % [20]

### 1.1.2. Temperatūra ir drėgmės kiekis

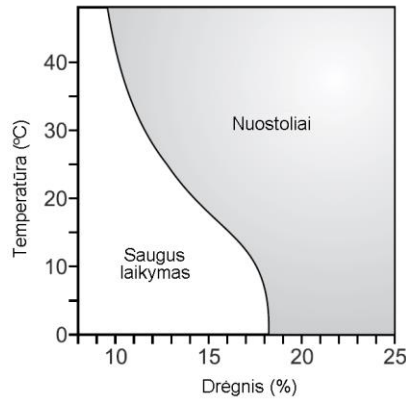
Kviečių veislės genetiniai ypatumai yra vieni iš svarbiausių veiksnių apsprendžiančių kokybę, tačiau nemažiau svarbūs kokybės užtikrinimui laikymo metu yra grūdų drėgnis, santykinis oro drėgnis bei aplinkos temperatūra.

*Grūdų drėgnis* yra kritinis veiksnys, siekiant užtikrinti grūdų saugą ir kontroliuoti juose mikroskopinių grybų bei vabzdžių kenkėjų vystymąsi. Grūdų drėgnis laikymo metu daugiausiai priklauso nuo trijų veiksnių: (1) grūdo sudėtinių komponentų (grūdų rūšies); (2) šilumos kiekio grūdų ir oro mišinyje (temperatūros); (3) santykinio oro drėgnio (%).

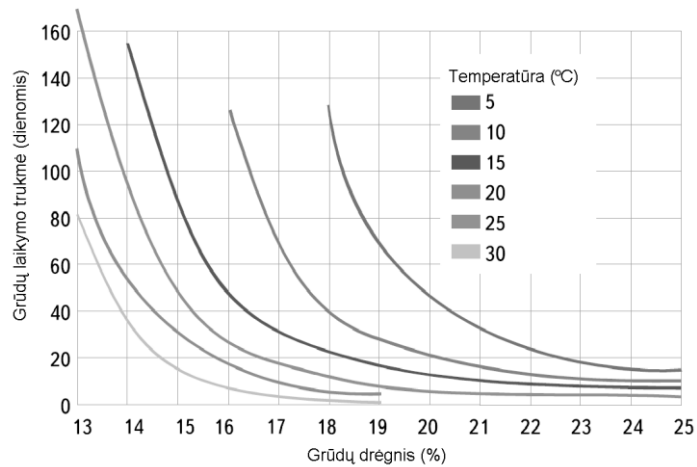
Laikant grūdus sausose sąlygose, t. y. esant mažam santykiniam oro drėgniui, grūdai netenka drėgmės, o laikant padidinto santykinio oro drėgnio sąlygomis, priešingai – įgeria atmosferos drėgnį. Tipinę grūdų masę sudaro grūdai ir erdvė tarp jų užpildantis oras, kuris užima apie 40 % bendro masės tūrio. Todėl vidinių sluoksnių tarpgrūdinės erdvės oro temperatūra ir santykinis drėgnis priklauso nuo grūdų parametrų (temperatūros ir drėgnio) ir tai sąlygoja greitą pusiauvyros tarp jų nusistovėjimą. Tarpgrūdinės erdvės santykinis drėgnis didėja kylant grūdų temperatūrai, net ir nekintant jų drėgniui. Grūdų pažeidimo mikroskopiniais grybais rizika didėja, didėjant santykiniam oro drėgniui ir temperatūrai. Tai galima paaiškinti tuo, kad esant aukštesnei oro temperatūrai ir santykiniam drėgniui, sudaromos geresnės sąlygos mikroorganizmų vystymuisi.

Parenkant optimalų laikymų grūdų drėgnį, reikia įvertinti pradinę grūdų temperatūrą, sandėliavimo trukmę, grūdų rūšį ir pradinę kokybę.

*Grūdų temperatūra* yra kitas reikšmingas veiksnys, kuris apsprendžia grūdų laikymo trukmę. Esant mažesnei nei 10 °C temperatūrai, mikroskopiniai grybai vystosi lėtai, o kai kurių rūšių veikla visiškai sustoja. Tačiau esant 29 °C temperatūrai ir optimaliam drėgniui, mikroskopiniai grybai gali sukelti didelius grūdų nuostolius. Savalaikė ventiliacija ir/arba dirbtinis atšaldymas iki 10-12 °C temperatūros žymiai prailgina grūdų laikymo trukmę. Drėgni atšaldyti grūdai taip pat gali būti laikomi neilgą laikotarpį, nepablogėjant jų kokybei (1.2 ir 1.3 pav.).



**1.2 pav.** Grūdų saugaus laikymo kriterijai savaiminio kaitimo metu



**1.3 pav.** Saugaus grūdų laikymo trukmė

Patenkančių į saugyklas po derliaus nuėmimo grūdų temperatūra svyruoja plačiose ribose. Grūdai pasižymi puikiomis termoizoliacinėmis savybėmis ir todėl jų temperatūra laikymo metu keičiasi labai lėtai. Didelės grūdų partijos ištisais mėnesiais ar netgi metais gali išlikti tokios pat temperatūros, kokios jie buvo pakrauti į talpyklas. Dėl šių priežasčių grūdų masės perkaitinimas ilgą laiką gali būti nepastebimas ir sugadinti tam tikrą grūdų kiekį. Dažnai talpyklose aptinkamos atsitiktinai sugedusių grūdų sritys.

Temperatūra ir drėgnis kartu su kitais veiksniais (pažeistų mikroskopiniais grybais grūdų kiekiu, pažeistumo laipsniu, grūdų švarumu, ankstesnio laikymo sąlygomis, užkrėstumo vabzdžiais kenkėjais ir erkėmis laipsniu) žymia dalimi apsprendžia didžiausią grūdų laikymo trukmę. Gooding ir Davies nuomone kviečių grūdai, kurių drėgnis 12 %, gali būti laikomi iki penkerių metų, neparandant jų daigumo, nepaisant sandėliavimo patalpoje vykstančių temperatūrų svyravimų [21]. Kviečius sandėliuojant ilgiau, miltų kokybė kinta, didėjant nesočiųjų riebalų rūgščių kiekiui, kurios mažina vandens įgėrimą, taip pat glitimo kiekį bei didina krakmolo atsparumą kleisterizacijai [22]. Įvairių veislių kviečių, kurių drėgnis buvo 9–11 %, kokybė (baltymų, krakmolo, šlapiojo glitimo kiekis,



riebalų rūgštingumas) išliko nepakitusi per pirmuosius laikymo metus, tačiau laikant ilgiau, baltymų ir šlapiojo glitimo kiekis stipriai mažėjo [23].

Nasir duomenimis, padidintas drėgnis turi didesnę įtaką baltymų ir riebalų kiekio mažėjimui laikymo metu, nei su mineralinių ar skaidulinių medžiagų kiekiais [24]. Laikant kviečius trumpą laikotarpį (4 mėn.) 4 °C, 27 °C ir 37 °C temperatūroje, kritimo skaičiaus rodiklis išaugo nuo 407 iki 412 sekundžių [25, 26]. Kviečius laikant keturis metus uždaroje talpyklose, esant 20 °C temperatūrai ir 74 % santykiniam oro drėgnumui, jų baltymų kiekis sumažėjo nuo 12,5 iki 12 %, o kritimo skaičius – nuo 360 iki 307 sekundžių, tačiau drėgnis išliko nepakitęs – 13,7 % [27].

Padidinto drėgnumo grūdai, gali būti lengviau pažeidžiami vabzdžių, erkių, mikroskopinių grybų ir jų gaminamų mikotoksinų, o esant jų kiekiui didesniame kaip nurodyta ES Komisijos reglamente (EB) Nr. 1881/2006, netinkami vartojimui [28]. Žalingas drėgmės poveikis kviečių kokybei padidėja tada, kai temperatūra pakyla iki 20–35 °C. Perdirbus miltus iš grūdų, kurie buvo laikomi aukštesnėje temperatūroje (virš 30 °C), jų kepimo savybės bus prastesnės.

Carneiro *ir kt.* analizavo paprastųjų kviečių ir kietųjų kviečių drėgnumo, džiovavimo ypatumų ir laikymo trukmės poveikį jų kokybei [29]. Kviečių grūdai, kurių drėgnis svyravo nuo 11,7 iki 13,35 %, nuėmus jų derlių buvo laikyti polietilenuose maišuose 2, 4, 6 ir 8 mėn., esant  $20 \pm 2$  °C temperatūrai. Rezultatai parodė, kad džiovavimo procesas neturėjo jokios įtakos grūdų kokybei, tačiau laikymo trukmė keitė kvietinių miltų savybes. Didesni drėgnumo kviečiai pasižymėjo mažesniu svoriu ir atvirkščiai. Stambesni kviečiai yra tinkamesni malimui. Esant didesniame drėgnumui taip pat suaktyvėjo proteolitiniai ir lipolitiniai fermentai, susiję su grūdų maistingumo (baltymų ir lipidų kiekio) sumažėjimu. Intensyvesnė laisvųjų riebalų rūgščių gamyba taip pat susijusi su miltų kokybės blogėjimu. Geros kokybės kviečių riebalų rūgštingumas siekia apie 20 mg/100 g, o kviečių, kurių kokybė suprastėjo laikymo metu, rūgštingumas viršijo šią vertę. Baker teigia, kad išskirtiniais atvejais grūdų rūgštingumas gali siekti 100 mg/100 g [29]. Tokie grūdai dar gali būti panaudoti malimui, tačiau miltų, kepimo savybės ir iš jų gaminamų kepinių kokybė bus prasta. Salman *ir kt.* nustatė, kad kviečių riebalų rūgštingumas ženkliai padidėjo, esant laikymo temperatūrai 20–30 °C, lyginant su kviečiais, kurie buvo laikyti

4 °C temperatūroje [30].

Esant palankioms sąlygoms: aukštai temperatūrai ir pakankamam drėgniui, sėklos ima dygti. Šis procesas apima proteolitinių ir amilolitinių fermentų cheminius pokyčius grūde. Mis ir Grundas atlikdami grūdų daiginimo tyrimus, didino jų drėgnį nuo 18,6 % iki 20,2 %. Didinant grūdų drėgnį, jų daigumas išaugo [33].

Ariyama ir Khan sandėliavo šviežiai nuimtus ir padaigintus (12-40 valandų) kviečius. Mėginiai buvo laikyti aštuonis mėnesius. Šiuos kviečius sumalus į miltus pastebėta, kad jų kiekis buvo didesnis, taip pat pagerėjusios jų kepimo savybės. Padaigintų kviečių miltų mėginiuose rasta didesnis baltymų kiekis ir  $\alpha$ -amilazės aktyvumas [34]. Iconomou *ir kt.* [37] stebėjo kukurūzų (16 % drėgnio) bei kviečių (8 % drėgnio) grūdų daigumo sumažėjimą nuo 77 % iki 35 % kukurūzuose, kurie aplinkos sąlygomis laikyti ne ilgiau nei 365 dienas, ir nuo 85 % iki 42 % kviečiuose, kurie aplinkos sąlygomis laikyti ne ilgiau nei 180 dienų [37].

Rehman tyrė šviežiai nukultų kviečių, kukurūzų ir ryžių sudėties pokyčius šešių mėn. laikymo metu, esant 10 °C, 25 °C ir 45°C temperatūrai [52]. Visų tirtų rūšių grūdų laikymo metu buvo stebimas laipsniškas drėgnio, taip pat lizino ir tiamino kiekio mažėjimas. Esant 25 °C temperatūrai, lizino ir tiamino kiekis kviečiuose sumažėjo, atitinkamai, 6,50 % ir 16,7 %, kukurūzuose – 14,3 % ir 17,2 %, o ryžiuose – 23,7 % ir 17,2 %. Kai temperatūra buvo 45 °C, šių aminorūgščių kiekis kviečiuose sumažėjo 18,5 % ir 29,2 %, kukurūzuose – 20,7 % ir 24,1 %, ryžiuose – 34,2 % ir 29,5 %. Taip pat pastebėtas sacharidų kiekio padidėjimas: esant 45 °C temperatūrai – 36,4–44,4%, esant 10 °C ir 25 °C temperatūrai – 9,3–31,8 %. Laikant 25 °C ir 45 °C temperatūroje, grūduose baltymų ir krakmolo virškinamumas mažėjo, o 10 °C temperatūroje – jokių žymių pokyčių grūdų maistingumui nepastebėta.

Tys tyrė drėgmės kiekio ir temperatūros įtaką skirtingais kiekiais mineralinių (nitratinų) trąšų tręštų kviečių technologinių savybių pokyčiams laikymo metu [51]. Rezultatai parodė, kad didinant nitratinų trąšų kiekį, padidėjo gliuteno baltymų kiekis, o laikymo sąlygos grūdų sudėties nepakeitė. Nors glitimo kiekis grūduose padidėjo, tačiau jis buvo prastesnės kokybės nei netręštų kviečių. Grūdų laikymo sąlygos turėjo įtakos grūdų mechaniniam atsparumui, o mikroskopinių grybų infekcijos aktyviau vystėsi tuose

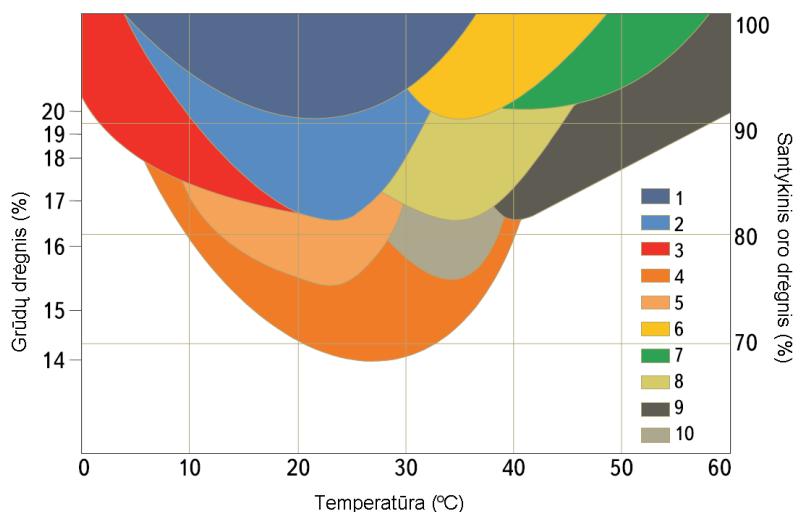
grūduose, kurie auginimo metu buvo tręšiami didžiausiu nitratinų trąšų kiekiu.

### **1.1.3. Grūdų užkrėstumas mikroskopiniais grybais ir vabzdžiais kenkėjais**

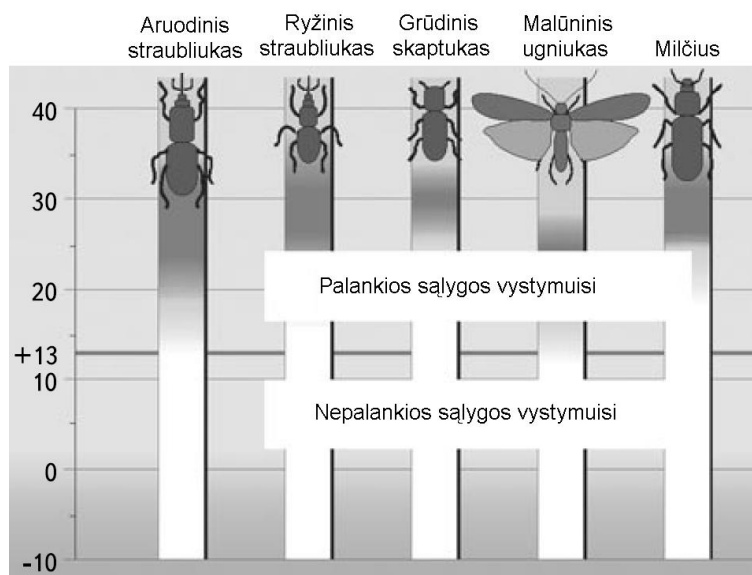
Mikroskopiniai grybai ir vabzdžiai kenkėjai bei erkės gali sukelti didžiausią laikomų grūdų gedimą. Jie aktyviai dauginasi šiltoje (15-38 °C temperatūros) ir drėgnoje grūdų masėje, ypač savaiminiuose grūdų kaitimo židiniuose. Tačiau vabzdžiai kenkėjai gali vystytis ir sausuose grūduose. Mikroskopiniams grybams daugintis tinkamiausia temperatūra yra 25–30 °C [3], o vabzdžiams veistis ir daugintis – aukštesnė kaip 15 °C temperatūra. Vabzdžių metabolinis aktyvumas sausoje aplinkoje (kai oro santykinis drėgnis mažesnis nei 15 %) pastebimas iki 42 °C temperatūros [38]. Dauguma kenkėjų vystosi labai greitai, pvz., aruodinio straubliuko vystymosi ciklas sudaro 25 dienas.

Mikroskopiniai grybai grūduose neauga, kai jų drėgnis yra mažas, tačiau, kai jis pasiekia 14 % ir daugiau, jų dauginimasis suaktyvėja. Mokslininkai teigia, kad esant aplinkos temperatūrai 19 °C, o grūdų drėgniui siekiant 17 %, juos talpyklose galima laikyti ne ilgiau kaip 4 savaites [31]. Norint kviečius sandėliuoti ilgiau, pavyzdžiui, iki 6 mėn., jų drėgnis turi neviršyti 14 %. Optimalios sąlygos (temperatūra ir drėgnis) mikroorganizmų ir kenkėjų dauginimuisi pateiktos 2.4 ir 2.5 pav.

Dėl mikroorganizmų ir vabzdžių gyvybinės veiklos, išskiria šiluma ir drėgmė. Tai sąlygoja grūdų masėje savaiminių kaitimo židinių atsiradimą ir didina pavojų grūdų gedimui. Be to, mikroskopiniais grybais pažeisti grūdai traukia kenkėjus ir atvirkščiai, užkrėsti kenkėjais grūdai pradeda pelyti. Atkreiptinas dėmesys, kad kai kurios kenkėjų rūšys minta mikroskopiniais grybais ir perneša mikroskopinių grybų sporas. Dėl išvardintų priežasčių nedideli kaitimo židiniai su mikroskopiniais grybais ir kenkėjais gali greitai virsti didelėmis padidintos temperatūros ir nemaloniai kvėpiančiomis grūdų zonomis.



**2.6 pav.** Kai kurių mikroskopinių grybų: (1) *Fusarium culmorum*, (2) *Penicilium rugulosum*, (3) *Penicilium cyclopidum*, (4) *Aspergillus versicolor*, (5) *Aspergillus glaucus*, (6) *Absidia Rhizopus arrhizus*, (7) *Streptomyces altus*, (8) *Aspergillus candidus*, (9) *Penicilium capsulatum*, (10) *Talaromyces thermophilus* dauginimasis grūduose



**2.7 pav.** Vabzdžių kenkėjų vystymasis grūduose

Grūdai, kurie yra pažeisti šalčio, sausrų, ligų, turi didesnį priemaišų kiekį, o taip pat yra smulkūs, labiau pažeidžiami mikroskopinių grybų nei geros kokybės grūdai. Norint apsaugoti tokius grūdus nuo gedimo, džiovinti juos reikia iki 1 % mažesnio drėgnio nei kokybiškus grūdus. Blogesnės kokybės grūdai ilgai nelaikomi (ne daugiau 6 mėnesius), jie realizuojami pirmiausiai. Ilgam laikymui tinka tik sausi grūdai. Grūduose, kuriuose sausųjų

medžiagų daugiau kaip 86 %, nustoja vystytis mikroskopiniai grybai, pvz., *Fusarium* genties. Tačiau daug didesnis sausųjų medžiagų kiekis (88-90 %) rodo apie galimą grūdų perkaitinimą džiovinimo metu, apie įvykusią baltymų denatūraciją, vitaminų ir fermentų aktyvumo sumažėjimą [47].

Kviečių ar kukurūzų grūdai, kurie saugojami drėgno klimato zonose, paveikti miroskopinių grybų *Aspergillus* ir *Penicillium* bei *Sitophilus granarium* pasižymi mažesniu daigumu, o paveikti alternarijos grybelio, *Helminthosporium* ir *Cladosporium* – spalvos pakitimais. *Chaetomium*, *Trichoderma*, *Aspergillus* ir *Penicillium* gali sukelti biocheminius karbohidratų pokyčius. *Aspergillus flavus*, *Fusarium graminearum*, *Penicillium spp.*, *Alternaria spp.* ir *Trichoderma spp.* pažeistuose grūduose stebimas mitoksinų susidarymas, laisvųjų riebalų rūgščių kiekio padidėjimas, baltymų kiekio ir kokybės sumažėjimas [47]. Maistinių medžiagų sumažėjimas, susijęs su mikroskopinių grybų veikla grūduose, laikomas vienu iš blogo sandėliavimo nuostolių. Stephen ir Olajuyigbe tyrė *Alternaria tenuissima* užkrėstų grūdų sudėties pokyčius laikymo metu ir nustatė žymų riebalų, skaidulinių medžiagų ir baltymų kiekio mažėjimą bei pelenų kiekio didėjimą, kai grūdų laikymo temperatūra svyravo 25-30°C ribose [48]. Žema temperatūra ir mažas drėgnis laikymo metu mažina laisvųjų riebalų rūgščių susidarymą ir kitus neigiamus pokyčius. Pasak Rehman, jokių neigiamų grūdų kokybės rodiklių (drėgno, baltymų ir krakmolo kiekio) pokyčių nebuvo pastebėta, kai grūdai buvo laikomi žemesnėje nei 20 °C temperatūroje [32]. Malaker *ir kt.* [35], tirdami kviečius, bei Mian and Fakir [36], tirdami ryžius, pastebėjo, kad grūdai paveikti mikroskopinių grybų pakeičia spalvą (pajuoduoja), taip pat sumažėja jų daigumas ir padidėja drėgnis.

Oprea teigia, kad mikroskopinių grybų biologinis aktyvumas stebimas ir laikant kviečius žemos temperatūros ir santykinio oro drėgno sąlygomis (2-4 °C temperatūroje, esant santykiniam oro drėgniui 15 %). Esant 8 °C temperatūrai ir 30 % santykiniam oro drėgniui, mikotoksinų gamyba ir grūdų irimo procesai sustodavo [49].

Kviečiai, pažeisti mikroskopinių grybų bei jų mikotoksinų, ne tik kelia grėsmę žmonių bei gyvūnų sveikatai, bet taip pat pasižymi blogomis technologinėmis ir kepimo savybėmis. Juose buvo rastas padidėjęs sieros rūgšties kiekis, dėl šios priežasties negalima tampa tiolo/disulfido pasikeitimo reakcija, tai prastina glitimo kokybę, mažina kepinių

tūrinę apimtį ir akytumą. Prange *ir kt.* nustatė, kad kviečių užkrėstumas lauko mikroskopiniais grybais *Fusarium* spp. turėjo nedidelį poveikį kviečių glitimo baltymų kiekiui bei kepimo savybėms, kurias blogina pakitęs sieros rūgšties kiekis [50]. Tačiau laikomų kviečių užkrėstumas saugyklų mikroskopiniais grybais *Aspergillus* ir *Penicillium* spp., minėtiems kokybės požymiams daro tiesioginę įtaką. Iconomou *ir kt.* nustatė, kad *Aspergillus glaucus* užkrėstų kviečių (bendrą mikroorganizmų skaičius  $238 \times 10^5$  KSV/g) laikymo metu riebalų rūgštingumas padidėjo šešis kartus (sieros rūgšties kiekis 0,059 %).

Mokslininkai, atlikdami vabzdžiais kenkėjais užkrėstų grūdų tyrimus, didžiausią dėmesį skiria derliaus nuostolių analizei. Vabzdžiams maitinantis grūdais, sumažėja jų daigumas ir prastėja kokybė. Nustatyta, kad užkrėstumo vabzdžiais kenkėjais, didesnį šalutinį poveikį, turi dviskilčių grūdų (ankštiniai grūdai) nei vienskilčių grūdų (kviečiai, ryžiai, kukurūzai) daigumui. Pavyzdžiui, kviečiai pažeisti vabzdžių kenkėjų straubliuku sudygo, o žaliosios pupelės, kurios buvo pažeistos *pupelinio grūdinuko*, nesudygo [63].

Buhl ir Tietze lygino kviečių, kurių užkrėstumas vabzdžiais buvo 64,3 % ir 26 %, technologines savybes [39]. Duona, pagaminta iš didesnio užkrėstumo kviečių miltų, buvo mažesnės tūrinės apimties, jos pluta buvo storesnė nei įprastai, minkštumas buvo drėgnas, neelastingas. Girish nustatė, kad didelis *Trogoderma Granarium* lervų kiekis pažeistų grūdų talpykloje žymiai sumažino baltymų ir glitimo kiekį. Pažeistuose grūduose taip pat padidėjo laisvųjų riebalų rūgščių ir sacharidų kiekis, o mineralinių medžiagų kiekis šiek tiek sumažėjo [40]. Choudhry atliktas tyrimas parodė, kad užkrėstuose grūduose pastebimas akivaizdus maistinių medžiagų (išskyrus skaidulines medžiagas) sumažėjimas [15].

Kviečių, sorgų ir kukurūzų grūduose, pažeistuose *Trogoderma granarium* ir *Rhizopertha dominica*, baltymų kiekis sumažėjo laikymo metu, didžiausi nuotoliai buvo aminorūgščių metionino, izoleucino ir lizino [41]. Samuels ir Modgil atliktas eksperimentas taip pat įrodė, kad užkrėstumas vabzdžiais turi didelį įtaką kviečių maistingumui. [42] Tiriant kviečius, šešis mėn. laikytus skirtingose talpyklose (džiuto maišuose, medinėse ir metalinėse talpyklose, polietileno maišuose), pastebėta, kad vabzdžiais užkrėstų kviečių laikymo talpyklos tipas turėjo reikšmingą poveikį kviečių baltymų kokybei ( $P < 0.05$ ). Pinto *ir kt.* tyrė kviečių, užkrėstų *Sitophilus zeamaze*, kepimo savybes. Užkrėsti kviečiai po 60

dienų laikymo buvo netinkami vartojimui: drėgnis, baltymų sudėtis, sedimentacijos rodiklis bei miltų reologinės savybės neatitiko reikalavimų [43]. Milosevic *ir kt.* nustatė, kad kviečių užkrėstumas vabzdžiais turėjo neigiamą įtaką miltų reologinėms savybėms, tokioms kaip vandens absorbcija ir tešlos susidarymo trukmė ir stabilumas [44]. Perez *ir kt.* pastebėjo, kad, kviečių, kurie pažeisti heterotopinių vabzdžių, glitimas praranda savo funkcionalumą ir per trumpą saugojimo laikotarpį [45].

Arian *ir kt.* tyrė grūdų laikymo nuostolius, susijusius su užkrėstumu kapravabaliais (*Trogoderma granarium*) [46]. Grūdai buvo saugoti 3, 6, 9, 12 ir 15 mėnesių, o per šį laikotarpį jų užkrėstumas padidėjo nuo 6,18 % (po 3 mėn.), 15,32 % (po 6 mėn.), 28,27% (po 9 mėn.), 38,56 % (po 12 mėn.) iki 47,32 % (po 15 mėn.). Per šį saugojimo laikotarpį vabzdžiai sunaikino apie 12,07 % grūdų, grūdų svorio sumažėjimas sudarė apie 8,37 %. Po 15 mėn. saugojimo, užkrėstuose kviečiuose buvo 5,17 % organinių ir 6,54 % neorganinės kilmės priemaišų. Kapravabalių užkrėstuose kviečiuose baltymų kiekis sumažėjo 4,1 %, o šlapiojo glitimo kiekis – 1,97 %, lyginant su fumiguotais kviečiais, tačiau vabzdžias užkrėstų kviečių drėgnis buvo 2,6 % didesnis nei fumiguotų kviečių.

## 1.2. Laikomų grūdų kokybės stebėseną

Nuimto grūdų derliaus laikymas yra vienas iš svarbiausių technologinių grūdų kokybę lemiančių veiksnių. Daugumos nuimtų grūdų paviršius yra užterštas *Fusarium spp.* lauko mikroskopiniais grybais, todėl po derliaus nuėmimo, esant nepalankioms grūdų laikymo sąlygoms, mikroorganizmai gali toliau daugintis [62]. Nepakankamai užtikrintas grūdų valymas, prieš jų laikymą, taip pat gali būti vienas iš veiksnių, sąlygojančių mikroskopinių grybų dauginimąsi grūduose [62, 63]. Nesilaikant tinkamų grūdų laikymo sąlygų, grūduose intensyviai pradeda daugintis mikroskopiniai grybai, kurie sukelia padidintą grūdų kvėpavimą, išskirdami anglies dvideginį (CO<sub>2</sub>), todėl grūdai pradeda kaisti.

Laikomų saugyklose grūdų gedimas ir kaitimas gali būti aptinkamas pagal tam tikrus išskirtinius požymius. Kai kurie išskirtiniai požymiai, pvz., puvimo kvapas, leidžia atpažinti stiprų gedimą ir kaitimą, tuo tarpu kiti požymiai, pvz., nežymiai viršijanti aplinkos ore įprastinę CO<sub>2</sub> dujų koncentraciją, yra pirmi požymiai, kad prasidėjo ankstyvo ar net

pradinio grūdų gedimo ir /ar kaitimo stadija..

*Temperatūra.* Jei laikomos žaliavos temperatūra yra didesnė nei supančio oro temperatūra, tai gali būti vienas iš požymių, kad prasideda grūdų gedimas. Tikrinant ar neprasideda grūdų kaitimas, temperatūros įvairiose žaliavos vietose ir aplinkos oro stebėseną turi būti atliekama nuo pat laikymo pradžios. Siekiant aptikti žaliavos kaitimą, temperatūros pokyčių stebėsenai naudojama įvairi įranga: talpyklų termometrai, termoelementai, temperatūrą fiksuojantys kabeliai, termografai, temperatūrai jautrūs dažai ir etiketės, kt. Tipinis metodas nustatyti grūdų taršos laipsnį – termokabelių, kurie matuoja grūdų temperatūrą realiu laiku, naudojimas grūdų saugyklos. Grūduose ir aplink grūdą esanti mikroflora išskiria šiluminę energiją, todėl iš grūdų masės temperatūros pokyčių, gali būti nustatomi taršos židiniai. Tačiau temperatūros matavimas nėra pakankamai jautrus metodas dėl mažo grūdų masės šilumos laidumo [13]. Gautus rezultatus sunku interpretuoti dėl aplinkos temperatūros svyravimų, pvz., 35 °C temperatūra gali reikšti, kad grūduose yra aktyvus taršos židinis arba, kad grūdų temperatūra pakilo dėl pasikeitusios aplinkos temperatūros.

*Drėgnis.* Grūdų drėgnio kitimo stebėseną paprastai vykdomas paimant iš žaliavos mėginius ir nustatant jų drėgnį greituoju talpuminiu metodu ar laboratoriniais prietaisais: elektriniais drėgmės matuokliais ar džiovavimo spintelės metodu. Pastaruoju metu talpyklose grūdų drėgnio stebėsenai vis plačiau naudojami nuotoliniai matuokliai.

*Anglies dioksidas (CO<sub>2</sub>).* Manoma, kad laikomų grūdų masėje susidaręs padidėjęs CO<sub>2</sub> koncentracijos lygis gali būti rizikos faktorius, nusakantis laikomų grūdų mikrobiologinės taršos pradžią [62]. Nedidelį (silpną) grūdų sugedimo lygį, kurį sukelia mikroskopiniai grybai, erkės ir vabzdžiai kenkėjai, galima aptikti matuojant tarpgrūdinėje erdvėje CO<sub>2</sub> dujų koncentraciją. Šie organizmai kvėpuodami išskiria CO<sub>2</sub>; todėl matuojant CO<sub>2</sub> koncentraciją galima aptikti jų būvimą ir pradinėse grūdų gedimo stadijose. CO<sub>2</sub> koncentracijos laikomuose grūduose nustatymui, sukurtas paprastas prietaisas, kurį sudaro 50 ml plastmasinis švirkštas, guminis vamzdelis, CO<sub>2</sub> vamzdelinis analizatorius, polietileninis vamzdelis. CO<sub>2</sub> koncentracijos nustatymui polietileno vamzdelis įbedžiamas į grūdus ir plastmasiniu švirkštu įtraukiamas į CO<sub>2</sub> analizatorių oras [64].

*Grūdų ėminių tyrimas.* Pastovus grūdų s ėminių tyrimas leidžia aptikti esantį ar



potencialų gedimą ir/ ar kaitimą ir jį sustabdyti, išvengiant žymių nuostolių.

*Drėgmės kiekis.* Labai svarbu žinoti talpykloje ar saugykloje laikomų grūdų drėgno ribas, nes pagal tai galima įvertinti laikomų grūdų rizikos veiksnius. Jei kai kurių grūdų drėgnis yra palankus mikroskopinių grybų vystymuisi ir gedimui, ankstyvas tokios žaliavos aptikimas gali padėti apsaugoti nuo gedimo ir kaitimo problemų. Daug drėgmės nustatymo metodų taikoma grūdų drėgniui įvertinti, jų tarpe džiovinimo spintelės ir elektriniai metodai (elektrinės talpos, elektrinės varžos).

*Spalva ir kvapas.* Mėginyje esančių sėklų išorės ir vidaus spalva bei kvapas suteikia naudingą informaciją apie žaliavos laikymo sąlygas. Pilkos spalvos sėklos rodo apie galimą grūdų pažeidimą mikroskopiniais grybais ir kitas gedimo problemas. Rudos ar juodos sėklos kombinacijoje su tabaką primenančiu kvapu rodo galimą degimą talpyklose. Keletas tokių sėklų mėginyje rodo apie stiprų gedimo laipsnį ir galimus ekonominius nuostolius.

*Mikroskopiniai grybai, sėklų dygimas.* Laikant sėklas, sudėtas ant drėgno filtrinio popieriaus (trukmė – 7 paros) ir veikiant šviesai paprastai sudygsa ir išleidžia žalias šakneles. Ant sėklų paviršiaus gali būti įvairių spalvų mikroskopinių grybų. Nesant išleistų šaknelių, tikėtina, kad mėginys yra senas ir gemalas yra pažeistas mikroskopinių grybų. Išlaikant sterilizuotas sėklas, sudėtas ant drėgno filtrinio popieriaus ar agarą, į kurio sudėtį įeina druska (NaCl), gali atsirasti paviršiuje baltų, geltonų, oranžinių, mėlynų ar žalių po derliaus nuėmimo būdingų mikroskopinių grybų micelių. Tokių mikroskopinių grybų būvimas rodo apie galimas laikomų grūdų gedimo ir kaitimo problemas. Atliekant tokius tyrimus su sėklų mėginiais, atrinktais iš įvairių talpyklos vietų, galima savalaikiai aptikti užkrėstumą ir užkirsti kelią platesniam grūdų gedimo išplitimui.

*Fiziologiniai pokyčiai.* Riebalų rūgštingumas rodo cheminius pokyčius, vykstančius sėklų gedimo metu. Kuo didesnis rūgštingumas, tuo didesnis gedimo laipsnis. Naudojant elektrinį talpuminių metodą, įvertinama sėklų ląstelių membranų būseną. Toks tyrimas apima sėklų mirkinimą 80 min dejonizuotame vandenyje, po to nustatomas konduktometru ekstrakto savitasis laidumas. Elektrinio laidumo vertės rodo apie sėklų sienelių membranų pažeidimus ir tai asocijuojasi su sėklų gedimu.

### 1.3. Grūdų taršos įvertinimas fiksuojant CO<sub>2</sub> pokytį grūdų laikymo metu

Talpykloje, kurioje saugomi grūdai, CO<sub>2</sub> koncentracijos padidėjimas, taip pat galėtų būti tinkamas kintamasis, grūdų kokybės sumažėjimui aptikti [15]. Grūdų biologinio aktyvumo pagrindinis rodiklis yra kvėpavimo intensyvumas. Kuo jis didesnis, tuo didesnis šilumos srautas išskiriamas iš laikomos produkcijos, tuo didesni laikymo nuostoliai. Produkcijos užkrėstumas mikroskopiniais grybais, esant palankioms sąlygoms, gali padidinti kvėpavimo intensyvumą, nes dauguma mikroskopinių grybų yra obligatiniai aeronai – įsisavina substratą jį oksiduodami [ 64].

Anglies dioksido (CO<sub>2</sub>) koncentracija atmosferoje išreiškiama milijoninėmis dalimis (parts per million (ppm)). Išmatuotos CO<sub>2</sub> koncentracijos lyginamos su aplinkos CO<sub>2</sub> koncentracija, kuri yra apie 400 ppm). CO<sub>2</sub> koncentracijų svyravimų monitoringo efektyvumas patvirtintas tyrimais. Iš tirtų talpyklų su grūdinėmis kultūromis, kuriuose CO<sub>2</sub> koncentracija fiksuota didesnė nei aplinkos, buvo patvirtintas grūdų užterštumas [ 53].

Nustatyta, kad nedidelį (silpną) grūdų sugedimo lygį, kurį sukelia mikroskopiniai grybai ir įvairūs kenkėjai, galima aptikti matuojant CO<sub>2</sub> koncentraciją tarpgrūdinėje erdvėje. Šie organizmai kvėpuojant išskiria CO<sub>2</sub>, todėl matuojant CO<sub>2</sub> koncentraciją galima aptikti jų būvimą pradinėse grūdų gedimo stadijose. Nustatyta, kad grūdų laikymas yra saugus grūdų masėje vyraujant 400-500 ppm CO<sub>2</sub> koncentracijai, kai CO<sub>2</sub> koncentracija yra 500-1200 ppm fiksuotas mažas mikroorganizmų aktyvumas, esant didesniam sugedimo lygiui, fiksuotos – 1500-4000 ppm CO<sub>2</sub> koncentracijos, o labai pažeistuose laikomuose grūduose CO<sub>2</sub> koncentracija dažniausiai būdavo 4000 ppm ir didesnė. Nustatyta, kad 30 % visų laikomų grūdų buvo pažeista mikroskopinių grybų, kai CO<sub>2</sub> koncentracija laikomų grūdų masėje svyravo nuo 500 iki 1200 ppm, tuo tarpu esant koncentracijai didesnei nei 9000 ppm, pažeistumas buvo didesnis nei 90 %. [53]

CO<sub>2</sub> koncentracijos monitoringas grūdų saugojimo metu, lyginant su temperatūros monitoringu, padeda nustatyti grūdų užterštumą mikroorganizmais ankstyvesnėje stadijoje [14]. CO<sub>2</sub> koncentracijos monitoringas talpyklose ar maišuose (didmaišiuose) yra

svarbesnis indikatorius, nes išlaikomos hermetiškos sąlygos ir eliminuojamas aplinkos poveikis [42].

CO<sub>2</sub> koncentracijos stebėseną gali būti vykdoma periodiniu būdu ir tolydiniu. CO<sub>2</sub> koncentracijos laikomose grūduose nustatymui periodiniu būdu, sukurtas paprastas laboratorinis prietaisas, kurį sudaro 50 ml plastmasinis švirkštas, guminis vamzdelis, CO<sub>2</sub> vamzdelinis analizatorius, polietileninis vamzdelis. CO<sub>2</sub> koncentracijos nustatymui polietileno vamzdelis įbedžiamas į grūdus ir plastmasiniu švirkštu įtraukiamas į CO<sub>2</sub> analizatorių oras. Apie CO<sub>2</sub> koncentraciją sprendžiama pagal sugraduotą spalvos intensyvumo skalę analizatoriuje. CO<sub>2</sub> nustatymui komerciškai galima įsigyti analizatoriaus vamzdelius su skalėmis: 0,01-0,3, 0,1-1,2, 0,5-6,0, 0,5-10,0, 1,0-20,0 ir 5-60 % CO<sub>2</sub> [61].



**1.8 pav.** CO<sub>2</sub> daviklių sistema grūdų talpykloje [60]

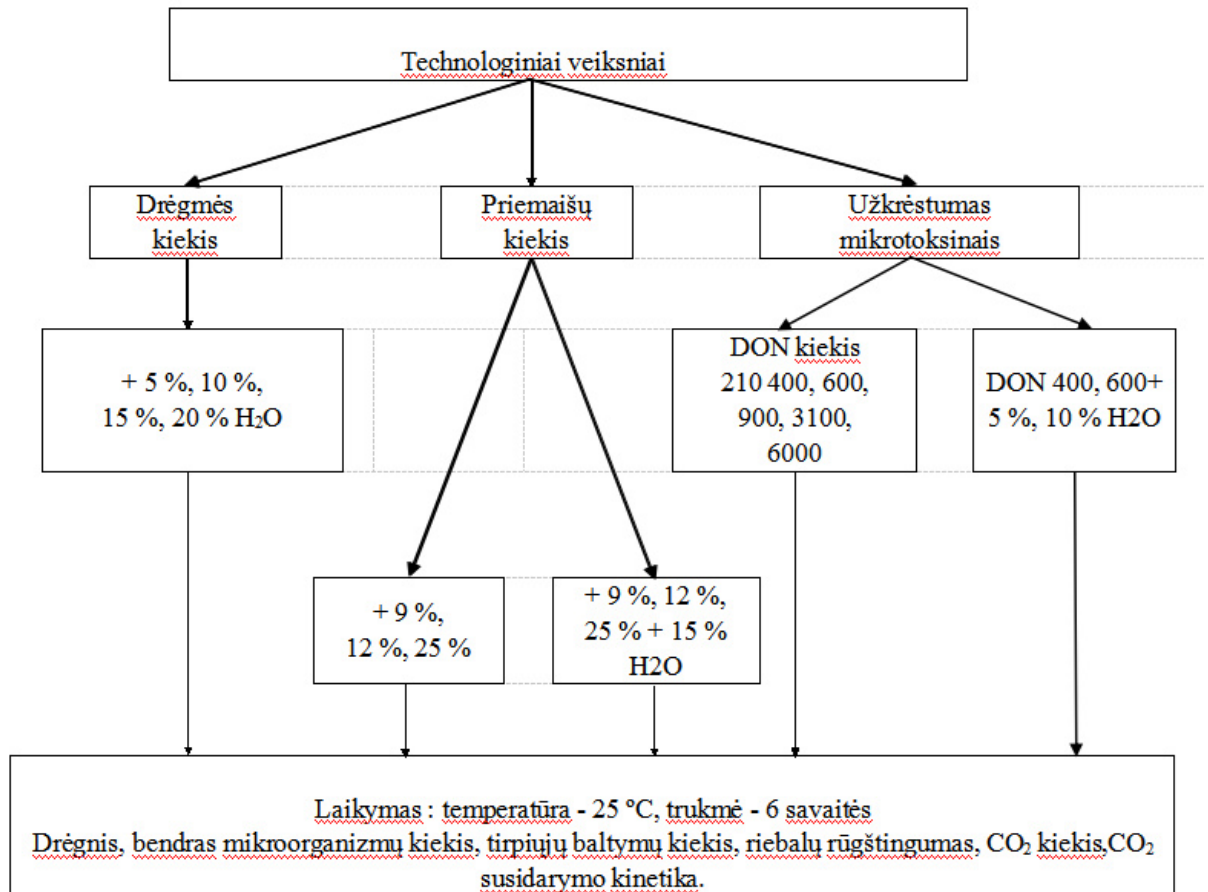
Technika tolydinei CO<sub>2</sub> kontrolei pagrįsta šio parametro fiksavimu viršerdvėje. Ji leidžia tiksliai ir daug anksčiau nustatyti grūdų gedimą ir vabzdžių infekciją nei vykdant temperatūros ir drėgmės monitoringą, tai ypač naudinga didelėse talpyklose. Atliekant CO<sub>2</sub> monitoringą talpyklose periodiniu būdu, priklausomai nuo talpyklos dydžio ir stogo konstrukcijos, maždaug 1 m virš grūdų sampilo, įmontuojami CO<sub>2</sub> davikliai, kurie realiu laiku fiksuoja CO<sub>2</sub> koncentraciją. Labai svarbu pašalinti galimą CO<sub>2</sub> nutekėjimą, todėl vieta, kurioje įmontuojami davikliai, turi būti hermetizuota. Daviklių energijos blokas taip pat dažnai yra montuojamas ant stogo ir kombinuojamas su saulės energijos moduliui. Valdymo pultas statoma talpyklos išorėje, 1,5 m virš žemės. Surinkti CO<sub>2</sub> matavimo duomenys apdorojami pagrindiniame valdymo bloke ir bevieliu ryšiu siunčiami į pagrindinį serverį. Pasiekus tam tikrą nustatytą CO<sub>2</sub> koncentracijos ribą arba esant staigiems CO<sub>2</sub> koncentracijos pokyčiams, gali būti siunčiamas pavojaus signalas pasirinktu būdu (telefonu, žinute, elektroniniu paštu ar kt.).[60]

Toks techninis sprendimas daugiausiai efektyvus talpyklose su aktyviaja ventilacija. Nesant ventilacijos sistemų grūdų saugyklose, toks CO<sub>2</sub> monitoringas grūdų laikymo metu yra problematinis dėl skirtingo dujų migracijos laikomuose grūduose ypatumų. Siekiant padidinti metodo tikslumą ir plėsti pritaikymo sritį grūdų laikymo kontrolei, pvz., mažose neventiliuojamose neventiliuojamose talpyklose, aktualu atrasti naują techninį sprendimą, leidžiantį stebėti CO<sub>2</sub> koncentracijos pokyčius grūdų masėje. Todėl būtina padidinti CO<sub>2</sub> monitoringo laikomuose grūduose efektyvumą, sukuriant pastoviai fiksuojančius CO<sub>2</sub> koncentraciją matavimo modulių tinklą ir jų galimą išdėstymo schemą plokščiadugnėse bearuodinėse saugyklose, kurios būdingos mažiems ūkiams.

## 2. TYRYMŲ OBJEKTAI IR METODAI

### 2.1. Pagrindinės tyrimų kryptys

Pagrindinės tyrimų kryptys pateiktos 2.1 pav.



2.1 pav. Pagrindinės tyrimų kryptys.

Tyrimai vykdyti trimis kryptimis:

- 1) Pirmame etape vertinta grūdų drėgnio ir stambumo įtaka mikroorganizmų ir CO<sub>2</sub> koncentracijos talpykloje, o taip pat kai kurių kokybės rodiklių pokyčiams 6 savačių laikymo metu;
- 2) Antras etapas buvo skirtas nustatyti priemaišų kiekio įtaką skirtingo drėgnio grūdų kokybės rodiklių, mikroorganizmų ir CO<sub>2</sub> koncentracijos talpykloje pokyčiams

laikymo metu;

- 3) Trečiame etape, vertinant užkrėstumo *Fusarium* spp. mikroskopiniais grybais ir jų metabolitais įtaką, tirti įvairaus drėgnio ir užkrėstumo deoksinivalenoliu (DON) grūdų pokyčiai laikymo metu.

Tyrimai atlikti Kauno Technologijos Universiteto, Maisto mokslo ir technologijos katedroje, grūdų produktų mokslinėje tyrimų laboratorijoje. Tyrimams ruoštos įvairios sveikų ir užkrėstų DON kviečių grūdų modelinės sistemos, keičiant jų drėgnį, priemaišų kiekį.

## 2.2. Tyrimo objektai ir medžiagos

Tyrimo objektais buvo 2012 m. derliaus sveiki ir pažeisti DON kviečių grūdai, gauti iš AB „Kauno grūdai“ (Kaunas) ir 2011 m. derliaus sveiki kviečių grūdai, gauti iš sėklų auginimo bendrovės Florimond Desprez (Cappelle-en-Pévèle, Prancūzija).

Eksperimentui vykdyti, ruoštos įvairios grūdų modelinės sistemos:

- 1) Tiriant drėgmės įtaką kviečių grūdų laikymui, analizuotos lietuviškų kviečių (LG) ir prancūziškų kviečių (PG) skirtingo drėgnio modelinės sistemos. Pažymėtina, kad lietuviški ir prancūziški grūdai skyrėsi savo stambumu (1000 lietuviškų grūdų masė – 43,32 g, 1000 prancūziškų grūdų masė – 56,72 g). Ruošiant jas, į 250 g sveikų, išvalytų nuo priemaišų grūdų mėginius įpiltas skirtingas vandens kiekis 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %. Toks vandens kiekis parinktas, įvertinant LST 1524 *Kviečiai. Supirkimo ir tiekimo reikalavimai* leistiną superkamų kviečių drėgnį (12,0-21,0 %). Mėginiai uždaryti ir laikyti parą kambario temperatūroje, kad išsigertų vanduo. Po to pasverti po 100 g mėginiai supilti į 250 ml talpyklas (kolbas), kurios hermetiškai užsandarintos, kad nebūtų eksperimento metu išsiskyrusio CO<sub>2</sub> nuostolių. Mėginiai laikyti 6 savaites pastovaus klimato kameroje, 25 °C temperatūroje, tamsoje.

- 2) Tiriant priemaišų ir drėgmės įtaką kviečių grūdų laikymui, analizuota lietuviškų kviečių modelinės sistemos. Ruošti 100 g mėginiai, į atitinkamą kiekį sveikų, išvalytų nuo priemaišų grūdų (91 g, 88 g, 75 g) papildomai pridedant tiek priemaišų, kad jų kiekis bendroje masėje būtų 9 %, 12 %, 25 %. Toks priemaišų kiekis parinktas, įvertinant LST

1524 *Kviečiai. Supirkimo ir tiekimo reikalavimai* leistiną priemaišų kiekį superkamuose kviečiuose (9,0-35,0 %). Kita dalis mėginių ruošti analogiškai, papildomai įpilant 15 % vandens. Padidinto drėgnio mėginiai papildomai laikyti parą kambario temperatūroje, kad įsigertų vanduo. Po to mėginiai supilti į 250 ml talpyklas (kolbas), kurios hermetiškai užsandarintos, kad nebūtų eksperimento metu išsiskyrusio CO<sub>2</sub> nuostolių. Mėginiai laikyti 6 savaites pastovaus klimato kameroje, 25 °C temperatūroje, tamsoje.

3) Tiriant užkrėstumo mikotoksinais įtaką kviečių kokybei laikymo metu, eksperimentui naudoti lietuviški kviečių grūdai su skirtingu DON kiekiu: 210, 400, 600, 900, 3100, 6000 µg/kg (DON kiekis nustatytas AB „Kauno grūdai“ laboratorijoje). Tirti sausi grūdai ir padidinto drėgnio jų modelinės sistemos, paruoštos papildomai įpilant į sausų grūdų mėginius 5 % ir 10 % vandens. Toliau eksperimentas vykdytas analogiškai kaip ir aukščiau aprašytuose tyrimuose.

4) Tiriant technologinių veiksnių (drėgnio ir stambumo) įtaką CO<sub>2</sub> dujų susidarymo kinetikai grūdų laikymo metu, analizuotos skirtingo stambumo lietuviškų kviečių (LG) ir prancūziškų kviečių (PG) skirtingo drėgnio modelinės sistemos, gautos į sausus grūdus įpylus 10 %, 15 %, 25 % vandens. Tiriant užkrėstumo mikotoksinais įtaką – analizuoti iš AB „Kauno grūdai“ gauti sveiki grūdai ir grūdai, kuriuose DON kiekis buvo 800 µg/kg grūdai. Tirti sausi grūdai ir padidinto drėgnio jų modelinės sistemos, paruoštos papildomai įpilant į sausų grūdų mėginius 25 % vandens. Modelinės sistemos ruoštos analogiškai kaip ir aukščiau aprašytuose tyrimuose. Mėginiai laikyti 48 val. pastovaus klimato kameroje, 25 °C temperatūroje, tamsoje.

Visais atvejais ruošti 2 lygiagretūs mėginiai. Kas savaitę buvo matuojamas kviečių grūdų išskiriamas CO<sub>2</sub> kiekis (ppm) viršerdvėje virš talpykloje laikomų, skirtingo stambumo, drėgnio ir užterštumo grūdų sampilo, o CO<sub>2</sub> susidarymo kinetikos analizei – kas 1 val. Kas savaitę grūdų mėginiuose taip pat nustatytas bendras mikroorganizmų kiekis bei grūdų kokybės rodikliai: tirpiųjų baltymų kiekis, riebalų rūgštingumas.

## 2.3. TYRIMŲ METODAI

### 2.3.1. CO<sub>2</sub> koncentracijos nustatymas OPTIMA 7 BIOGAS dujų analizatoriumi

Grūdų išskiriamų CO<sub>2</sub> dujų koncentracija matuota 250 ml talpykloje laikomų grūdų sampilo viršerdvėje naudojant OPTIMA 7 BIOGAS dujų analizatorių (Phoenix Instrumentation Pty Ltd (Gas Analysers), 2.2 pav.) Grūdų mėginiai laikyti pastovaus klimato kameroje (Sheldon Manufacturing, 2.3 pav.), esant temperatūrai (25±1 °C) ir santykinis oro drėgnumui (60-65 %). Išsiskyres CO<sub>2</sub> kiekis buvo matuojamas kas savaitę – dujų mėginys išsiurbiamas iš talpyklos dujų analizatoriumi. Matuojamas parametrai: CO<sub>2</sub> dujų koncentracija %.



2.2 pav. „OPTIMA BIOGAS” dujų analizatorius (A) ir talpyklose laikomi kviečių grūdai (B)

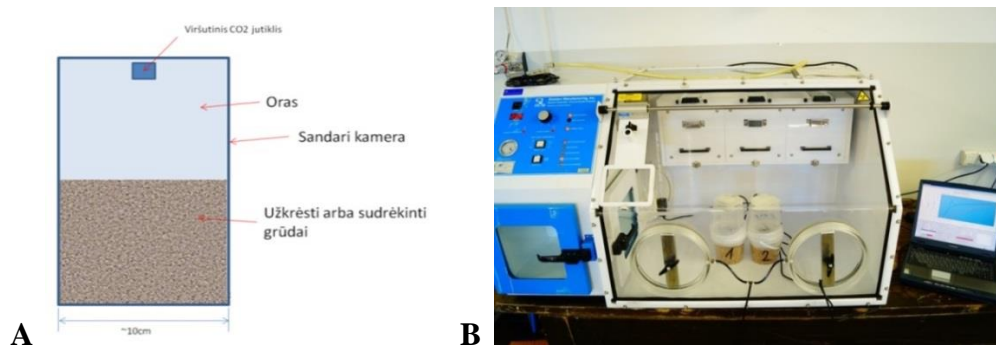
### 2.3.2. CO<sub>2</sub> susidarymo kinetikos grūduose įvertinimas

Grūdų kvėpavimo intensyvumas nustatytas laikant skirtingo stambumo, drėgno ir užkrėstumo kviečių grūdus plastikiniuose-hermetiniuose indeliuose, patalpintuose pastovaus klimato kameroje (Sheldon Manufacturing, 2.3 pav.).

Kvėpavimo intensyvumas (grūdų biologinis aktyvumas) nustatytas netiesioginiu būdu,



matuojant kviečių grūdų išskiriamą CO<sub>2</sub> kiekį (ppm) per 48 val. viršerdvėje virš laikomų, skirtingo stambumo, drėgnio ir užterštumo, kviečių grūdų sampilo.



**2.3 pav.** Eksperimento schema (A) ir pastovaus klimato kamera (B)

CO<sub>2</sub> koncentracija viršerdvėje fiksuota kas 1 val. CO<sub>2</sub> dujų davikliu (SenseAir firmos: CO<sub>2</sub> Engine K30 FR). Daviklio veikimas pagrįstas infraraudonųjų spindulių sugėrimo principu. Juo nustatoma CO<sub>2</sub> koncentracija išreiškiama milijoninėmis dalimis (ppm). Daviklių matavimo ribos - 0 iki 10000 ppm, matavimo tikslumas pagal tūrį  $\pm 30$  ppm. Analizuojamus duomenys fiksavo CO<sub>2</sub> Meter firmos programinė įranga GasLab.

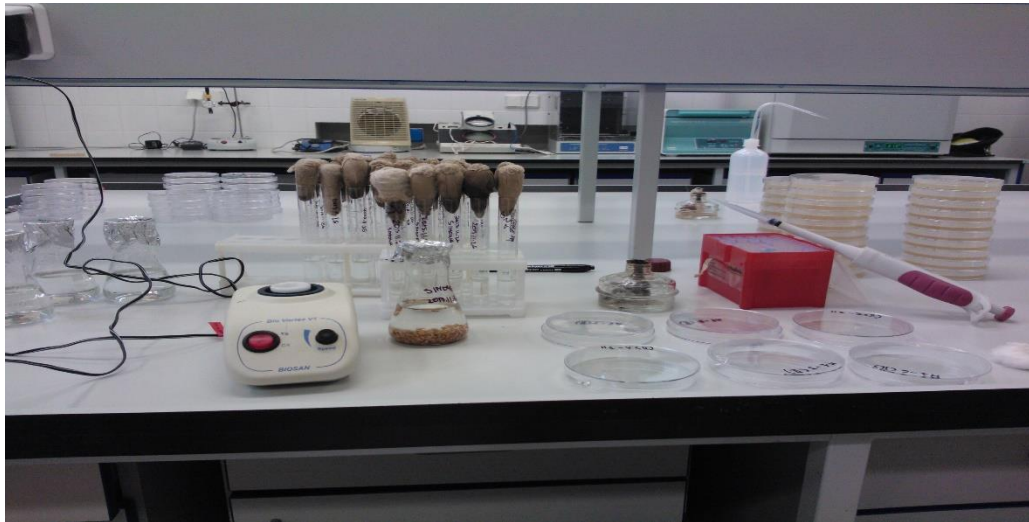
### **2.3.3. Bendras mikroorganizmų skaičiaus nustatymas ( pagal LST EN ISO 4833:2003 )**

Bendras mikroorganizmų skaičius nustatytas pagal LST EN ISO 4833:2003.

*Maisto ir pašarų mikrobiologija. Bendrasis metodas. Kolonijų skaičiavimo 30 °C temperatūroje metodas* .[54]

Bendras mikroorganizmų skaičius (BMS) – tai mikroorganizmų kolonijų, išaugintų standžioje terpėje, aerobinėmis sąlygomis, 30 °C temperatūroje, skaičius (2.4 pav.). Mikroorganizmai – bakterijos, mielės ir mikroskopiniai grybai, sudarantys skaičiuojamas kolonijas, augančias nurodytomis sąlygomis.

Naudota terpė Plate Count Agar (ISO 4833, Liofilchem, Italija ).Terpė ruošta, pridėjus 23,5 g terpės į 1 l distiliuoto vandens, sumaišius ir po to autoklavuojant 121 °C temperatūroje 15 min.



**2.4 pav.** Kolonijų tankis lėkštelėse, pasėjus skirtingus skiedinius

Bakterinis užterštumas išreiškiamas kolonijas sudarančių vienetų (KSV) skaičiumi 1 g produkto. KSV skaičius / 1 g produkto apskaičiuojamas pagal formulę:

$$N = \frac{\sum c}{V \times [n_1 + (0,1 n_2)] \times d};$$

čia:  $\sum C$  – kolonijų suma, suskaičiuotų visose neatmestose lėkštelėse iš dviejų vienas po kito einančių skiedinių, kai bent vienoje lėkštelėje yra 15–300 kolonijų;  $V$  – užsėtos medžiagos ar skiedinio tūris lėkštelėje mililitrais;  $n_1$  – pirmojo skiedinio vertinamų lėkštelių skaičius;  $n_2$  – antrojo skiedinio vertinamų lėkštelių skaičius;  $d$  – pirmojo vertinamo skiedinio skiedimo koeficientas [ $d = 1$ , kai tiriamasis skystas produktas (tiriamasis mėginys) yra nekeistas].

Apskaičiuotas rezultatas suapvalinamas iki dviejų reikšminių skaičių. Rezultatu laikomas KSV skaičius / 1 g produkto, išreikštas skaičiumi tarp 1,0 ir 9,9, padaugintu iš 10, pakėlus atitinkamu laipsniu [54].

### 2.3.4. Mielių ir pelėsinų grybų skaičiaus nustatymas

Metodas pagrįstas produkto mėginio ir jo skiedinių sėjimu į atrankiąją agarą terpę, pasėlių auginimu aerobinėmis sąlygomis 3,4, 5 paras 25 °C temperatūroje, būdingųjų mielių ir pelėsinų grybų kolonijų skaičiavimui. LST ISO 7954:1998 *Mikrobiologija. Mielių ir pelėsinų grybų skaičiavimas. Bendrieji nurodymai. Kolonijų skaičiaus nustatymas 25 °C temperatūroje*.

Naudota terpė Yeast Glucose Chloramphenicol Agar (Liofilchem, Italija).

Ant atvėsintos sustingusios terpės Petri lėkštelėje dedami 7 grūdai ir paliekami

termostate apie 3 - 4 paras. Po laikymo identifikuojami išaugę pelėsiniai grybai.

### 2.3.5. Grūdų drėgnio nustatymas

Grūdų drėgnis nustatytas pagal LST EN ISO 712:2009 *Grūdai ir jų produktai. Drėgmės kiekio nustatymas. Pamatinis metodas* [55]. Metodo esmė - tiriamoji susmulkinto ėminio dalis ( $\pm 5$  g) ir džiovinama nuo 130 °C iki 133 °C temperatūroje  $120 \pm 5$  min. Indas greitai ištraukiamas iš džiovinimo spintos, u-dengiamas ir įdedamas į eksikatorių. Po to mėginys pasveriamas 0,001 g tikslumu Drėgnis  $w$ , išreikštas produkto masės %, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$w = \left( 1 - \frac{m_1}{m_0} \right) \times 100 \%$$

čia:  $m_0$  – ėminio masė g;  $m_1$  – išdžiovinto mėginio masė g.

Rezultatas yra dviejų tyrimų aritmetinis vidurkis, kuris atitinka pakartojamumo reikalavimus [55]

### 2.3.6. Tirpiųjų baltymų nustatymas Kjeldalio metodu

*Tirpiųjų baltymų išskyrimas.* Pasveriamas 5 g smulkintų grūdų produkto. Sudedama į kūginę 300 ml talpos kolbą ir užpilama 12,5 g (ml) distiliuoto vandens. Įpilama 1,25 ml 10 % NaCl tirpalo, kad geriau ištirptų ne tik albuminų, bet ir globulinų grupės baltymai. Mišinys suplakamas ir paliekamas stovėti 10 min, vis pakartotinai suplakant. Po to mišinys filtruojamas per vatą arba retą popieriaus filtrą. Medžiagos liekana kolboje dar kartą skaidoma užpylus 5 ml vandens ir filtruojama per tą patį filtrą į tą patį indą. Gautas filtratas supilamas į 25 ml matavimo kolbą, iki žymės pripilama vandens ir sumaišoma.

Baltymų kiekis filtrate nustatytas Kjeldalio metodu pagal LST EN ISO 20483 *Varpinių ir ankštinių javų grūdai. Azoto kiekio nustatymas ir žaliųjų baltymų kiekio skaičiavimas. Kjeldalio metodas* [56]. Mineralizacija vykdoma, kaitinant tiriamąją filtrato dalį (10 ml) su koncentruota sieros rūgštimi. Išsiskyręs  $\text{NH}_3$  reaguoja su koncentruotos sieros rūgšties likučiu, sudarydamas amonio sulfatą. Amonio sulfatas nutitruojamas 0,01 N HCl.

Iš tiriamo produkto mėginio išsiskyręs azoto (N) kiekis (%) apskaičiuojamas pagal formulę:

$$N=[0,00014 \times (V_1-V_0) \times 100 \times 100]/m \times b (\%);$$

čia: 0,00014 – azoto kiekis, kurį sujungia 1 ml.  $V_1$ - 0,01 N HCl kiekis, sunaudotas iš distilijuojamo mėginio išsiskyrusiam  $\text{NH}_3$  sujungti, ml;  $V_0$ - 0,01 N HCl kiekis sunaudotas tuščiajam mėginiui nutitruoti, ml; b- distiliavimui paimtas mineralizato kiekis, ml; m- deginimui paimtas filtrato kiekis.

Baltymų kiekis filtrate ( $B_f$ ) apskaičiuojamas pagal gautą azoto kiekį.

$$B_f = k \times N_t$$

Tirpiųjų baltymų kiekis produkte surandamas pagal paimtą analizei jo kiekį ir praskiedimo tūrį:

$$B_{pr} = B_f \times 25 / G;$$

čia: G - analizei paimto produkto kiekis(5g); 25 - paruošto filtrato , kuriame yra tirpūs baltymai, tūris;

### 2.3.7. Riebalų rūgštingumo nustatymas

Grūdų riebalų rūgštingumas nustatytas pagal LST ISO 7305:2000 *Maltų grūdų produktai. Riebalų rūgštingumo nustatymas* [57]. Metodo esmė: rūgštys tirpinamos etilo alkoholyje kambario temperatūroje, po to mėginys centrifuguojamas, o centrifugatas titruojamas natrio hidroksidu.

Riebalų rūgštingumas  $A_{Na}$ , išreikštas natrio hidroksido miligramais 100 g sausojo produkto, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$A_{Na} = \frac{6000(V_1 - V_0)c}{m} \times \frac{100}{100 - w}$$

Čia: c - naudoto etaloninio natrio hidroksido tirpalo tiksli tūrinė koncentracija, išreikšta moliais litre; m - analizės mėginio masė gramais;  $V_1$  - analizės mėginio tyrimui sunaudoto natrio hidroksido tirpalo kiekis mililitrais;  $V_0$  - tuščiajam tyrimui sunaudoto natrio hidroksido tirpalo kiekis mililitrais; 6000 - konstanta perskaičiuota į natrio hidroksido miligramus t.y (40 x 1,5 x 100).

Rezultatai pateikiami miligramo tikslumu.

### 2.3.8. Grūdų stambumo nustatymas

Grūdų stambumas vertintas pagal 1000 grūdų masę, kuri nustatyta pagal LST EN ISO 520:2011 *Varpinių ir ankštinių javų grūdai. 1000 grūdų masės nustatymas* [58]. Metodo esmė: tiriamoji mėginio dalis paruošiama atskiriant sveikus grūdus, ji pasverama ir suskaičiuojami sveiki grūdai. Sveikų grūdų masė padalijama iš jų skaičiaus ir išreiškiama 1000 grūdų.

Pristatytų 1000 grūdų masė,  $m_1$ , išreikšta gramais, apskaičiuojama pagal formulę:

$$m_1 = \frac{m_t \times 1\,000}{N}$$

čia:  $m_t$  – ėminyje esančių sveikų grūdų masė gramais;  $N$  – ėminyje esančių sveikų grūdų skaičius.

### 2.3.9. Matematinis statistinis duomenų apdorojimas

Tirtų rodiklių vidutinės vertės ir standartinio nuokrypio vertės apskaičiuotos panaudojant MS Exel programą.

Nustatant bendrą mikroorganizmų skaičių, atlikti 3 lygiagretūs tyrimai. Nustatant kviečių grūdų cheminę sudėtį ( tirpiųjų baltymų kiekį, riebalų rūgštingumo kiekį)eksperimentai kartoti 2 kartus.

### 3. DARBO REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Laikomų grūdų kvėpavimo intensyvumas labai priklauso nuo daugelio veiksnių: grūdų drėgčio, temperatūros, grūdinės žaliavos pažeistumo ir užterštumo, jų morfologinių savybių. Laikomi grūdai, priklausomai nuo jų rūšies, dažnai būna skirtingų technologinių parametrų. Laikant skirtingo stambumo, užterštumo ir drėgčio grūdų masę, joje vyksta skirtingi kvėpavimo procesai, susiję ir su grūdų kokybės pokyčiais. Kad tai įvertinti, tirta, kokią įtaka grūdų stambumas, drėgnis, priemaišų kiekis ir užkrėstumas mikotoksinais (deoksinivalenoliu) turėjo grūdų kvėpavimo intensyvumui ir kokybės pokyčiams.

#### 3.1. Grūdų stambumo ir drėgmės kiekio įtaka CO<sub>2</sub> susidarymui ir kviečių kokybės rodiklių pokyčiams laikymo metu

Tiriant drėgmės įtaką kviečių grūdų laikymui, analizuotos skirtingo drėgčio lietuviškų kviečių (LG) ir prancūziškų kviečių (PG) modelinės sistemos, besiskiriančios grūdų stambumu (žr. 2.2 sk.). Modelinių sistemų grūdų drėgniai pateikti 3.1 lentelėje.

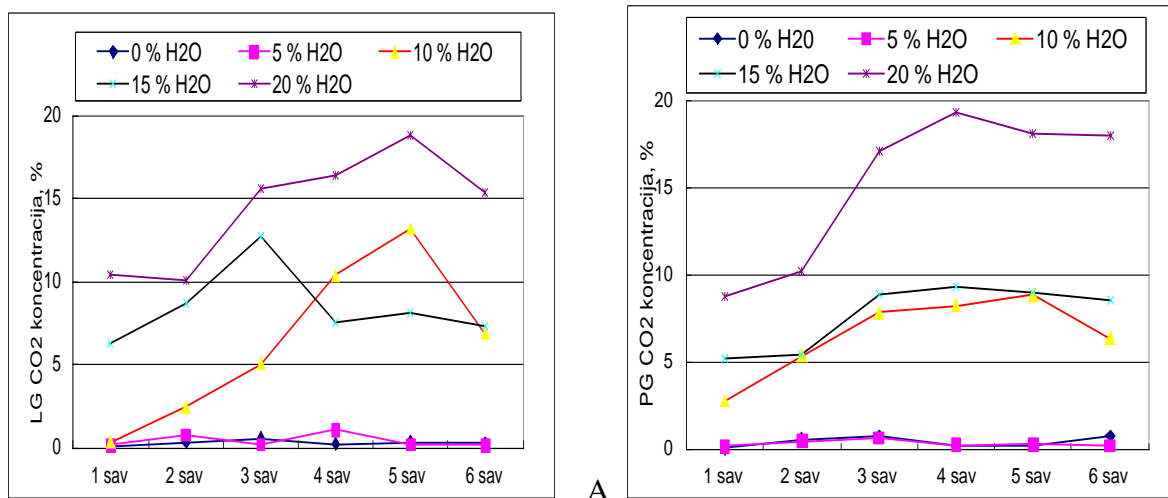
##### 3.1 lentelė. Kviečių grūdų modelinių sistemų drėgnis (%)

| Įpilto H <sub>2</sub> O kiekis, %                     | 0                | 5                | 10                | 15                | 20                |
|---|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Lietuviški grūdai (LG),<br>1000 grūdų masė – 43,32 g  | 8,46 ±<br>0,22 % | 9,37 ±<br>0,05 % | 10,24 ±<br>0,04%  | 15,63 ±<br>0,36   | 17,48 ±<br>0,32 % |
| Prancūziški grūdai (PG),<br>1000 grūdų masė – 56,72 g | 8,89 ±<br>0,02 % | 10,28 ±<br>0,12% | 11,48 ±<br>0,34 % | 17,05 ±<br>0,41 % | 18,89 ±<br>0,11 % |

Drėgmės kiekio įtakos grūdų kokybės rodiklių pokyčiams laikymo metu ir CO<sub>2</sub> koncentracijai talpykloje pateikti 3.1-3.4 pav.

Tyrimai rodo, kad didžiausi CO<sub>2</sub> dujų kiekiai išsiskyrė po 3–5 sav. laikymo, po to kiekis pradėjo mažėti, manoma, kad gali būti susijęs su CO<sub>2</sub> absorbcijos procesu. (3.1 pav). Išsiskyręs CO<sub>2</sub> dujų kiekis priklausė nuo grūduose esančio drėgmės kiekio. Pastebėta, kad laikant sausus grūdus (9,37-10,28 %) talpyklose CO<sub>2</sub> dujų beveik nesusidarė visas 6 laikymo savaites (0,1-0,8 %). Didėjant drėgniui, grūdų kvėpavimo intensyvumas, o tuo pačiu susidarantis CO<sub>2</sub> kiekis didėja. Tokios tendencijos būdingos tiek smulkiems (3.1 A

pav.), tiek ir stambiams (3.1 B pav.) kviečių grūdams. Po 1 sav. daugiausiai CO<sub>2</sub> dujų (smulkiuose grūduose – 10,4 %, stambiuose – 8,8 %) išsiskyrė didžiausio drėgnio grūduose (17,48-18,89 %), šiuose grūduose didžiausia CO<sub>2</sub> koncentracija išliko ir viso laikymo metu.



B

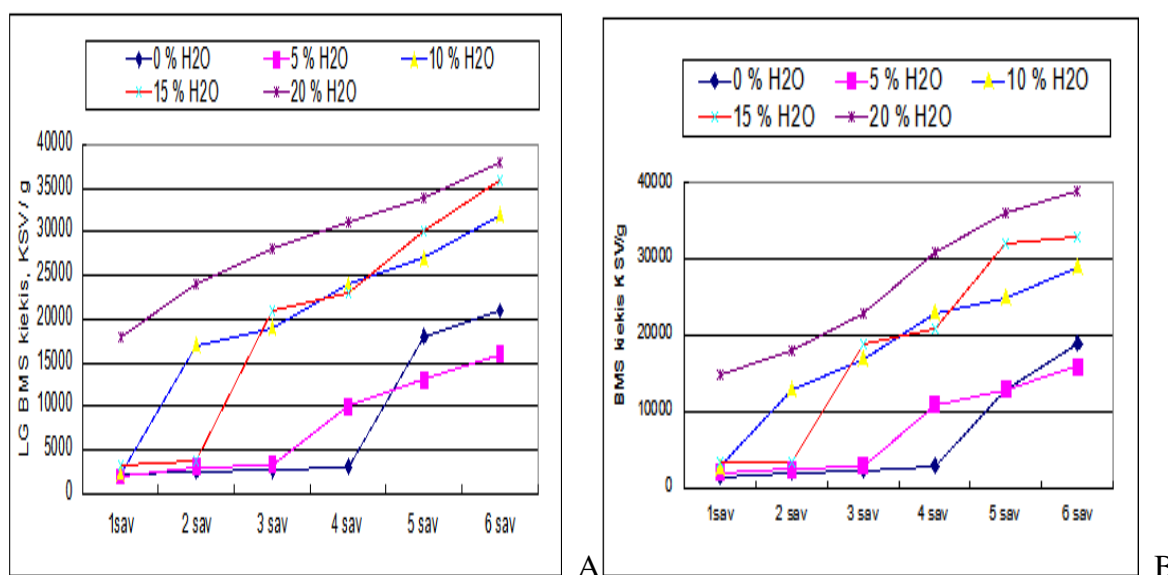
**3.1 pav.** Drėgmės kiekio įtaka susidariusių CO<sub>2</sub> dujų kiekiui talpykloje smulkių (A) ir stambių (B) kviečių laikymo metu.

Gauti rezultatai sutampa su literatūroje pateikiamais duomenimis, kad, laikant grūdus hermetiškose talpyklose, susidariusių CO<sub>2</sub> dujų koncentracija tiesiogiai priklauso nuo jų drėgmės kiekio. Pavyzdžiui, jei kviečių drėgnis yra mažesnis nei 13 %, CO<sub>2</sub> dujų koncentracija yra mažesnė nei 5 %, tačiau, esant didesniai grūdų drėgnei (drėgmės kiekis 19 %), suaktyvėja mikroskopinių grybų vystymasis, CO<sub>2</sub> dujų koncentracija pasiekia 30 %. Mikroskopiniams grybams daugintis tinkamiausia temperatūra yra 25–30 °C. [63].

Galima teigti, kad didinamas grūdų modelinių sistemų drėgnis suaktyvino mikroorganizmų (bakterijų ir mikroskopinių grybų) veiklą, kuri turėjo įtakos CO<sub>2</sub> dujų išsiskyrimo pokyčiams laikymo metu. Šį teiginį patvirtino ir grūdų modelinių sistemų BMS tyrimai laikymo metu (3.2 pav.). Aktyviausiai mikroorganizmai dauginosi didžiausio drėgnio grūdų mėginiuose, jų kiekis buvo didžiausias (smulkiuose grūduose – nuo  $1,8 \times 10^4$  KSV/g iki  $3,8 \times 10^4$ , stambiuose – nuo  $1,5 \times 10^4$  KSV/g iki  $3,9 \times 10^4$  KSV/g) tiek po 1 sav. laikymo, tiek ir po 6 sav. laikymo. Drėgnis kiekis turėjo įtakos ne tik mikroorganizmų kiekiui, bet ir jų intensyvaus dauginimosi fazės pradžiai: didėjant drėgnei

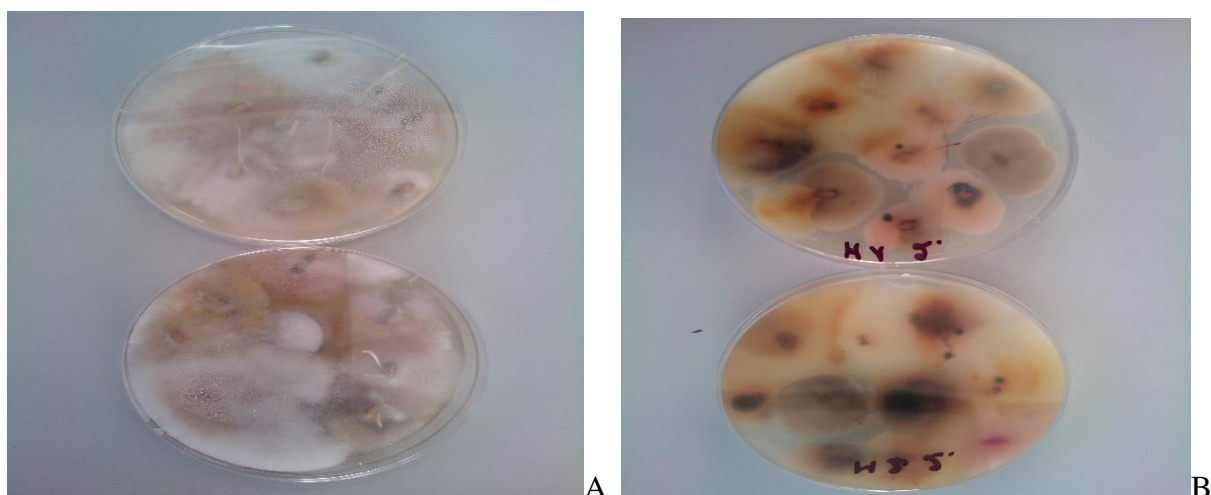
fazės pradžia ankstyvėjo. Sausuose grūduose (drėgnis 8,46-10,28 %) intensyvus mikroorganizmų dauginimasis prasidėjo po 5 sav., padidinus drėgnį virš 11 % – po 3 sav., padidinus virš 15 % – po 2 sav.

Adler teigia, kad kai grūdų drėgnis pasiekia 14 % ir daugiau, mikroskopinių grybų dauginimasis suaktyvėja. Esant aplinkos temperatūrai 19 °C, o grūdus drėgniui 17 %, talpyklose juos galima laikyti ne ilgiau kaip 4 sav. [4]. Analogiški rezultatai gauti ir eksperimento metu. Didžiausio drėgnio (17,48-18,89 %) kviečių mėginiuose po 3 sav. laikymo vizualiai pastebėtos susidarę mikroskopinių grybų sankaupos (pelėsiai). Papildomai atlikus jų mikroskopinius tyrimus (3.3 pav.), galima teigti kad tai *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicilium* spp. mikroskopiniai grybai. Tai taip pat rodo reikšmingą mikroskopinių grybų ir jų metabolitų, kurie intensyvino kvėpavimo procesą, įtaką CO<sub>2</sub> dujų koncentracijos pokyčiams talpyklose.



**3.2 pav.** Drėgmės kiekio įtaka smulkių (A) ir stambių (B) kviečių BMS pokyčiams laikymo metu.





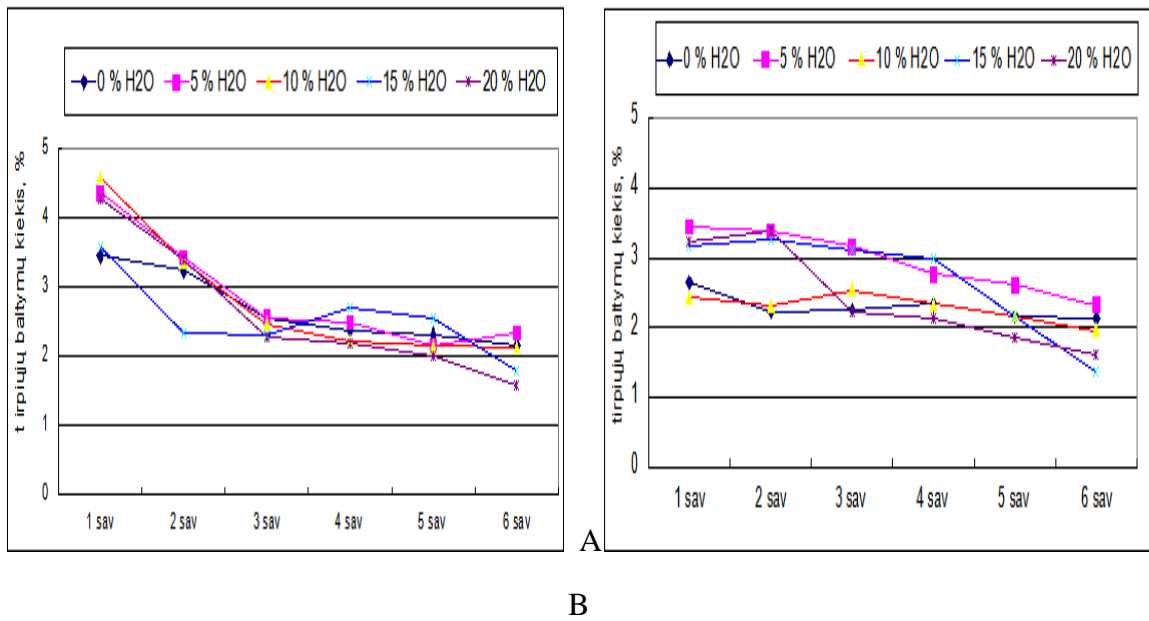
**3.3 pav.** Mikroskopinių grybų kolonijos, susidarę smulkių (A) ir stambių (B) kviečiuose, kurių drėgnis daugiau kaip 17 %, po 3 savaičių laikymo uždaroje talpyklose.

Žinoma, kad esant didesniai drėgnei taip pat suaktyvėja proteolitiniai ir lipolitiniai fermentai, susiję su grūdų maistingumo (baltymų ir lipidų) kiekio sumažėjimu. Mikroskopiniai grybai, turintys didelį lipolitinį aktyvumą, skatina laisvųjų riebalų rūgščių susidarymą. Intensyvesnė laisvųjų riebalų rūgščių gamyba taip pat susijusi su miltų kokybės blogėjimu [27]. Todėl eksperimento metu papildomai įvertinti tokie grūdų kokybės rodikliai, kaip tirpiųjų baltymų kiekis ir riebalų rūgštingumas (3.4 ir 3.5 pav.). Skaitoma, kad riebalų hidrolizė grūduose vyksta greičiau nei baltymų ar angliavandenių hidrolizė, todėl laisvųjų riebalų rūgščių kiekis (riebalų rūgštingumas) gali būti kaip grūdų gedimo indikatorius.

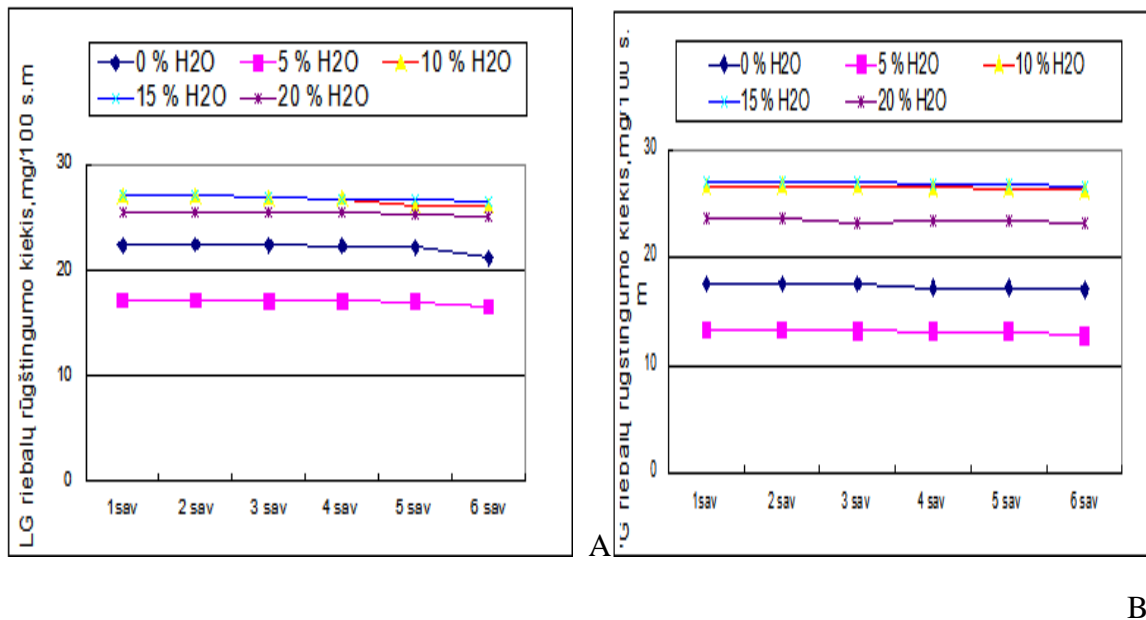
Nustatyta, kad tirpiųjų baltymų kiekis grūduose mažėjo laikymo metu. Didžiausias jų pokytis užfiksuotas smulkiuose kviečiuose po 3 sav. laikymo. Galima teigti, kad tirpios baltyminės medžiagos buvo sunaudotos mikroorganizmų dauginimuisi kaip maistinės medžiagos. Tirpiųjų baltymų kiekio mažėjimas taip pat siejamas su to, kad laikymo metu silpnėja baltymų molekulių hidrofilinės charakteristikos ir agregacija, ko pasekoje mažėja tirpiųjų baltymų.

Kitas tirtas rodiklis – riebalų rūgštingumas visose modelinėse sistemose išliko beveik nepakitęs. Tai rodo, kad pasirinkta eksperimento trukmė buvo per trumpa lipazės suaktyvėjimui ir riebalų hidrolizei. Skirtumus tarp skirtingų modelinių sistemų grūdų

riebalų rūgštingumo galima būtų paaiškinti jų nevienoda drėgme.



**3.4 pav.** Drėgnio įtaka smulkių (A) ir stambių (B) kviečių tirpiųjų baltymų pokyčiams laikymo metu.



**3.5 pav.** Drėgnio įtaka smulkių (A) ir stambių (B) kviečių riebalų rūgštingumo pokyčiams laikymo metu.

Apibendrinant tyrimų rezultatus galime teigti, kad grūdų drėgnis turėjo didelę

reikšmę CO<sub>2</sub> dujų koncentracijos pokyčiams. Manoma, kad palanki temperatūra (25 °C) ir drėgnis intensyvinu mikroorganizmų dauginimąsi ir pelėsių susidarymą talpyklose. Dėl mikroorganizmų veiklos sumažėjo tirpiųjų baltymų kiekis grūduose. Kviečių rūšis (stambumas) neturėjo reikšmingos įtakos kviečių kokybės rodiklių ir CO<sub>2</sub> dujų koncentracijos pokyčiams. Nevienodą CO<sub>2</sub> dujų koncentracijos ir BMS kitimo kreivių pobūdį galima būtų paaiškinti CO<sub>2</sub> dujų matavimo metodikos ypatumais. Naudotu prietaisu talpykloje buvo matuojamas per savaitę laikymo susidaręs CO<sub>2</sub> dujų kiekis, kuris matavimo metu buvo ištraukiamas iš talpyklos. CO<sub>2</sub> koncentracijos kreivėse fiksuojamas maksimumas susijęs su intensyviausio mikroorganizmų dauginimosi faze. Mikroorganizmų dauginimuisi sulėtėjus ir perėjus į stacionarią fazę (5-6 sav.), išsiskyrusio CO<sub>2</sub> kiekis mažėjo.

### **3.2. Priemaišų kiekio įtaka skirtingo drėgnio kviečių kokybės rodiklių ir CO<sub>2</sub> koncentracijos pokyčiams laikymo metu**

Tiriant priemaišų ir drėgmės įtaką kviečių grūdų laikymui, analizuotos skirtingo drėgnio kviečių su įvairiais priemaišų kiekiais modelinės sistemos. Modelinių sistemų drėgniai pateikti 3.2 lentelėje. Pastebėta, kad priemaišų kiekis didino sistemos drėgnį: esant masėje 25 % priemaišų, jos drėgnis padidėjo 4,4 %, o 15 % vandens priedas padidino grūdų masės drėgnį dar 2-3 %.

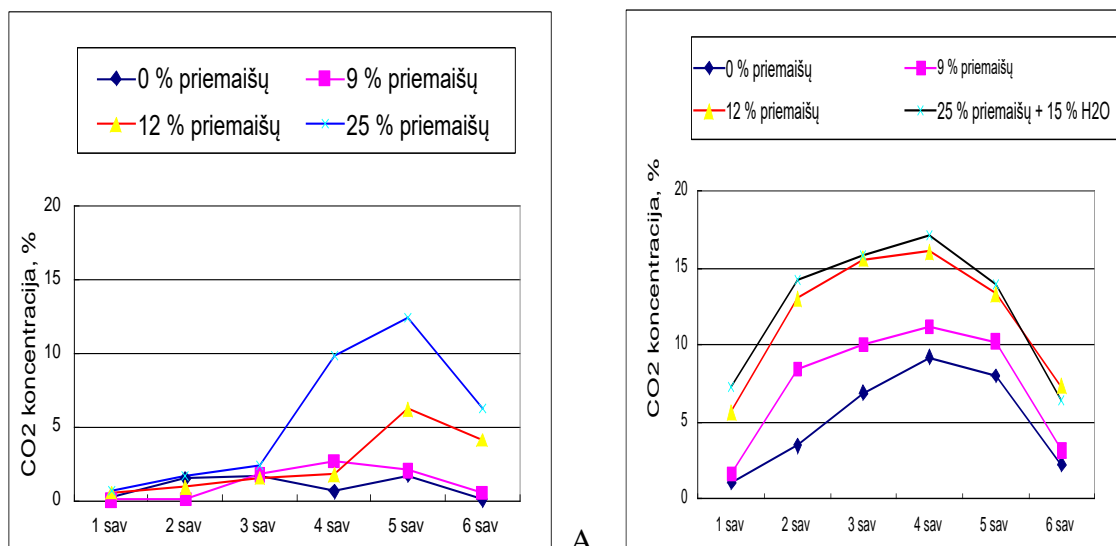
**3.2 lentelė.** Kviečių grūdų su priemaišomis modelinių sistemų drėgnis (%)

| Priemaišų kiekis, %                   | 0            | 9            | 12          | 25           |
|---------------------------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| Sausi grūdai su priemaišomis          | 10,32±0,21   | 12,27 ± 0,25 | 13,22± 0,06 | 14,72 ± 0,29 |
| Grūdai su priemaišomis + 15 % vandens | 13,34 ± 0,36 | 14,56 ± 0,46 | 15,37± 0,25 | 16,38 ± 0,15 |

Eksperimento rezultatai, pateikti 3.6 A pav., parodė, kad sausų grūdų laikymo metu CO<sub>2</sub> dujų koncentracija pasiekė maksimumą po 4-5 sav. laikymo, po to stebimas CO<sub>2</sub> dujų koncentracijos mažėjimas. Didėjant priemaišų kiekiui, išsiskyrusių CO<sub>2</sub> dujų koncentracija didėjo: daugiausiai CO<sub>2</sub> dujų susidarė grūduose su 25 % priemaišų.

Pastebėta tendencija, kad drėgnis intensyvinu užterštų grūdų kvėpavimo procesus: didžiausi išsiskyrusių CO<sub>2</sub> dujų kiekiai fiksuoti po 4 sav. laikymo (3.6 B pav.). Padidėjo,

priklausomai nuo užterštumo priemaišomis, ir išsiskyrusių CO<sub>2</sub> dujų koncentracija. Didžiausia, 17,12 % CO<sub>2</sub> koncentracija išmatuota daugiausiai (25 %) priemaišų turinčiuose kviečiuose po 4 sav. laikymo.



B

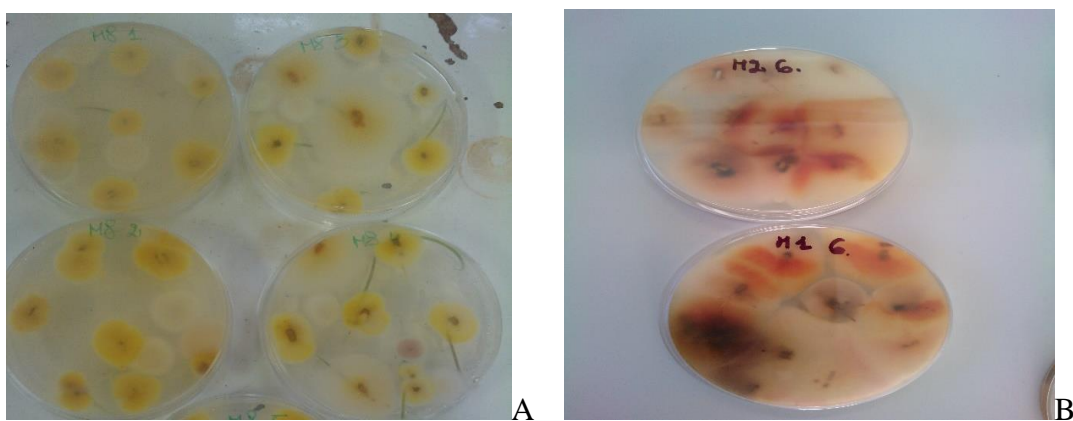
**3.6 pav.** Priemaišų įtaka CO<sub>2</sub> pokyčiams talpykloje kviečių (sausų (A) ir padidinto drėgnio, su 15 % H<sub>2</sub>O (B)) laikymo metu.

Literatūros duomenimis, lyginant to pačio drėgnio geros ir blogos kokybės grūdus (su didesniu priemaišų, pažeistų ar skaldytų grūdų kiekiu), buvo nustatyta, kad laikant talpyklose geros kokybės grūdus, išsiskyrusio CO<sub>2</sub> koncentracija buvo žymiai mažesnė nei laikant blogos kokybės grūdus. Tokie pokyčiai aiškinami didesniu blogos kokybės grūdų biologiniu aktyvumu [48].

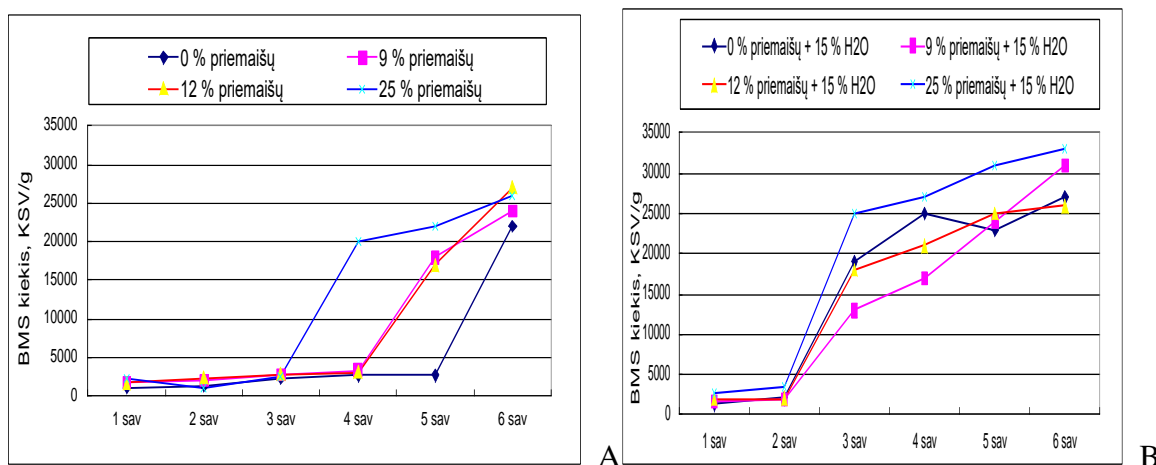
Eksperimento metu po 3 sav. laikymo grūdų modelinėse sistemose su 9 % priemaišų ir su 25 % priemaišų vizualiai buvo pastebėti susidarę pelėšiai, kurie ir turėjo įtakos kviečių kvėpavimo intensyvumui bei susidariusių CO<sub>2</sub> dujų koncentracijos didėjimui. Papildomai atlikus jų mikroskopinius tyrimus (3.7 pav.), galima teigti kad tai mėginyje su 9 % priemaišų vyravo *Aspergillus* spp., o su 25 % priemaišų – *Fusarium* ir *Penicilium* spp. mikroskopiniai grybai. Daugiau mikroskopinių grybų kolonijų susidarė blogesnės kokybės,

t. y. didesnio užterštumo grūduose su daugiau priemaišų.

BMS tyrimai kviečiuose taip pat parodė mikroorganizmų dauginimosi suintensyvėjimą didelio užterštumo (25 % priemaišų) modelinėse sistemose po 3 sav. laikymo ( $2,5 \times 10^2$  KSV/g) (3.8 A pav.). Šiuo atveju priemaišų kiekis didesnę įtaką turėjo jų intensyvaus dauginimosi fazės pradžiai: grūduose be priemaišų intensyvus mikroorganizmų dauginimasis prasidėjo po 5 sav., esant priemaišų kiekiui 9-12 % – po 4 sav., 25 % – po 3 sav. Padidinus kviečių modelinių sistemų drėgnį, intensyvus mikroorganizmų dauginimasis prasidėjo dar anksčiau (po 2 sav.), susidarė didesni jų kiekiai.



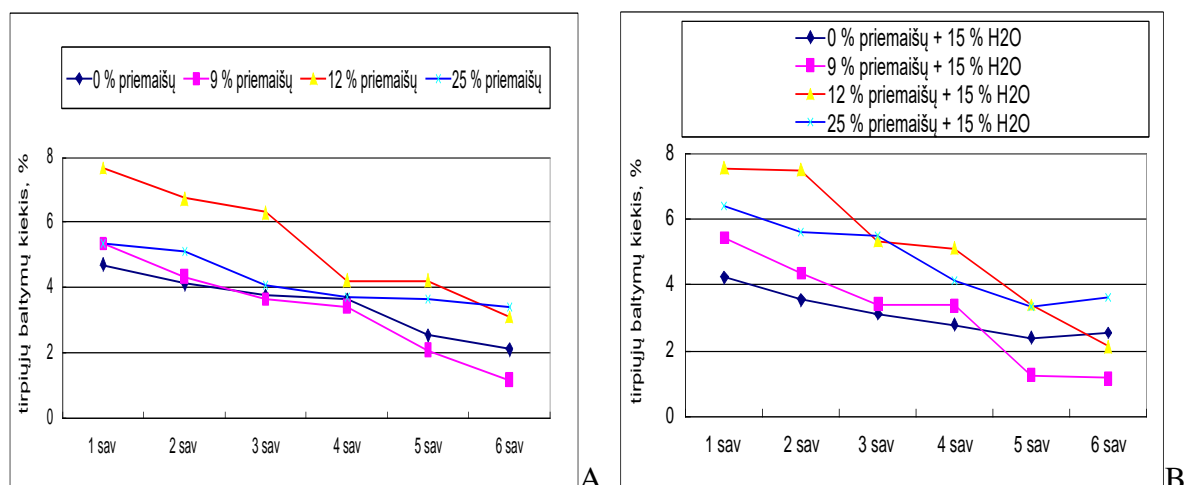
**3.7 pav.** Mikroskopinių grybų kolonijos, susidarę skirtingo užterštumo sausų kviečių mėginiuose (su 9 % priemaišų (A) ir su 25 % priemaišų (B)) po 3 savaičių laikymo uždaroje talpyklose.



**3.8 pav.** Priemaišų įtaka BMS pokyčiams kviečių (sausų (A) ir padidinto drėgnio, su 15 % H<sub>2</sub>O (B)) laikymo metu.

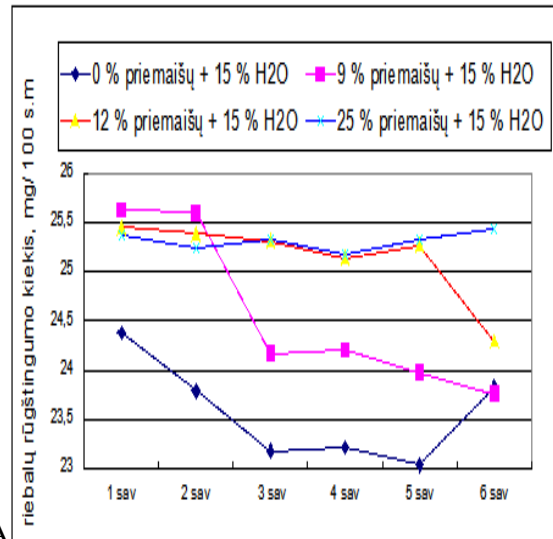
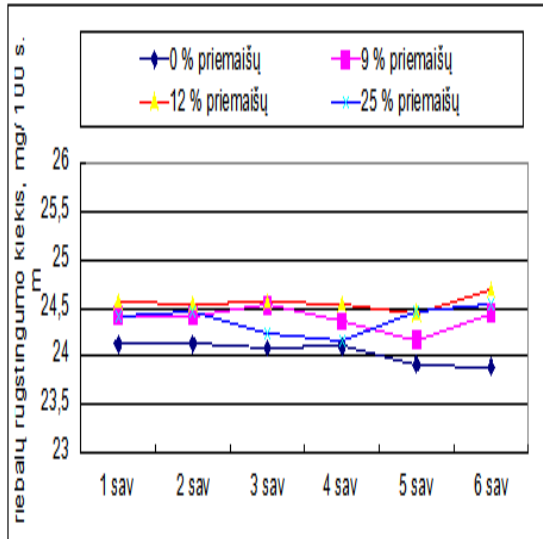
Tyrimų rezultatai rodo, kad didžiausi baltymų nuostoliai užfiksuoti sausų kviečių mėginyje su 12 % priemaišų: nuo 1 sav. iki 6 sav. laikymo baltymų kiekis sumažėjo 4,54 %, (3.9 A pav.). Mažiau priemaišų (9 %) turinčiuose mėginiuose tirpiųjų baltymų nuostoliai buvo mažesni – 4,7 %. be priemaišų – 2,58 %. Identiškame I-mo eksperimento mėginyje (3.4 A pav.) laikomų sausų grūdų tirpiųjų baltymų nuostoliai sudarė 1,3 %.

Tiriant kompleksiskai drėgnio ir priemaišų įtaką grūdų kokybei (3.9 B pav.), esant didesniai grūdų masės drėgniui, pastebėtos analogiškos tendencijos, kaip sausų grūdų atveju (3.9 A pav.). Didžiausi tirpiųjų baltymų kiekio nuostoliai susidarė kviečiuose su 12 % priemaišų – 5,43 %. Sveikų grūdų mėginyje be priemaišų tirpiųjų baltymų kiekio nuostoliai buvo mažiausi – 1,63 %. Palyginus su I-mame eksperimento etape gautais analogiškos modelinės sistemos tyrimo rezultatais (3.4 B pav.), grūdų su 15 % H<sub>2</sub>O laikymo metu tirpiųjų baltymų nuostoliai buvo labai panašūs ir sudarė 1,8 %.



**3.10 pav.** Priemaišų įtaka tirpiųjų baltymų pokyčiams kviečių (sausų (A) ir padidinto drėgnio, su 15 % H<sub>2</sub>O (B)) laikymo metu.

Tyrimų rezultatai (3.10 pav.) rodo, kad po 1 sav. laikymo didžiausias riebalų rūgštingumas buvo kviečių grūduose su 25 % priemaišų: 25,36 mg/100 s.m, kai sausuose grūduose – 24,42 mg/100 g s.m.



**3.10 pav.** Priemaišų įtaka riebalų rūgštingumo pokyčiams kviečių (sausų (A) ir padidinto drėgnio, su 15 % H<sub>2</sub>O (B)) laikymo metu.

Apibendrinant galima teigti, kad tiek priemaišų kiekis, tiek ir grūdų drėgnis turėjo įtakos BMS kiekio didėjimui. Mikroorganizmų aktyvumas grūduose intensyvino kvėpavimo procesą ir išsiskyrusių CO<sub>2</sub> dujų kiekį. Baltymų kiekis mažėjo viso laikymo metu, dėl azotinių medžagų sunaudojimo mikroorganizmų vystymuisi. Esant didesniai drėgnei ir priemaišų kiekiui (25 %), padidėjo lipazės aktyvumas ir susidariusių laisvųjų riebalų rūgščių kiekis (riebalų rūgštingumas).

### 3.3. Mikotoksiniais užkrėstų grūdų kvėpavimo intensyvumo ir kokybės rodiklių pokyčiai laikymo metu, esant skirtingam jų drėgnei

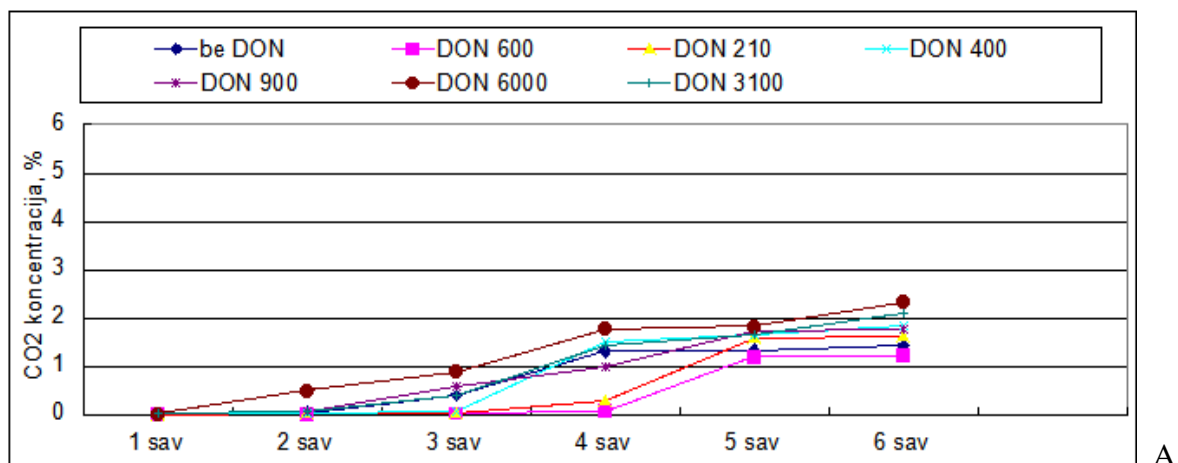
Šiame eksperimento etape vertinta CO<sub>2</sub> dujų išsiskyrimo dinamika ir grūdų kokybės rodiklių pokyčiai įvairaus užkrėstumo deoksinivalenoliu (DON) kviečių modelinėse sistemose (DON koncentracija – 210, 400, 600, 900, 3100, 6000 μg/kg), varijuojant skirtingu grūdų drėgniu. 3.3 lentelėje pateiktas tirtų kviečių, užkrėstų DON, modelinių sistemų drėgnis.

**3.3 lentelė.** Skirtingo DON užkrėtimo kviečių modeliųjų sistemų drėgnis (%)

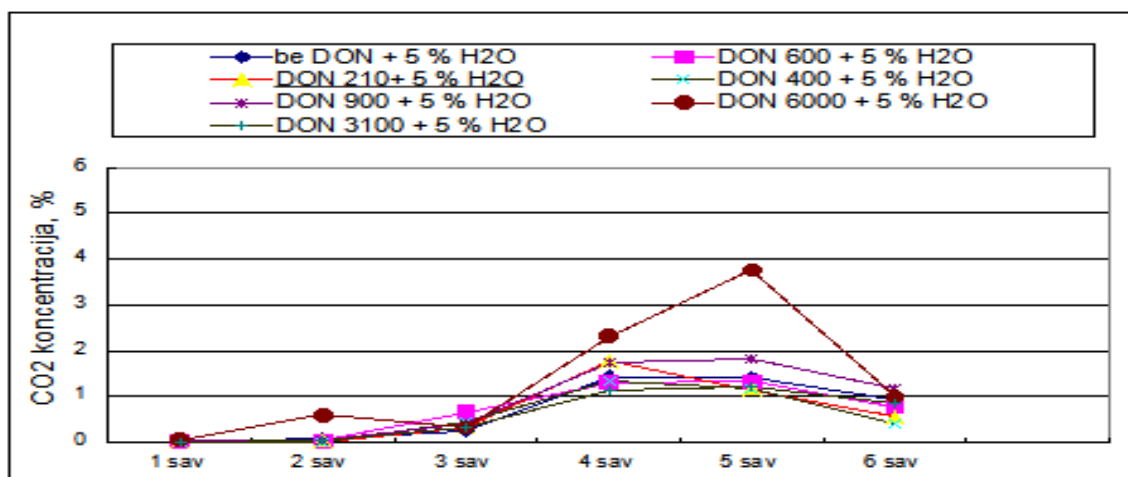
| DON kiekis; $\mu\text{g}/\text{kg}$  | 210              | 400              | 600               | 900              | 3100             | 6000             |
|--------------------------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|
| Sausi užkrėsti DON kviečiai          | 12,36 $\pm$ 0,13 | 13,23 $\pm$ 0,45 | 14,31 $\pm$ 0,32, | 15,69 $\pm$ 0,22 | 16,05 $\pm$ 0,22 | 16,93 $\pm$ 0,15 |
| Užkrėsti DON kviečiai + 5 % vandens  | 13,43 $\pm$ 0,23 | 14,23 $\pm$ 0,03 | 15,21 $\pm$ 0,24  | 16,43 $\pm$ 0,21 | 17,05 $\pm$ 0,21 | 18,25 $\pm$ 0,12 |
| Užkrėsti DON kviečiai + 10 % vandens | 14,21 $\pm$ 0,12 | 15,53 $\pm$ 0,15 | 16,27 $\pm$ 0,54  | 17,56 $\pm$ 0,32 | 18,25 $\pm$ 0,23 | 20,47 $\pm$ 0,21 |

Kviečių grūdų, užkrėstų DON, įtakos skirtingo drėgio grūdų kokybės rodiklių ir CO<sub>2</sub> koncentracijos pokyčiams laikymo metu pateikti 3.11 pav.

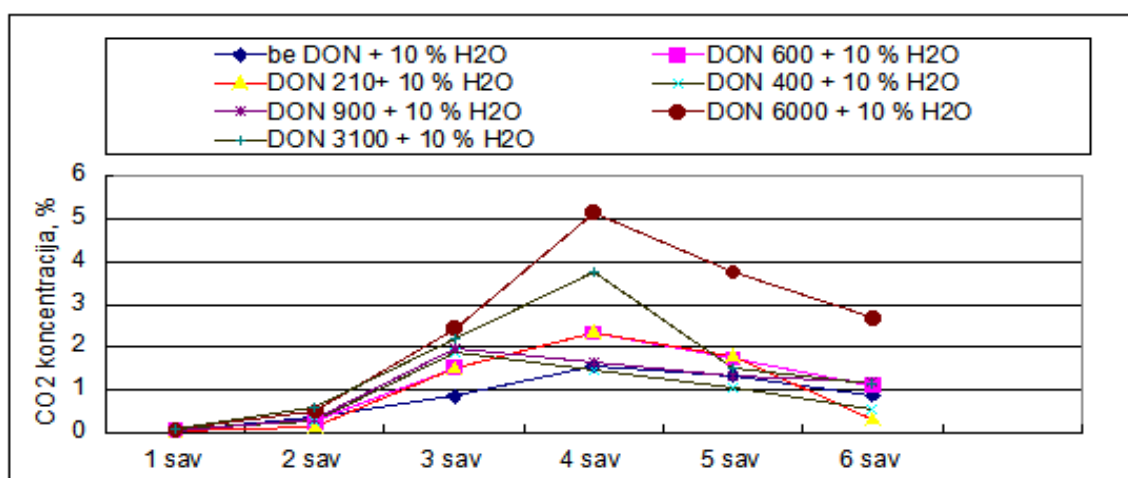
Tyrimų rezultatai parodė, kad tiek neužterštų, tiek ir DON užterštų grūdų kvėpavimo intensyvumas didėjo, didėjant drėgniui (3.11 pav.). CO<sub>2</sub> matavimai skirtingo užterštumo grūduose rodo skirtingą dujų išsiskyrimo dinamiką, kuri intensyvesnė buvo užterštuose grūduose (DON kiekis 6000  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) nei sveikuose (DON kiekis 0  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ). Analizuojant susidariusį CO<sub>2</sub> dujų kiekį priklausomai nuo grūdų drėgnio ir užkrėtimo mikotoksinais laipsnio, pastebėta, kad išsiskyrusių CO<sub>2</sub> dujų koncentracija didėjo, didėjant DON kiekiui kviečiuose. Mažiausi CO<sub>2</sub> dujų kiekiai išsiskyrė laikant sausus grūdus: didžiausias CO<sub>2</sub> dujų kiekis, fiksuotas 6000  $\mu\text{g}/\text{kg}$  DON užkrėstuose grūduose po 6 sav. laikymo, sudarė tik 2,43 %. Drėgnis turėjo didelę reikšmę mikotoksinais užkrėstų grūdų kvėpavimo intensyvumui: didėjo išsiskyręs CO<sub>2</sub> dujų kiekis, didžiausias jų kiekis buvo fiksuojamas esant trumpesnei laikymo trukmei ( pridėjus 5 % H<sub>2</sub>O – po 5 sav.; pridėjus 10 % H<sub>2</sub>O – po 4 sav.)







B

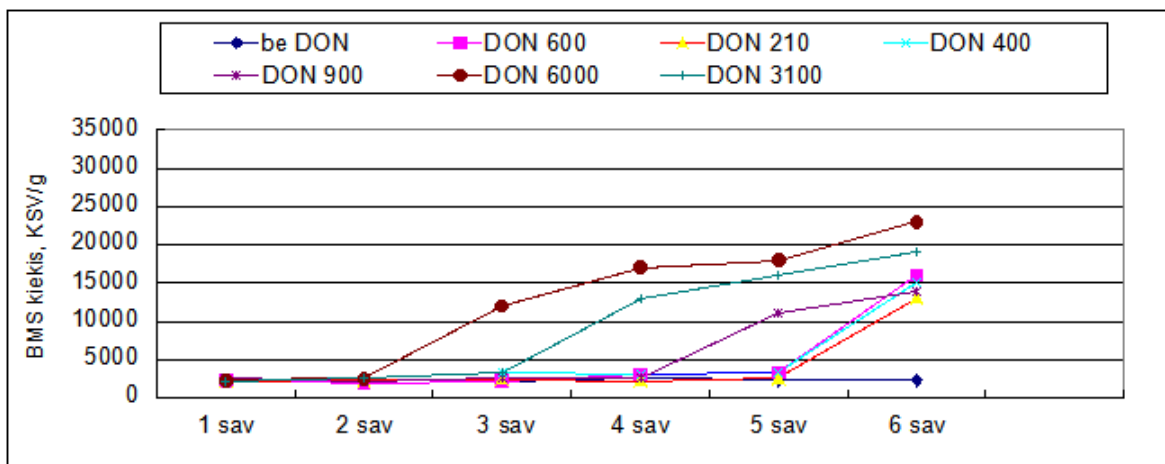


C

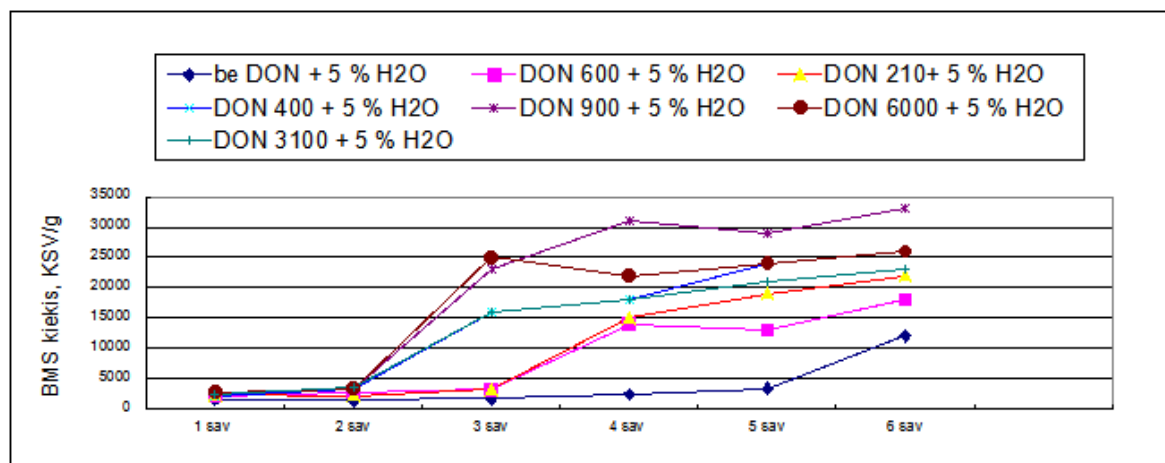
**3.11 pav.** Skirtingo užkrėstumo DON ir drėgnio (+ 0 % H<sub>2</sub>O (A); + 5 % H<sub>2</sub>O (B); + 10 % H<sub>2</sub>O (C)) įtaka CO<sub>2</sub> koncentracijos pokyčiams talpykloje kviečių laikymo metu.

Didėjantis grūdų masės kvėpavimo intensyvumas rodo, kad esant didesniam drėgnumui ir grūdų užkrėstumui DON, susidaro palankesnė terpė daugintis mikroorganizmams. BMS tyrimo rezultatai (3.12 pav.) patvirtino šį teiginį. Rezultatų analizė parodė, kad laikant skirtingo užkrėstumo kviečių grūdus, nepriklausomai nuo DON ir drėgmės kiekio, mikroorganizmai pirmas 2 sav. beveik nesidaugino. Po 1-2 sav. laikymo didžiausias BMS nustatytas didžiausią DON kiekį (6000 µg/kg) turinčiuose grūdų mėginiuose: sausuose –  $2,3-2,5 \times 10^3$  KSV/g, su 5 % H<sub>2</sub>O –  $2,8-3,4 \times 10^3$  KSV/g, su 10 % H<sub>2</sub>O –  $3,1-3,8 \times 10^3$  KSV/g. Galima teigti, kad 2 sav. laikymo metu nei drėgnis, nei užkrėstumas DON nedarė įtakos mikroorganizmų susidarymui. Po 3 sav. laikymo pastebėti žymesni mikroorganizmų dauginimosi šiuose grūdų su mėginiuose (DON 6000 µg/kg) pokyčiai: sausuose –  $1,3 \times 10^4$  KSV/g, su 5 % H<sub>2</sub>O –  $2,5 \times 10^4$  KSV/g, su 10 % H<sub>2</sub>O –  $2,1 \times 10^4$  KSV/g. Didžiausias BMS

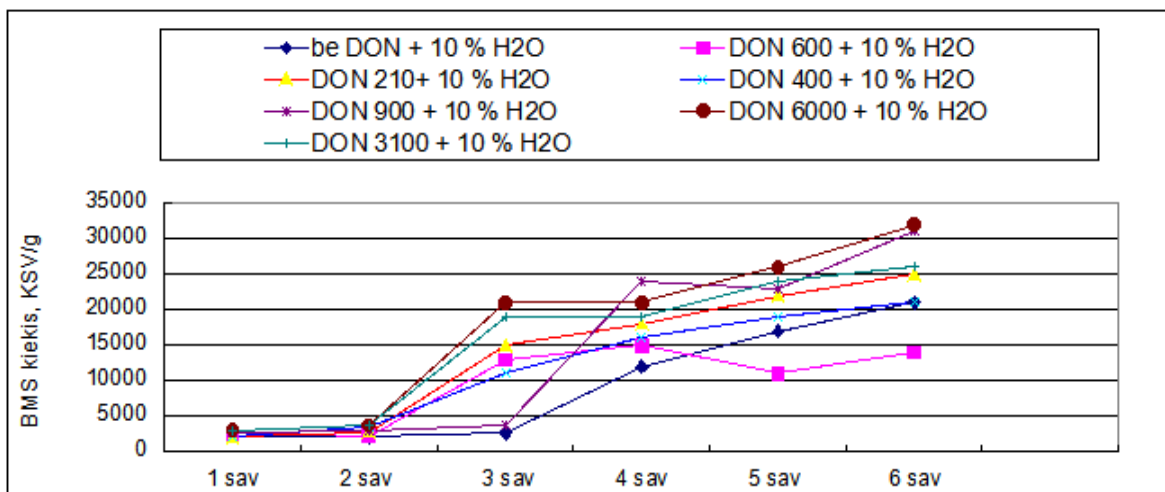
kiekis susidarė po 6 sav. laikymo, atitinkamai,  $2,3 \times 10^4$  KSV/ g,  $2,6 \times 10^4$  KSV/ g ir  $3,2 \times 10^4$  KSV/ g.



A



B

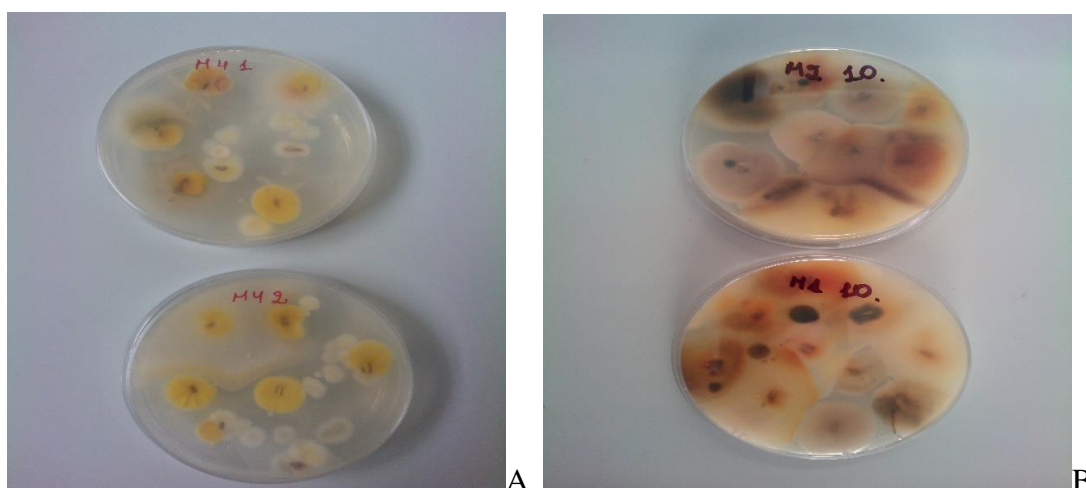


C

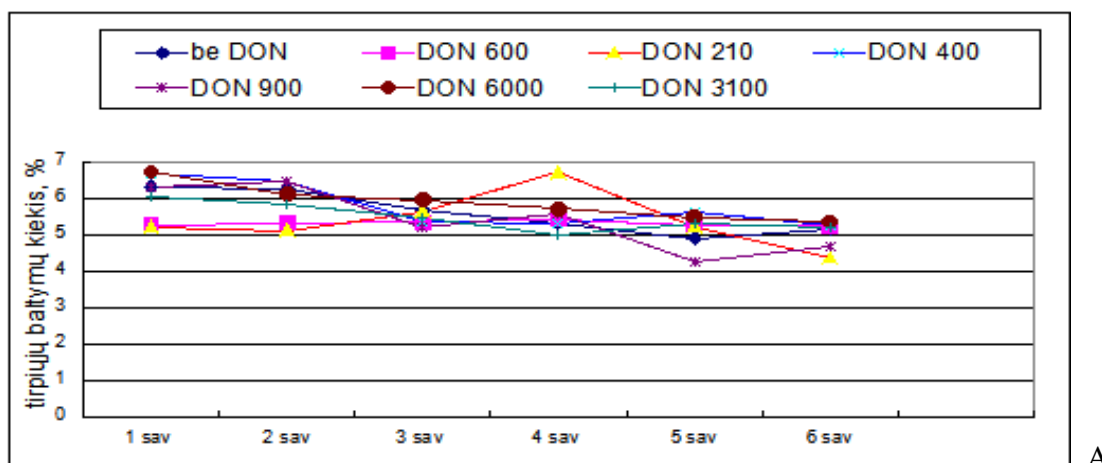
3.12 pav. Skirtingo užkrėstumo DON ir drėgnio (+ 0 % H<sub>2</sub>O (A); + 5 % H<sub>2</sub>O (B); +

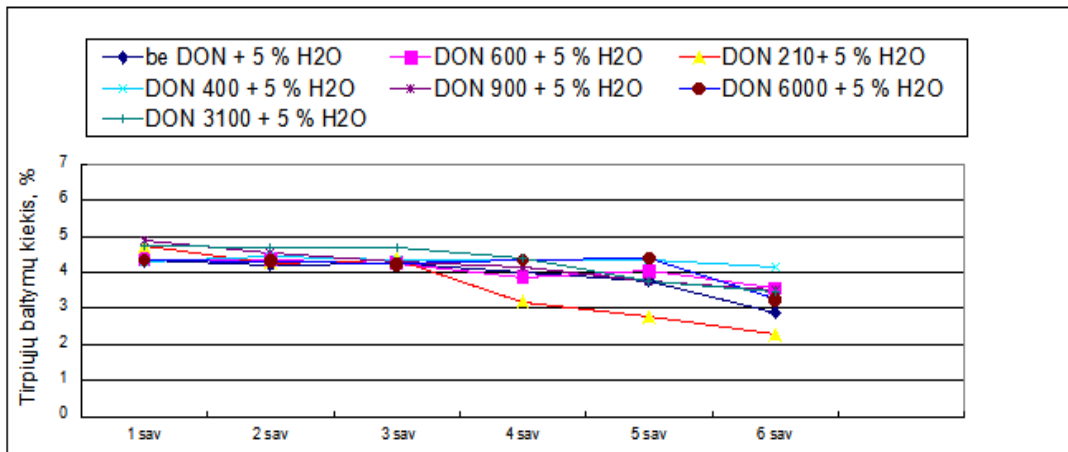
10 % H<sub>2</sub>O (C)) įtaka BMS pokyčiams kviečių laikymo metu

Pažymėtina, kad mikroorganizmų veiklos suaktyvėjimas po 2 sav. laikymo didžiausio užkrėstumo kviečiuose (DON 6000 µg/kg) buvo matomas ir vizualiai: grūdų talpykloje buvo pastebėtas kelios pelėsių kolonijos, o po 6 sav. laikymo pelėsis susidarė beveik visoje grūdų masėje. Mikroskopiniai tyrimai parodė, kad tai *Fusarium* spp. mikroskopiniai grybai turėjo įtakos kvėpavimo intensyvumo metu susidariusių CO<sub>2</sub> dujų pokyčiui laikomuose grūduose (3.13 A ir B pav.).

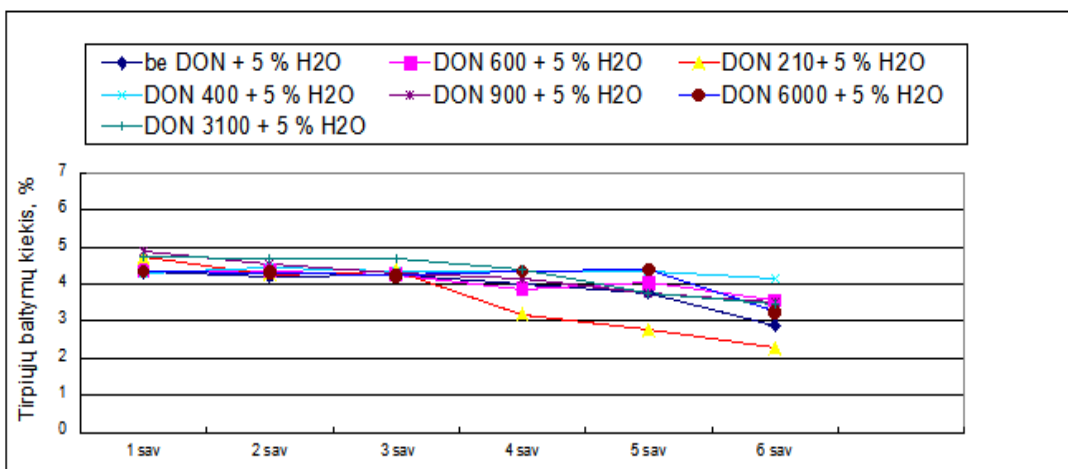


**3.14 pav.** Skirtingo užkrėstumo DON ir drėgnio (+ 0 % H<sub>2</sub>O (A); + 5 % H<sub>2</sub>O (B); + 10 % H<sub>2</sub>O (C)) įtaka kviečių tirpiųjų baltymų pokyčiams laikymo metu.





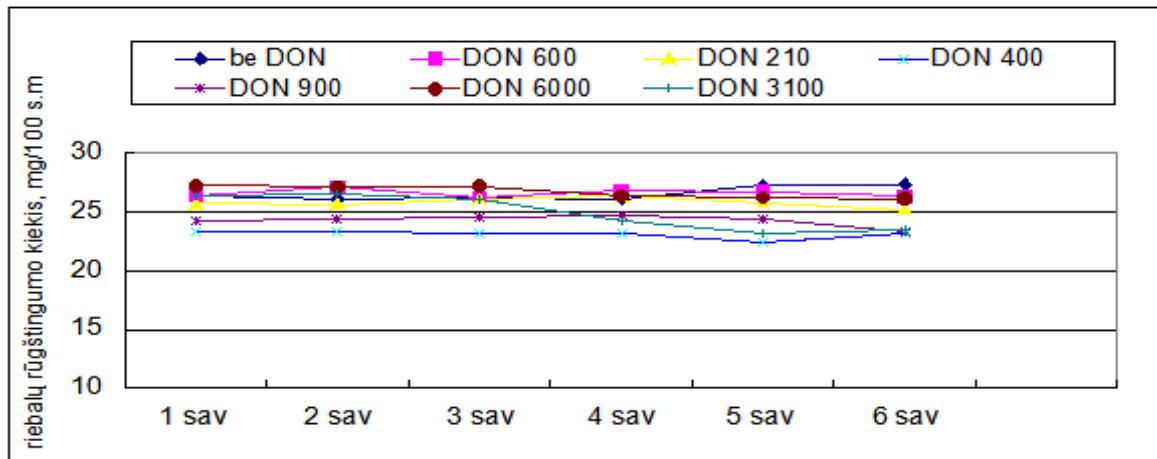
B



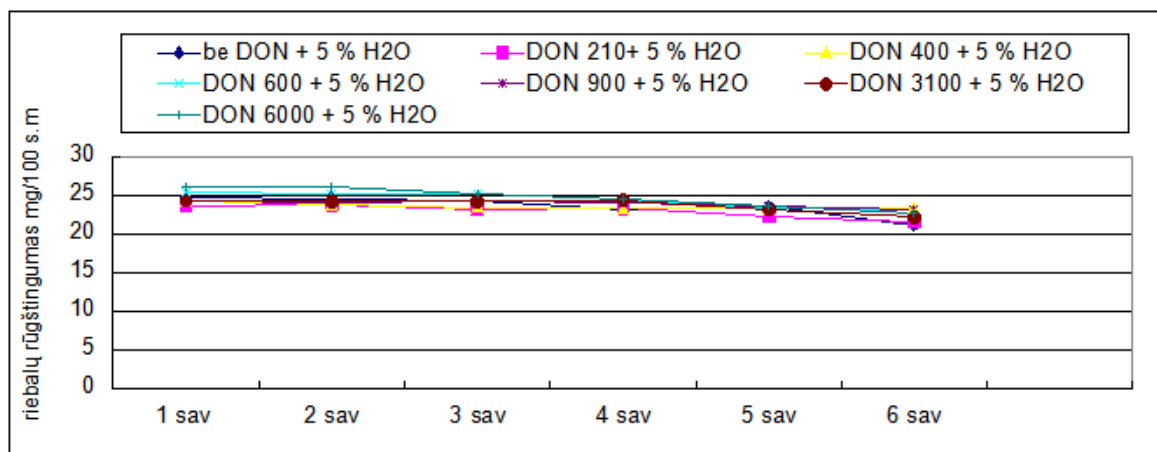
C

**3.14 pav.** Skirtingo užkrėstumo DON ir drėgnio (+ 0 % H<sub>2</sub>O (A); + 5 % H<sub>2</sub>O (B); + 10 % H<sub>2</sub>O (C)) įtaka kviečių tirpiųjų baltymų pokyčiams laikymo metu.

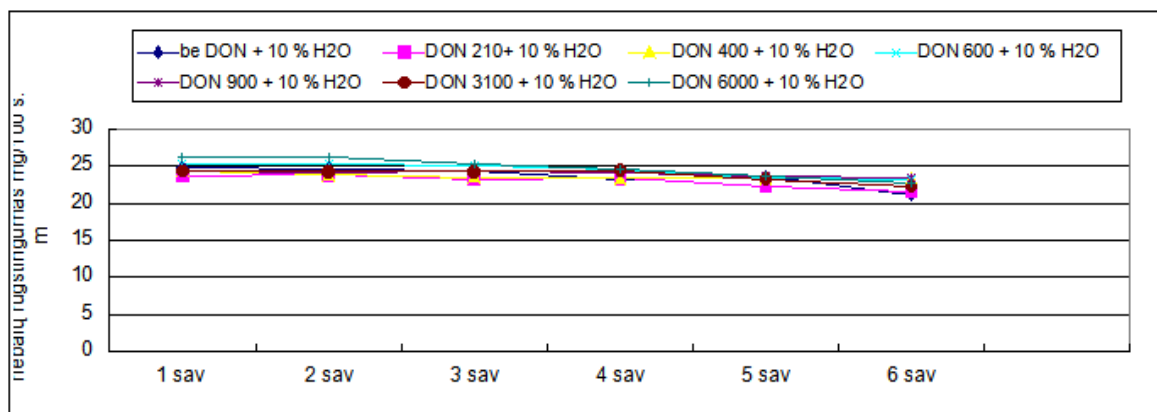
Nustatyta, kad laikant sausus grūdus, užkrėstumo mikotoksinais lygis neturėjo įtakos riebalų rūgštingumo pokyčiams (3.15 A pav.). Tačiau padidinus modelinių sistemų drėgnį, riebalų rūgštingumo rodiklis turėjo tendenciją mažėti laikymo metu (3.15 B ir C pav.). Užkrėstumas mikotoksinais neturėjo reikšmingos įtakos šio rodiklio pokyčiams.



A



B



C

**3.15 pav.** Skirtingo užkrėstumo DON ir drėgnio (+ 0 % H<sub>2</sub>O (A); + 5 % H<sub>2</sub>O (B); + 10 % H<sub>2</sub>O (C)) įtaka kviečių riebalų rūgštingumo pokyčiams laikymo metu.

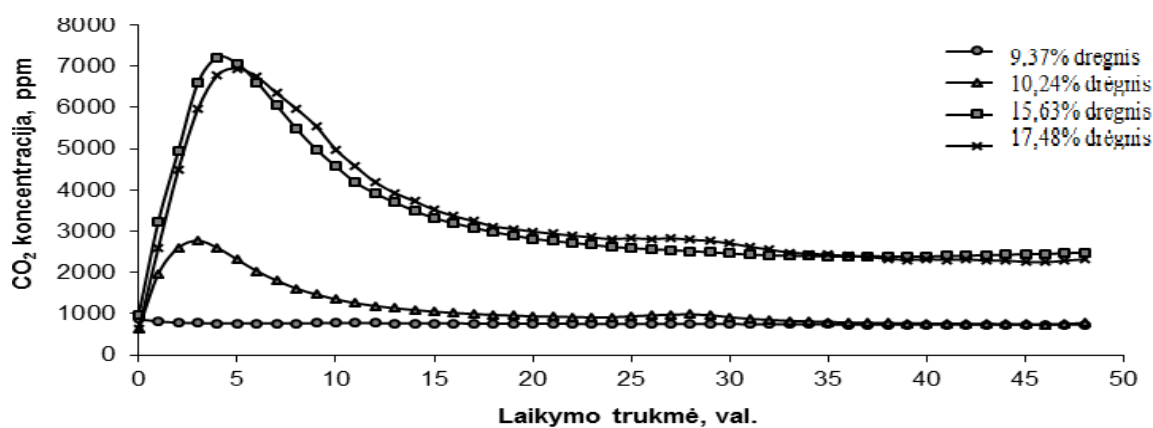
### 3.3. CO<sub>2</sub> dujų susidarymo kinetika grūdų laikymo metu

Kaip parodė 3.1 ir 3.2 sk. pateikti rezultatai, laikant skirtingo stambumo, užkrėstumo ir

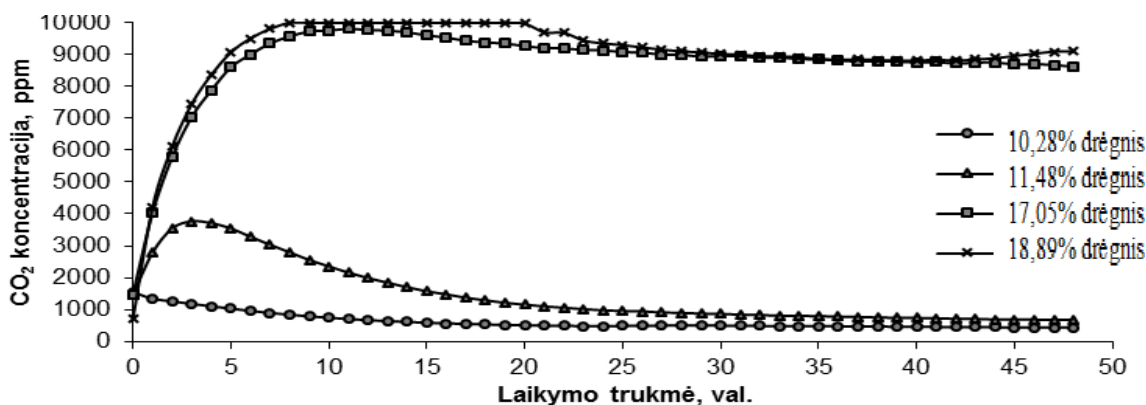
drėgnio grūdų masę, joje vyksta skirtingi kvėpavimo procesai. Tiksliesniam jų įvertinimui ir siekiant išsiaiškinti CO<sub>2</sub> monitoringo panaudojimo galimybes talpykloje laikomų kviečių kokybės ir saugos kontrolei, tirta, kokią įtaka CO<sub>2</sub> difuzijai per grūdų masę turi grūdų stambumas ir drėgnis.

### 3.3.1. Drėgmės kiekio įtaka skirtingo stambumo laikomų kviečių grūdų kvėpavimui

Norint įvertinti drėgmės ir grūdų stambumo įtaką CO<sub>2</sub> išsiskyrimo dinamikai, tirtos skirtingo stambumo (43,32 g ir 56,72 g) lietuviškų ir prancūziškų sveikų skirtingo drėgnio kviečių grūdų modelinės sistemos (3.1 lentelė), varijuojant skirtingu grūdų drėgniu (9,37, 10,24, 15,63 ir 17,48 %).



A



B

Nustatyta, kad smulkių kviečių kvėpavimo intensyvumas, o tuo pačiu susidarantis CO<sub>2</sub> kiekis, didėjant drėgniui – didėja. Tokios tendencijos būdingos tiek smulkiems (3.7 A pav.), tiek ir stambiems (3.7 B pav.) kviečių grūdams.

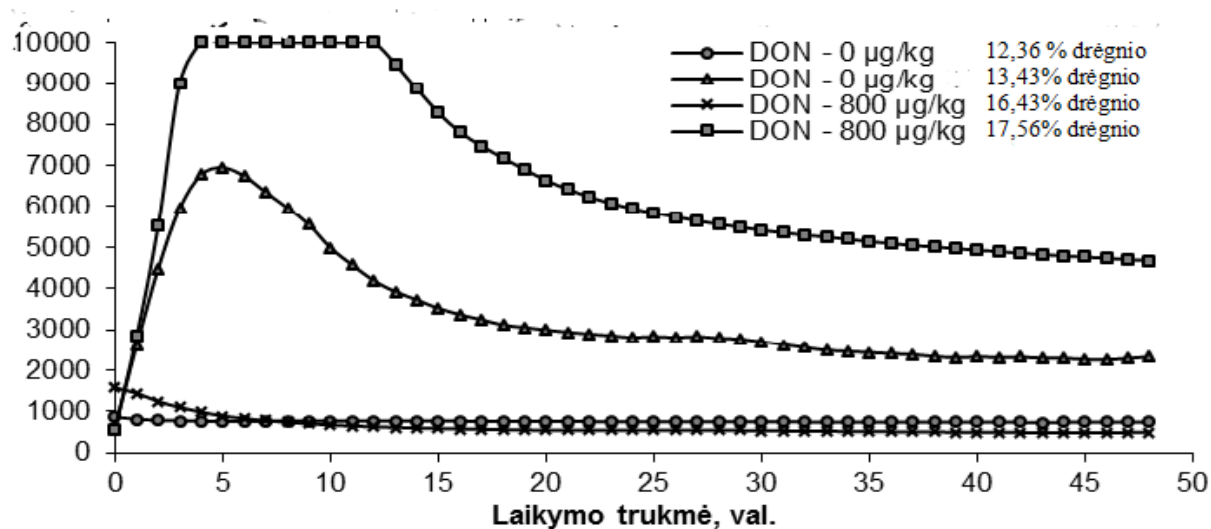
Padidėjus drėgniui apie 10 % (nuo 15,63 iki 17,48 %), smulkių kviečių grūdų kvėpavimas per pirmąsias 5 laikymo val. suintensyvėjo apie 9,4 kartus. Kintant stambių kviečių grūdų drėgniui nuo 10,28 iki 18,89 % grūdų kvėpavimo intensyvumas per pirmąsias 5 laikymo val. suintensyvėjo panašiai, kaip ir smulkiuose grūduose apie 8,8 kartus. CO<sub>2</sub> matavimai skirtingo stambumo ir drėgnio grūduose rodo skirtingą dujų išsiskyrimo dinamiką, kuri buvo intensyvesnė stambiuose nei smulkiuose kviečių grūduose. Tai paaiškinama tuo, kad per smulkių grūdų masę CO<sub>2</sub> difunduoja lėčiau nei per stambius grūdus. Kreivės pobūdis viršutiniuose taškuose (3.8 pav. 8-20 val.) rodo, kad tyrimams reikia turėti platesnio diapazono daviklius, nes naudoti eksperimentui davikliai neleido išmatuoti didžiausio išsiskyrusio CO<sub>2</sub> kiekio drėgniausiuose grūduose (18,89 %) Grafikuose taip pat matyti, kad CO<sub>2</sub> koncentracijai pirmosiomis laikymo valandomis pasiekus maksimalias reikšmes, vėliau stebimas CO<sub>2</sub> koncentracijos mažėjimas. Toks kreivių pobūdis, manoma, kad gali būti susijęs su CO<sub>2</sub> absorbcijos procesu. Be to, neatmestina hipotezė, kad CO<sub>2</sub> būdamas sunkesnis už orą leidžiasi į talpyklos apačią ir todėl daviklis fiksuoja tiriamo parametro koncentracijos mažėjimą. Tai rodo, kad naudojant grūdų laikymui neventiliuojamas talpyklas, svarbu sekti CO<sub>2</sub> pokyčius ne tik grūdų masės viršerdvėje (talpyklos viršutinėje dalyje), bet ir skirtinguose grūdų masės sluoksniuose (vidutiniuose ir apatiniuose). Tai patvirtina neventiliuojamos talpyklų CO<sub>2</sub> monitoringo koncepcijos teisingumą, dėstant neventiliuojamų grūdų laikymo metu daviklius įvairiuose talpyklos zonose.

### **3.3.2. Drėgmės kiekio įtaka mikotoksinais užkrėstų laikomų kviečių grūdų kvėpavimui**

Šiame eksperimento etape vertinta CO<sub>2</sub> išsiskyrimo dinamika sveikų (DON – 0 µg/kg) ir pažeistų (DON - 800 µg/kg) smulkių kviečių grūdų modelinėse sistemose, esant skirtingam jų drėgniui (12,36 – 16,43 %) (3.9 pav.).

Nustatyta, kad kviečių kvėpavimo intensyvumas, o tuo pačiu susidarantis CO<sub>2</sub> kiekis, didėjant drėgniui – didėja. Tokios tendencijos būdingos tiek DON užkrėstiems, tiek ir neužkrėstiems grūdams. Padidėjus drėgniui 10 % (nuo 13,43 - 17,56 %), neužkrėstų grūdų

kvėpavimas per pirmąsias 5 laikymo val. suintensyvėjo apie 7,8 kartus. Kintant užterštų grūdų drėgniui nuo 14,5 iki 24,5 % grūdų kvėpavimo intensyvumas per pirmąsias 5 val. padidėjo daugiau nei 10 kartų. CO<sub>2</sub> matavimai skirtingo užkrėstumo grūduose (3.9 pav.) rodo skirtingą dujų išsiskyrimo dinamiką, kuri intensyvesnė buvo užkrėstuose grūduose (DON - 800 μg/kg) nei sveikuose (DON - 0 μg/kg).



Kreivės pobūdis viršutiniuose taškuose (3.9 pav. 4-12 val.) rodo, kad tyrimams reikia turėti platesnio diapazono daviklius, nes naudoti eksperimentui davikliai neleido išmatuoti didžiausio išsiskyrusio CO<sub>2</sub> kiekio didesnio užkrėstumo ir drėgnio grūduose (17,56 %). Taip pat pažymėtina, kad CO<sub>2</sub> kiekio skirtumai tarp sveikų ir užkrėstų grūdų matomi tik esant padidėjusiam šių grūdų drėgniui, tuo tarpu esant mažam grūdų drėgniui (12,36 %) reikšmingo kvėpavimo intensyvumo skirtumo tarp šių grūdų nepastebėta. Tai rodo, kad grūdų užkrėstumas, esant padidėjusiam grūdų drėgniui, turi įtakos grūdų kvėpavimo procesams, o tuo pačiu ir grūdų saugai.

Atlikti tyrimai CO<sub>2</sub> dujų susidarymo kinetikos tyrimai grūdų laikymo metu, modeliuojant įvairiomis grūdų bei jų laikymo sąlygomis, patvirtino, kad fiksuojant CO<sub>2</sub> koncentracijas galima gauti objektyvią informaciją apie žaliavos saugą. Pažymėtina, kad CO<sub>2</sub> matavimai suteikia dvejopą informaciją apie grūdus: (I) leidžia įvertinti pradinę grūdų būklę ir (II) mikrobiologinio užterštumo pokyčius laikymo metu.

Tyrimų rezultatai parodė, kad esant didesniam laikomų grūdų stambumui ir drėgniui, vyksta aktyvesnis grūdų kvėpavimas, ko pasekoje išsiskiria didesnės CO<sub>2</sub> koncentracijos



(3.8 pav.). Taip pat nustatyta, kad grūdų pažeistumas, didėjant laikomų grūdų drėgniui, turėjo įtakos grūdų kvėpavimo intensyvumo padidėjimui, kas patvirtina prielaidą [59], kad mikroskopinių grybų pažeistuose grūduose suintensyvėja mikroorganizmų veikla ir galima įtarti apie prasidedantį grūdinės žaliavos gedimą (3.9 pav.). Žinant šias tendencijas, galima teikti rekomendacijas ir imtis technologinių veiksnių grūdų saugai užtikrinti, pvz., papildomai džiovinti ar valyti grūdų masę nuo priemaišų.

Tarptautinėje praktikoje taikomas CO<sub>2</sub> daviklių išdėstymas talpyklos viršuje yra efektyvus tik grūdų laikymo sandėliuose su aktyviaja ventiliacija. Ten kur nėra šios įrangos, dėl CO<sub>2</sub> migracijos grūduose ypatumų, kas pastebėta eksperimento metu, po CO<sub>2</sub> koncentracijos padidėjimo pradiniam laikymo periode, toliau fiksuojamas CO<sub>2</sub> koncentracijos mažėjimas. Tikslesni rezultatai galėtų būti gauti montuojant CO<sub>2</sub> daviklius įvairiose grūdų sluoksniuose (viduriniuose ir apatiniuose). Taip pat projektuojami davikliai turėtų apimti platesnį CO<sub>2</sub> koncentracijų diapazoną, kurio viršutinė matavimo riba, pagal atlikto eksperimento rezultatus, turėtų būti didesnė nei 10000 ppm.

## IŠVADOS

1. Tiriant technologinių veiksnių įtaką kviečių kokybei rodikliams ir išsiskyrusių CO<sub>2</sub> dujų koncentracijai 6 savaitių laikymo uždaroje talpykloje metu, esant pastoviai 25 °C temperatūrai, nustatyta:
  - 1.1. Grūdų drėgnis turėjo didžiausią įtaką CO<sub>2</sub> koncentracijos pokyčiams laikymo metu. Esant didesniai grūdų drėgnei (virš 19 %), suaktyvėjo mikroskopinių grybų vystymasis, išsiskyrusių CO<sub>2</sub> dujų koncentracija pasiekė 30 %.
  - 1.2. Priemaišų kiekis taip pat intensyviai CO<sub>2</sub> išsiskyrimą. Didžiausia (17 %) CO<sub>2</sub> koncentracija išmatuota daugiausiai (25 %) priemaišų turinčiuose ir didesnio drėgno (16,4 %) kviečiuose.
  - 1.3. Kviečių kvėpavimo intensyvumų skirtumai tarp sveikų (DON kiekis 0 µg/kg) ir užkrėstų mikotoksinais (DON kiekis 210-6000 µg/kg) grūdų, matomi esant padidėjusiam šių grūdų drėgnei (17,85 ir 20,67 %), tuo tarpu esant standartiniam grūdų drėgnumui (mažiau 14 %) reikšmingų skirtumų nenustatyta.
  - 1.4. Grūdų kvėpavimo intensyvumo padidėjimas susijęs su intensyvesne mikroorganizmų veikla ir galima įtarti apie prasidedantį grūdinės žaliavos gedimą. Žinant šias tendencijas, galima teikti rekomendacijas ir imtis technologinių veiksnių grūdų saugai užtikrinti.
  - 1.5. Fiziologinius pokyčius charakterizuojantiems rodikliams (tirpiųjų baltymų kiekiui ir riebalų rūgštingumui) tirtų technologinių veiksnių įtaka nebuvo reikšminga.
2. Tiriant dujų davikliais CO<sub>2</sub> susidarymo kinetiką ir difuziją per grūdų masę, nustatyta:
  - 2.1. Dėl CO<sub>2</sub> migracijos grūduose ypatumų, po CO<sub>2</sub> koncentracijos padidėjimo pradiniam 5 val. laikymo periode, toliau fiksuojamas CO<sub>2</sub> koncentracijos mažėjimas.
  - 2.2. Intensyvesnis grūdų kvėpavimas nustatytas stambiuose grūduose lyginant su smulkiais, tai rodo, kad per smulkių grūdų masę CO<sub>2</sub> difunduoja lėčiau nei per

stambius grūdus.

- 2.3. Skirtingo užkrėstumo DON ir drėgnio laikomų kviečių grūdų kvėpavimo intensyvumas skiriasi; didesnis grūdų užkrėstumas, esant padidėjusiam grūdų drėgniui, turi įtakos intensyvesniems grūdų kvėpavimo procesams.
3. Įvairių grūdų kokybės rodiklių bei jų laikymo sąlygų modeliavimas patvirtino, kad fiksuojant CO<sub>2</sub> koncentracijas galima gauti objektyvią informaciją apie žaliavos saugą. Tiksliesni rezultatai galėtų būti gauti montuojant CO<sub>2</sub> daviklius įvairiose grūdų sluoksniuose. Taip pat projektuojami davikliai turėtų apimti platesnį CO<sub>2</sub> koncentracijų diapazoną, kurio viršutinė matavimo riba, turėtų būti didesnė nei 10000 ppm.

## BIBLIOGRAFINĖS NUORODOS

1. Bartotosik, R. E., J. C. Rodriguez, H. E. Matnarich and D. E. Mailer. "Silobags" evaluation of a new technique for temporary storage of wheat in the field. *Advances in stored products protection*, 22-26 p.,2003.
2. Arian, M. A., A. Tasneem, and M. Afzal. Quantitative and qualitative losses of Khapra beetle infestation in stored wheat and cost/benefit ratio of fumigation. *Vol. 26*, 69-74 p., 2004.
3. Högy P<sup>1</sup>, Wieser H, Köhler P, Schwadorf K, Breuer J, Franzaring J, Muntifering R, Fangmeier A. Effects of elevated CO<sub>2</sub> on grain yield and quality of wheat. *Vol. 1*, 60-90 p., 2009.
4. Navarro S and Donahaye J. Innovative environmentally friendly technologies to maintain quality of durable agricultural produce. *Vol. 7*, 203-260 p., 2005.
5. Adler C, Corinth H G and Reichmuth C. Modified atmospheres. In Subramanyam Bh and Hagstrum D W ed. *Alternative to pesticides in stored-product IPM*. Vol. 106-146, 2000.
6. Gras, P.W., S. Kaur, D. A. Lewis, B. O, Riordan, D. A. I. Suter and W. K. T. Thomson. How and why to keep wheat quality constant, *Vol. 195-198p.*, 2000.
7. Hruskova, V. and D. Machova. Changes of wheat flour properties during short term storage. *Vol. 20*, 125-130 p.,2002.
8. Bhat, C., Maier, D.E., Ileleji, K.E., . Exploratory use of a portable CO<sub>2</sub> sensor for early detection of spoilage in a large maize storage tank. *ASAE American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan, USA*, 149 p., 2003.
9. Miller, J. D., Trenholm, H. L.,. *Mycotoxins in grain. Compounds other than aflatoxins.* Eagan Press, St. Paul, MN, USA. 1994
10. Legan JD. Cereals and cereal products. In: Lund BM, Baird-Parker TC, Gould GW. (eds.) *The microbiological safety and quality of food*. Vol. 71, 759-783 p.,2000.
11. Navarro S and Donahaye J. Innovative environmentally friendly technologies to maintain quality of durable agricultural produce. In: Shimshon B Y ed. *Environmentally*

- friendly technologies for agricultural produce quality. Boca Ratón, Florida: CRC Press, Vol. 11, 203-260 p., 2005.
12. Zagrebenyev, D., Maier, D.E., Woloshuk. C.P., Simulation of grain deterioration using CO<sub>2</sub> injection. ASAE American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan, USA. Vol. 1, 60 p., 2001.
13. Stroshine, R.L., Yang, X., . Effects of hybrid and grain damage on estimated dry matter loss for high-moisture shelled. Vol. 33, 1291-1298 p., 1990.
14. Thakur, K. R. S., P.k. Metha and T. Meena. . Assessment of storage losses in wheat due to stored grain insect pests in Himachel Pradesh, Entomol. Vol. 32, 53-56 p.,2007.
15. Chaudhry, N. M., M. Ullah, and F. M. Anjum. Effect of storage conditions on grain quality characteristics of wheat. Vol. 8, 17-23p.,1987.
16. Bakshi, A. K . and Sharma, A. K. Changes in the quality of wheat stored in different conditions. Vol . 30, 285 – 289 p.,1993.
17. Banks H J and Annis P C. Comparative advantages of high CO<sub>2</sub> and low O<sub>2</sub> types of controlled atmospheres for grain storage. Vol. 93-122 p.,1990.
18. Adler C, Corinth H G and Reichmuth C. Modified atmospheres. In Subramanyam Bh and Hagstrum D W ed. Alternative to pesticides in stored-product IPM 106-146 p., 2000.
19. GC, Y. D. Efficacy of indigenous plant materials and modified storage structures to insect pests of maize seed during on farm storage. Vol. 27, 69-76 p., 2006.
20. Gooding, M. J., W. P. Davis. Wheat production and utilization: System, quality and environment, 1997.
21. Muir, W. E. and R .N. Sinha. Physical properties of cereals and oilseeds cultivars grown. Vol. 15, 31-34 p.,1998.
22. Muchova, Z. and H. Francakova. Effect of storage on the changes in some quality characteristics of winter wheat and tritcale. Vol. 26, 931-939 p., 1980.
23. Nasir, M., M. Butt, F. M. Anjum, K. Sharif, and R. Minhas. Effect of moisture on shelf life of wheat flour. Vol. 5, 458-459 p., 2003.
24. Lukow, O. M., N. D. G White and R. N. Shina. Influence of ambient storage conditions on the bread making quality of two hard red spring wheat. J. stored Prod. Res., Vol. 31, 279-289 p.,1995.

25. Warchalewski, J. R. E. Klockiewicz–Kamnska and D. Madai, Changes in amylase activity in wheat and malted wheat grain after long storage. Vol. 11, 372-384 p.,1985.
26. Carneiro, E. L. A., J. B. Demingos, G. D.Freitas, C. M. Carneiro and J .C. Felicio. Harvest timing, drying and storage effects in the grain quality of common and hard wheat. Vol. 64, 127-137 p., 2005.
27. Salman, H. and L. Copeland . Effect of storage on fat acidity and pasting 176 characteristics of wheat flour. Vol. 84, 600- 606 p., 2007.
28. Arian, M. A., A. Tasneem, and M. Afzal. Quantitative and qualitative losses of Khapra beetle infestation in stored wheat and cost/benefit ratio of fumigation. Vol. 26, 69-74 p.,2004.
29. Rehman, Z. Storage effects on nutritional quality of commonly consumed Cereals. Vol. 95, 53-54 p., 2006.
30. Mis, A. and S. Grundas. Wheat grain hardness modified by the laboratory wheat grain test. Vol. 16, 283-288 p.,2002.
31. Ariyama, T. and K. Khan. Storage effects on physical, chemical and bread making properties of hard red spring wheat. Vol. 67, 53-58 p.,1996. .
32. Malaker, P. K., I. H. Mian, R. K. Bhuiyan, A. M. Akanda and M. M. Reza. . Effect of storage containers and time on seed quality of wheat. Vol. 33, 469-477 p., 2008.
33. Mian, I. H. and G. A. Fakir. Effect of containers and length of storage on seed born infection of fungi in rice seed. Proceedings of first national workshop on seed pathology. 9–12 p., 1998.
34. Iconomou, D., P. Athanasopoulos, D. Arapoglou, T. Varzakas and N. Cristopouiou. Cereal quality characteristics as affected by controlled atmospheric storage conditions. Vol. 1, 149-157 p., 2006.
35. Mis, A. and S. Grundas. Wheat grain hardness modified by the laboratory wheat grain test. Vol. 16, 283-288, 2002.
36. Buhl, K., U. Tietze. Effect of infection of wheat by bugs (Rhynchota, pentatomidae) on baking quality and the question of storage and heat damage. Vol. 19, 57-60 p., 1969.
37. Girish, G. K., A. Kumar and S.K. Jain. . Assessment of the Quality loss in wheat damaged by *Trogoderma granarium* Everts during storage. Vol. 13, 26-32 p.1975.

38. Jood, S., A. C. Kapoor and R. Sing. Amino acid composition and chemical evaluation of protein quality of cereals as affected by insect infestation. Vol. 48, 154- 167 p., 1998.
39. Samuels, R. and R. Modgil. Physico-chemical changes in insect infested wheat stored in different storage structures. Vol. 36, 479-482 p.,1999.
40. Pinto, U. M., L. D. Faroni., W. M. Alveeri. And A. L. Silva. The influence of the population density of *Sitophilus zeamais* on wheat quality for baking. Vol. 24, 1407-1412 p., 2002.
41. Milosevic, S., K. Rozman and V. Liska. A harmful entomofauna on quality of mercantile wheat and flour. Agri. Vol.11, 17-22 p., 2005.
42. Perez, G., A. Boriet, C. M. Rosell. Relationship between gluten degradation by *Aelia* Spp and *Eurygaster* Spp and protein. Vol.87, 1125 p.,2005.
43. Arian, M. A., A. Tasneem, and M. Afzal. Quantitative and qualitative losses of Khapra beetle infestation in stored wheat and cost/benefit ratio of fumigation. Vol. 26, 69-74 p., 2004.
44. Oprea, M. and S. M. Ciurdarescu. Quantitative losses and spoilage cereal grains stored with high moisture contents, induced by moulds and storage insects. Analele-Institutului-de-Cercetari-pentru-Cereale-Protectia Plantelor. Vol. 29, 31-35 p.,1998.
45. Stephen, O.F. and O.Olajuyigbe. Studies on stored cereal degradation by *Alternaria tenuissima*. Vol. 77, 31-40 p., 2006.
46. Oprea, M., M. Ciobanu, and M. Ciurdarescu. Study of the phytosanitary state of the wheat stored for a long time in correlation with the storage ecosystem climatic conditions. Vol. 33,13-20 p., 2004.
47. Edited by Larry L. Murdock, D. Baributsa and J. Lowenberg-DeBoerTys, J., Hermetic Storage of Grain in Developing Nations Vol. 58, 1-102p., 2014.
48. G. Szwed and M. Dabek-Szreniawska. The influence of N fertilization on quality changes of stored wheat *Inzynieria-Rolnicza*. Vol. 5, 496-501 p., 2001.
49. Rehman, Z. Storage effects on nutritional quality of commonly consumed Cereals. Vol. 95, 53-54 p., 2006.
50. Pirgozliev, V. R., S. P.Rose and P. S. Kettlewell. Effect of ambient storage of wheat samples on their nutritive value for chickens. Vol. 47, 342-349 p., 2006.

51. Skiba, F., B. Guillot and J. P. Metayer. Relationships between crude protein content, starch content, specific weight, hardness, sprouting and the nutritive value of wheat for broiler chickens. Vol. 44, 816–817 p., 2003.

52. Prieiga per internetą:

<http://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/GuidanceDocumentsRegulatoryInformation/ChemicalContaminantsMetalsNaturalToxinsPesticides/ucm120184.htm> [žiūrėta 2016 sausio 25d.]

53. Prieiga per internetą: <http://pub.jki.bund.de/index.php/JKA/article/viewArticle/541> [žiūrėta 2016 kovo 6 d.].

54. LST EN ISO 4833:2003 Maisto ir pašarų mikrobiologija. Bendrasis metodas. Kolonijų skaičiavimo 30 °C temperatūroje metodas, 2003.

55. LST EN ISO 712:2009 Grūdai ir jų produktai. Drėgmės kiekio nustatymas. Pamatinis metodas, 2009.

56. LST EN ISO 20483 Varpinių ir ankštinių javų grūdai. Azoto kiekio nustatymas ir žalių baltymų kiekio skaičiavimas. Kjeldalio metodas, 2005.

57. LST ISO 7305:2000 Maltų grūdų produktai. Riebalų rūgštingumo nustatymas, 2000.

58. LST EN ISO 520:2011 Varpinių ir ankštinių javų grūdai. 1000 grūdų masės nustatymas, 2011.

59. Leslie JF, Pearson CAS, Nelson PE, Toussoun TA. *Fusarium* spp. from corn, sorghum, and soybean fields in the central and eastern United States. Vol. 80, 343-350 p, 1990.

60. Prieiga per internetą:

[http://supertechagroline.com/wp-content/uploads/2014/02/AgrologTMS5000\\_700\\_351.jpg](http://supertechagroline.com/wp-content/uploads/2014/02/AgrologTMS5000_700_351.jpg) [Žiūrėta 2016 kovo 21 d.].

61. S. Neethirajan, M.S. Freund<sup>1</sup>, D.S. Jayas<sup>2</sup>, C. Shafai, D.J. Thomson, N.D.G. White Development of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) sensor for grain quality monitoring. Vol. 106, 395–404 p., 2010.

62. Magan N, Aldred D. Post-harvest control strategies: minimizing mycotoxins in the food chain. Vol. 119, 131- 139 p., 2007.

63. Juodeikienė G., Bašinskienė L. Grūdų laikymo, kokybės nustatymo ir apskaitos vadovas. Vilnius : Lietuvos grūdų perdirbėjų asociacija, 2012. 298 p. ISBN: 9786099541105.



64. Prieiga per internetą:

<http://www.co2meter.com/blogs/news/6077164-controlled-atmosphere-storage-using-carbon-dioxide> [Žiūrėta 2016 balandžio 4 d.].

65. Waqas, W., U. H. Mansoor, J. Amer and A. Shahzad. . Comparison of nutritional losses of insects infected wheat in Laboratory and public storages. Vol. 6 (2), 1-6 p.,2003.