

VYTAUTO DIDŽIOJO UNIVERSITETAS  
LIETUVOS AGRARINIŲ IR MIŠKŲ MOKSLŲ CENTRAS

Lauksmė MERKEVIČIŪTĖ-VENSLOVĖ

**KONSERVUOTŲ PAŠARŲ KOKYBĖ IR JOS KITIMO  
PRIEŽASTINGUMAS**

Mokslo daktaro disertacija

Žemės ūkio mokslai, agronomija (A 001)

Kaunas, 2023

Mokslo daktaro disertacija rengta 2019–2023 metais Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Žemdirbystės institute pagal LR švietimo ir mokslo ministro 2019 m. vasario 22 d. įsakymu NR. V-160 suteiktą doktorantūros teisę Vytauto Didžiojo universitetui kartu su Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centru.

**Mokslinė vadovė:**

Dr. (HP) Alvyra Šlepetienė (Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centras, Žemės ūkio mokslai, Agronomija A 001).

**Mokslinės konsultantės:**

Dr. Jurgita Cesevičienė (Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų, Žemės ūkio mokslai, Agronomija A 001),  
dr. Audronė Mankevičienė (Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų, Žemės ūkio mokslai, Agronomija A 001).

**Disertacijos gynimo taryba:**

**Pirmininkas:**

Prof. habil. dr. Gediminas Staugaitis (Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centras, Žemės ūkio mokslai, Agronomija A 001).

**Nariai:**

Dr. Virmantas Povilaitis (Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centras, Žemės ūkio mokslai, (Agronomija A 001);

Prof. dr. Zita Kriauciūnienė (Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio mokslai, (Agronomija A 001);

Dr. Jurgita Dailidavičienė (Lietuvos sveikatos mokslų universitetas, Veterinarijos akademija, Žemės ūkio mokslai mokslai, Veterinarinė medicina A 002);

Dr. Viia Lepane (Talino technologijų universitetas (Estija), Gamtos mokslai, chemija N 003).

Disertacija bus ginama viešame Agronomijos mokslo krypties tarybos posėdyje 2023 m. gruodžio mėn. 14 d. 10 val. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Žemdirbystės instituto seminarų salėje, 1-12.

Adresas: Instituto al. 1, Akademija, LT-58344, Kėdainių r.

Disertacija galima peržiūrėti Lietuvos nacionalinėje Martyno Mažvydo bibliotekoje bei Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro ir Vytauto Didžiojo universiteto bibliotekose.

VYTAUTAS MAGNUS UNIVERSITY  
LITHUANIAN RESEARCH CENTRE FOR AGRICULTURE AND FORESTRY

Lauksmė MERKEVIČIŪTĖ-VENSLOVĖ

**QUALITY OF CONSERVED FORAGE AND FACTORS  
INFLUENCING ITS CHANGES**

Doctoral Dissertation

Agricultural Sciences, Agronomy (A 001)

Kaunas, 2023

The dissertation was prepared at Institute of Agriculture, Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry in 2019–2023. The right of doctoral studies was granted to Vytautas Magnus University jointly with Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry, on 22 February, 2019, by decision No. V-160 of the Government of the Republic of Lithuania.

**Scientific Supervisor**

Dr. Alvyra Šlepetienė (Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry, Agricultural Sciences, Agronomy A 001).

**Scientific advisors:**

Dr. Jurgita Cesevičienė (Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry, Agricultural Sciences, Agronomy A 001);

dr. Audronė Mankevičienė (Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry, Agricultural Sciences, Agronomy A 001).

**Council of defence of the doctoral dissertation:**

**Chairman:**

Prof. habil. dr. Gediminas Staugaitis (Lithuania Research Centre for Agriculture and Forestry, Agricultural Sciences, Agronomy A 001).

**Members:**

Dr. Virmantas Povilaitis (Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry, Agricultural Sciences, Agronomy A 001);

Prof. dr. Zita Kriaučiūnienė (Vytautas Magnus University, Agricultural Sciences, Agronomy A 001);

Dr. Jurgita Dailidavičienė (Lithuanian University of Health Sciences, Agricultural Sciences, Veterinary Medicine A 002);

Dr. Viia Lepane (Tallin University of Technology, Nature Sciences, Chemistry N 003).

The official defense of the dissertation will be held at 10 a.m. on the 14<sup>th</sup> of December, 2023 at meeting room 1–12, Institute of Agriculture, Lithuania Research Centre for Agriculture and Forestry.

Address: Instituto av. 1, Akademija, LT-58344, Kėdainiai distr.

The doctoral dissertation is available at the libraries of Vytautas Magnus University and the Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry.

## TURINYS

SANTRUMPOS.....	7
PADĖKA.....	8
ĮVADAS .....	9
1. LITERATŪROS ANALIZĖ.....	13
1.1. Silosas ir jo reikšmė Lietuvoje ir pasaulyje.....	13
1.2. Konservuotiems pašarams auginami augalai.....	15
1.3. Konservuotų pašarų gamyba .....	17
1.3.1. Silosavimo etapai.....	17
1.4. Siloso kokybės parametrai.....	18
1.4.1. Mitybinės vertės rodikliai .....	18
1.4.2. Fermentacijos kokybės rodikliai .....	21
1.5. Veiksniai, darantys įtaką siloso kokybei.....	22
1.5.1. Silosuojamos biomasės sudėtis .....	22
1.5.2. Siloso mikroflora .....	23
1.5.3. Temperatūra .....	24
1.5.4. Susidariusios dujos silosavimo metu .....	26
1.6. Siloso aerobinis gedimas .....	27
2. DARBO METODIKA IR SĄLYGOS.....	29
2.1. Tyrimo objektas .....	29
2.2. Tyrimo vieta ir vykdymo etapai.....	29
2.3. Silosavimo procedūra .....	30
2.3.1. Pūslėtosiomis kūlėmis užsikrėtusių kukurūzų silosavimo procedūra.....	31
2.4. Silosuojamos žaliavos ir siloso mėginių paėmimas ir kokybinė analizė.....	32
2.5. Laboratorinės analizės .....	34
2.6. Temperatūros pokyčių registravimas silose.....	35
2.7. Silosavimo metu išsiskyrusių dujų nustatymas .....	35
2.8. Lietuvoje pagaminto įvairių rūšių konservuoto pašaro mėginių surinkimas.....	35
2.9. Statistinė duomenų analizė .....	37
2.10. Meteorologinės sąlygos tyrimo metais.....	37
3. TYRIMO REZULTATAI IR APTARIMAS .....	40
3.1. Daugiamečių žolių mišinių siloso cheminė sudėtis, fermentacijos kokybė, temperatūros kitimas ir aerobinis gedimas.....	40
3.1.1. Siloso mitybinių rodiklių kitimas aerobinio gedimo metu .....	40

3.1.2. Siloso organinių rūgščių ir pH kitimas įvairios sudėties žolių silose aerobinio gedimo metu.....	53
3.1.3. Siloso temperatūros kitimas aerobinės fermentacijos metu.....	57
3.1.3. Dujų išsiskyrimas anaerobinės fermentacijos metu.....	58
3.2. Skirtingos brandos kukurūzų siloso cheminė sudėtis, fermentacijos kokybė, temperatūra ir aerobinis gedimas.....	59
3.2.1. Siloso temperatūros kitimas aerobinio gedimo metu.....	79
3.2.2. Dujų išsiskyrimas kukurūzų silose anaerobinės fermentacijos metu.....	81
3.2.3. Pūslėtųjų kūlių įtaka kukurūzų siloso kokybei .....	82
3.3. Lietuvoje pagaminto įvairių rūšių konservuoto pašaro kokybės palyginimas .....	86
3.3.1. Žolinių konservuotų pašarų mitybinės vertės rodiklių palyginimas .....	86
3.3.2. Kukurūzų siloso mitybinės vertės rodiklių palyginimas.....	91
IŠVADOS .....	96
LITERATŪROS SĄRAŠAS .....	97
PASKELBTŲ PUBLIKACIJŲ SĄRAŠAS DISERTACIJOS TEMA .....	111
APIE AUTORIŲ .....	132
SUMMARY .....	133
LIST OF PUBLICATIONS .....	153
CURRICULUM VITAE.....	155

## SANTRUMPOS

- ADF – rūgščiame detergiento tirpale netirpi ląsteliena / *acid detergent fibre*
- ADL - rūgščiame detergiento tirpale netirpus ligninas / *acid detergent lignin*
- AE – apykaitos energija / *metabolizable energy*
- FBKS – fiziologinės brandos kukurūzų silosas / *physiological maturity maize silage*
- FR – fermentacijos rodiklis / *fermentation index*
- M100 – 100 % miglinių žolių silosas / *silage prepared from 100% Poaceae grass*
- M20P80 – 20 % miglinių ir 80 % pupinių žolių silosas / *silage prepared from 20% Poaceae grass and 80% legumes*
- M70P30 – 70 % miglinių ir 30 % pupinių žolių silosas / *silage prepared from 70% Poaceae grass and 30% legumes*
- ME – metabolizuojama energija / *metabolizable energy*
- NDF – neutraliame detergiento tirpale netirpi ląsteliena / *neutral detergent fibre*
- NEL – neto energija laktacijai / *net energy for lactation*
- PBKS – pieninės brandos kukurūzų silosas / *kernel milk stage maize silage*
- PK0% – silosas, pagamintas iš pūslėtosiomis kūlėmis neužsikrėtusių kukurūzų / - *silage prepared from healthy maize*
- PK50% – silosas, pagamintas iš 50 % kūlėmis užsikrėtusių kukurūzų / *silage prepared from maize 50% infected with smut*
- PK100% – silosas, pagamintas iš 100 % kūlėmis užsikrėtusių kukurūzų / *silage prepared from maize 100% infected with smut*
- SM – sausosios medžiagos / *dry matter*
- VBKS – vaškinės brandos kukurūzų silosas / *kernel dough stage maize silage*
- VTA – vandenyje tirpūs angliavandeniai / *water soluble carbohydrates*
- ŽB – žali baltymai / *crude protein*
- ŽL – žalia ląsteliena / *crude fibre*
- ŽP – žali pelenai / *crude ash*
- ŽR – žali riebalai / *crude fat*

## **PADĖKA**

Norėčiau išreikšti nuoširdžią padėką visiems, kurie prisidėjo prie šios disertacijos sėkmės.

Pirmiausia, norėčiau padėkoti savo mokslinio darbo vadovei, dr. Alvyrai Šlepetienei, už neįkainojamą pagalbą, palaikymą ir neprarandamą tikėjimą mano galimybėmis. Jūsų profesionalumas ir aukščiausio lygio vadovavimas leido man tobulinti savo žinias ir pasiekti šį svarbų etapą mano akademiname gyvenime.

Taip pat noriu išreikšti nuoširdžią padėką savo mokslinėms konsultantėms, dr. Jurgitai Cesevičienei ir dr. Audronei Mankevičienei. Jūsų supratingumas, patarimai ir pastovus palaikymas buvo nepaprastai svarbūs mano mokslinės kelionės metu.

Nuoširdžiai dėkoju cheminių tyrimų laboratorijos kolektyvui už nuolatinę pagalbą, emocinį palaikymą ir vertingas idėjas. Be jūsų bendradarbiavimo ir paramos, ši disertacija nebūtų įmanoma.

Recenzentams, už kruopštų darbą ir suteiktus svarbius patarimus šiai disertacijai, išreiškiu savo didelį dėkingumą. Jūsų pastebėjimai padėjo pagerinti šio disertacinio darbo kokybę.

Ačiū šeimai, kurios palaikymas ir padrąsinimai neblėso viso šio kelio metu. Ypatingą padėką norėčiau išreikšti savo vyrui, Eimantui Venslovui. Tavo kantrybė ir palaikymas buvo mano didžiausia stiprybė visos šios mokslinės kelionės metu.



## IVADAS

Konservuoti pašarai yra labai svarbūs gyvūnų mitybai ir bendram gyvulininkystės sistemų tvarumui. Tai pašarai, kurie buvo konservuoti įvairiais metodais, pavyzdžiui, silosuojant, džiovinant ar fermentuojant, kad ištisisus metus būtų užtikrintas pašaro tiekimas ir jo maistinė vertė (Forte et al., 2018). Konservuoti pašarai svarbūs tuo, kad jais galima garantuoti pastovų ir subalansuotą gyvulių racioną, ypač šaltuoju metų periodu arba kai šviežių pašarų yra nedaug (Forte et al., 2018). Be to, konservuoti pašarai gali prisidėti prie efektyvaus išteklių naudojimo, sumažinti atliekų kiekį ir pagerinti bendrą gyvulių produktyvumą bei sveikatą (Koura et al., 2023).

Viena iš problemų, su kuriomis susiduriama stengiantis pagaminti kokybišką konservuotą pašarą yra aerobinis gedimas, kurį labai svarbu iširti, kad būtų galima suprasti ir sušvelninti neigiamą poveikį, kurį jis gali turėti pašarų kokybei, gyvūnų sveikatai ir net ūkio pelningumui. Konservuotiems pašarams turint sąlytį su deguonimi, yra sukeliamas aerobinis gedimas, dėl kurio dauginasi nepageidaujami mikroorganizmai ir yra skaidomos maistinės medžiagos (Borreani et al., 2018a). Dėl šio gedimo gali atsirasti didelių sausųjų medžiagų ir maistinių medžiagų nuostolių, sumažėti pašaro suvartojimas, gali atsirasti užterštumas mikotoksinais ir padaugėti su gyvūnų sveikata susijusių problemų (Drouin et al., 2021). Todėl norint užtikrinti konservuotų pašarų kokybę ir saugą, labai svarbu suprasti veiksnius, darančius įtaką aerobiniam gedimui, ir sukurti strategijas, kurios padėtų užkirsti kelią jo atsiradimui arba jį sumažinti.

Kita aktuali problema – žolių biomasės sudėties įtaka žolių siloso ir kukurūzų brandos įtaka kukurūzų siloso kokybei. Nustatyta, kad liucernų (*Medicago sativa*) silosas, veikiant atmosferos orui, dažnu atveju yra stabilesnis nei kukurūzų silosas (Muck & O'kiely, 1992; O'kiely & Muck, 1992), o pupinių augalų (raudonųjų dobilų, liucernų ir baltųjų dobilų) silosas, veikiant orui, paprastai yra stabilesnis nei žolės silosas (G. Pahlow et al., 2001). Tai leidžia manyti, kad pupiniuose augaluose gali būti natūralaus junginio, kuris stabdo gedimo mikroorganizmų augimą. Tačiau Muck ir O'Kiely (1992) palygino šviežių ir silosuotų liucernų aerobinį stabilumą ir padarė išvadą, kad aerobinį stabilumą lemiantis veiksnys atsirado silosavimo metu, nes šviežios liucernos nebuvo stabilios veikiant orui. Kiti autoriai pastebėjo, kad didėjanti augalų branda ir senėjimas yra susiję su mažesniu siloso aerobiniu stabilumu. Nustatyta, kad kukurūzų branda gali daryti įtaką siloso pH, organinių rūgščių susidarymui, bei sausųjų medžiagų kiekiui ir ląstelienos frakcijoms (Rossi et al., 2023). Autoriai teigia, kad vaškinės ir fiziologinės brandos silosas rodo geresnius aerobinio stabilumo rezultatus (Filya, 2004) Tad atlikus tolesnius tyrimus, silosuojamos biomasės savybės gali būti naudingos, kontroliuojant aerobinį gedimą.

2013 m. Lietuvoje buvo atlikta kukurūzų, liucernos, miglinių žolių bei miglinių žolių ir dobilų mišinio siloso aerobinės kokybės priklausomybės nuo inokulantų apžvalga (Jatkauskas

et al., 2013). Taip pat 2008 m. įvertinta Lietuvos ūkiuose gaminamo kukurūzų siloso pašarinė vertė (Butkutė & Gaurilčikaitė, 2008), o 2010 m. skirtingų rūšių siloso (miglinių žolių ir daugiamečių žolių mišinio, pupinių žolių, kukurūzų) ir javainio kokybės ir ląstelienos komponentų kaita (Butkutė, 2010). Tyrimų metu nustatyta, kad miglinių žolių siloso kokybė ypatingai variavo, palyginus su kukurūzų, pupinių žolių siloso ar javainio kokybės rodikliais. Daugiamečių miglinių žolių silosas pasižymėjo didžiausiu kiekiu NDF ir ADF. Vertinant aerobinį siloso kokybės blogėjimą, tyrimuose daugiausia dėmesio skirta inokuliantų įtakai.

Tačiau vis dar atlikta labai nedaug tyrimų lyginant Lietuvoje pagamintų įvairių rūšių, skirtingais būdais konservuotų pašarų kokybę. Taip pat nepakanka duomenų apie biomasės sudėties ir kukurūzų brandos įtaką siloso aerobiniam kokybės blogėjimui, temperatūros kitimui antrinės fermentacijos metu, bei dujų išsiskyrimui pirminės fermentacijos metu.

### **Tyrimo hipotezė**

Tikėtina, kad aerobinės fermentacijos metu siloso kokybė blogės smarkiau ir didesni temperatūros pokyčiai bus pastebimi, jame esant didesniai pupinių žolių, o optimalia mitybine verte pasižymės miglinių ir pupinių žolių silosas, silosuojamas rankovėje ir tranšėje..

### **Tyrimo tikslas**

Ištirti šalyje paimtų skirtingų rūšių konservuotų pašarų mėginių kokybinius rodiklius, nustatyti juos lemiančius veiksnius bei atlikus eksperimentą laboratorinėmis sąlygomis įvertinti žolių ir kukurūzų siloso aerobinės fermentacijos kokybę ir jos kitimo priežastingumą.

### **Tyrimo uždaviniai:**

1. Nustatyti ir įvertinti skirtingų šalyje pagamintų konservuotų pašarų svarbiausius mitybinės vertės rodiklius: žalių baltymų (ŽB), ląstelienos (NDF, ADF), angliavandenių (VTA) ir kt. kiekius, jų kitimo dėsnį.
2. Vykdant laboratorinį eksperimentą nustatyti kaip silosuojamos biomasės rūšis ir sudėtis lemia siloso kokybinių ir fermentacijos rodiklių kitimą bei dujų išsiskyrimą anaerobinės fermentacijos metu.
3. Įvertinti įvairių rūšių siloso kokybės ir temperatūros kitimą antrinės fermentacijos metu ir nustatyti silosuojamos žolių biomasės sudėties ir kukurūzų brandos įtaką siloso aerobinės kokybės blogėjimui.

### **Disertacijos ginamieji teiginiai**

1. Miglinių ir pupinių žolių mišinio siloso kokybė ir aerobinis siloso gedimas priklauso nuo procentinės silosuojamų žolių mišinio sudėties.

2. Kukurūzų siloso kokybė ir aerobinis siloso gedimas priklauso nuo silosuojamų kukurūzų brandos.

3. Konservuojamo pašaro rūšis turi reikšmingos įtakos pašaro kokybiniams rodikliams, tačiau konservavimo būdas ne visada turi tam įtakos.

### **Mokslinio darbo aktualumas**

Konservuotų pašarų kokybės tyrimų, kompleksiškai įvertinant jų mitybinę vertę, kokybę, šalyje stokojama, mažai informacijos apie konservuotų pašarų fermentacijos kokybę, konservavimui naudojant vietinius augalus. Mažai tyrinėtas aerobinis siloso kokybės blogėjimas, kai pradedant šerti konservuotais pašarais, yra atidengiamos silosinės ir pašaro sąveikoje su oru prasideda antrinė fermentacija. Taip pat trūksta informacijos apie dujų išsiskyrimą anaerobinės fermentacijos metu ir temperatūros kitimą aerobinės fermentacijos metu, priklausomai nuo silosuojamos biomasės sudėties. Net ir aukštos kokybės pašaro, ruošiamo remiantis gera gamybos praktika, kokybė gali būti sugadinta. Stokojama tyrimų, siekiant išsiaiškinti kokios sudėties ir kokių savybių silosas būtų atspariausias aerobiniam gedimui.

### **Darbo naujumas**

Nustatyta iki šiol Lietuvoje neanalizuota siloso, pagaminto iš vietinių augalų, pirminės ir antrinės fermentacijos kokybė, tiriant siloso mitybinę vertę, temperatūros kitimą bei dujų išsiskyrimą ir kaip šie rodikliai priklauso nuo silosuojamos žolių biomasės sudėties ir kukurūzų brandos. Taip pat įvertinta pūslėtųjų kūlių (*Ustilago maydis*) įtaka kukurūzų siloso kokybei ir aerobinei fermentacijai. Kadangi tokių tyrimų trūksta, gauti rezultatai turi naujumo aspektų, taip pat papildo agronomijos mokslą naujomis žiniomis apie vietinių kultūrų silosavimą ir siloso aerobinį gedimą. Šių tyrimų metu taip pat nustatyta ūkiuose pagaminto konservuoto pašaro mitybinė vertė ir kaip ją lemia silosuojamos biomasės sudėtis, fermentacijos tipas ir konservavimo rūšis, todėl šis tyrimas pateikia naujos mokslinės ir praktinės informacijos.

### **Darbo praktinė reikšmė**

Atliktas siloso pirminės ir antrinės fermentacijos kokybės vertinimas ir stebima kaip siloso kokybiniai rodikliai, temperatūros kitimas bei dujų išsiskyrimas priklauso nuo silosuojamos žolių rūšies ir silosuojamų kukurūzų brandos. Taip pat įvertinta Lietuvoje pagamintų įvairios sudėties ir skirtingais būdais konservuotų pašarų kokybė.

Padarytos išvados ir pateiktos rekomendacijos, kurios padės žemės ūkio paskirties gyvulių augintojams užtikrinti siloso kokybę bei išsaugoti reikalingas maisto medžiagas konservuotuose pašaruose, kontroliuojant aerobinį siloso gedimą. Tai svarbu ne tik užtikrinant kokybiško ir vertingo pašaro pateikimą gyvuliams, bet ir pateikiant į rinką saugų gyvūninės kilmės maistą.

## **Tyrimo rezultatų apibavimas**

Disertacinio darbo tema paskelbti 2 moksliniai straipsniai leidiniuose, turinčiuose citavimo indeksą. Tyrimų rezultatai taip pat paskelbti 6 nacionalinėse ir tarptautinėse konferencijose, bei 6 konferencijų santraukų leidiniuose. Pagal tyrimų rezultatus parengta 1 rekomendacija žemės ūkiui.

## **Disertacijos turinys ir apimtis**

Disertacija parašyta lietuvių kalba. Disertacijos apimtis – 156 puslapiai. Ją sudaro santrauka, įvadas, literatūros analizė, tyrimo metodai, tyrimo rezultatai ir jų aptarimas, išvados, publikacijų sąrašas ir publikacijų kopijos. Disertacijoje pateikta 21 lentelė ir 25 paveikslai. Panaudoti 144 literatūros šaltiniai. Dalis disertacijoje naudojamų duomenų yra paimti iš doktorantės Lauksmės Merkevičiūtės-Venslovės straipsnių: Merkevičiute-Venslove L., Venslovas E., Mankeviciene A., Slepeliene A., Ceseviciene J. 2023. Effect of Ustilago maydis on the nutritive value, fermentation characteristics and aerobic deterioration of maize silage. *Agronomy*, 13(1): 111. IF – 3,949 (Q1) bei Merkevičiute-Venslove L., Slepeliene A., Ceseviciene J., Mankeviciene A., Venslovas E. 2022. Peculiarities of chemical composition of main types of silage prepared from grasses, legumes, and small grain crop mixtures. *Zemdirbyste–Agriculture*, 109 (2):179-184. IF – 1,083 (Q3).

# 1. LITERATŪROS ANALIZĖ

## 1.1. Silosas ir jo reikšmė Lietuvoje ir pasaulyje

Pašarai yra atrajotojų mitybos pagrindas, tačiau pašarų gamybai didelę įtaką daro sezoniškumas. Taip yra dėl nepalankių augimo sąlygų žiemą. Siekdami įveikti sezoninius svyravimus ir išvengti gyvulių pašaro trūkumo, ūkininkai jau šimtmečius saugo pašarus. Norint išvengti šviežiai nuimto derliaus augalų gedimo, galima rinktis įvairias galimybes. Mikrobiologinius procesus, lemiančius gedimą, galima sustabdyti džiovinant arba parūgštinant (Wilkinson & Rinne, 2018).

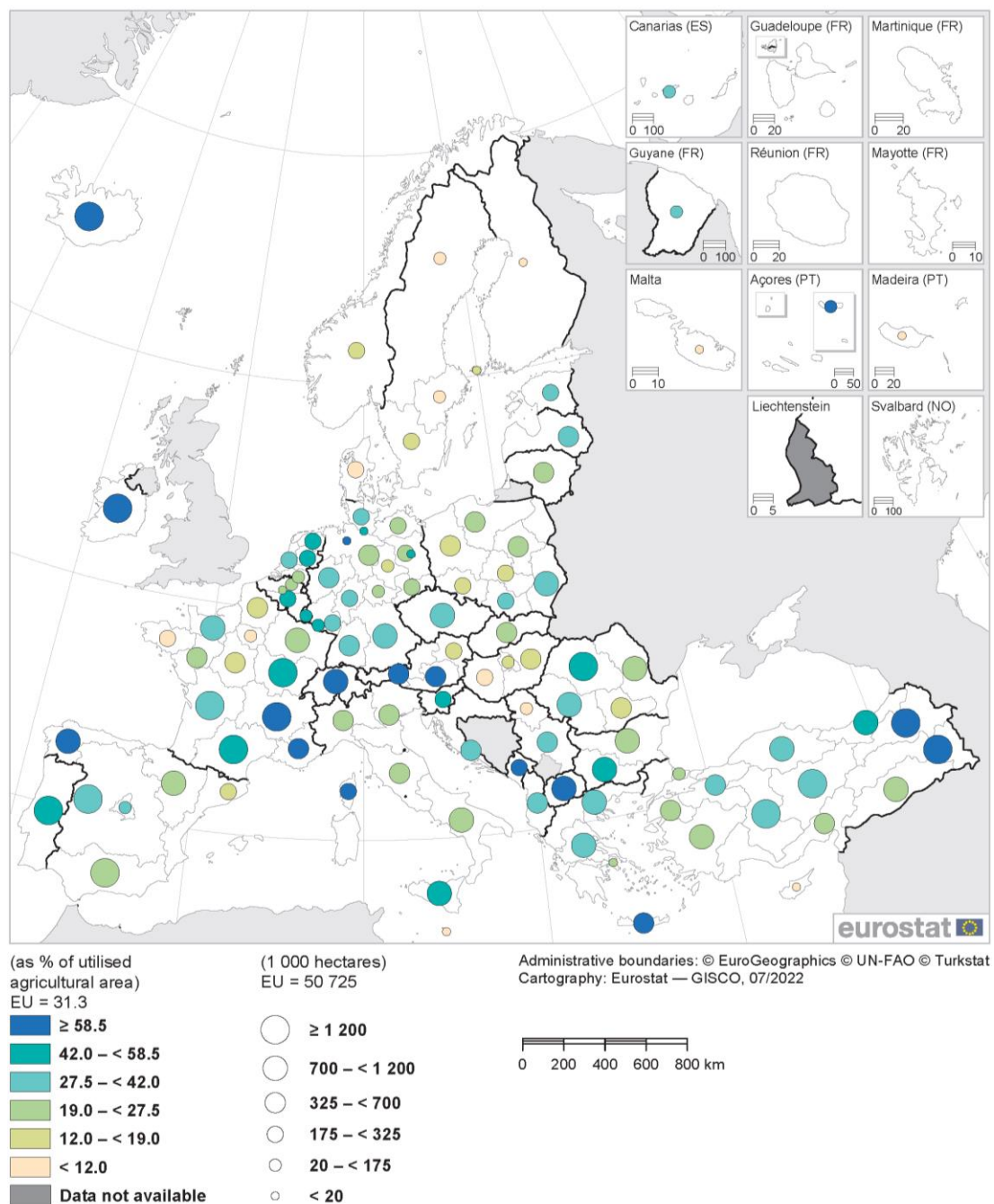
Tradiciškai pievų augalai ir pašariniai augalai, pavyzdžiui, liucerna, buvo saugomi gaminant šieną. Pašarų silosavimas yra mikrobiologinis procesas, kurio pagrindas – anaerobinėmis sąlygomis bakterijų gaminama pieno rūgštis. Dėl technologinių naujovių, pavyzdžiui, plastiko išradimo ir mechanizacijos, silosavimas tapo populiarus tarp ūkininkų (Wilkinson & Rinne, 2018).

Silosavimas – tai anaerobinis konservavimo procesas, kuris naudojamas pašarų ilgiamžiškumui padidinti, apribojant mikrobu aktyvumą ir išsaugant augalinės medžiagos maistinę vertę (Wilkinson & Rinne, 2018). Silosavimo metu pH sumažėja, nes pienarūgštės bakterijos (LAB) vandenyje tirpius angliavandenius (WSC) paverčia pieno rūgštimi ir slopina gedimą sukeliančių mikroorganizmų augimą. Todėl, norint pagaminti aukštos kokybės silosą, labai svarbu kontroliuoti fermentacijos procesą (Coblentz & Akins, 2018; Wilkinson & Davies, 2013).

Nuo 65 iki 78 proc. naudojamos žemės ūkio paskirties plotų Lietuvoje – vis dar yra ariama žemė. Ariama žemė – tai žemė, kuri reguliariai dirbama (ariama arba kultivuojama), paprastai pagal sėjomainos sistemą. Tai žemė, kurioje auginami įvairūs žmonėms ir gyvuliams vartoti skirti augalai. Nuo 19 iki 27,5 proc. žemės ūkio paskirties plotų naudojami daugiametėms pievoms – žemei, kurioje kelerius metus iš eilės (paprastai penkerius metus ar ilgiau) auginami pašariniai ar energetiniai augalai, kurie gali būti naudojami ganymui, šienaujami silosui ir šienui arba naudojami atsinaujinančios energijos gamybai (1 paveikslas) (*Agriculture Statistics at Regional Level*, 2022).

2019 m. 10,3 mln. ES veikiančių ūkių bendroji pridėtinė vertė siekė 180,7 mlrd. eurų. Palyginimui, tai sudarė 1,4 proc. visos veiklos pridėtinės vertės. Pridėtinė vertė – tai skirtumas tarp produkcijos ir tarpinio vartojimo vertės, pakoreguotas atsižvelgiant į mokesčius, atėmus subsidijas produktams. Žemės ūkio indėlis į regioninę pridėtinę vertę apskritai buvo gana mažas. Tačiau buvo keletas daugiausia kaimo regionų, kuriuose žemės ūkio ekonominė reikšmė buvo

didesnė; daugiausia jų buvo pietiniuose ir rytiniuose ES regionuose. Lietuvoje žemės ūkio bendroji pridėtinė vertė sudarė ne mažiau kaip 6,0 % visų ekonominių rezultatų.



**1 paveikslas.** Daugiametės pievos, proc. žemės ūkio paskirties plotų (*Agriculture Statistics at Regional Level, 2022*)

**Figure 1.** Permanent grassland as % of agricultural area (*Agriculture Statistics at Regional Level, 2022*)

## 1.2. Konservuotiems pašarams auginami augalai

Miglinės žolės – labai dažnas pievų bei ganyklų augalas ir sudaro didžiąją dalį jose auginamų pašarų. Šios žolės nėra ypatingai reiklios dirvožemiui ir klimato sąlygoms, taip pat dauguma jų yra ilgaamžės. Iš visų žolių varpinės laikomos derlingesnėmis, tik ten kur mažai kritulių ir giliai gruntinis vanduo, kai kurios žolės dera geriau nei miglinės (Weißhuhn et al., 2017). Žaliesiems pašarams auginamų augalų derlingumas ir nuimtas plotas Lietuvoje pateiktas 1 lentelėje.

**1 lentelė.** Žaliesiems pašarams auginamų augalų derlingumas ir nuimtas plotas Lietuvoje 2019–2022 m. (*Oficialiosios Statistikos Portalas, 2023*)

**Table 1.** Yields and harvested area of green fodder grown in Lithuania 2019–2022 (*Official Statistics Page, 2023*)

Rodikliai	Metai			
	2019	2020	2021	2022
<b>Kukurūzai silosui ir žaliajam pašarui / Maize for green fodder and silage</b>				
Žemės ūkio augalų derlius, t / Harvest of agricultural crops, t	1012297	851 139	812622	874880
Žemės ūkio augalų nuimtas plotas, ha / Crop harvested area, ha	32944	29 924	29390	32911
<b>Silosiniai augalai (be kukurūzų) / Silage crops (without maize)</b>				
Žemės ūkio augalų derlius, t / Harvest of agricultural crops, t	71 421	54 743	48 424	49 185
Žemės ūkio augalų nuimtas plotas, ha / Crop harvested area, ha	5 607	4 209	4 228	3 816
<b>Vienmečių žolių ir kitų vienmečių augalų žalias pašaras, šienainis</b>				
Žemės ūkio augalų derlius, t / Harvest of agricultural crops, t	91462	85177	83121	83793
Žemės ūkio augalų nuimtas plotas, ha / Crop harvested area, ha	10808	9059	8969	8385
<b>Daugiamečių žolių iki 5 m. žalias pašaras, šienainis</b>				
Žemės ūkio augalų derlius, t / Harvest of agricultural crops, t	1255216	1224852	1246118	1532373
Žemės ūkio augalų nuimtas plotas, ha / Crop harvested area, ha	155407	107231	119673	119926
<b>Kultūrinių ganyklų žalias pašaras, šienainis</b>				
Žemės ūkio augalų derlius, t / Harvest of agricultural crops, t	1321859	1289065	975605	988521
Žemės ūkio augalų nuimtas plotas, ha / Crop harvested area, ha	298339	158460	125180	133202

Konservuotiems pašarams dažnai naudojami pašariniai motiejukai, kurie gerai auga pievose, ganyklose, laukuose, miškų aikštelėse ir įvairiuose dirvožemiuose. Jie yra nereiklūs klimato sąlygoms bei gerai žiemoja. Viena iš pagrindinių priežasčių, kodėl pašariniai motiejukai naudojami silosui gaminti, yra jų gera maistinė vertė. Lietuvoje dažnai sėjami mišiniuose su pupinėmis žolėmis (Przemieniecki et al., 2019). Taip pat mišiniuose dažnai naudojami tikrieji nendriniai eraičinai, kurie pasižymi geru atžėlimu ir pašarine verte, nors gali būti reiklesni dirvožemiui ir klimato sąlygoms. Juose randamas vidutinis žalių baltymų kiekis ir daug

ląstelienos, kuri yra svarbi galvijų prieskrandžio funkcijai ir virškinimui (Johansen et al., 2018). Daugiametės svidrės, dažnai įtraukiamos į mišinius silosui, yra derlingos, gerai atželia ir nebijo mindymo. Nors nėra pakankamai atsparios žiemos šalčiams, o ypač neatsparios vėlyvoms pavasarinėms šalnoms ir sausroms (Grace et al., 2018). Pašaras su aukštosiomis avižuolėmis dėl kartaus skonio nėra per daug gyvulių mėgstamas, bet mišiniuose su kitomis žolėmis, gerai ėdamas (Petkevičius, 1993).

Pupinės žolės pasižymi gera pašarine verte, jose būna iki 50 – 100 proc. ir daugiau baltymų, negu miglinėse žolėse (De La Torre-Santos et al., 2021). Šių žolių šaknys į žemę gali prasiskverbti giliau, todėl sausesnėse kalvotose žemėse kai kurios pupinės žolės, pvz., liucerna, dera geriau už miglines (Petkevičius, 1993; M. Wang et al., 2021). Raudonieji dobilai, dažnai naudojami mišiniuose silosui, yra pagrindinė laukų pupinė žolė. Jie dažnai imami ir į pievų ir į ganyklinius mišinius, nes pasižymi aukšta pašarine verte (Vanhatalo et al., 2009). Iš pupinių žolių žaliesiems pašarams taip pat dažnai naudojamos ir mėlynžiedės liucernos. Tai yra geros maistinės vertės, baltyminga žolė, gana ilgai išsilaikanti (Berti et al., 2021). Tiek raudonuosiuose dobiluose tiek mėlynžiedėse liucernose gausu baltymų, mineralų, vitaminų ir kitų svarbių maistinių medžiagų, kurios, įtrauktos į racioną, padeda pagerinti gyvulių produktyvumą ir pieno gamybą (Johansen et al., 2017). Didelis baltymų kiekis raudonuosiuose dobiluose ir liucernose padeda patenkinti gyvulių baltymų poreikį (Berti et al., 2021).

Lietuvoje iš kukurūzų biomasės daugiausiai gaminamas silosas. Dėl didelio krakmolo kiekio, mažos buferinės talpos ir didelio pieno rūgšties bakterijų kiekio, kuris palengvina silosavimo procesą, tai populiarus pasirinkimas silosui gaminti (Bolson et al., 2022). Esant palankioms auginimo sąlygomis kukurūzai per palyginti trumpą vegetacijos laikotarpį sukaupia daug (daugiau kaip 70 t/ha) žaliosios masės. Kukurūzai yra maistingi, nors ne itin baltymingi. Kukurūzai maisto medžiagas kaupia pamažu iki vaškinės brandos, o dauguma vienmečių pašarinių augalų tik iki augalų žydėjimo pradžios (Petkevičius, 1993). Daugelio pašarinių augalų maistinė vertė su branda menkėja – juose didėja ląstelienos kiekis, o energijos kiekis mažėja. Kukurūzams bręstant, skirtingai nuo kitų pašarinių augalų, jų kokybė gerėja dėl krakmolo kaupimosi grūduose (Bolson et al., 2022). Iš viso augalo gaminant silosą, svarbu jį pjauti tokia tarpsnyje, kai yra sukaupęs nuo 27 proc. iki 37 proc. SM. Nupjovus per anksti – prarandamas potencialus SM derlius, per vėlai – padidėja derliaus lauko nuostoliai ir mažėja vėlai nupjautų augalų grūdų virškinamumas (Szulc et al., 2021).



### **1.3. Konservuotų pašarų gamyba**

Šviežių pašarų silosavimas yra įprastas pašarų konservavimo būdas, padedantis atrajotojus nepertraukiamai aprūpinti pašarais (G. Pahlow et al., 2015). Silosavimo metu pieno rūgšties bakterijos, fermentuodamos angliavandenius, gamina organines rūgštis (G. K. , H. Pahlow, 2011). Konservavimo tikslai – išlaikyti tokią derliaus kokybę ir pašarines savybes, kokios buvo prieš sandėliavimą, ir iki minimumo sumažinti sausųjų medžiagų ir energijos nuostolius (Borreani et al., 2018b).

Vakuumavimas minkštoje (lanksčioje) vakuumavimo talpoje buvo palygintas su silosavimu tranšėje, per metus atliekant 5 pakartojimus (Sagyndykova et al., 2021). Vakumuotas silosas ne tik parodė gerus organoleptinius rezultatus, bet ir gerą kokybę pagal mitybinius rodiklius. Vienas iš skirtumų tarp vakuumavimo ir silosavimo tranšėje yra tas, kad suspaudus augalų biomasę išbėga sultys, kuriose yra daug silosui reikalingų maistinių medžiagų, taip pat šitaip pabloginamos silosavimo sąlygos. Išsaugojus siloso „sultis“ taip pat išsaugojami didesni kiekiai baltymų, krakmolo, kalcio ir fosforo. Tyrimų rezultatai įrodo siloso ruošimo minkštoje talpykloje su galimybe jį transportuoti ir sandėliuoti (be specialių konstrukcijų) privalumus, užtikrinant jo kokybės išsaugojimą, naudą (Sagyndykova et al., 2021).

#### **1.3.1. Silosavimo etapai**

Silos fermentacija ir laikymas susideda iš kelių skirtingų etapų, kurie yra labai svarbūs pašarų išsaugojimui ir kokybei. Šie etapai apima patį silosavimo procesą, pradinį fermentacijos etapą, stabilumo etapą ir silosinių atidarymo (gyvulių šėrimo) etapą. Kiekvienos fazės metu vyksta svarbūs procesai, kurie kuria pageidaujamas fermentacijos savybes, išsaugant maistines medžiagas ir užkertant kelią gedimui (Coblentz & Akins, 2018).

Silosavimo proceso (pirmojo etapo) metu nuimamas derlius ir biomasė yra silosuojama. Silosuojant pašalinamas deguonis ir skatinamos anaerobinės sąlygos, kurios būtinos pieno rūgšties bakterijų (LAB) augimui ir cukrų fermentacijai į organines rūgštis (Borreani et al., 2018a). Šis etapas yra labai svarbus siekiant sukurti anaerobinę aplinką, būtiną tolesniam fermentacijos procesui.

Antrasis etapas prasideda masei išnaudojus deguonį ir gali trukti 5 – 60 d. (Sirvydis, 2004). Anaerobinės fermentacijos etapo metu pieno rūgšties bakterijos (LAB) dominuoja mikrobu bendruomenėje ir vandenyje tirpius angliavandenius paverčia organinėmis rūgštimis, tokiomis kaip pieno rūgštis, kuri padeda išsaugoti pašarą. Šiame etape taip pat gali pradėti vystytis sviesto rūgšties bakterijos – didžiausias konkurentas pieno rūgšties bakterijoms. Tačiau, jei fermentacijos procesas vyksta normaliai, tai sviesto rūgšties bakterijos nesidaugina. Jei pieno rūgšties didėja

palengva, tai visada atsiranda sviesto rūgštis ir susidaro energijos nuostoliai (Sirvydis, 2004). Mikrobu bendrijų sekimui silosavimo metu įtakos gali turėti mikrobu inokuliantų, tokių kaip LAB, naudojimas (Sun et al., 2021), kuris gali sustiprinti siloso pieno rūgštis fermentaciją ir pagerinti jo skonį bei kokybę (Du et al., 2022). Anaerobinė fazė yra labai svarbi norint išsaugoti pašarą, nes sukuriama aplinka, nepalanki augti siloso gedimą sukeliantiems mikroorganizmams (Zucali et al., 2015). Apskritai siloso anaerobinė fazė yra lemiamas laikotarpis, kuris apima LAB dominavimą ir vandenyje tirpių angliavandenių pavertimą organinėmis rūgštimis, tam, kad būtų išsaugoma pašaro kokybė.

Trečiasis etapas – tai siloso laikymo etapas. Jis trunka tol, kol neatidaromos silosinės (Sirvydis, 2004). Tai yra stabili fazė, kuriai būdingas mikrobu aktyvumo sumažėjimas ir siloso stabilizavimasis. Šios fazės metu pH toliau mažėja, o pieno rūgštis koncentracija didėja, taip prisidedant prie siloso konservavimo. Šioje fazėje dominuojančia bakterijų gentimi tampa *Lactobacillus* (L. Sun et al., 2021).

Ketvirtojo silosavimo etapo (ėmimo iš silosinių ir šėrimo fazės) metu dėl aerobinės mikrobinės veiklos prasideda siloso gedimas (Muck et al., 1991). Šis etapas labai svarbus siloso kokybei ir maistinės vertės išsaugojimui. Svarbu kuo labiau suvaldyti oro patekimą į pašarą, kad būtų išvengta aerobinio gedimo, kuris gali lemti maistinių medžiagų nuostolius ir nepageidaujamų mikroorganizmų augimą (Borreani et al., 2018). Blogėjant siloso kokybei, sudėtiniai angliavandeniai, tokie kaip krakmolai, yra toliau skaidomi, o tai gali padidinti VTA koncentraciją vėlesnėse aerobinio gedimo stadijose (Tabacco et al., 2011).

## **1.4. Siloso kokybės parametrai**

### **1.4.1. Mitybinės vertės rodikliai**

Sausųjų medžiagų (SM) kiekis yra labai svarbus siloso gamybos veiksnys, turintis didelę įtaką siloso kokybei. Silosas, kuriame yra didesnis SM kiekis, paprastai pasižymi geresnėmis fermentacijos ir konservavimo savybėmis (Borreani et al., 2018b). Jei silose SM kiekis yra mažesnis nei  $300 \text{ g kg}^{-1}$ , laikoma, jis turi daug drėgmės, dėl ko gali suprastėti fermentacijos kokybė, atsirasti nepageidaujamų mikroorganizmų, pavyzdžiui, klostridijos (Yin et al., 2022). Tačiau jei sausųjų medžiagų silose yra daugiau, nei  $450 \text{ g kg}^{-1}$ , silosas linkęs kaisti (Koehler et al., 2013). Orientaciniai geros kokybės daugiamečių žolių ir kukurūzų siloso rodikliai pateikiami 2 lentelėje.

Žalių baltymų (ŽB) kiekis silose yra svarbus maistinės vertės rodiklis, kuris turi įtakos gyvulių sveikatai ir produktyvumui. Silosas su didesniu ŽB kiekiu yra laikomas labiau subalansuotu ir maistingesniu gyvuliams, palaikančiu jų augimą, pieno gamybą ir bendrą sveikatą (Reis et al., 2022). Siloso ŽB kiekiui įtakos turi įvairūs veiksniai, įskaitant pašarui naudojamos

žaliavos rūšį, derliaus nuėmimo metu pasiektą brandos stadiją ir ankštinių augalų kiekį mišinyje (Lai et al., 2023; Soe Htet et al., 2022). Ankštiniai augalai, pavyzdžiui, liucerna ir dobilai, pasižymi dideliu ŽB kiekiu ir gali reikšmingai prisidėti prie bendro baltymų kiekio silose (Lai et al., 2023).

**2 lentelė.** Orientaciniai geros kokybės daugiamečių žolių ir kukurūzų siloso rodikliai (Sirvydis, 2004; Spiekers, 2011)

**Table 2.** Indicative quality indicators for good quality perennial grass and maize silage (Sirvydis, 2004; Spiekers, 2011)

<b>Rodiklis / Item</b>	<b>Daugiamečių žolių silosas / Poaceae grass silage</b>	<b>Kukurūzų silosas / Maize silage</b>
Sausosios medžiagos / <i>Dry matter</i> , g kg <sup>-1</sup>	300–400	300–370
Žali baltymai / <i>Crude protein</i> , g kg <sup>-1</sup> SM	< 17	< 9
Žalia ląsteliena / <i>Crude fiber</i> , g kg <sup>-1</sup> SM	23–25	18–22
NDF, g kg <sup>-1</sup> SM	40–48	35–40
ADF, g kg <sup>-1</sup> SM	23–27	21–25
Krakkolas / <i>Starch</i> , g kg <sup>-1</sup> SM	-	>30
Vandenyje tirpūs angliavandeniai / <i>Water soluble carbohydrates</i> , g kg <sup>-1</sup> SM	>30	-
Pelenai / <i>Ash</i> , g kg <sup>-1</sup> SM	< 10	< 4
Metabolizuojama energija / <i>Metabolizable energy</i> , MJ kg <sup>-1</sup> SM	≥10,5 (≥10,1*)	≥11,0
Neto energija laktacijai / <i>Net energy for lactation</i> , MJ kg <sup>-1</sup> SM	≥6,4 (≥6,1*)	≥6,6

\* Antros arba vėlesnės pjūties

Siloso ląstelienos, krakmolo ir baltymų kiekis ir virškinamumas, kartu su kitais galutiniais fermentacijos produktais turi įtakos pieninių galvijų šėrimo įpročiams ir sausųjų medžiagų suvartojimui (Oliveira et al., 2017). Ląstelienos kiekis paprastai diferencijuojamas pagal Van Soest 1991 metais sukurtą detergentinės analizės metodą (Van Soest et al., 1991). Metodas pagrįstas bendru ląstelės sienelės medžiagų kiekiu nustatymu – neutraliame tirpale išplauta ląsteliena (NDF), kuri suskaidoma į atskiras frakcijas (celiuliozė ir ligninas) ir rūgščiame tirpale išplauta ląsteliena (ADF) (Jeroch et al., 2010; Matusevičius et al., 2017).

Krakkolo kiekis silose yra svarbus parametras, turintis įtakos fermentacijos procesui ir vėlesnei siloso kokybei. Didesnis krakkolo kiekis silose paprastai rodo didesnę energijos koncentraciją, kuri gali turėti teigiamos įtakos pašaro maistinei vertei (Serva et al., 2021).

Krakmolo virškinamumas silose gali skirtis priklausomai nuo tokių veiksnių, kaip derliaus branda ir jo nuėmimo laikas. Silosavimo metu vykstant fermentacijos procesui dėl įvairių mikroorganizmų veiklos krakmolai gali būti skaidomas, todėl susidaro galutiniai fermentacijos produktai, kaip pieno rūgštis (Dewar et al., 1963; Van Emon, 2020).

Vandenyje tirpių angliavandenių kiekis silose yra svarbus veiksnys, turintis įtakos fermentacijos kokybei (Y. C. Zhang et al., 2019). Pakankamas vandenyje tirpių angliavandenių kiekis yra būtinas pieno rūgšties bakterijų (LAB) augimui skatinti ir pieno rūgšties, kuri mažina pH ir stabdo kenksmingų mikroorganizmų augimą, gamybai (Borreani et al., 2018b). Tačiau didelis vandenyje tirpių angliavandenių kiekis gali turėti įtakos didesniems fermentacijos nuostoliams ir intensyvesniam aerobiniam gedimui (Cantoia Júnior et al., 2020)

Pelenų kiekis silosuojamoje biomasėje atspindi neorganines mineralines medžiagas, kaip kalcį, fosforą, kalį ir magnį (Bernard et al., 2002; Orou Ouennon Assouma & Çelen, 2022). Šios mineralinės medžiagos yra būtinos gyvūnų mitybai ir atlieka svarbų vaidmenį įvairiuose fiziologiniuose procesuose, įskaitant kaulų vystymąsi, raumenų funkciją ir fermentų aktyvumą (Kara ir kt., 2022). Pelenų kiekis silose gali skirtis priklausomai nuo pašarų rūšies, priedų buvimo ir augalų brandos stadijos derliaus nuėmimo metu Guven & Kamalak, 2021a; Orou Ouennon Assouma & Çelen, 2022). Tačiau pernelyg didelis peleningumas taip pat gali rodyti biomasės užterštumą arba prastą fermentacijos kokybę (Hellwing et al., 2017).

Nuo metabolinės energijos (ME) kiekio priklauso, ar silosas tinkamas gyvulių pašarui ir ar jis gali patenkinti gyvulių energijos poreikius (Karlsson et al., 2018). Silosas, pasižymintis didesniu metabolinės energijos kiekiu, suteikia daugiau energijos gyvuliams, palaiko jų augimą, pieno gamybą ir bendrą produktyvumą (Condori-Quispe et al., 2019). Energijos kiekis silose gali priklausyti nuo įvairių veiksnių, pvz., nuo silosuojamos biomasės sudėties ir brandos. Pavyzdžiui, kukurūzų silosas pasižymi dideliu energijos kiekiu dėl grūdų frakcijoje esančio krakmolo (Boguhn et al., 2003; Mandic et al., 2018a). Kita vertus, pašariniai augalai, pavyzdžiui, avižos, gali turėti santykinai mažesnę metabolinės energijos kiekį (Condori-Quispe et al., 2019).

Neto energija laktacijai (NEL) - tai energija, kurią melžiamos karvės gali panaudoti pieno gamybai ir išlaikymui. Tai labai svarbus veiksnys sudarant subalansuotus racionus ir optimizuojant pieno gamybos efektyvumą. Siloso NEL vertei įtakos turi jo cheminė sudėtis, įskaitant angliavandenių, baltymų, riebalų ir ląstelienos kiekį (Kung et al., 2018). Didesnės NEL vertės silosas suteikia daugiau energijos gyvuliams, palaiko jų pieno gamybą ir bendrą produktyvumą (Rachah et al., 2020).

### 1.4.2. Fermentacijos kokybės rodikliai

Siloso pH vertė yra svarbus siloso fermentacijos kokybės ir maistinių medžiagų išsaugojimo rodiklis (Xia et al., 2023). Gerai fermentuoto siloso pH vertė turėtų būti mažesnė nei 4,2 (3 lentelė), kad būtų stabdomas nepageidaujamų mikroorganizmų augimas ir užtikrinamas maistinių medžiagų išsaugojimas (Lv et al., 2020). pH vertė glaudžiai susijusi su pieno rūgšties bakterijų (LAB) fermentacijos metu gaminama pieno rūgštimi (Ferrero, Tabacco, & Borreani, 2021). LAB metabolizuoja vandenyje tirpius angliavandenius į pieno rūgštį, kuri sumažina pH ir sukuria rūgščią aplinką, stabdančią gedimo mikroorganizmų augimą (Driehuis et al., 2001). Mažesnė pH vertė rodo, kad silosas yra stabilesnis ir geriau išlaiko kokybę aerobinės fermentacijos metu (M. Wang et al., 2021). Pridėjus priedų, pavyzdžiui, LAB inokulantų arba išrūgų miltelių, galima reguliuoti siloso pH vertę ir pagerinti jo fermentacijos kokybę (Güven & Kamalak, 2021b).

**3 lentelė.** Orientaciniai geros kokybės daugiamečių žolių ir kukurūzų siloso fermentacijos kokybės rodikliai (Kung et al., 2018; Sirvydis, 2004)

**Table 3.** Benchmarks for good quality perennial grass and maize silage fermentation quality (Kung et al., 2018; Sirvydis, 2004)

Rodiklis / Item	Daugiamečių žolių silosas / <i>Poaceae grass silage</i>	Kukurūzų silosas / <i>Maize silage</i>
pH	3,7–4,5	3,7–4,0
Pieno rūgštis / <i>Lactic acid</i> , g kg <sup>-1</sup> SM	35–100	30–60
Acto rūgštis / <i>Acetic acid</i> , g kg <sup>-1</sup> SM	< 30	< 30
Sviesto rūgštis / <i>Butyric acid</i> , g kg <sup>-1</sup> SM	< 0,1	< 0,1

Pieno rūgšties bakterijos (LAB) yra atsakingos už pieno rūgšties gamybą silosavimo metu. Dėl sparčiai besikaupiančios pieno rūgšties sumažėja pH, susidaro rūgšti aplinka, kuri stabdo nepageidaujamų mikroorganizmų augimą ir išsaugo silose esančias maistines medžiagas (Muck et al., 2018). Pieno rūgštis taip pat prisideda prie siloso fermentacijos kokybės gerinimo, nes skatina naudingų bakterijų, tokių kaip *Lactobacillus*, dominavimą ir slopina gedimą sukeliančių mikroorganizmų augimą (Guan, Shuai, et al., 2020). Pieno rūgšties gamybai įtakos turi įvairūs veiksniai, įskaitant jau esančių LAB tipą, silosavimo sąlygas ir silosavimo priedų naudojimą (Ribas et al., 2021).

Acto rūgštis yra antroji pagal koncentraciją rūgštis konservuotuose pašaruose, kurios paprastai randama nuo 10 iki 30 g kg<sup>-1</sup> SM (Kung et al., 2018). Acto rūgštį fermentacijos proceso metu gamina tam tikros bakterijos, įskaitant acto rūgšties bakterijas ir kai kurias pieno rūgšties bakterijas atmainas (Kalač, 2017). Ši rūgštis veikia kaip natūralus siloso konservantas, nes slopina

gedimą sukeliančių mikroorganizmų, ypač mielių, augimą. Ji padeda sumažinti pH ir sukuria rūgščią aplinką, kuri prisideda prie maistinių medžiagų išsaugojimo silose (Fang et al., 2022). Vidutinis acto rūgšties kiekis silose gali būti naudingas, nes pagerina siloso aerobinį stabilumą po silosinių atidarymo (Kung et al., 2018). Tačiau pernelyg didelis acto rūgšties kiekis ( $>60 \text{ g kg}^{-1} \text{ SM}$ ) gali rodyti neefektyvią fermentaciją ir būti susijęs su dideliais sausųjų medžiagų nuostoliais silose. Stebėti ir valdyti acto rūgšties susidarymą silose labai svarbu siekiant optimizuoti fermentacijos kokybę ir užtikrinti siloso maistinę vertę bei stabilumą (Y. Wang et al., 2019).

Silasas, kuriame yra daug sviesto rūgšties, dažnai pasižymi prasta fermentacijos kokybe ir tokio pašaro gyvuliai suvartoja mažiau (Guan, Shuai, et al., 2020). Sviesto rūgšties fermentacija susijusi su klostridinių bakterijų augimu, dėl kurio gali padidėti maisto medžiagų nuostoliai ir sumažėti pašaro suvartojimas (M. Li et al., 2021). Aukšta temperatūra fermentacijos metu gali skatinti sviesto rūgšties gamybą ir siloso proteolizę (Q. Zhang et al., 2018). Sviesto rūgšties buvimas taip pat rodo neefektyvią fermentaciją ir gali lemti energijos nuostolius bei prastesnę siloso kokybę (Vissers et al., 2007). Priedų, pavyzdžiui, pieno rūgšties bakterijų, naudojimas padeda slopinti sviesto rūgšties gamybą ir pagerinti fermentacijos kokybę (Guan, Shuai, et al., 2020). Siekiant optimizuoti fermentaciją ir užtikrinti siloso maistinę vertę bei stabilumą, labai svarbu valdyti sviesto rūgšties kiekį silose (G. Pahlow et al., 2015).

## **1.5. Veiksniai, darantys įtaką siloso kokybei**

### **1.5.1. Silosuojamos biomasės sudėtis**

Per pastaruosius dešimt metų pašarų derlius išaugo keliais kartais (*Eurostat Statistics Explained. Agricultural Production – Crops*, 2021) ir Lietuvoje (*Lietuvos Statistikos Departamentas*, 2021). Pašarų rūšys per tą patį laikotarpį taip pat kito, o pasikeitus klimatui, tikėtina, kad jos dar labiau keisis ateityje.

Taip pat tikimasi, kad Europos žaliasis kursas nulems žolinių pašarų kiekio didėjimą ateinančiais metais. Klimato kaitos poveikis Europos Sąjungos žemės ūkiui skiriasi pagal pobūdį ir vietovės, kurios bus paveiktos. Ateityje šiltesnė temperatūra gali padidinti produktyvumą šiaurės Europoje, tačiau tuo pat metu ekstremalūs karščio reiškiniai ir sausros turėtų sumažinti pasėlių produktyvumą pietų Europoje (EEA Report. 2020. European Environment Agency. Air Quality in Europe – 2020 Report., 2020).

Ankstesni tyrimai parodė, kad miglinių ir ankštinių augalų mišiniai yra pranašesni nei grynųjų žolių pašarai, nes jie dažnai padidina bendras žolės ir baltymų vertę ir pasižymi subalansuota mityba gyvuliams (Dewhurst et al., 2003). Žolės ir ankštinių augalų mišiniai taip pat užtikrina geresnį maistinių medžiagų balansą ir duoda didesnę pašaro derlių. Ankstesni tyrimai

patvirtino, kad mišraus siloso naudojimas, kaip liucernų ir kukurūzų, gali padėti praturtinti silosą reikalingomis maisto medžiagomis (Wang ir kt., 2019).

Ankstesniuose šalyje atliktuose tyrimuose (Butkutė, 2010), tirta įvairios kilmės siloso kokybė. Šie tyrimai parodė, kad ypač dideli skirtumai randami skirtingų daugiamečių žolių siloso kokybėje. Jatkauskas ir kiti (2013; 2004) taip pat tyrė įvairių rūšių siloso kokybę. Tyrimai parodė, kad silosuojamos biomasės rūšis turėjo įtakos siloso kokybei kaip ir pašarų gamybos metodas, vytinimo laipsnis, naudojami konservantai ir natūralios sąlygos. Maisto medžiagų kiekis, sukauptas augaluose priklauso nuo žolių rūšinės sudėties ir vystymosi tarpsnio. Siekiant užtikrinti galvijų sveikatingumą ir aukštą produktyvumą, racionai turi būti subalansuoti pagal energijos ir pagrindinių maistinių medžiagų kiekį, pvz. baltymų, nestruktūrinių angliavandenių (krakmolo, cukraus), ląstelienos, riebalų, mineralinių medžiagų, vitaminų ir vandens (Butkutė, 2010; Jatkauskas et al., 2013).

### **1.5.2. Siloso mikroflora**

Silosavimo mikroflora, įskaitant bakterijas, mieles ir grybelius atlieka svarbų vaidmenį fermentacijos procese ir daro įtaką siloso kokybei. Mikrofloros sudėtis ir aktyvumas gali turėti didelę įtaką siloso fermentacijos kokybei, maistinių medžiagų išsaugojimui ir aerobiniam stabilumui (Borreani et al., 2018a). Silosavimo metu pradinė pašarų mikrobu populiacija sąveikauja su vyraujančiomis sąlygomis, pavyzdžiui, drėgme, deguonies prieinamumu ir pH, todėl vyksta mikrobu bendruomenių kaita (Xu et al., 2022). Pieno rūgšties bakterijos (LAB) yra pagrindinė mikroorganizmų grupė, atsakinga už pieno rūgšties gamybą, kuri sumažina pH ir sukuria rūgščią aplinką, slopinančią gedimą sukeliančių mikroorganizmų augimą (Lin et al., 2023). LAB dominavimas silosavimo metu yra labai svarbus norint gauti gerai išsilaikiusį ir kokybišką silosą. Nepageidaujamų mikroorganizmų, tokių kaip klostridijos ir enterobakterijos, buvimas gali lemti prastos kokybės fermentaciją, maistinių medžiagų nuostolius ir prastesnę siloso kokybę (Zhao et al., 2022).

Mikrobu bendrijos sudėčiai ir dinamikai silosavimo metu įtakos turi įvairūs veiksniai, įskaitant pašaro rūšį, silosavimo sąlygas, priedus ir valdymo praktiką (B. Wang et al., 2020). Specialių priedų, pavyzdžiui, LAB inokulantų ar organinių rūgščių (4 lentelė), naudojimas gali padėti valdyti mikrobu bendruomenę ir pagerinti fermentacijos kokybę (Zi et al., 2021). LAB inokuliantai gali sustiprinti naudingųjų bakterijų dominavimą, slopinti gedimą sukeliančių mikroorganizmų augimą ir pagerinti siloso fermentaciją. Be to, mikrobu bendrijai gali turėti įtakos netgi tokie veiksniai kaip aukštis virš jūros lygio, fizikinės ir cheminės pašarų savybės ir aplinkos sąlygos (Comino et al., 2014).

Manipuliuojant mikrobu bendruomene, taikant tinkamą valdymo praktiką ir naudojant priedus, galima pagerinti siloso fermentacijos kokybę, maistinių medžiagų išsaugojimą ir aerobinį stabilumą (Campbell et al., 2020; Henderson & McDonald, 1977).

**4 lentelė.** Siloso priedai (Sirvydis, 2004)

*Table 4. Silage additives (Sirvydis, 2004)*

Rūšis	Veikimo principas	Teigiamos savybės	Neigiamos savybės
<b>Organinės rūgštys, dažniausiai skruzdžių rūgšties dariniai</b>	Greitai sumažina pH. Apriboja biocheminių procesų aktyvumą ir sudaro sąlygas pieno rūgšties bakterijų veiklai.	Apsaugo nuo klostridijų. Mažina žaliųjų proteinų skilimą, siloso temperatūrą ir pašaro nuostolius.	Agresyvūs, korozingi preparatai.
<b>Bakteriniai inokuliantai</b>	Tai gyvos pieno rūgšties bakterijos, kurios greitina siloso fermentacijos procesą, mažinant silosuojamos masės pH.	Nepavojinga naudoti, mažina baltymų irimą.	Ribotas gyvybingumas, veikimui reikia specialių sąlygų.
<b>Fermentai</b>	Baltymai (amilazės, pektinazės ir eliulazės) greitinantys biocheminius procesus silose.	Krakmolą ir pektinus verčia į cukrų, gerina ląstelių virškinamumą.	Nestabilūs, esant dideliame kiekiui sausųjų medžiagų - neveiklūs. Naudojami retai.
<b>Angliavandenių šaltiniai</b>	Medžiagos, turinčios cukraus, kurios skatina pieno rūgšties bakterijų veiklą.	Skatina siloso rūgimą. Nepavojinga naudoti.	Gali mažinti aerobinį siloso stabilumą.
<b>Nebaltyminis azotas</b>	Paprastai amoniakas ar karbamidas, kurie padidina žaliųjų baltymų kiekį silose.	Veikia antimikrobiškai.	Gali stabdyti siloso fermentaciją. Pašaras ne visuomet noriai ėdamas.

### 1.5.3. Temperatūra

Anaerobinės fermentacijos etape temperatūra yra labai svarbi nustatant fermentacijos pobūdį ir bendrą siloso kokybę. Optimali fermentacijos temperatūra silosui gaminti paprastai svyruoja nuo 20 iki 30 °C (Ferrero, Tabacco, Piano, et al., 2021; Weinberg et al., 2001). Tokioje vidutinėje temperatūroje pienarūgštės bakterijos (LAB) klesti ir gamina pieno rūgštį, kuri padeda sumažinti pH ir stabdo gedimą sukeliančių mikroorganizmų augimą (Ferrero, et al., 2021). Aukštesnė nei 37 °C temperatūra gali lemti prastą siloso fermentacijos kokybę ir mažą aerobinį stabilumą (Borreani & Tabacco, 2010). Tyrimai parodė, kad dėl aukštesnės temperatūros silosavimo metu gali padidėti pH, sumažėti pieno rūgšties gamyba ir padidėti mielių skaičius, kas



rodo neoptimalią fermentaciją (Guan, Shuai, et al., 2020). Dominuojančios bakterijų gentys silose taip pat gali kisti priklausomai nuo temperatūros, kai tam tikros gentys tampa labiau dominuojančios esant tam tikrai temperatūrai (Zhou et al., 2016).

Temperatūra taip pat turi įtakos mikrobu bendrijos dinamikai anaerobinės fermentacijos fazėje. Aukštesnė temperatūra gali lemti mikrobu populiacijos pokyčius ir didesnę bakterijų bendrijos įvairovę silose (Tabacco et al., 2011). Pavyzdžiui, atlikus tyrimą nustatyta, kad silosas, silosuotas 45 °C temperatūroje, pasižymėjo sudėtingesne ir fragmentiškesne bakterijų bendrija, palyginti su silosu, silosuotu 30 °C temperatūroje (Guan, Shuai, et al., 2020). Svarbu pažymėti, kad temperatūra silosavimo metu gali skirtis priklausomai nuo aplinkos sąlygų ir regiono, kuriame gaminamas silosas. Kai kuriose šiaurinėse vietovėse kukurūzų silosas silosuojamas vėlyvą rudenį, kai temperatūra mažėja, o tai gali turėti įtakos fermentacijos ir konservavimo fazėms (Ferrero, Tabacco, Piano, et al., 2021).

Vienas iš svarbiausių veiksnių, kuriuos veikia temperatūra, yra sausųjų medžiagų (SM) nuostoliai silose. Aukštesnė temperatūra gali padidinti sausųjų medžiagų nuostolius ir neigiamai paveikti siloso maistinę vertę. Tyrimai parodė, kad temperatūrai pakilus 10 °C, SM nuostoliai gali padidėti 1,7 %. Šilumos išsiskyrimas yra normali silosavimo proceso dalis, ir net gerai paruoštame silose temperatūra gali pakilti 12 °C (Borreani et al., 2018a; Q. Zhang et al., 2018). Toks temperatūros padidėjimas gali prisidėti prie sausųjų medžiagų nuostolių ir turėti įtakos bendrai siloso kokybei (Borreani & Tabacco, 2010).

Temperatūra turi įtakos ne tik fermentacijos kokybei, bet ir siloso aerobiniam stabilumui. Aerobinis stabilumas – tai siloso atsparumas gedimui, veikiant orui, dėl kurio gali sumažėti maistinių medžiagų kiekis bei daugintis nepageidaujami mikroorganizmai (N. C. da Silva et al., 2018). Aukštesnė temperatūra gali padidinti aerobinio gedimo riziką ir pagreitinti gedimo procesą. Siloso temperatūros stebėjimas silosinių atidarymo ir gyvulių šėrimo etape yra labai svarbus siekiant nustatyti ankstyvuosius aerobinio gedimo požymius ir užkirsti kelią tolesniam gedimui (Guan, Ke, et al., 2020). Tyrimai parodė, kad temperatūra, kaip ankstyvas kukurūzų siloso aerobinio gedimo indikatorius, gali būti pranašesnė už pH. Pavyzdžiui, temperatūros pakilimas 2 °C virš aplinkos temperatūros buvo susijęs su žymiu pieno rūgšties praradimu kukurūzų silose (Shan et al., 2021).

Ūkyje esančiose silosinėse paviršiaus temperatūra gali būti naudojama kaip aerobinio stabilumo indikatorius (Andrieu, 2015). Honig (1990) rekomenduoja temperatūros matavimą kaip standartinę siloso vertinimo procedūrą, nes ją paprasta atlikti ir ji tinka dideliame mėginių skaičiui. Rezultatai rodo, kad šis sprendimas vis dar yra teisingas ir šiandieną, nes remiantis Gerlach et al. (2013) tyrimu siloso temperatūra buvo geriausias ožkų suvartojamo pašaro rodiklis.

#### 1.5.4. Susidariusios dujos silosavimo metu

Biocheminiai procesai siloso gamybos metu priklauso nuo pieno rūgšties anaerobinės fermentacijos. Siloso gamybos procesas paprastai skirstomas į keturis etapus: pradinį aerobinį etapą, fermentacijos etapą, laikymo etapą ir galutinį atidarymo (aerobinės fermentacijos) etapą. Fermentacijos ir sandėliavimo etapuose vyrauja anaerobiniai procesai (Ávila & Carvalho, 2020). Todėl silosas yra jautrus oksidacijai, nes jame yra aerobinių bakterijų, mielių ir pelėsių (grybelių), kurie anaerobinėmis sąlygomis būna neaktyvūs. Atsiradus sąlyčiui su atmosferos oru, šie aerobiniai mikroorganizmai greitai suaktyvėja ir aerobinio gedimo metu gamina anglies dioksidą (CO<sub>2</sub>) ir vandenį, taip sukeldami sausųjų medžiagų ir maistingųjų medžiagų nuostolį, t. y. siloso gedimą (Wilkinson & Davies, 2013). Kai silosinės atidaromos gyvulių šėrimui, siloso paviršius neišvengiamai kontaktuoja su deguonimi, todėl aerobiniai nuostoliai gali būti dideli (Li et al., 2017).

O<sub>2</sub> kiekiui silose įtakos turi daugybė konkuruojančių veiksnių, įskaitant siloso tankį, slėgį, drėgmės kiekį, temperatūrą ir kitų dujų koncentracijas (Y. Sun et al., 2015). Nustatyti du fizikiniai O<sub>2</sub> pernešimo į siloso vidų silosavimo ir sandėliavimo metu mechanizmai: dujų difuzija, kurią lemia koncentracijos gradientas tarp siloso ir aplinkos oro, ir advekcinis pernešimas, kurį lemia dujų slėgio skirtumas ( $\Delta P = P_{oras} - P_{silosas}$ ) skirtingose silosinės vietose (R. E. Muck & R. E. Pitt, 1994).

Siloso anaerobinės fermentacijos metu dėl mikrobu veiklos susidaro įvairių dujų. Pagrindinės susidarančios dujos yra anglies dioksidas (CO<sub>2</sub>), azoto dujos (N<sub>2</sub> ir NO<sub>2</sub>) ir vandenilio dujos (H<sub>2</sub>) (TEKİN & KARA, 2020). Šios dujos yra šalutiniai produktai, susidarantys mikroorganizmams skaidant organines medžiagas anaerobinėmis sąlygomis. Fermentacijos proceso metu mikroorganizmai suskaido silosuojamoje medžiagoje esančius tirpius ir struktūrinius cheminius junginius, todėl susidaro organinės rūgštys, vanduo ir dujos (Kara et al., 2018).

Anglies dioksido dujos (CO<sub>2</sub>) yra vienos iš pagrindinių dujų, susidarančių siloso fermentacijos metu. Jos susidaro pieno rūgšties bakterijoms (LAB) ir kitiems silosuojamoje medžiagoje esantiems mikroorganizmams skaidant angliavandenius. CO<sub>2</sub> susidarymas yra esminė fermentacijos proceso dalis kuri padeda išsaugoti silosą, sukuriant anaerobinę aplinką (Weiby et al., 2023).

Metanas (CH<sub>4</sub>) yra dar vienos dujos, kurios gali išsiskirti siloso fermentacijos metu, nors jo gamyba paprastai yra mažesnė, palyginti su CO<sub>2</sub>. Metaną gamina metanogeninės archėjos, kurių yra gyvulių prieskrandyje ir kurių taip pat gali būti silosuojamoje medžiagoje (Weiby et al., 2022). Metano gamybai siloso fermentacijos metu įtakos turi tokie veiksniai kaip fermentuojamų angliavandenių prieinamumas (McEniry et al., 2014).

## 1.6. Siloso aerobinis gedimas

Atidarius siloso talpyklą šėrimui, arba išėmus silosą iš siloso talpyklos, silosas yra veikiamas oro. Tuo metu fermentacinės rūgštys ir kiti siloso komponentai oksiduojasi, ima daugintis bakterijos, mielės ir pelėsiai (G. Pahlow et al., 2015; Wilkinson & Davies, 2013). Šiam procesui būdingas pH padidėjimas (G. K. , H. Pahlow, 2011), taip pat aerobinių mikroorganizmų silose likusių cukrų ir maistingųjų medžiagų naudojimas, todėl skaidomos organinės rūgštys ir gaminama šiluma, anglies dioksidas ir kiti metabolitai (Borreani et al., 2018a; Lindgren et al., 1985).

Atidarius silosines ir atsiradus siloso sąlyčiui su oru, pradeda augti aerobiniai mikroorganizmai (Drouin et al., 2021). Mielės dažnai yra pirmieji mikroorganizmai, kurie dauginasi aerobinėmis sąlygomis, nes jos gali toleruoti žemą pH ir panaudoti silose likusius angliavandenius (Driehuis, 2013; Yin et al., 2021). Augant mielėms sunaudojama pieno rūgštis ir kiti fermentacijos produktai, todėl padidėja pH ir išskiriamas anglies dioksidas (Yin et al., 2021).

Vykstant aerobiniam irimui prisideda ir kiti mikroorganizmai, pavyzdžiui, bakterijos ir pelėsiai. Bakterijos, įskaitant aerobines bakterijas ir fakultatyvines anaerobines bakterijas, metabolizuoja likusias maistines medžiagas ir prisideda prie šilumos ir anglies dioksido gamybos (Drouin et al., 2021; Yin et al., 2021). Kita vertus, pelėsiai gali panaudoti siloso struktūrinius angliavandenius, pavyzdžiui, celiuliozę ir hemiceliuliozę, dėl ko siloso maistinės medžiagos suyra ir gaminasi šiluma bei mikotoksinai (Ogunade et al., 2018).

Aerobinio gedimo reikšmė yra ta, kad jis daro neigiamą poveikį siloso maistinei kokybei ir stabilumui. Aerobiniams mikroorganizmams metabolizuojant likusius angliavandenius ir organines rūgštis, siloso maistinė vertė mažėja. Pieno rūgšties ir kitų fermentacijos produktų skilimas sumažina siloso rūgštingumą, todėl jis tampa mažiau veiksmingas stabdant gendančių mikroorganizmų augimą (Borreani et al., 2018a; Yin et al., 2021). Dėl to gali sumažėti sausųjų medžiagų kiekis, pasikeisti siloso cheminė sudėtis ir susidaryti nepageidaujamų metabolitų (Drouin et al., 2021). Be to, aerobinio gedimo metu pakilusi temperatūra gali dar labiau pagreitinti gedimo procesą ir prisidėti prie sausųjų medžiagų nuostolių (Borreani et al., 2018a).

Siloso aerobinis gedimas yra glaudžiai susijęs su temperatūra, nes temperatūros pokyčiai daro didelę įtaką gedimo procesuose dalyvaujančių mikroorganizmų augimui ir aktyvumui. Temperatūros padidėjimą aerobinio gedimo metu dažnai lydi rūgštingumo sumažėjimas, nes gedimo mikroorganizmų augimas sunaudoja pieno rūgštį ir kitus fermentacijos produktus (Duniere et al., 2017). Sumažėjus rūgštingumui ir vėliau padidėjus pH, susidaro aplinka, kuri mažiau stabdo gedimą sukeliančių mikroorganizmų augimą, todėl jie gali klestėti ir prisidėti prie gedimo proceso (Duniere et al., 2017). Gedimą sukeliančių mikroorganizmų dauginimasis gali

dar labiau pagreitinti siloso irimą, dėl to prarandama dalis sausųjų medžiagų ir pakinta siloso cheminė sudėtis (Mugabe et al., 2020).

Tyrimai parodė, kad siloso mikrobu bendrijos gali skirtis priklausomai nuo pašaro rūšies. Pavyzdžiui, 2017 m. atliktame tyrime buvo tiriamos mikrobu populiacijos smulkių grūdų, įskaitant miežių, avižų, kvietrugių ir šių trijų kultūrų mišinio silose. Tyrimo metu nustatyta, kad pirminės ir antrinės fermentacijos metu keitėsi mikrobu - bakterijų ir grybų - bendrijos. Tam tikrų mikrobu grupių, pavyzdžiui, *Saccharomycetales*, *Microascales* ir *Hypocreales* įvairovei ir gausumui įtakos turėjo pašaro rūšis ir aerobinės fermentacijos sąlygos (Dunierė et al., 2017).

Pašarų maistinė sudėtis taip pat gali turėti įtakos siloso jautrumui aerobinės fermentacijos metu. Silosas, kuriame yra daugiau lengvai fermentuojamų angliavandenių, tokių kaip cukrus ir krakmolas, yra labiau linkęs gesti. Šie angliavandeniai yra maisto šaltinis gedimo mikroorganizmams, todėl fermentacijos produktai išsenka ir padidėja rūgštingumas, o tai sukuria palankią aplinką gedimo mikroorganizmams daugintis (Driehuis et al., 2018).

Be to, pašarų drėgnumas gali turėti įtakos gedimo mikroorganizmų dauginimuisi aerobinės (antrinės) fermentacijos metu. Silosas, kurio drėgmės kiekis didesnis, yra jautresnis gedimui, nes jame susidaro ideali aplinka kenksmingiems mikroorganizmams augti. Drėgmės kiekis gali skirtis priklausomai nuo pašaro rūšies ir silosavimo proceso, todėl norint sumažinti aerobinio gedimo riziką, labai svarbu tinkamai valdyti drėgmę (Driehuis et al., 2018).

## 2. DARBO METODIKA IR SĄLYGOS

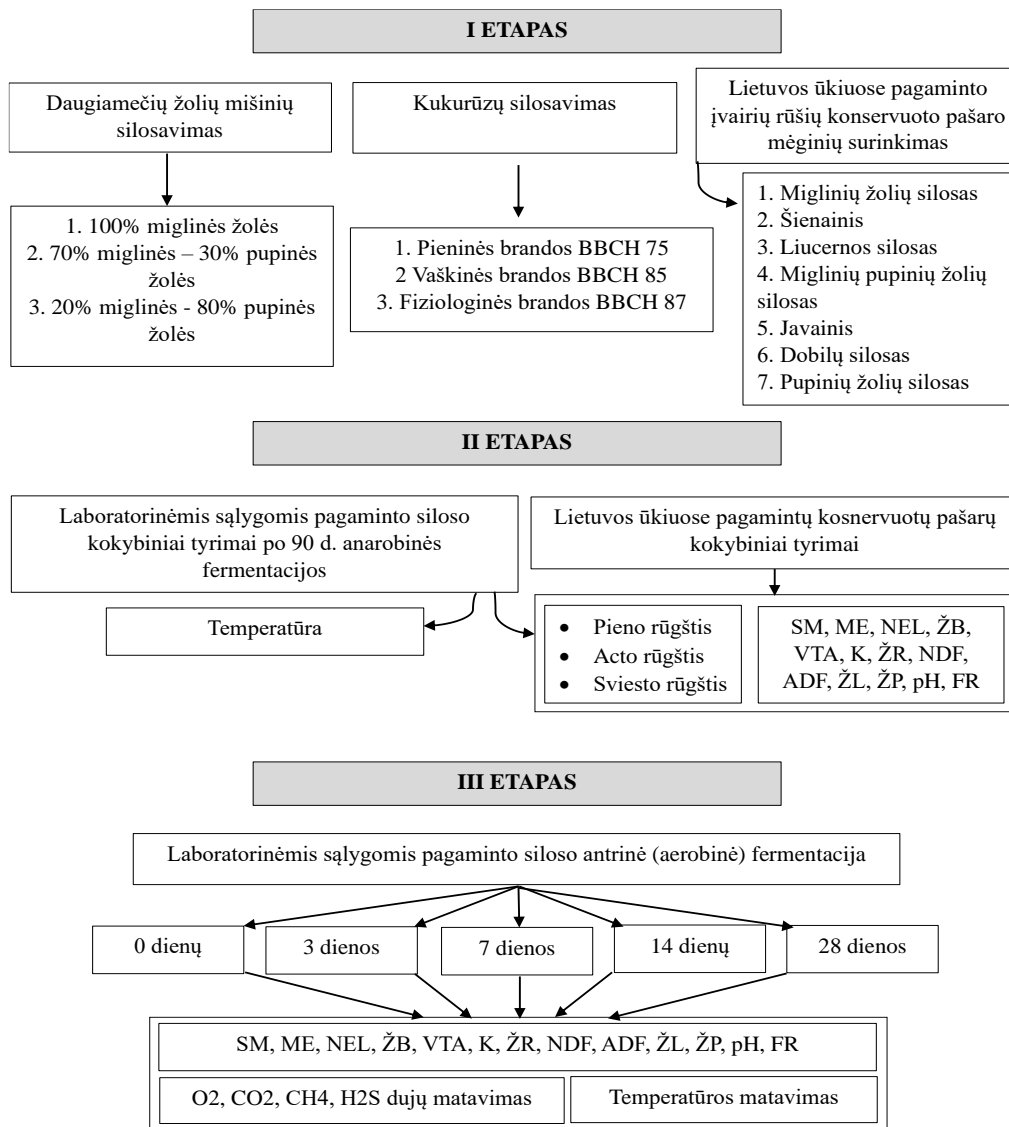
### 2.1. Tyrimo objektas

Daugiamečių miglinių (*Poaceae*) ir pupinių (*Fabaceae*) žolių mišinių ir kukurūzų siloso kokybės kitimas pirminės (anaerobinės) ir antrinės (aerobinės) fermentacijos metu laboratorinėmis sąlygomis ir Lietuvos ūkiuose pagaminto daugiamečių žolių mišinių ir kukurūzų konservuoto pašaro kokybė.

### 2.2. Tyrimo vieta ir vykdymo etapai

Augalai buvo auginami Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro (LAMMC) Žemdirbystės instituto teritorijoje, Akademijoje, Kėdainių rajone. Konservuotų pašarų kokybės tyrimai buvo atliekami 2019–2022 m. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Žemdirbystės instituto Cheminių tyrimų laboratorijoje.

Tyrimo schema pateikiama 2 paveiksle.



2 paveikslas. Tyrimų schema

*Figure 2. Research scheme*

### 2.3. Silosavimo procedūra

Žolių biomasės silosavimui buvo naudojami miglinių žolių mišiniai (2020 – 2021 m.) iš pašarinių motiejukų (*Phleum pratense*), tikrųjų eraičinų (*Festuca pratensis*) ir daugiametės svidrės (*Lolium perenne*); ir aukštoji avižuolė (*Arrhenatherum elatius*) (2022 m.); bei pupinės žolės: mėlynžiedė liucerna (*Medicago sativa*) (2020 m.) ir raudonieji dobilai (*Trifolium pratense*) (2021–2022 m.). Žydėjimo pradžios vegetacinėje fazėje augalai nupjauti ir vytinti ~12 val. Vytintos žolės buvo sukaptos rankine smulkintuve iki 2–4 cm ilgio gabaliukų. Susmulkinta žolė buvo sumaišyta iki homogeniškos (atskirai miglinių ir pupinių) masės, iš kurios vėliau sudaryti 3 mišinių variantai: 100 % miglinių žolių, 70 % miglinių ir 30 % pupinių žolių bei 20 % miglinių ir 80 % pupinių žolių. Žolių mišiniai silosuoti 3 pakartojimais (n = 45).

Pavieniai sveiki kukurūzų (*Zea mays* L.) augalai, auginami Lietuvos mokslinių tyrimų centre Žemės ūkio ir miškininkystės mokslinių tyrimų laukuose 2021 m., buvo nuimti rankomis. Visi augalai buvo "Duxxbury" (FOA 170) hibridai. Tai ankstyvasis hibridas, auginamas silosui ir grūdams. Kukurūzų priešėliai: 2020 metais žieminiai kviečiai, 2021 metais vasariniai miežiai, 2022 metais kukurūzai. Kukurūzų laukai 3 savaitės prieš sėją buvo tręšiami NPK 6-18-34 500 kg ha<sup>-1</sup> ir amonio salietra 300 kg ha<sup>-1</sup> ir birželio mėnesio viduryje amonio salietra 235 kg ha<sup>-1</sup>. Piktžolėms kukurūzuose naikinti, praėjus mėnesiui po sėjos, purkšta herbicidu ESTET® 600 EC (veiklioji medžiaga) 2,4 D rūgštis 600 g L<sup>-1</sup>) 0,6 ha<sup>-1</sup> ir pakartotinai po dviejų savaitių Nicogan® (nikosulfuronas 40 g L<sup>-1</sup>) 0,75 l ha<sup>-1</sup> (BBCH 13-19). Viename hektare buvo pasėta apie 75 tūkst. augalų. Stiebai buvo pjaunami maždaug 15 cm aukštyje nuo dirvos paviršiaus, kai kukurūzų grūdai buvo pieninės (BBCH 75), vaškinės (BBCH 85) ir fiziologinės (BBCH 87) brandos stadijose (Auškalnienė et al., 2020). Kukurūzų augalai buvo susmulkinti vidutiniškai iki 2 cm ilgio pašarų smulkintuvu. Kiekvienos brandos smulkinti kukurūzai buvo silosuojami 3 pakartojimais (n = 15).

Kruopščiai išmaišius, tiek šviežia kukurūzų tiek žolių masė buvo silosuojama trimis egzemplioriais maždaug 1 kg (šviežio svorio) polietileno maišuose (28 cm 40 cm, 100 ir 130 µm storio, Status Innovations Co., Metlika, Slovėnija) ir uždaroma naudojant vakumatorių, kaip aprašyta Johnson ir kt. (2005), Kaya (2022), Sagyndykova ir kt. (2021) bei Wang ir kt. (2022) (3 paveikslas).



**3 paveikslas.** Šviežia žolės masė vakuumatoriumi užsandarintuose maišeliuose

*Figure 3. Fresh grass biomass in vacuum-sealed bags*

### **2.3.1. Pūslėtosiomis kūlėmis užsikrėtusių kukurūzų silosavimo procedūra**

Pūslėtosiomis kūlėmis (*Ustilago maydis*) užsikrėtę kukurūzų augalai buvo surinkti Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro (LAMMC) Žemdirbystės instituto teritorijoje, Akademijoje, Kėdainių rajone, 2021 m. Pavieniai kukurūzų (*Zea mays* L.) augalai buvo nuimti rankomis. Žiedadulkių sklaidos ir gyslų plitimo laikotarpiu liepos mėnesį vidutinė oro temperatūra Lietuvoje buvo 22,1 °C (vidutinė daugiamečių oro temperatūra – 17,8 °C), o kritulių kiekis siekė 58 mm (vidutinis daugiamečių kritulių kiekis – 84 mm). Aukšta temperatūra ir sausra žiedadulkių sklaidos laikotarpiu ir siūlelių plitimo tarpsniu turėjo įtakos pūslėtųjų kūlių infekcijos vystymuisi.

Lauke buvo užsikrėtę apie 44 proc. kukurūzų. Bendra *Ustilago maydis* padaryta žala varpoms buvo įvertinta lauke, kukurūzų eilėse pasirenkant penkias atsitiktines vietas, kuriose dviejų metrų ilgio ruože buvo suskaičiuoti sveiki, pažeisti ir neišsivystę grūdai (European and Mediterranean Plant Protection Organization, 2020). Penkiuose atsitiktinai parinktuose 2 m ilgio eilučių ruožuose buvo suskaičiuoti sergantys ir sveiki kukurūzų augalai, po to jie buvo perskaičiuoti į "vieno sklypo" duomenis. Visi kukurūzų augalai buvo suskirstyti į dvi grupes: kukurūzai, kurių burbuolės nebuvo vizualiai užkrėstos *Ustilago maydis* (4A paveikslas) ir kukurūzai su akivaizdžiai ir smarkiai *Ustilago maydis* užsikrėtusiomis burbuolėmis (4B paveikslas).



**4 paveikslas.** Kukurūzų burbuolės: (A) – pūslėtosiomis kūlėmis (*Ustilago maydis*) vizualiai neužkrėsta burbuolė; (B) – pūslėtosiomis kūlėmis vizualiai ir smarkiai užkrėsta burbuolė

**Figure 4.** Corn cobs: (A) – ear not visibly infected with common smut (*Ustilago maydis*); (B) – ear visibly and severely infected with corn smut

Augalai iš viso buvo suskirstyti į tris variantus: 0 % užkrėstų, 50 % užkrėstų (sudaryta iš homogeninio mišinio, sudaryto iš vienodų 0 % užkrėstų ir 100 % užkrėstų augalų dalių) ir 100 % užkrėstų augalų. Kruopščiai išmaišius, šviežia kukurūzų masė buvo silosuojama trimis egzemplioriais maždaug 1 kg (šviežio svorio) polietileno maišuose.

Norint pradėti tiekti deguonį, buvo atidaryti maišeliai. Aerobinės fermentacijos etapas truko 28 dienas. Mėginiai buvo imami atidarymo dieną ir 3, 7, 14 ir 28 dienomis.

#### **2.4. Silosuojamos žaliavos ir siloso mėginių paėmimas ir kokybinė analizė**

Siloso mėginiai buvo paimti rankomis ir kruopščiai išmaišyti. Du šimtai gramų iš kiekvieno sumaišyto mėginio buvo išdžiovinti džiovykloje  $65 \pm 5^\circ\text{C}$  temperatūroje iki pastovaus svorio ir sumalti centrifuginiu malūnu ZM 200 (Retsch, Vokietija) iki 1 mm skersmens. Sumalti mėginiai buvo tiriami trimis pakartojimais, siekiant nustatyti absoliutų sausųjų medžiagų kiekį, mėginiai džiovinti 48 val.  $105^\circ\text{C}$  temperatūroje džiovykloje, kol mėginių svoris buvo stabilus. Artimųjų infraraudonųjų spindulių spektroskopijos (AIRA) kalibravimo lygtys (ADAS, Jungtinė Karalystė) buvo naudojamos žalių baltymų (ŽB), žalių riebalų (ŽR), krakmolo (K), žalios ląstelienos (ŽL), NDF, ADF, apykaitos energijos (ME) ir neto energijos laktacijos (NEL) kiekiui



nustatyti, naudojant NIRS-6500 prietaisą su mėginių sukimo moduliu (Foss-Perstorp, JAV) ir parenkant bangų ilgį nuo 400 iki 2500 nm (Serva, Marchesini, et al., 2021). Kukurūzų siloso analizei atlikti skenuojama su monochromatoriumi NIRS-6500 su besisukančiu (Spinning) moduliu. Kukurūzų silosui iširti naudojama VDLUFA (Vokietija) lygtis. Statistinė kukurūzų siloso analizavimo Air spektrometru lygties tikslumo charakteristika pateikta 5 ir 6 lentelėse.

ME dydis apskaičiuojamas, remiantis modifikuota Weißbach et al. (1996a) lygtimi:

$$ME = 14,03 - 0,1386 \times \check{Z}L - 0,1018 \times \check{Z}P,$$

kur  $\check{Z}L$  – žalios ląstelienos kiekis ( $\text{g kg}^{-1}$  SM), o  $\check{Z}P$  – žalių pelenų kiekis ( $\text{g kg}^{-1}$  SM). NEL taip pat apskaičiuojama, remiantis Weißbach et al. (1996b) lygtimi:

$$NEL = ME \left[ 0,45 + 1,34 \times \frac{ME}{100 - \check{Z}P} \right]$$

kur ME – metabolizuojama energija ( $\text{MJ kg}^{-1}$  SM). FR apskaičiuojamas, naudojant formulę:

$$FR = -548,6 + (410 \times pH) - (92,32 \times (pH^2)) + (6,042 \times (pH^3))$$

kur koeficientai (-548,6; 92,32; 6,042) priklauso nuo sausųjų medžiagų kiekio mėginyje.

Tada išdžiovinti mėginiai buvo nuskaityti trimis pakartojimais naudojant kiuvetes, o gauti spektrai apdoroti naudojant lygtis (ADAS, Jungtinė Karalystė). Artimosios srities infraraudonųjų spindulių (AirA) spektroskopija yra vienas iš įteisintų metodų  $\check{Z}B$ , ADF, bei drėgmės kiekiui pašaruose nustatyti – taikomas visose ES šalyse.

**5 lentelė.** Statistinė kukurūzų siloso analizavimo Air spektrometru lygties tikslumo charakteristika (Butkutė & Gaurilčikaitė, 2008)

**Table 5.** Statistical characterisation of the accuracy of the equation for analysing maize silage by NIR spectrometer

Statistiniai rodikliai / Statistical indicators	Kukurūzų siloso kokybės rodikliai / Quality indicators of maize silage					
	$\check{Z}B$ / CP	$\check{Z}R$ / CL	Krakmolas / Starch	ADF	NDF	$\check{Z}L$ / CF
<b>n</b>	484	86	416	187	93	477
<b>Vidutinė vertė % SM / Average value % DM</b>	8,21	3,05	27,75	24,16	41,32	21,07
<b>SECV % SM</b>	0,29	0,19	1,55	0,9	1,4	0,68
<b>R2</b>	0,89	0,78	0,91	0,9	0,86	0,9
<b>Pamatiniai metodai / Fundamental methods</b>	Kjeldahl	Soxhlet	Ewers	Van Soest	Van Soest	Weende

Pastaba. Mėginių skaičius lygties duomenų bazėje (n), cheminiais metodais nustatytos rodiklių vidutinės vertės, determinacijos koeficientas tarp pamatinių metodais ir AirA spektrometru nustatytos vertės vertinant kryžmiškai ( $R^2$ ), standartinė paklaida vertinant kryžmiškai (SECV). Note. Number of samples in the equation database (n), mean values of indicators determined by chemical methods, their ranges of variation, coefficient of determination between the reference methods and the value determined by the AirA spectrometer in the cross-validation ( $R^2$ ), standard error of the cross-validation (SECV).

**6 lentelė.** Statistinė žolių siloso analizavimo AIr spektrometru lygties tikslumo charakteristika  
**Table 6.** Statistical characterisation of the accuracy of the equation for analysing grass silage by NIR spectrometer

Statistiniai rodikliai / Statistical indicators	Žolių siloso kokybės rodikliai / <i>Quality indicators of grass silage</i>					
	ŽB / CP	ŽR / CL	VTA / WSC	ADF	NDF	ŽL / CF
<b>n</b>	862	530	383	322	284	933
<b>Vidutinė vertė % SM / Average value % DM</b>	16,27	3,39	4,63	31,88	50,52	26,66
<b>SECV % SM</b>	0,58	0,29	0,90	1,02	1,71	0,95
<b>R2</b>	0,97	0,81	0,94	0,92	0,92	0,92
<b>Pamatiniai metodai / Fundamental methods</b>	Kjeldahl	Soxhlet	Ewers	Van Soest	Van Soest	Weende

Pastaba. Žr. 5 lentelėje. Note. Same as Table 5.

## 2.5. Laboratorinės analizės

Sausoji medžiaga buvo nustatoma gravimetriniu metodu. Džiovinama krosnelėje apie 24 valandas 60 °C temperatūroje, atvėsinama iki kambario temperatūros per naktį, sumalama per 1 mm sietelį ir toliau džiovinama 105 °C temperatūroje iki pastovios masės. Žaliųjų baltymų nustatymui naudotas Kjeldalio metodas (Horwitz & Latimer, 2005). Naudojant įrenginį *Kjeltec 2200*. Kjeldalio metodu, azoto rodmuo perskaičiuotas į baltymus taikant koeficientą 6,25 (LST EN ISO 5983-1:2005 „Pašarai. Azoto kiekio nustatymas ir žalio baltymo kiekio apskaičiavimas. 1 dalis. Kjeldalio metodas“). Ląstelienos frakcijos, t. y. neutralaus detergento tirpale netirpi (NDF) ir rūgštaus detergento tirpale netirpi (ADF), nustatytos pagal P. J. van Soesto ląstelienos frakcionavimo metodiką (Faithfull, 2002). NDF kiekio nustatymas atitinka standartą LST EN ISO 16472:2006 „Pašarai. Skaidulinių medžiagų, apdorotų amilaze ir neutraliu detergentu, kiekio (aNDF) nustatymas“. NDF analizė varpinių ir ankštinių žolių silose atlikta nenaudojant amilazės, nes šios rūšies silose krakmolo yra labai nedaug. ADF kiekio nustatymo metodas atitinka standartą EN ISO 13906:2008 „Pašarai. Rūgštyje išplautos ląstelienos (ADF) ir rūgštyje išplauto lignino (ADL) kiekių nustatymas“. Tirpių angliavandenių suma nustatyta su Dreiwudo (Dreywood's) antrono reagentu (R. Li et al., 1996). Krakmolo kiekis kukurūzų silose ištirtas išmatavus tirpalo poliarizacijos plokštumos sūkio kampą po krakmolo ir kitų mėginyje esančių sacharidų hidrolizavimo druskos rūgšties tirpale, baltyminių medžiagų nusodinimo, gauto tirpalo filtravimo. Metodas atitinka ES ir ISO standartus: LST EN ISO 10520:2000 „Natūralusis krakmolas. Krakmolo kiekio nustatymas. Ewers poliarimetrinis metodas“. Žalių riebalų (ŽR) kiekis nustatytas ekstrakcija Soksleto aparate. Žalių pelenų kiekis augalų masėje nustatytas gravimetriniu metodu, kaip masė, likusi po mėginio sudeginimo 550 ± 10 °C temperatūroje.

Šviežio (nedžiovinto) siloso mėginių rūgštingumas (pH) buvo matuojami vandens ekstraktuose pagal potenciometrinį metodą, naudojant pH metrą (Horiba, Jungtinė Karalystė).

## **2.6. Temperatūros pokyčių registravimas silose**

Po to, kai maišeliai buvo pripildyti šviežios medžiagos, į kiekvieno maišelio vidurį (silosuojamos masės centrą) buvo įterpti temperatūros registratoriai (Tempmate. ®-S1 vienkartinio naudojimo USB Data Logger, Heilbronn, Vokietija). Temperatūros registratoriai buvo nustatyti taip, kad per eksperimentinį etapą kas 10 min. būtų įrašomi visų jutiklių temperatūros duomenys pagal Ferrero ir kt. aprašytą metodą (Ferrero, Tabacco, Piano, et al., 2021). Vakuonavimo slėgis buvo 600mbar → 60 kPa, kas su daro 850 kg·m<sup>3</sup> spaudimą. Vakuatoriumi uždaryti maišai buvo silosuojami 90 dienų iki pirminio atidarymo ir laikomi gulimoje padėtyje, 20–22 °C aplinkos temperatūroje tamsioje

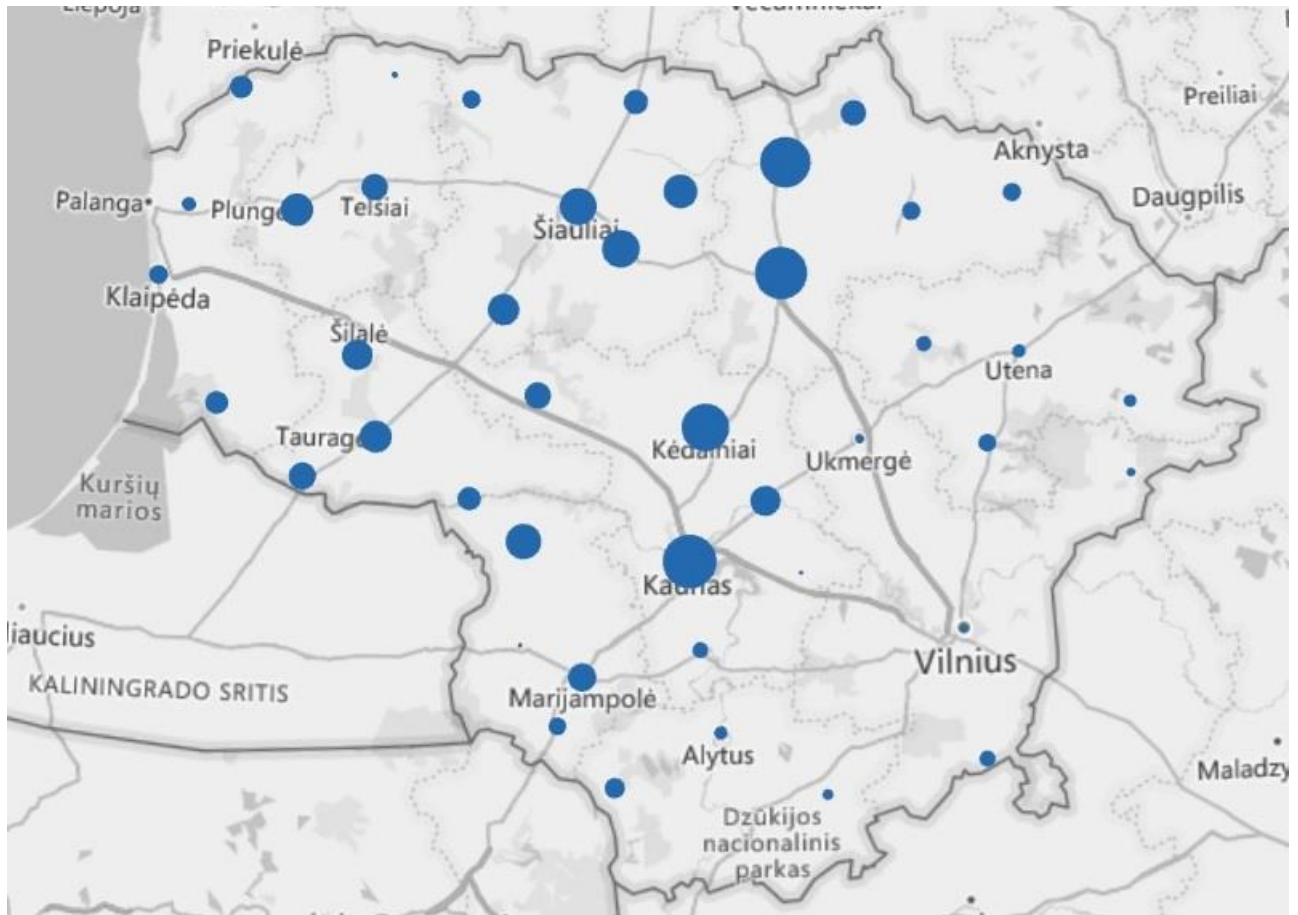
## **2.7. Silosavimo metu išsiskyrusių dujų nustatymas**

Prieš atidarant maišus buvo nustatyta CH<sub>4</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> ir H<sub>2</sub>S dujų koncentracija mėginiuose, naudojant GFM 400 serijos dujų analizatorių (Jungtinė Karalystė). Analizatorius buvo prie mėginio ėmimo vietos prijungtas dujų vamzdžiu. Dujų srautas buvo leidžiamas per prietaisą kol rodmenys stabilizavosi (~90 s).

## **2.8. Lietuvoje pagaminto įvairių rūšių konservuoto pašaro mėginių surinkimas**

Siloso ėminiai buvo surinkti iš 433 ūkių visoje Lietuvoje (5 paveikslas). Pagal Lietuvos pedologinį regionavimą ūkių teritorijose vyraujantys pedologiniai regionai buvo Vidurio Lietuvos žemumų rudžemių ir išplautžemių sritis, Žemaitijos aukštumų balkšvažemių ir išplautžemių sritis ir Baltijos aukštumų balkšvažemių ir išplautžemių sritis (Volungevičius, 2016).

Daugiausia mėginių paimta iš Kauno, Panevėžio ir Kėdainių rajonų. Ūkių dydis svyravo nuo 100 iki 1200 pieninių galvijų. Siloso mėginiai buvo imami ketverių metų laikotarpiu nuo 2019 m. sausio mėn. iki 2022 m. gruodžio pabaigos. Iš viso 2019 m. buvo paimti 383 mėginiai, 2020 m. – 401 mėginys, 2021 m. – 307 mėginiai, o 2022 m. – 428 mėginiai. Iš šių mėginių 478 mėginiai buvo paimti žiemą, 338 – pavasarį, 199 – vasarą ir 504 – rudenį. Didžioji dalis silosavimui naudojamų žaliųjų pašarų buvo nuimta dienos metu iš žolynų 1-ojo, 2-ojo ir 3-iojo derliaus nuėmimo metu. Pupinės žolės buvo nuimtos butonizacijos pabaigoje, o daugiametės žolės – žydėjimo pradžioje.



**5 paveikslas.** Lietuvos ūkių lokacijos, iš kurių buvo paimti siloso mėginiai

**Figure 5.** Lithuanian farm locations where silage samples were taken from

Pastaba. Apvalios etiketės dydis buvo apskaičiuotas matematiškai ir proporcingai atspindi iš tos teritorijos surinktų mėginių kiekį. *Note. The round label size was mathematically calculated and proportionately reflects the amount of the samples collected from that area.*

Iš viso buvo paimta 1519 mėginių, įskaitant šiuos: 1) daugiamečių žolių: motiejukų (*Phleum pratense L.*), daugiamečių svidrių (*Lolium perenne L.*), pievinių miglių (*Poa pratensis L.*) ir raudonųjų eraičinų (*Festuca rubra*) mišinio silosas (n = 938), 2) šienainis (n = 45), 3) liucernos silosas (n = 37), 4) miglinių – pupinių žolių silosas (n = 26), 5) javainis (n = 20), 6) dobilų silosas (n = 13), 7) pupinių žolių silosas (n = 4), 8) kukurūzų silosas (n = 436). Mėginiai buvo paimti iš tranšėjų (n = 934), ryšulių (n = 365), griebtuvų (n = 144), frikcijų (n = 85), rankovių (n = 65) ir duobių (n = 33) (7 lentelė).

**7 lentelė.** Įvairių rūšių Lietuvoje pagaminto konservuoto pašaro tirtų mėginių skaičius

**Table 7.** Number of different types of conserved feed made in Lithuania samples tested

Konservuoto pašaro rūšis / Type of conserved feed	2019	2020	2021	2022
Miglinių žolių silosas / Perennial grasses silage	227	254	198	259
Šienainis / Haylage	-	-	20	25
Liucernos silosas / Alfalfa silage	7	8	8	14
Miglinių - pupinių žolių silosas / Perennial - legumes silage	7	13	1	5
Javainis / Cereal	5	8	4	3
Dobilų silosas / Clover silage	4	4	2	3
Pupinių žolių silosas / Legumes silage	-	-	-	4
Kukurūzų silosas / Maize silage	133	114	74	115

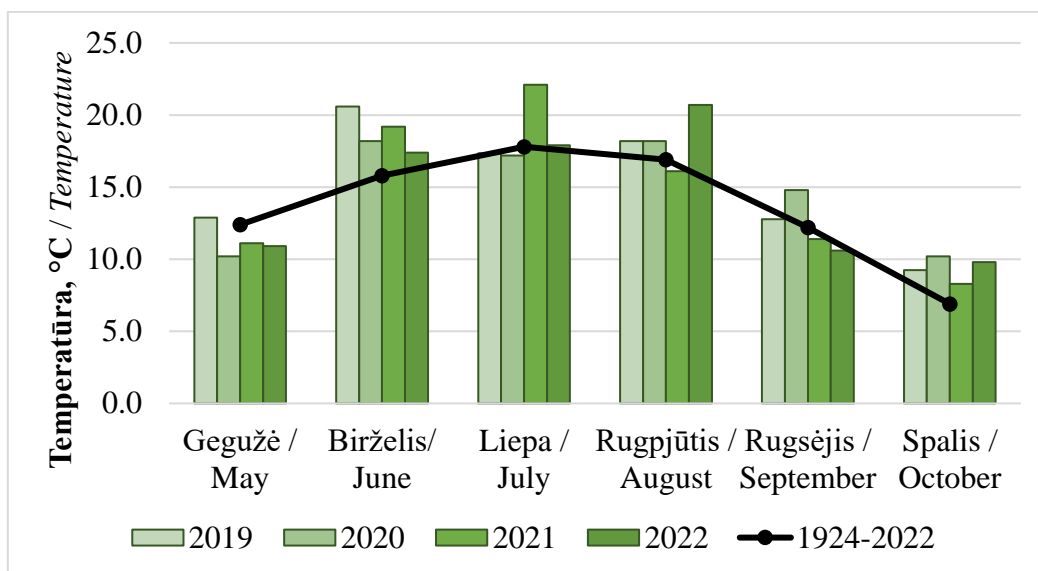
Visi ėminiai buvo imami pagal standartines procedūras (EK, 2009). Naudojant vienkartinę pirštines, kiekvienas ėminys buvo paimtas iš įvairių taškų maždaug 30 cm gylyje. Imant iš ryšulių, ėminiai buvo imami iš skirtingų ryšulio pusių, naudojant korinį zondą. Bendras ėminys svėrė apie 4 kg. Galutinis mėginys (apie 1 kg) buvo paimtas iš homogenizuoto agregato mėginio. Mėginys buvo įdėtas į švarų plastikinį maišelį, išsiurbtas ir sandariai uždarytas gabenimui į laboratoriją. Visi mėginiai buvo laikomi 4-8 °C temperatūroje.

## 2.9. Statistinė duomenų analizė

Statistinė analizė atlikta naudojant programinės įrangos IBM SPSS Statistics 25 versiją (IBM Corp., JAV). Reikšmingi skirtumai apskaičiuoti taikant vienpusę ANOVA (Duncan daugiamaečių intervalų testas). Jei vidurkiai šalia jų neturi tos pačios raidės, jie reikšmingai skiriasi. Siekiant ištirti kiekybinį ryšį tarp tiriamų kintamųjų, buvo atlikta koreliacinė analizė. Koreliacijos stiprumas įvertintas pagal koreliacijos koeficiento reikšmę R. Reikšmingumo lygis apskaičiuotas naudojant regresinės analizės įrankį Excel programoje, duomenys buvo reikšmingi, kai  $P \leq 0,05$ .

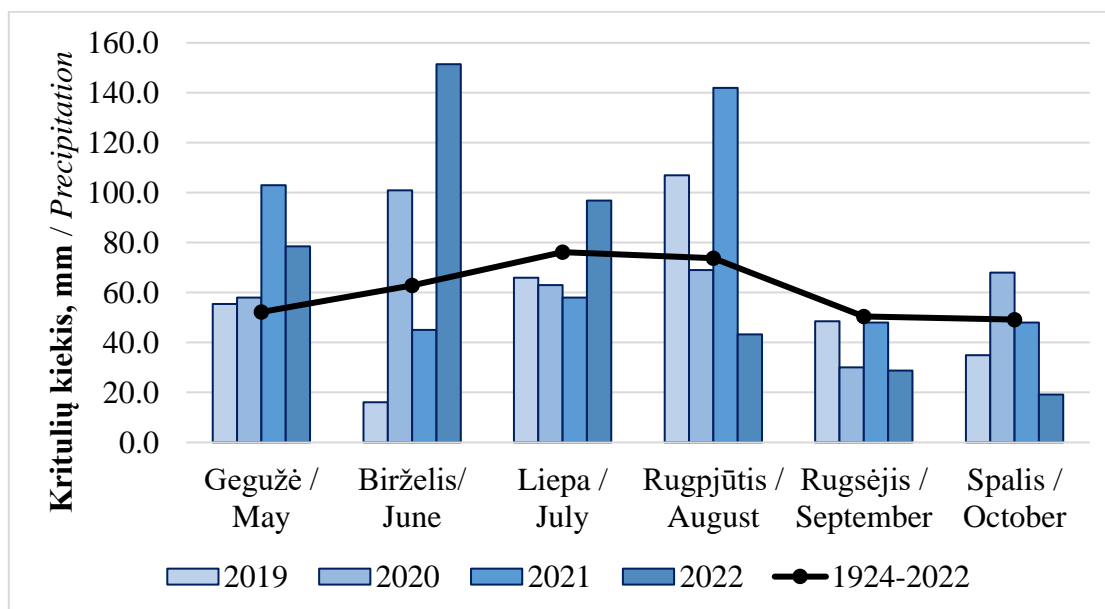
## 2.10. Meteorologinės sąlygos tyrimo metais

Meteorologinėms sąlygoms apibūdinti remtasi duomenimis, surinktais Akademijoje, Kėdainių rajone esančioje Meteorologijos stotyje (6 ir 7 paveikslai)



6 paveikslas. Oro temperatūros kitimas pašarinių žolių ir kukurūzų augimo ir derliaus nuėmimo laikotarpiu

Figure 6. Air temperature variation during growth and harvest of forage grasses and maize



7 paveikslas. Kritulių kiekis pašarinių žolių ir kukurūzų augimo ir derliaus nuėmimo laikotarpiu

Figure 7. Rainfall during the growing and harvesting period of forage grasses and maize

Vasaros periodu 2019 m. birželio ir rugpjūčio mėnesiai vidutinė oro temperatūra viršijo daugiamečių vidutinę temperatūrą 4,8 °C ir 1,3 °C, o liepos mėnesį išliko artima daugiamečių vidutinei temperatūrai. Birželio mėnesis, palyginus su daugiamečių vidurkiu, buvo labai sausas, kritulių iškrito 16,1 mm. Liepa taip pat buvo sausesnė, nei įprastai, o rugpjūtį iškrito 107,0 mm kritulių, viršijant daugiamečių vidurkį 33,2 mm.

Temperatūra 2020 m. birželio ir rugpjūčio mėnesiai taip pat viršijo daugiamečių vidutinę temperatūrą, o liepos mėnesį, kaip ir 2019 m. buvo šiek tiek žemesnė, palyginus su daugiamečių

vidutine temperatūra. Kritulių kiekis birželio mėnesį viršijo daugiametį vidutinį kritulių kiekį net 38,1 mm. Liepos ir rugpjūčio mėnesiai buvo sausesni, iškrito atitinkamai 63,0 ir 69,0 mm kritulių.

Iš kitų metų išsiskyrė 2021 m. vasara, kadangi buvo karšta ir sausa. Temperatūra birželio ir liepos mėnesiais viršijo vidurkį 3,4 °C ir 4,3 °C, o rugpjūčio mėnesį siekė 16,1 °C ir buvo artima daugiametei vidutinei temperatūrai (16,9 °C). Krituliai nuo birželio iki liepos mėnesio nesiekė daugiamečio vidutinio kritulių kiekio, o birželio mėnesį kritulių iškrito net 17,9 mm mažiau už vidurkį.

Vasaros mėnesių temperatūra 2022 m. viršijo daugiametę vidutinę oro temperatūrą, o birželio ir liepos mėnesiai buvo ypatingai lietingi. Birželio mėnesį iškrito 151,5 mm, o liepą 96,8 mm. Rugpjūčio mėnesis buvo mažiau lietingas, kritulių iškrito 30,6 mm mažiau, palyginus su daugiamečiu vidutiniu kritulių kiekiu.

### 3. TYRIMO REZULTATAI IR APTARIMAS

#### 3.1. Daugiamečių žolių mišinių siloso cheminė sudėtis, fermentacijos kokybė, temperatūros kitimas ir aerobinis gedimas

##### 3.1.1. Siloso mitybinių rodiklių kitimas aerobinio gedimo metu

Didžiausias SM kiekis visų rūšių silose buvo nustatytas 2020 metais, kuomet buvo stebimi sausi gegužės ir liepos mėnesiai. 100 % miglinių žolių silose (M100) SM kiekis buvo beveik 2 kartus didesnis nei 2021 ir 2022 metais ( $p < 0,001$ ). M70P30 ir M20P80 silose 2 kartus didesnis nei 2022 ir 1,5 karto didesnis nei 2021 metais ( $p < 0,001$ ). M70P30 ir M20P80 silose taip pat rastas SM kiekio skirtumas ir tarp 2022 bei 2021 metų. M70P30 ir M20P80 silosuose SM kiekis 2021 metais buvo atitinkamai 49 g/kg ir 100g/kg didesnis nei 2022 metais ( $p < 0,05$ ) (8 lentelė).

Vertinant SM kiekio pokyčius tarp aerobinės fermentacijos dienų reikšmingas SM kiekio kitimas antrinės fermentacijos metu nustatytas tik 2020 metais M100 silose. Nustatyta, jog 28 fermentacijos dieną SM kiekis buvo vidutiniškai 56 g/kg didesnis nei kitomis aerobinės fermentacijos dienomis ( $p < 0,01$ ).

Vertinant SM kiekį tarp skirtingo siloso rūšių tą pačią aerobinės fermentacijos dieną 2020 ir 2022 metais matoma tendencija, jog M20P80 silosas beveik visos aerobinės fermentacijos metu turėjo mažiausią SM kiekį. SM kiekis M20P80 silose 2020 metais visą tyrimo laikotarpį buvo reikšmingai mažesnis nei M100 silose (0, 3 ir 28 d.  $p < 0,001$ , 7 ir 14 d.  $p < 0,01$ ) ir M70P30 silose (visomis dienomis  $p < 0,01$ ), 2022 metais beveik visą tyrimo laikotarpį reikšmingai mažesnis nei M100 silose (0 ir 3 d.  $p < 0,01$ , 7  $p < 0,05$ ) ir tik vieną dieną mažesnis nei M70P30 silose (3 d.  $p < 0,01$ ). Mažesnis vandenyje tirpių angliavandenių kiekis pupinėse žolėse dažnai daro įtaką prastesnei siloso fermentacijos kokybei, dėl ko gali būti pastebimas SM praradimas (Borreani et al., 2018a). M70P30 silose SM kiekis buvo mažesnis tik 2020 metais 28 aerobinės fermentacijos dieną lyginant su M100 silosu ( $p < 0,01$ ). SM kiekis 2021 metais nei tarp aerobinės fermentacijos dienų, nei tarp siloso rūšių reikšmingai nekito.



**8 lentelė.** SM, ŽB, ŽP ir ME kiekis įvairios sudėties žolių silose aerobinio gedimo metu

**Table 8.** DM, CP, CA and ME content in grass silages of different composition during aerobic deterioration

Metai / Year	Mišinys / Mix	Diena / Day	SM / DM	ŽB / CP	ŽP / CA	ME
2020	M100	0	502,9 ± 9,2 bA	159 ± 2,0 B	101 ± 2,6 A	9,65 ± 0,3 B
		3	518,3 ± 4,8 bA	159 ± 2,6C	95,2 ± 0,8	9,77 ± 0,04 B
		7	500,0 ± 4,4 bA	165 ± 0,3B	101 ± 0,7 A	9,84 ± 0,02 B
		14	508,7 ± 13,3 bA	161 ± 3,7C	94,9 ± 3,6	9,43 ± 0,4
		28	563,7 ± 10,8 aA	160,6 ± 3,7	100 ± 0,4 A	9,8 ± 0,02
	M70P30	0	480,0 ± 2,5 A	170 ± 0,7 aA	94 ± 0,6 AB	9,93 ± 0,01aA
		3	486,3 ± 5,5A	168 ± 2,0 abB	95,8 ± 0,8	9,83 ± 0,03 bcB
		7	480,0 ± 9,0 A	174 ± 1,9 aA	96 ± 0,8 B	9,95 ± 0,02 aAB
		14	507,3 ± 16,6 A	170 ± 1,5 aB	93,0 ± 2,1	9,92 ± 0,03 ab
		28	480,7 ± 4,1 B	164 ± 0,3 b	98 ± 1,8 AB	9,80 ± 0,003 c
	M20P80	0	419,3 ± 6,6 B	175 ± 1,7 A	88 ± 0,4 B	10,02 ± 0,04 A
		3	435,0 ± 10,7 B	181 ± 0,9 A	91,4 ± 1,4	10,07 ± 0,03A
		7	424,3 ± 14,8 B	180 ± 1,5 A	90 ± 0,9 C	10,02 ± 0,04 A
		14	418,3 ± 6,3 B	178 ± 1,7 A	85,1 ± 0,2	10,02 ± 0,04
		28	435,3 ± 9,3 C	173,3 ± 6,2	91 ± 3,3 B	9,71 ± 0,17
2021	M100	0	278,05 ± 11,2	185 ± 0,3	84,2 ± 5,4	8,47 ± 0,01 A
		3	302,35 ± 2,4	178,8 ± 2,2	80,7 ± 3,7	8,46 ± 0,1
		7	270,5 ± 2,6	185 ± 2,4	90,9 ± 2,5	8,46 ± 0,09
		14	279,05 ± 15,2	194 ± 4,3 A	94,4 ± 3,4	8,23 ± 0,1
		28	287 ± 0,0	183,5 ± 4,5	85,5 ± 5,3	8,31 ± 0,27
	M70P30	0	256,7 ± 13,7	185,2 ± 3,5	83,5 ± 0,2	7,88 ± 0,07 AB
		3	282,0 ± 16,1	181,8 ± 6,8	97,4 ± 10,6	7,59 ± 0,44
		7	312,4 ± 17,7	178,7 ± 7,9	88,4 ± 9,7	7,12 ± 1,05
		14	240,65 ± 22,9	180 ± 4,7 AB	91,6 ± 3,6	6,02 ± 1,9
		28	274,5 ± 4,5	181,5 ± 0,5	84,4 ± 1,5	8,11 ± 0,15
	M20P80	0	276,6 ± 1,2	175,6 ± 4,6	99,3 ± 2,6	7,10 ± 0,4 B
		3	292,6 ± 2,3	178,4 ± 0,7	95,2 ± 8,8	7,56 ± 0,3
		7	260,15 ± 10,5	178,7 ± 7,7	94,2 ± 3,4	7,53 ± 0,4
		14	277,15 ± 5,3	169 ± 3,5 B	100,8 ± 4,2	7,57 ± 0,1
		28	275,5 ± 4,5	171 ± 5,0	93,3 ± 1,9	7,75 ± 0,1
2022	M100	0	310,3 ± 9,7 A	62 ± 0,9 aB	67 ± 0,3 A	7,21 ± 0,2 aB
		3	308,0 ± 18,0 A	71 ± 10,7 aB	70 ± 3,7 A	8,18 ± 0,07 a
		7	292,1 ± 12,1 A	66 ± 5,3 aB	62 ± 2,5 A	7,36 ± 0,4 aB
		14	286,95 ± 16,9	29 ± 1,2 bC	58 ± 2,3 A	5,06 ± 0,05 bC
		28	-	-	-	-

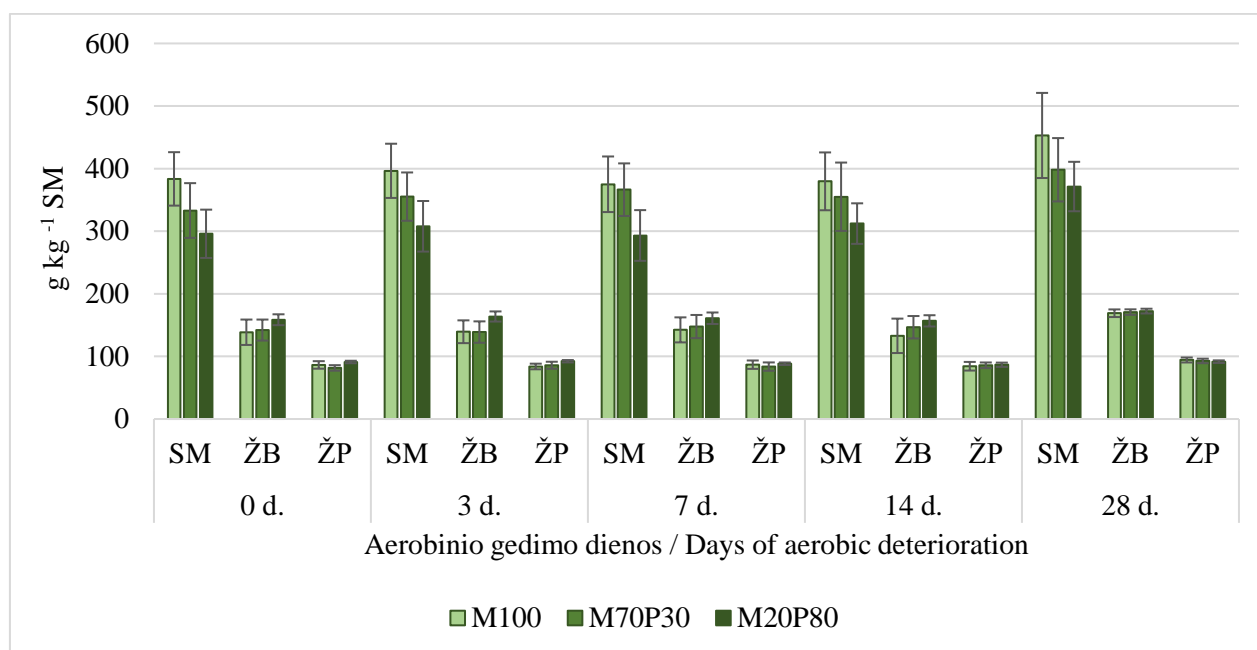
Metai / Year	Mišinys / Mix	Diena / Day	SM / DM	ŽB / CP	ŽP / CA	ME
	M70P30	0	237,0 ± 20,2 B	85 ± 1,8 B	68 ± 0,4 B	7,98 ± 0,09 abB
		3	273,0 ± 6,1 A	81 ± 2,4 B	68 ± 2,1 B	8,23 ± 0,02 a
		7	250,2 ± 24,8AB	77 ± 4,0B	60 ± 3,4 B	7,76 ± 0,16 bAB
		14	241,35 ± 21,3	78 ± 8,2 B	69 ± 0,9 B	7,78 ± 0,08 bB
		28	-	-	-	-
	M20P80	0	185,3 ± 1,7 B	131 ± 9,7 A	89 ± 2,3 abB	8,92 ± 0,2 A
		3	191,0 ± 12,1 B	137 ± 3,3 A	91 ± 1,3 aB	8,66 ± 0,3
		7	184,2 ± 11,6 B	130 ± 1,3 A	82 ± 1,6 bcB	8,69 ± 0,06 A
		14	229,3 ± 16,9	128 ± 7,2 A	79 ± 1,0 cC	8,61 ± 0,08 A
		28	-	-	-	-

Pastaba. M100 – 100 % miglinių žolių silosas, M70P30% – 70 % miglinių ir 30 % pupinių žolių silosas, M20P80% – 20 % miglinių ir 80 % pupinių žolių silosas. Note. M100 – 100% grass (Poaceae) silage, M70P30% – 70% grass (Poaceae) and 30% legumes silage, M20P80% – 20% grass (Poaceae) and 80% legumes silage.

ŽB kiekis M70P30 silose 2020 metais iki 14 aerobinės fermentacijos dienos nekito, tačiau 28 dieną nustatomas reikšmingai mažesnis ŽB kiekis lyginant su 0 ( $p < 0,05$ ), 7 ( $p < 0,01$ ) ir 14 ( $p < 0,05$ ) fermentacijos diena (8 lentelė). M100 silose trečiaisiais tyrimo metais paskutinę fermentacijos dieną taip pat pastebimas ŽB kiekis daugiau nei dvigubai mažesnis lyginant su kitomis dienomis ( $p < 0,05$ ).

Vertinant skirtumus tarp siloso rūšių nustatyta, jog M100 silosas 0 dieną turėjo vidutiniškai 14 g/kg, o 7 dieną vidutiniškai 12 g/kg mažesnę ŽB kiekį lyginant su kitų rūšių silosu ( $p < 0,01$ ). Žinoma, kad ankštiniai augalai pasižymi dideliu ŽB kiekiu, taigi jų pridėjimas į pašarą ir maišymas su kitomis žolėmis praturtina pašarą baltymais (S. Wang et al., 2017), ŽB kiekis 3 ir 14 dienomis atitinkamai buvo 9g/kg ir 10 g/kg mažesnis nei M70P30 silose ( $p < 0,05$ ) ir atitinkamai 22 g/kg ir 15g/kg mažesnis nei M20P80 silose ( $p < 0,001$ ). Pastarosiomis dienomis ŽB kiekis M70P30 silose buvo reikšmingai mažesnis lyginant su M20P80 silosu ( $p < 0,05$ ). Antraisiais tyrimo metais ŽB kiekis išsiskyrė tik 14 aerobinės fermentacijos dieną. Šį kartą 25 g/kg mažesnis kiekis nustatytas M20P80 silose lyginant su M100 silosu. Kitomis dienomis reikšmingų skirtumų nenustatyta. ŽB kiekis 2022 metais M100 ir M70P30 silose 0, 3 ir 7 dienomis buvo atitinkamai 58 ( $p < 0,01$ ), 61 ( $p < 0,001$ ) ir 59 ( $p < 0,001$ ) g/kg mažesnis nei M20P80 silose, o 14 dieną M100 silose ŽB kiekis buvo beveik 3 kartus mažesnis nei M70P30 silose ( $p < 0,05$ ) ir daugiau nei 4 kartus mažesnis nei M20P80 silose ( $p < 0,01$ ). Lyginant 14 fermentacijos dienos M70P30 ir M20P80 vidurkius matoma, kad M20P80 silose ŽB kiekis buvo 50 g/kg didesnis nei M70P30 silose ( $p < 0,05$ ).

Apibendrinant ŽB kiekis nekito arba pavieniais atvejais mažėjo, o mažiausias kiekis aerobinės fermentacijos metu dažniausiai buvo aptinkamas M100 silose (8 paveikslas).



**8 paveikslas.** SM, ŽB ir ŽP kiekis žolių silose aerobinio gedimo metu

**Figure 8.** DM, CP and CA content in grass silages during aerobic deterioration

Pastaba. M100 – 100 % miglinių žolių silosas, M70P30% – 70 % miglinių ir 30 % pupinių žolių silosas, M20P80% – 20 % miglinių ir 80 % pupinių žolių silosas. Note. M100 – 100% grass (Poaceae) silage, M70P30% – 70% grass (Poaceae) and 30% legumes silage, M20P80% – 20% grass (Poaceae) and 80% legumes silage.

ŽP kiekis 2020 ir 2021 metais aerobinės fermentacijos metu reikšmingai nekito, o 2022 metais užfiksuotas kitimas tik vienoje iš siloso rūšių (8 lentelė). M20P80 silose ŽP kiekis 14 aerobinės fermentacijos dieną buvo mažesnis nei mėginių atidarymo dieną ir 3 aerobinės fermentacijos dieną atitinkamai 10 ( $p < 0,05$ ) ir 13 g/kg ( $p < 0,01$ ).

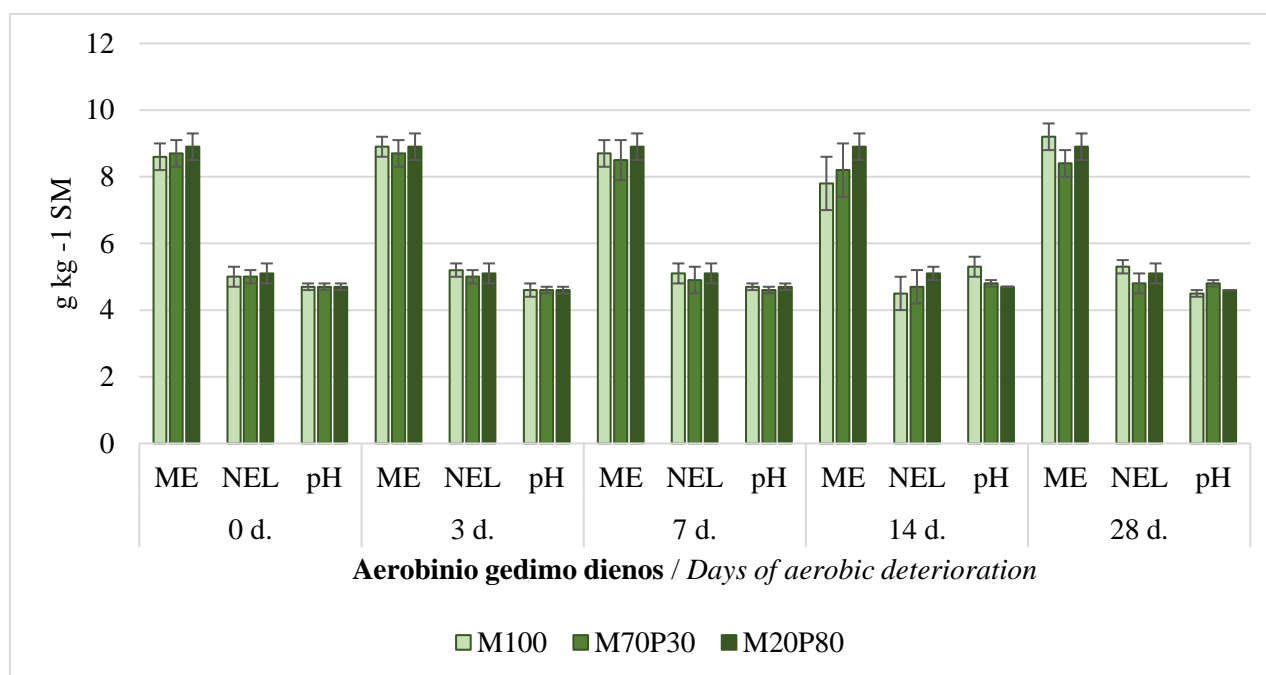
ŽP kiekis skirtingos sudėties silose skyrėsi priklausomai nuo metų. Pirmaisiais tyrimo metais didesnis ŽP kiekis buvo fiksuojamas M100 silose. M100 silose ŽP kiekis mėginių atidarymo pradžioje buvo 13 g/kg didesnis ( $p < 0,01$ ), o 7 ( $p < 0,001$ ) ir 28 ( $p < 0,05$ ) fermentacijos dieną kiekis buvo 10 g/kg didesnis nei M20P80 silose. Septintą dieną kiekis buvo 4 g/kg reikšmingai didesnis ir lyginant su M70P30 silosu ( $p < 0,05$ ). Skirtumų tarp rūšių 2021 metais nustatyta nebuvo. Tariant ŽP kiekį 2022 metais didesni ŽP kiekiai skirtingai nei 2020 metais buvo aptinkami M20P80 silose. Mėginių atidarymo dieną, 3 ir 7 dienomis ŽP kiekis atitinkamai vidutiniškai buvo 21 ( $p < 0,001$ ), 22 ( $p < 0,01$ ) ir 26 ( $p < 0,01$ ) g/kg didesnis M20P80 silose nei kitos sudėties silose. Paskutinę aerobinės fermentacijos dieną M20P80 silose ŽP kiekis buvo 10 g/kg didesnis nei M70P30 silose ( $p < 0,05$ ) ir 20 g/kg didesnis nei M silose ( $p < 0,01$ ), tačiau ŽP kiekis reikšmingai skyrėsi ir tarp M100 bei M70P30 silosų ( $p < 0,05$ ).

Apibendrinant ŽP kiekis aerobinės fermentacijos metu daugeliu atveju reikšmingai nekito, sumažėjimas nustatomas tik vienu atveju M20P80 silose. Vertinant skirtumus tarp rūšių didžiausi ŽP kiekiai 2020 metais buvo aptinkami M100 silose, mažiausi M20P80 silose, o 2022 metais

didžiausi kiekiai aptinkami M20P80 silose, mažiausi M100 silose (8 paveikslas). Žalių pelenų kiekis yra svarbus parametras, į kurį reikia atsižvelgti vertinant siloso kokybę, nes jis suteikia informacijos apie pašaro mineralinę sudėtį – didelis žalių pelenų kiekis silose reiškia, kad pašare yra daug mineralinių medžiagų (KARA et al., 2022). Tačiau geros fermentacijos silose ŽP turėtų būti ne daugiau negu  $90 \text{ g kg}^{-1}$ . Jei šis rodiklis viršija  $100 \text{ g kg}^{-1}$ , galima įtarti, kad į silosuojamą žaliavą pateko žemių, o tai turi įtakos siloso kokybei (Quirino et al., 2022).

ME 2020 metais M70P30 silose nedaug, tačiau reikšmingai mažesnė buvo 28 dieną lyginant su 0 ( $p < 0,05$ ), 7 ( $p < 0,01$ ) ir 14 ( $p < 0,05$ ) dienomis, tačiau reikšmingai nesiskyrė nuo ME nustatytos 3 dieną, o 3 dieną nustatyta ME buvo reikšmingai mažesnė už 0 ir 7 dieną ( $p < 0,05$ ) nustatytą ME kiekį (8 lentelė). ME 2021 metais visų rūšių silosuose aerobinės fermentacijos metu reikšmingai nekito. Paskutiniaisiais tyrimo metais taip pat nustatyta mažesnė ME esant ilgesnei aerobinei fermentacijai. M silose ME buvo mažesnis 14 fermentacijos dieną nei kitomis fermentacijos dienomis ( $p < 0,01$ ), o M70P30 silose 7 ir 14 dienomis mažesnis nei 3 fermentacijos dieną ( $p < 0,05$ ), o ME 0 aerobinės fermentacijos dieną reikšmingai nesiskyrė nuo kitų dienų.

Vertinant skirtumus tarp siloso rūšių skirtingomis aerobinės fermentacijos dienomis 2020 metais nustatyta, jog eksperimento pradžioje (0 dieną) didesnė ME vyravo M20P80 ir M70P30 silosuose lyginant su M100 silosu ( $p < 0,001$ ), 3 aerobinės fermentacijos dieną ME reikšmingai didesnė buvo tik M20P80 silose ( $p < 0,01$ ), 7 dieną ME M20P80 silose vis dar buvo reikšmingai didesnė nei M silose, tačiau reikšmingai nesiskyrė nuo M70P30 siloso, o tyrimo pabaigoje (14 ir 28 dienomis) ME visų rūšių silosuose buvo labai panaši. Antraisiais tyrimo metais ME buvo šiek tiek mažesnė tik 0 dieną M20P80 silose lyginant su M silosu ( $p < 0,05$ ). ME 2022 metais kaip ir 2020 metais tyrimo pradžioje (0 dieną) didesnė fiksuojama M20P80 silose ( $p < 0,05$ ), 3 dieną ME silosuose buvo panaši, o 7 dieną ir vėl didesnė ME M20P80 silose lyginant su M silosu ( $p < 0,05$ ). Tyrimo pabaigoje (14 dieną) M silose reikšmingai sumažėjus ME, ji buvo reikšmingai mažesnė nei kitos sudėties silosuose ( $p < 0,001$ ).



**9 paveikslas.** ME, NEL ir pH kiekis žolių silose aerobio gedimo metu

**Figure 9.** ME, NEL and pH content in grass silages during aerobic deterioration

Pastaba. M100 – 100 % miglinių žolių silosas, M70P30% – 70 % miglinių ir 30 % pupinių žolių silosas, M20P80% – 20 % miglinių ir 80 % pupinių žolių silosas. *Note. M100 – 100% grass (Poaceae) silage, M70P30% – 70% grass (Poaceae) and 30% legumes silage, M20P80% – 20% grass (Poaceae) and 80% legumes silage.*

NEL 2020 metais aerobinės fermentacijos metu reikšmingai kito tik M70P30 silose. Matoma, jog NEL nors ir nežymiai, tačiau reikšmingai mažesnis buvo 28 fermentacijos dieną lyginant su 0 ( $p < 0,05$ ), 7 ( $p < 0,01$ ) ir 14 ( $p < 0,05$ ) dienomis, tačiau reikšmingai nesiskyrė nuo 3 dienos NEL. Skirtumų tarp aerobinės fermentacijos trukmės 2021 metais nenustatyta, o 2022 metais skirtumai rasti tik M100 silose. NEL 14 dieną buvo mažesnė lyginant su kitomis aerobinės fermentacijos dienomis ( $p < 0,001$ ) (9 lentelė).

M100 silose 2020 metais aerobinės fermentacijos pradžioje NEL kiekis buvo mažiausias lyginant su kitais silosais ( $p < 0,001$ ). NEL kiekis vėlesnėmis tyrimo dienomis (3 ( $p < 0,01$ ), 7 ir 14 ( $p < 0,05$ )) buvo reikšmingai mažesnis tik lyginant su M20P80 silosu, o 28 dieną visų silosų NEL reikšmingai nesiskyrė. 2021 tyrimo metais skirtumų tarp silosų rūšių nenustatyta, o 2022 metais reikšmingai mažesnė NEL nustatyta M100 silose ir M70P30 silose. M20P80 silose NEL buvo reikšmingai didesnė 0 ( $p < 0,05$ ), 7 ( $p < 0,01$ ) ir 14 ( $p < 0,05$ ) dienomis atitinkamai 0,8, 0,7 ir 1,4 MJ/kg.

**9 lentelė.** NEL, VTA, ŽR ir FR kiekis įvairios sudėties žolių silose aerobinio gedimo metu

**Table 9.** NEL, WSC, CL and FI content in grass silages of different composition during aerobic deterioration

Metai / Year	Mišinys / Mix	Diena / Day	NEL	VTA / WSC	ŽR / CL	FR / FI
			MJ/kg SM	g kg <sup>-1</sup> SM		
2020	M100	0	5,61 ± 0,02 B	26,9 ± 2,7 A	39,4 ± 0,3	26,0 ± 0,6 A
		3	5,69 ± 0,03 B	27,2 ± 1,2 A	39,5 ± 0,2	26,0 ± 0,6 A
		7	5,74 ± 0,009 B	28,6 ± 1,4 A	40,2 ± 0,4	24,7 ± 2,2
		14	5,69 ± 0,04 B	28,3 ± 0,3 A	40,1 ± 0,2	22,4 ± 2,2
		28	5,7 ± 0,01	29,0 ± 1,8 A	38,9 ± 0,2	20,0 ± 0,9
	M70P30	0	5,80 ± 0,006 abA	19,1 ± 1,9 AB	40,3 ± 0,4	26,0 ± 0,6 A
		3	5,73 ± 0,02 bcB	23,2 ± 1,4 A	39,6 ± 0,3	26,0 ± 0,6 A
		7	5,82 ± 0,02 aAB	22,1 ± 0,8 B	40,9 ± 0,0	26,9 ± 0,0
		14	5,79 ± 0,02 abAB	22,5 ± 1,4 B	39,7 ± 0,6	24,2 ± 1,5
		28	5,71 ± 0,003 c	25,7 ± 2,1 A	39,3 ± 0,4	23,0 ± 1,2
	M20P80	0	5,86 ± 0,02 A	14,0 ± 0,8 abB	39,7 ± 0,4	22 ± 0,0 B
		3	5,90 ± 0,02 A	13,4 ± 0,3 bB	40,6 ± 0,4	22,0 ± 0,0B
		7	5,87 ± 0,04 A	14,2 ± 1,2 abC	39,9 ± 0,4	22,5 ± 0,8
		14	5,87 ± 0,02 A	16,0 ± 1,1 abC	39,8 ± 0,6	21,0 ± 2,5
		28	5,65 ± 0,12	17,9 ± 1,8 ab	39,6 ± 0,8	22 ± 0,8 B
2021	M100	0	4,8 ± 0,0	17,6 ± 1,8 A	38,1 ± 0,2 A	19,2 ± 2,7
		3	4,81 ± 0,07	12,0 ± 2,0	37,6 ± 0,3 A	23,0 ± 3,0
		7	4,82 ± 0,06	14,85 ± 0,15	37,8 ± 0,6	17,7 ± 4,1
		14	4,66 ± 0,07	11,0 ± 1,0	36,6 ± 0,2A	8,8 ± 1,6
		28	4,72 ± 0,19	12,4 ± 0,6 A	37,3 ± 1,5 A	11,4 ± 0,9
	M70P30	0	4,39 ± 0,09	9,9 ± 1,6 AB	33,9 ± 1,1 AB	14,3 ± 0,7
		3	4,25 ± 0,28	8,4 ± 0,4	32,9 ± 0,6 AB	14,8 ± 4,4
		7	3,96 ± 0,67	8,6 ± 0,6	33,4 ± 1,5	12,8 ± 0,8
		14	3,30 ± 1,12	8,4 ± 0,3	32,0 ± 0,9 B	10,0 ± 0,0
		28	4,58 ± 0,10	8,1 ± 0,1 B	35,1 ± 0,5 AB	9,7 ± 0,8
	M20P80	0	3,94 ± 0,24	7,9 ± 1,3 abB	28,3 ± 1,7 B	11,8 ± 1,8
		3	4,22 ± 0,22	5,2 ± 0,4 b	31,0 ± 1,7 B	16,1 ± 5,7
		7	4,21 ± 0,24	8,9 ± 2,3 ab	30,3 ± 2,1	13,2 ± 3,2
		14	4,23 ± 0,09	13,6 ± 1,3 ab	29,6 ± 0,5 B	11,9 ± 1,6
		28	4,36 ± 0,08	14,5 ± 0,5 aA	30,7 ± 0,3 B	11,5 ± 1,5
2022	M100	0	4,14 ± 0,0 bB	3,0 ± 1,0	20,3 ± 0,0 ab	0,0 ± 0,0
		3	4,69 ± 0,02 s	2,2 ± 0,7	24,5 ± 3,5 a	3,4 ± 3,4
		7	4,26 ± 0,06 bB	1,0 ± 0,5 B	21,9 ± 0,9 a	1,6 ± 1,6
		14	2,62 ± 0,11cC	4,0 ± 0,0 B	8,9 ± 0,15 bcC	0 ± 0,0 B
		28	-	-	-	-
	M70P30	0	4,49 ± 0,06 B	7,1 ± 0,6	26,4 ± 0,2 AB	7,1 ± 2,6
		3	4,66 ± 0,01	5,7 ± 1,7	25,2 ± 0,9	7,0 ± 2,2
		7	4,35 ± 0,1 B	7,3 ± 1,3 AB	23,4 ± 3,5	5,1 ± 2,7
		14	4,50 ± 0,08 B	7,3 AB	22,0 ± 2,0 B	0 ± 0,0 B
		28	-	-	-	-
	M20P80	0	5,12A	4,0 ± 1,9	31,8 ± 2,5 A	9,5 ± 4,9
		3	4,95	7,0 ± 2,1	30,7 ± 2,5	6,1 ± 3,0
		7	4,96A	9,1 ± 1,7 A	30,1 ± 1,1	8,8 ± 1,7
		14	4,91A	9,2 ± 0,6 A	29,5 ± 1,2 A	9 ± 2,9 A
		28	-	-	-	-

Pastaba. M100 – 100 % miglinių žolių silosas, M70P30% – 70 % miglinių ir 30 % pupinių žolių silosas, M20P80% – 20 % miglinių ir 80 % pupinių žolių silosas. Note. M100 – 100% grass (Poaceae) silage, M70P30% – 70% grass (Poaceae) and 30% legumes silage, M20P80% – 20% grass (Poaceae) and 80% legumes silage.

Apibendrinant tiek ME tiek NEL aerobinės fermentacijos metu arba nekito arba reikšmingai mažėjo, kas sutampa su kitų autorių atliktų tyrimų rezultatais, kadangi Auerbach et al. (2020) nustatė, kad metabolizuojamos energijos kiekis neigiamai koreliuoja su aerobinio gedimo laikotarpiu. M20P80 silosas dažniausiai turėjo didžiausią ME ir NEL kiekį (9 lentelė). Abiejų cheminių rodiklių kiekis pupinių augalų silose gali skirtis priklausomai nuo tokių veiksnių, kaip pupinių augalų rūšis, derliaus nuėmimo laikas, brandos stadija ir silosavimo sąlygos (Kuppusamy et al., 2020; Oliveira et al., 2017; S. Wang et al., 2017). Tačiau pupinių augalų silosas paprastai pasižymi didesniu ME ir NEL kiekiu, palyginti su žolių silosu, ypač dėl didesnio baltymų kiekio ir virškinamumo (Maxin et al., 2017). Pupinių augalų įtraukimas į siloso mišinius gali pagerinti siloso fermentacijos kokybę ir maistinę vertę, dėl to padidėja ME ir NEL kiekis (Costa et al., 2022; Matlabe et al., 2022).

Pirmaisiais ir antraisiais tyrimo metais pH reikšmingai nekito, tačiau 2022 metais M100 ir M70P30 silose 14 aerobinės fermentacijos dieną matomas reikšmingas pH padidėjimas. M100 silose pH buvo reikšmingai didesnis lyginant su mėginių atidarymo diena ( $p < 0,05$ ), 3 ( $p < 0,05$ ) ir 7 ( $p < 0,01$ ) fermentacijos dienomis. M70P30 silose pH kiekis reikšmingai didesnis nustatytas tik 3 fermentacijos dieną ( $p < 0,05$ ). pH skirtumai tarp rūšių taip pat nustatyti tik 2022 metais 14 aerobinės fermentacijos dieną. M100 silose pH vertė buvo 1,8 didesnė nei M20P80 silose ( $p < 0,001$ ) ir 1,3 didesnė nei M70P30 silose ( $p < 0,01$ ).

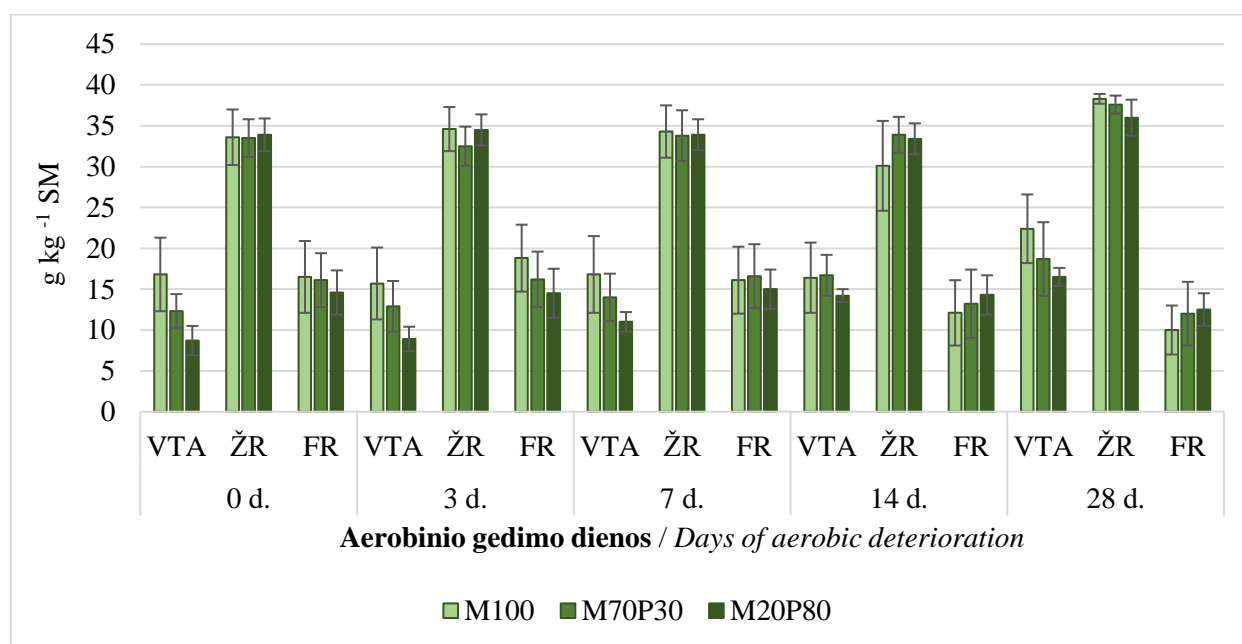
Apibendrinant pH reikšmė aerobinės fermentacijos metu reikšmingai nekito, pH padidėjimas nustatomas tik 2022 metais M100 ir M70P30 silosuose. pH vertė tarp rūšių daugeliu atveju taip pat reikšmingai nesiskyrė (9 paveikslas).

VTA kiekis 2020 metais aerobinės fermentacijos metu M20P80 silose 28 dieną buvo 4,5 g/kg didesnis nei 3 aerobinės fermentacijos dieną ( $p < 0,05$ ), tačiau reikšmingai nesiskyrė nuo kitų dienų. Ta pati tendencija buvo 2021 metais, kai 14 ir 28 fermentacijos dienomis M20P80 silose VTA kiekis buvo atitinkamai 8,4 g/kg ir 9,3 g/kg didesnis nei 3 fermentacijos dieną. Trečiaisiais tyrimo metais VTA kiekis 14 fermentacijos dieną buvo reikšmingai didesnis M silose lyginant su 0 ir 7 dienomis ( $p < 0,05$ ), M70P30 silose lyginant su visomis dienomis ( $p < 0,05$ ), o M20P80 silose lyginant su 0 fermentacijos diena ( $p < 0,05$ ).

Vertinant skirtumus aerobinės fermentacijos skirtumus tarp rūšių 2020 metais fiksuojami mažesni VTA kiekiai M20P80 silose - aerobinės fermentacijos pradžioje kiekis buvo 9 g/kg mažesnis nei M100 silose ( $p < 0,01$ ), tačiau nesiskyrė nuo VTA kiekio M70P30 silose. Lyginant VTA kiekį M20P80 silose 3, 7, 14 ir 28 dienomis su VTA kiekiu M70P30 silose, matoma, jog VTA kiekis M20P80 silose buvo atitinkamai 10 ( $p < 0,01$ ), 8 ( $p < 0,01$ ), 6 ( $p < 0,05$ ) ir 8 ( $p < 0,05$ ) g/kg mažesnis. Lyginant VTA kiekį M20P80 silose 3, 7, 14 ir 28 dienomis su VTA kiekiu M100 silose, nustatyta, jog VTA kiekis M20P80 silose buvo atitinkamai 14 ( $p < 0,001$ ), 14 ( $p < 0,001$ ),

12 ( $p < 0,001$ ) ir 11 ( $p < 0,01$ ) g/kg mažesnis. M70P30 silose VTA kiekis reikšmingai mažesnis už VTA kiekį M100 silose buvo tik 7 ir 14 tyrimo dienomis ( $p < 0,05$ ). Mažesnis VTA kiekis (maždaug 10 g/kg) M20P80 silose buvo nustatytas ir 2021 tyrimo metais aerobinės fermentacijos pradžioje lyginant su M100 silosu ( $p < 0,05$ ), tačiau aerobinės fermentacijos pabaigoje mažiausias VTA kiekis lyginant su kitomis rūšimis ( $p < 0,05$ ) buvo aptinkamas jau M70P30 silose. Trečiaisiais tyrimo metais skirtingai nei 2020 metais mažiausias VTA kiekis buvo fiksuojamas M100 silose. Aerobinės fermentacijos 7 dieną VTA kiekis buvo 8 g/kg mažesnis nei M20P80 silose ( $p < 0,05$ ), o 14 dieną 9g/kg mažesnis nei M20P80 silose ( $p < 0,05$ ) ir 12 g/kg mažesnis nei M70P30 silose ( $p < 0,01$ ).

Apibendrinant VTA kiekis nekito arba didėjo aerobinės fermentacijos metu, 2020 metais mažiausias VTA kiekis buvo nustatomas M20P80 silose, o 2022 metais M100 silose (10 paveikslas). Aerobinio poveikio metu VTA kiekis silose gali pakisti. Dėl aplinkoje esančio deguonies aerobinės fermentacijos metu gali augti aerobiniai mikroorganizmai, įskaitant mieles ir pelėsius, kurie fermentuoja silose esančius angliavandenius. Dėl šio fermentacijos proceso sudėtingi angliavandeniai suskaidomi į paprastesnius cukrus, todėl padidėja VTA kiekis (Mu et al., 2021; Wilkinson & Davies, 2013).



**10 paveikslas.** VTA, ŽR ir FR kiekis žolių silose aerobinio gedimo metu

**Figure 10.** WSC, CL and FI content in grass silages during aerobic deterioration\

Pastaba. M100 – 100% miglinių žolių silosas, M70P30% – 70 % miglinių ir 30 % pupinių žolių silosas, M20P80% – 20 % miglinių ir 80 % pupinių žolių silosas. Note. M100 – 100% grass (Poaceae) silage, M70P30% – 70% grass (Poaceae) and 30% legumes silage, M20P80% – 20% grass (Poaceae) and 80% legumes silage.



ŽR kiekis aerobinės fermentacijos metu reikšmingai pakito tik 2022 metais M100 silose (9 lentelė). Paskutinę aerobinės fermentacijos dieną ŽR kiekis buvo atitinkamai 11, 16 ir 13 g/kg mažesnis nei 0, 3 ir 7 dienomis ( $p < 0,05$ ).

Skirtumų tarp siloso rūšių pirmaisiais tyrimo metais nenustatyta, tačiau įvertinus 2021 metus nustatyta, jog M20P80 silose ŽR kiekis aerobinės fermentacijos pradžioje buvo 10 g/kg mažesnis ( $p < 0,05$ ), 3 ( $p < 0,05$ ), 14 ( $p < 0,01$ ) ir 28 ( $p < 0,05$ ) fermentacijos dienomis vidutiniškai 7 g/kg mažesnis nei M100 silose, tačiau reikšmingai nesiskyrė nuo M70P30 siloso, o 7 dieną ŽR kiekiai reikšmingai nekito nesiskyrė tarp visų siloso rūšių. Aerobinės fermentacijos pradžioje 2022 metais matoma, kad kitaip nei 2021 metais, didesnis ŽR kiekis buvo nustatytas 11 g/kg M20P80 silose nei M100 silose ( $p < 0,05$ ). Fermentacijos 28 dieną ŽR kiekis M70P30 silose buvo didesnis 18 g/kg ( $p < 0,01$ ), o M20P80 silose 21 g/kg ( $p < 0,001$ ).

Apibendrinant ŽR kiekis aerobinės fermentacijos metu reikšmingai nekito, kiekio sumažėjimas nustatomas tik 2022 metais M100 silose. Lyginant ŽR kiekį tarp siloso rūšių didesnis ŽR kiekis 2021 metais buvo fiksuojamas M100 silose, tačiau 2022 metais aerobinės fermentacijos pradžioje ir pabaigoje ŽR kiekis M100 silose buvo reikšmingai mažesnis. Nors literatūroje trūksta informacijos apie žalių riebalų kiekį aukštosiose avižuolėse, numanoma, kad būtent šių daugiamečių žolių silosavimui pasirinkimas galėjo nulemti mažesnę ŽR kiekį 2022 m. M100 silose.

FR aerobinės fermentacijos metu reikšmingai nekito. Tačiau stebint skirtumus tarp rūšių nustatyta, jog 2020 metais FR buvo reikšmingai mažesnis M20P80 silose. Mėginių atidarymo dieną FR M20P80 silose buvo vidutiniškai 4 vienetais mažesnis ( $p < 0,01$ ), 3 diena 5 vienetais mažesnis ( $p < 0,01$ ), o 28 dieną 6 vienetais mažesnis ( $p < 0,01$ ) nei kitos sudėties silose. Antraisiais ir trečiaisiais tyrimo metais skirtumų tarp siloso rūšių nenustatyta.

Apibendrinant FR aerobinės fermentacijos metu nekito, o skirtumai tarp rūšių pastebimi tik 2020 metais, kai mažiausias FR dažniausiai buvo fiksuojamas M20P80 silose (10 paveikslas).

NDF kiekis aerobinės fermentacijos metu reikšmingai pakito tik 2022 M silose. Fermentacijos pradžioje NDF kiekis siekė 698 g/kg, lyginant su 3, 7 ir 14 dienomis NDF kiekis buvo atitinkamai 69, 53 ir 44 g/kg didesnis ( $p < 0,01$ ). Kitais tyrimo metais ir kituose silosuose NDF kiekis aerobinės fermentacijos metu reikšmingai nekito.

**10 lentelė.** NDF, ADF ir ŽL kiekis įvairios sudėties žolių silose aerobinio gedimo metu

**Table 10.** NDF, ADF and CF content in grass silages of different composition during aerobic deterioration

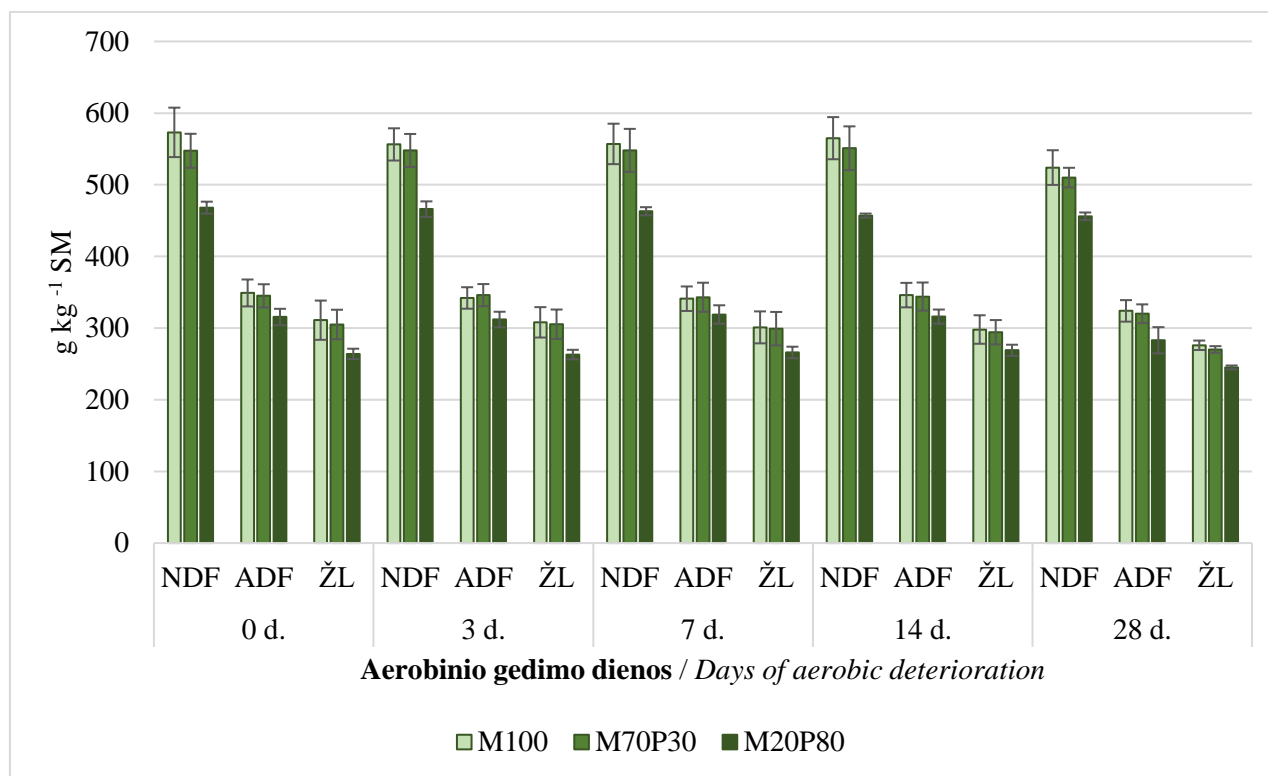
Metai / Year	Mišinys / Mix	Diena / Day	NDF	ADF	ŽL / CF
			g kg <sup>-1</sup> SM		
2020	M100	0	499 ± 6,3 A	306 ± 1,2 A	267 ± 6,6
		3	501 ± 3,7 A	303 ± 1,3 A	272 ± 1,5 A
		7	490 ± 2,1 A	298 ± 0,7 A	262 ± 0,7
		14	484 ± 7,6 A	300 ± 2,9 A	262 ± 3,8
		28	489 ± 2,1 A	301 ± 0,6	261 ± 2,6 A
	M70P30	0	474 ± 2,7 B	291 ± 1,5 abB	255 ± 1,2
		3	479 ± 4,1 B	295 ± 2,2 abB	260 ± 0,0B
		7	471 ± 9,1 AB	289 ± 2,9 bAB	253 ± 5,1
		14	477 ± 1,5 AB	292 ± 1,2abAB	257 ± 2,6
		28	475 ± 2,9 AB	299 ± 1,5 a	265 ± 2,8 A
	M20P80	0	463 ± 3,2 B	285 ± 2,2 B	255 ± 1,7
		3	457 ± 1,2 C	280 ± 0,6 C	252 ± 1,8 C
		7	460 ± 0,9 B	283 ± 2,5 B	252 ± 2,7
		14	457 ± 3,3 B	283 ± 2,2 B	251 ± 1,2
		28	461 ± 6,0 B	289 ± 5,2	245 ± 4,8 B
2021	M100	0	560 ± 30,2	350 ± 10,2	272 ± 10,0
		3	566 ± 26,4	353 ± 12,9	283 ± 10,1
		7	562 ± 21,1	351 ± 8,7	276 ± 8,2
		14	570 ± 10,0 A	368 ± 1,4	279 ± 1,0
		28	579 ± 32,5 A	359 ± 13,5	277 ± 16,0
	M70P30	0	551 ± 5,3	361 ± 2,5	276 ± 0,2
		3	547 ± 14,6	362 ± 9,7	269 ± 2,9
		7	570 ± 19,8	370 ± 16,7	281 ± 10,3
		14	558 ± 22,3A	381 ± 29,3	290 ± 15,3
		28	543 ± 10,5 AB	352 ± 6,0	278 ± 8,5
	M20P80	0	484 ± 31,2	355 ± 10,8	258 ± 8,7
		3	458 ± 43,6	339 ± 12,7	253 ± 12,3
		7	472 ± 27,5	355 ± 32,4	247 ± 7,8
		14	456 ± 7,4 B	340 ± 0,05	258 ± 1,9
		28	450 ± 10,0 B	326 ± 5,5	246 ± 3,0
2022	M100	0	698 ± 0,5 aA	416 ± 5,9 aA	416 ± 6,2 A
		3	629 ± 3,6 bA	388 ± 1,8bA	390 ± 10,4A
		7	654 ± 4,5 bA	397 ± 3,4abA	386 ± 11,3A
		14	645 ± 5,0 bA	395 ± 5,0abA	375 ± 5,0 A
		28	-	-	-
	M70P30	0	618 ± 7,6 B	388 ± 3,9A	375 ± 2,9 aA
		3	617 ± 6,5 A	386 ± 2,5A	375 ± 1,8 aA
		7	642 ± 4,0 A	399 ± 4,2 A	387 ± 0,8 aA
		14	612 ± 7,9 A	386 ± 4,1 A	355 ± 3,0 bA
		28	-	-	-

Metai / Year	Mišinys / Mix	Diena / Day	NDF	ADF	ŽL / CF
			g kg <sup>-1</sup> SM		
	M20P80	0	462 ± 14,2 C	320 ± 14,1 B	279 ± 17,3B
		3	480 ± 17,0 B	325 ± 14,2 B	281 ± 10,4B
		7	460 ± 3,6 B	331 ± 2,5B	293 ± 2,3B
		14	459 ± 6,2 B	333 ± 3,2 B	295 ± 6,4 B
		28	-	-	-

Pastaba. M100 – 100 % miglinių žolių silosas, M70P30% – 70 % miglinių ir 30 % pupinių žolių silosas, M20P80% – 20 % miglinių ir 80 % pupinių žolių silosas. *Note. M100 – 100 % grass (Poaceae) silage, M70P30% – 70% grass (Poaceae) and 30% legumes silage, M20P80% – 20% grass (Poaceae) and 80% legumes silage.*

Stebėdami NDF kiekio skirtumus tarp rūšių (10 lentelė), pastebėjome, jog 2020 metais aerobinės fermentacijos pradžioje NDF kiekis M100 silose buvo 36 g/kg didesnis nei M20P80 silose ( $p < 0,01$ ) ir 25 g/kg didesnis nei M30P70 silose ( $p < 0,05$ ). Trečią fermentacijos dieną NDF kiekis M100 silose buvo didesnis 44 g/kg nei M20P80 silose ( $p < 0,001$ ) ir 22 g/kg didesnis nei M70P30 silose ( $p < 0,01$ ). Taip pat šią dieną reikšmingai išsiskyrė NDF kiekio skirtumai ir tarp M20P80 bei M70P30 silosų ( $p < 0,01$ ). Likusiomis dienomis NDF kiekis M100 silose buvo reikšmingai didesnis tik lyginant su M20P80 silosu. NDF kiekis 7, 14 ir 28 dienomis buvo atitinkamai 30, 27 ir 29 g/kg didesnis ( $p < 0,05$ ). Antraisiais tyrimo metais pastebima ta pati tendencija, tačiau tik 28 aerobinės fermentacijos dieną - NDF kiekis M silose buvo 129 g/kg didesnis nei M20P80 silose ( $p < 0,05$ ). Dėsningumas išlieka ir 2022 metais. Fermentacijos pradžioje M silose NDF kiekis buvo 236 g/kg didesnis nei M20P80 silose ( $p < 0,001$ ) ir 80 g/kg didesnis nei M70P30 silose ( $p < 0,01$ ). NDF kiekis pirmąją fermentacijos dieną taip pat skyrėsi ir tarp M70P30 bei M20P80 siloso ( $p < 0,001$ ). Likusiomis fermentacijos dienomis M20P80 siloso NDF kiekis buvo reikšmingai mažesnis lyginant su abiejų rūšių siloso NDF kiekiu. M20P80 silose NDF kiekis 3, 7 ir 14 dienomis buvo vidutiniškai 143 ( $p < 0,01$ ), 188 ( $p < 0,001$ ) ir 169 ( $p < 0,001$ ) g/kg mažesnis nei M70P30 ir M silose.

Apibendrinant NDF kiekis fermentacijos metu reikšmingai nekito, sumažėjimas matomas tik 2022 metų M silose. Didžiausias NDF kiekis buvo aptinkamas M silose ir M70P30 silose, o mažiausias M20P80 silose (11 paveikslas), kas sutampa su kitų tyrimų rezultatais (J. S. da Silva et al., 2018; Van Soest, 1994), kadangi pupinių žolių ląstelių sienelėse apskritai yra mažesnis kiekis polisacharidų.



**11 paveikslas.** NDF, ADF ir ŽL kiekis žolių silose aerobinio gedimo metu

**Figure 11.** NDF, ADF and CF content in grass silages during aerobic deterioration

Pastaba. M100 – 100 % miglinių žolių silosas, M70P30% – 70 % miglinių ir 30 % pupinių žolių silosas, M20P80% – 20 % miglinių ir 80 % pupinių žolių silosas. Note. M100 – 100% grass (Poaceae) silage, M70P30% – 70% grass (Poaceae) and 30% legumes silage, M20P80% – 20% grass (Poaceae) and 80% legumes silage.

Aerobinės fermentacijos metu ADF kiekis reikšmingai skyrėsi 2020 metais M70P30 silose tarp 7 ir 28 fermentacijos dienos. ADF kiekis 28 fermentacijos dieną buvo 10 g/kg didesnis nei 7 dieną ( $p < 0,05$ ), tačiau šių dienų ADF kiekis reikšmingai nesiskyrė nuo kitų dienų. Taip pat ADF kiekis reikšmingai skyrėsi 2022 metais M silose tarp 0 ir 3 fermentacijos dienos. ADF kiekis mėginių atidarymo dieną buvo 28 g/kg didesnis nei 3 dieną ( $p < 0,05$ ), tačiau šių dienų ADF kiekis reikšmingai nesiskyrė nuo kitų dienų.

Stebint skirtingų siloso rūšių fermentacijos trukmę, pastebėtos panašios tendencijos kaip ir vertinant NDF kiekį. Tiriant 2020 metų silosą, didesnis ADF kiekis mėginių atidarymo dieną nustatytas M100 silose. Kiekis buvo 21 g/kg didesnis nei M20P80 silose ( $p < 0,001$ ) ir 15 g/kg didesnis nei M70P30 silose ( $p < 0,01$ ). Trečią aerobinės fermentacijos dieną ADF kiekis buvo 23 g/kg didesnis nei M20P80 silose ( $p < 0,001$ ) ir 8 g/kg didesnis nei M70P30 silose ( $p < 0,05$ ). ADF kiekis trečią fermentacijos dieną reikšmingai skyrėsi ir tarp M20P80 bei M70P30 silosų ( $p < 0,01$ ). Vertinant skirtumus 7 ir 14 dienomis, ADF kiekis reikšmingai skyrėsi tik tarp M100 ir M20P80 silosų. M silose 7 ir 14 dienomis ADF kiekis buvo atitinkamai 15 ( $p < 0,01$ ) ir 17 ( $p < 0,01$ ) g/kg didesnis M100 silose. Paskutinę aerobinės fermentacijos dieną skirtumų tarp rūšių nebuvo. Tiriant 2021 metų siloso mėginius, statistiškai reikšmingų skirtumų tarp rūšių nustatyta

nebuvo. Trečiaisiais tyrimo metais taip pat kaip ir 2020 metais didžiausi ADF kiekiai buvo aptinkami M100 silose, o mažiausi M20P80 silose. M20P80 silose mėginių atidarymo dieną, 3, 7 ir 14 dienomis ADF kiekis buvo vidutiniškai 82 ( $p < 0,01$ ), 62 ( $p < 0,05$ ), 68 ( $p < 0,001$ ) ir 57 ( $p < 0,01$ ) g/kg mažesnis nei M70P30 ir M silosuose.

Apibendrinant ADF kiekis reikšmingai nekito, pastebimi pavieniai kiekio padidėjimo ir sumažėjimo atvejai. ADF padidėjimas aerobinės fermentacijos metu sutampa su kitų tyrėjų tyrimų rezultatais. Šį ADF padidėjimą galėjo lemti aerobinio poveikio metu prarastos tirpios siloso sudedamosios dalys ir rezultate didesnė ląstelių sienelių dalis (Chen & Weinberg, 2009). Didžiausi ADF kiekiai dažniausiai aptinkami M100 ir M70P30 silosuose, o mažiausi M20P80 silose.

ŽL kiekis reikšmingai sumažėjo tik 2022 metais M70P30 silose 14 aerobinės fermentacijos dieną. ŽL kiekis buvo vidutiniškai 24 g/kg mažesnis lyginant su kitomis dienomis ( $p < 0,01$ ).

Įvertinus skirtumus tarp rūšių pastebėjome, kad ŽL kiekis 2020 metais reikšmingai skyrėsi tarp visų siloso rūšių 3 aerobinės fermentacijos dieną. Mažiausias ŽL kiekis nustatytas M20P80 silose (apie 252 g/kg), 8 g/kg didesnis M70P30 silose ( $p < 0,05$ ) ir 20 g/kg didesnis M100 silose ( $p < 0,001$ ). ŽL kiekis tarp M70P30 ir M100 siloso taip pat buvo statistiškai reikšmingas ( $p < 0,01$ ). Kiekis reikšmingai išsiskyrė ir 28 dieną, lyginat M20P80 ir M100 silosus. M20P80 silose ŽL kiekis buvo 32 g/kg mažesnis nei M silose ( $p < 0,05$ ). Atlikus tyrimą 2021 metais skirtumų tarp rūšių nustatyta nebuvo, tačiau 2022 metais pastebima ta pati tendencija kaip ir 2020 metais. ŽL kiekis 0, 3, 7 ir 14 dienomis M20P80 silose buvo atitinkamai vidutiniškai 117 ( $p < 0,01$ ), 102 ( $p < 0,001$ ), 94 ( $p < 0,001$ ) ir 70 ( $p < 0,01$ ) g/kg mažesnis nei kitos sudėties silose.

Apibendrinant ŽL kiekis aerobinės fermentacijos metu daugeliu atveju reikšmingai nekito. Mažiausi ŽL kiekiai buvo aptinkami M20P80 silose, didžiausi M100 silose ir M70P30 silose (11 paveikslas).

### **3.1.2. Siloso organinių rūgščių ir pH kitimas įvairios sudėties žolių silose aerobinio gedimo metu**

Aerobinės fermentacijos metu PR kiekis skirtingose siloso rūšyse reikšmingai nekito. Rezultatai pateikti 11 lentelėje.

Lyginant skirtingos sudėties silosus 2020 metais 14 aerobinės fermentacijos dieną PR kiekis M20P80 silose buvo 8 g/kg mažesnis nei M70P30 silose ( $p < 0,05$ ), tačiau abiejų silosų PR kiekis reikšmingai nesiskyrė nuo M100 silose esančio PR kiekio. Tais pačiais metais M20P80 silose mažesnis PR kiekis nustatomas ir 28 dieną. Kiekis buvo 17 g/kg mažesnis lyginant su M100 silosu ( $p < 0,05$ ). Antraisiais tyrimo metais mėginių atidarymo dieną PR kiekis M20P80 silose buvo 23 g/kg mažesnis nei M70P30 silose ( $p < 0,05$ ), tačiau reikšmingai nesiskyrė nuo M100 siloso PR kiekio.

**11 lentelė.** PR, AR, SR ir pH kiekis įvairios sudėties žolių silose aerobinio gedimo metu 2020–2022 m.

*Table 11. PR, AR, SR and pH content in grass silages of different composition during aerobic deterioration in 2020–2022*

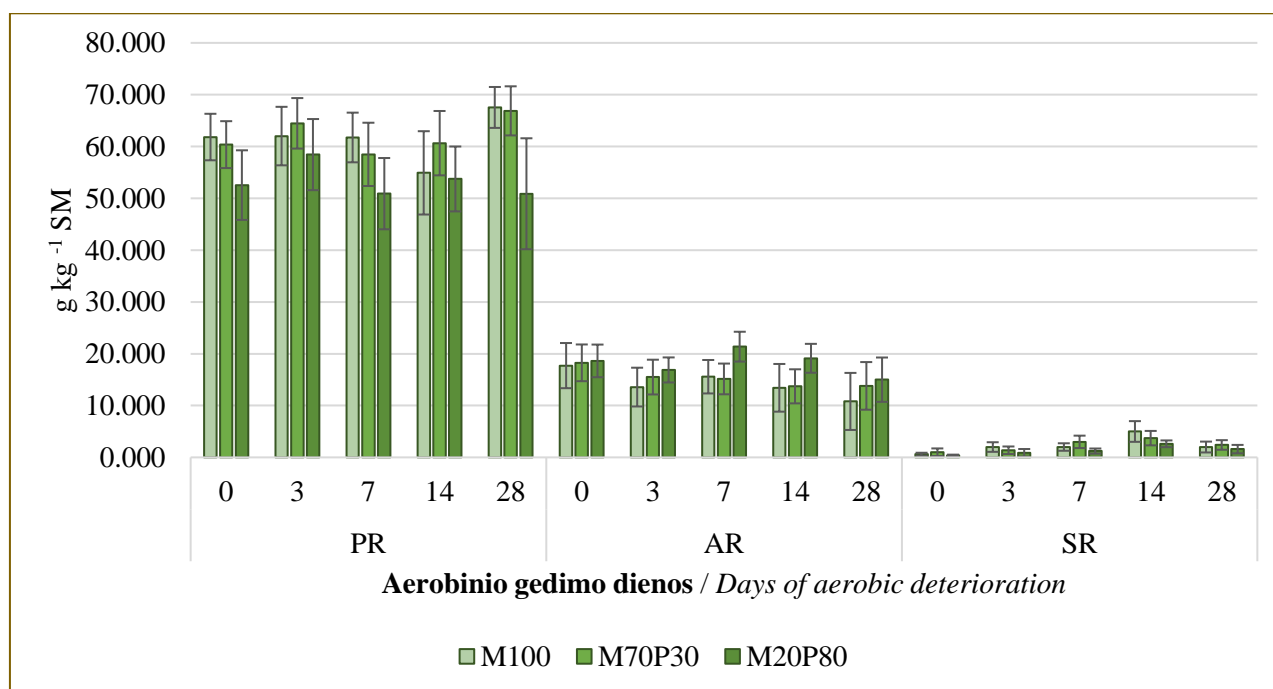
Metai / Year	Mišinys / Mix	Diena / Day	PR / LA	AR / AA	SR / BA	pH
			g kg <sup>-1</sup> SM			
2020	M100	0	74 ± 2,6	5,7 ± 1,2abB	1,0 ± 0,6	4,6 ± 0,3
		3	77 ± 1,6	5,0 ± 0,6abB	1,0 ± 0,6	4,5 ± 0,3
		7	74 ± 0,6	6,7 ± 0,3aB	0,7 ± 0,3	4,6 ± 0,7
		14	75 ± 1,8AB	2,3 ± 0,3bB	1,0 ± 0,6	4,8 ± 0,3
		28	74 ± 0,9	2,0 ± 1,2b	0,3 ± 0,2	4,5 ± 0,3
	M70P30	0	74 ± 0,9	6,7 ± 0,9B	0,3 ± 0,2	4,5 ± 0,3
		3	80 ± 3,3	4,7 ± 1,5B	0,7 ± 0,4	4,5 ± 0,3
		7	73 ± 2,4	8,0 ± 0,6B	0,3 ± 0,1	4,5 ± 0,3
		14	76 ± 1,5A	6,0 ± 0,6B	0,7 ± 0,4	4,7 ± 0,6
		28	75 ± 0,5	6,7 ± 0,3	1,0 ± 0,5	4,4 ± 0,3
	M20P80	0	71 ± 1,7	11,3 ± 0,7 A	0,0 ± 0,0	4,5 ± 0,3
		3	71 ± 0,6	12,0 ± 1,0 A	0,0 ± 0,0	4,5 ± 0,3
		7	71 ± 1,4	12,3 ± 0,9A	0 ± 0,0	4,5 ± 0,06
		14	68 ± 1,2B	11,0 ± 0,7A	1,0 ± 0,5	4,7 ± 0,3
		28	67 ± 5,7	8,3 ± 2,3	0,3 ± 0,1	4,5 ± 0,3
2021	M100	0	46 ± 5,3AB	29,0 ± 1,0	0,0 ± 0,0 c	4,4 ± 0,1
		3	52 ± 2,0 A	23,0 ± 9,0	0,5 ± 0,3c	4,2 ± 0,1
		7	57 ± 0,7A	23,5 ± 2,5	2,0 ± 0,0bc	4,5 ± 0,2
		14	53 ± 3,0A	29,5 ± 0,5	3,5 ± 0,5ab	4,8 ± 0,05
		28	59 ± 4,5A	24,0 ± 3,0	4,5 ± 0,5a	4,5 ± 0,2
	M70P30	0	52 ± 0,3A	27,5 ± 2,5	0,5 ± 0,3c	4,7 ± 0,1
		3	56 ± 3,8A	19,0 ± 3,0	1,5 ± 0,5bc	4,6 ± 0,2
		7	53 ± 0,3A	20,0 ± 0,0	3,5 ± 0,5ab	4,4 ± 0,2
		14	58 ± 0,05A	21,0 ± 1,0	3,5 ± 0,5ab	4,5 ± 0,3
		28	55 ± 0,7A	24,5 ± 4,5	4,5 ± 0,5a	4,8 ± 0,1
	M20P80	0	30 ± 2,5B	17,5 ± 3,5	0,5 ± 0,3b	4,9 ± 0,3
		3	28 ± 1,6B	22,0 ± 3,0	0,5 ± 0,3b	4,5 ± 0,2
		7	27 ± 3,3B	22,5 ± 0,5	1,4 ± 0,5ab	4,8 ± 0,3
		14	28 ± 2,5B	21,0 ± 4,0	2,5 ± 0,5ab	4,7 ± 0,05
		28	26 ± 4,0B	25,0 ± 0,0	3,5 ± 0,5a	4,7 ± 0,08
2022	M100	0	49 ± 2,8	24,5 ± 1,5a	0,7 ± 0,2b	5,2 ± 0,2b
		3	49 ± 7,4	17,0 ± 1,0ab	5,0 ± 2,0ab	5,2 ± 0,1b
		7	48 ± 8,3	21,0 ± 1,0a	4,0 ± 2,0b	5,1 ± 0,1b
		14	28 ± 2,5B	14,0 ± 1,0b	12,5 ± 0,5aA	6,6 ± 0,2aA
		28	-	-	-	-
	M70P30	0	52 ± 4,9	23,7 ± 2,0	2,0 ± 2,0	4,9 ± 0,1ab
		3	54 ± 3,2	24,0 ± 1,0	2,0 ± 2,0	4,8 ± 0,07b
		7	42 ± 11,2	21,0 ± 7,0	6,5 ± 2,5	4,9 ± 0,08ab
		14	41 ± 7,3 AB	18,0 ± 8,0	8,5 ± 1,5AB	5,3 ± 0,05aB
		28	-	-	-	-

Metai / Year	Mišinys / Mix	Diena / Day	PR / LA	AR / AA	SR / BA	pH
			g kg <sup>-1</sup> SM			
	M20P80	0	50 ± 8,5	26,7 ± 5,4	0,7 ± 1,2	4,7 ± 0,1
		3	66 ± 5,6	18,3 ± 5,4	2,0 ± 0,9	4,7 ± 0,8
		7	46 ± 4,3	29,7 ± 0,9	2,3 ± 0,9	4,8 ± 0,05
		14	57 ± 5,3A	26,0 ± 2,5	4,3 ± 0,9B	4,7 ± 0,09B
		28	-	-	-	

Pastaba. M100 – 100 % miglinių žolių silosas, M70P30% – 70 % miglinių ir 30 % pupinių žolių silosas, M20P80% – 20 % miglinių ir 80 % pupinių žolių silosas. Note. M100 – 100% grass (Poaceae) silage, M70P30% – 70% grass (Poaceae) and 30% legumes silage, M20P80% – 20% grass (Poaceae) and 80% legumes silage.

Vertinant skirtumus 3, 7, 14 ir 28 dienomis randama, kad M20P80 silose PR kiekis buvo vidutiniškai 26 ( $p < 0,05$ ), 30 ( $p < 0,01$ ), 28 ( $p < 0,01$ ) ir 31 ( $p < 0,05$ ) g/kg mažesnis nei kitų rūšių silosuose. Paskutiniaisiais tyrimo metais reikšmingi skirtumai pastebimi tik paskutinę aerobinės fermentacijos dieną. Šį kartą mažesnis PR kiekis buvo 2 kartus mažesnis nei M20P80 silose ( $p < 0,05$ ), tačiau abiejų rūšių siloso PR kiekis reikšmingai nesiskyrė nuo M70P30 siloso.

Apibendrinant aerobinės fermentacijos metu PR kiekis reikšmingai nekito. Mažiausias pieno rūgšties kiekis daugeliu atveju buvo nustatytas M20P80 silose (12 paveikslas).



12 paveikslas. Pieno, acto ir sviesto rūgščių kiekis žolių silose aerobinio gedimo metu

Figure 12. Lactic acid, acetic acid and butyric acid content in grass silages during aerobic deterioration

Pastaba. PR – pieno rūgštis, AR – acto rūgštis, SR – sviesto rūgštis. M100 – 100% miglinių žolių silosas, M70P30% – 70 % miglinių ir 30 % pupinių žolių silosas, M20P80% – 20 % miglinių ir 80 % pupinių žolių silosas. Note. PR – lactic acid, AR – acetic acid, SR – butyric acid. M100 – 100% grass (Poaceae) silage, M70P30% – 70% grass (Poaceae) and 30% legumes silage, M20P80% – 20% grass (Poaceae) and 80% legumes silage.

AR kiekis aerobinės fermentacijos metu daugeliu atveju reikšmingai nekito (11 lentelė). Reikšmingi AR kiekio skirtumai tarp aerobinės fermentacijos dienų pastebimi 2020 metais ir 2022 metais M silose. AR kiekis 2020 metais 14 ir 28 dienomis buvo atitinkamai 4 ir 5 g/kg mažesnis nei 7 dieną ( $p < 0,05$ ), o 2022 metais 14 dieną buvo 7 g/kg mažesnis nei mėginių atidarymo dieną ir 11 g/kg mažesnis 7 fermentacijos dieną ( $p < 0,05$ ).

AR kiekio skirtumai tarp rūšių buvo užfiksuoti tik 2021 metais. M20P80 silosas pirmąsias 14 aerobinės fermentacijos dienų turėjo reikšmingai didesnį AR kiekį. Acto rūgšties kiekis mėginių atidarymo dieną, 3, 7 ir 14 dienomis buvo atitinkamai vidutiniškai 5 ( $p < 0,05$ ), 7 ( $p < 0,01$ ), 5 ( $p < 0,01$ ) ir 7 ( $p < 0,05$ ) g/kg didesnis nei M70P30 ir M100 silosuose.

Apibendrinant AR kiekis daugeliu atveju reikšmingai nekito, reikšmingi sumažėjimai pastebimi tik M100 silose (12 paveikslas). Skirtumai tarp siloso rūšių pastebimi tik 2020 metais - mažiausias kiekis fiksuojamas M20P80 silose, o didžiausi kiekiai M70P30 ir M100 silosuose.

SR aerobinės fermentacijos metu 2020 metais reikšmingai nekito (11 lentelė). Antraisiais tyrimo metais 14 aerobinės fermentacijos dieną M100 silose SR kiekis padidėjo nuo 3 iki 3,5 g/kg lyginant su mėginių atidarymo ( $p < 0,01$ ) ir 3 aerobinės fermentacijos diena ( $p < 0,05$ ), 28 dieną SR kiekis padidėjo iki 4,5 g/kg ir buvo reikšmingai didesnis lyginant su mėginių atidarymo ( $p < 0,01$ ), 3 ( $p < 0,01$ ) ir 7 ( $p < 0,05$ ) dienomis. M70P30 silose pastebima ta pati tendencija 7 ir 14 aerobinės fermentacijos dieną SR kiekis padidėjo 3 g/kg lyginant su mėginių atidarymo diena ( $p < 0,05$ ), 28 dieną kiekis siekė 4,5 g/kg ir buvo reikšmingai didesnis lyginant su mėginių atidarymo ir 3 dienomis ( $p < 0,05$ ). M20P80 silose reikšmingas padidėjimas užfiksuotas tik 28 dieną. Kiekis buvo 3 g/kg didesnis nei mėginių atidarymo ir 3 dienomis ( $p < 0,05$ ). Trečiaisiais tyrimo metais reikšmingas padidėjimas nustatomas tik M100 silose 14 dieną - kiekis buvo 12g/kg didesnis lyginant su mėginių atidarymo diena ( $p < 0,05$ ) ir 9 g/kg didesnis lyginant su 7 diena ( $p < 0,05$ ), o 3 dieną užfiksuotas SR kiekis reikšmingai nesiskyrė nuo kitų dienų SR kiekio.

Stebint skirtumus tarp rūšių skirtingomis fermentacijos dienomis, reikšmingi kiekio skirtumai užfiksuoti tik 2022 metais. M20P80 silose SR kiekis 14 aerobinės fermentacijos dieną siekė 4,3 g/kg ir buvo reikšmingai mažesnis už SR kiekį M100 silose ( $p < 0,05$ ), tačiau SR kiekis abiejuose silosuose reikšmingai nesiskyrė nuo kiekio užfiksuoto M70P30 silose.

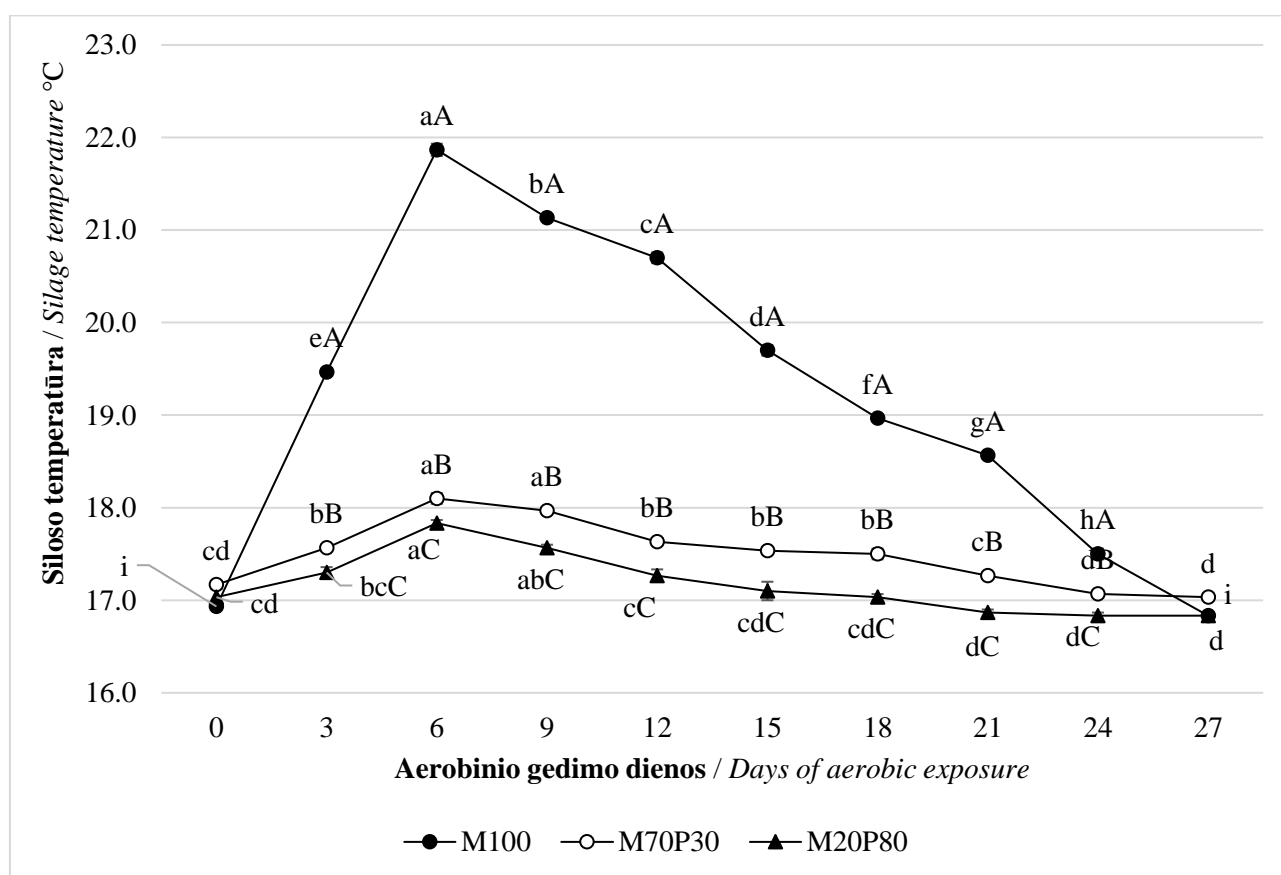
Apibendrinant SR kiekis tyrimo laikotarpiu dažniausiai reikšmingai didėjo, o skirtumai tarp rūšių užfiksuoti tik 2022 metais 14 aerobinės fermentacijos dieną. Aerobinio gedimo metu sviesto rūgšties kiekis silose gali kisti dėl tam tikrų mikroorganizmų veiklos. Žinoma, kad *Bacillus spp.* ir *Clostridium* gamina sviesto rūgštį, kuri gali skatinti mažiau rūgštims tolerantiškų gedimo mikroorganizmų augimą ir dėl to gali sumažėti siloso suvartojimas (Peng et al., 2018).



Atlikus dviejų faktorių dispersinę analizę (ANOVA), taip įvertinant bendrą abiejų veiksmų sąveikos poveikį kokybės rodikliams, paaiškėjo, kad tarp siloso rūšies ir aerobinės fermentacijos trukmės nebuvo statistiškai reikšmingų sąveikų, kurios turėtų įtakos kokybės rodiklių kitimui.

### 3.1.3. Siloso temperatūros kitimas aerobinės fermentacijos metu

Temperatūros kitimas silose aerobinės fermentacijos metu pateiktas 13 paveiksle. Mėginių atidarymo dieną temperatūra M100 siekė 16,9 °C. Temperatūra 3, 6 dienomis reikšmingai didėjo ( $p < 0,001$ ) ir 6 dieną buvo aukščiausia (siekė 21,9 °C). Vėlesnėmis dienomis temperatūra reikšmingai mažėjo su kiekviena matavimo diena ( $p < 0,001$ ) ir aerobinės fermentacijos pabaigoje reikšmingai nesiskyrė nuo temperatūros mėginių atidarymo dieną.



13 paveikslas. Žolių siloso temperatūros kitimas aerobinės fermentacijos metu

Figure 13. Temperature variation of grass silage during aerobic fermentation

Pastaba. M100 – 100 % miglinių žolių silosas, M70P30% – 70 % miglinių ir 30 % pupinių žolių silosas, M20P80% – 20 % miglinių ir 80 % pupinių žolių silosas. Klaidų brūkšneliai rodo standartinę paklaidą. Vertės su skirtingomis didžiosiomis raidėmis rodo reikšmingus skirtumus tarp variantų tą pačią dieną aerobinio gedimo metu. Vertės su skirtingomis mažosiomis raidėmis rodo reikšmingus skirtumus tame pačiame variante skirtingomis dienomis pagal Dunkano kriterijų. Note. M100 – 100% grass (Poaceae) silage, M70P30% – 70% grass (Poaceae) and 30% legumes silage, M20P80% – 20% grass (Poaceae) and 80% legumes silage. Error bars represent SE. Values with different uppercase letters indicate significant differences among treatments on the same day during aerobic exposure. Values with different lowercase letters indicate significant differences among days after opening for the same treatments according to Duncan's test ( $p < 0.05$ ).

Mėginių atidarymo dieną temperatūra M20P80 siekė 16,8 °C. Temperatūra reikšmingai padidėjo tik 6 dieną lyginant su mėginių atidarymo ir 3 aerobinės fermentacijos diena ( $p < 0,001$ ). Po 9 dienų šiek tiek sumažėjo, tačiau vis dar buvo didesnė nei mėginių atidarymo dieną ( $p < 0,001$ ). Po 12 dienų fermentacijos temperatūra jau buvo reikšmingai mažesnė lyginant su 6 fermentacijos diena ( $p < 0,001$ ). Po 15 dienų mažesnė ir už 9 dienos temperatūrą ( $p < 0,001$ ). Paskutinėmis dienomis reikšmingai nebetiko ir buvo tokia pati kaip ir mėginių atidarymo dieną.

Mėginių atidarymo dieną temperatūra M70P30 siekė 17,2 °C. Po 3 dienų temperatūra reikšmingai padidėjo iki 17,6 °C ( $p < 0,001$ ), o po 6 ir 9 dienų buvo didžiausia (apie 18 °C) ( $p < 0,001$  lyginant su eksperimento pradžia). Temperatūra 12, 15 ir 18 dienomis jau buvo reikšmingai mažesnė nei 6 ir 9 dienomis ( $p < 0,001$ ). Aerobinės fermentacijos pabaigoje temperatūra dar šiek tiek sumažėjo ( $p < 0,05$ ) ir reikšmingai nesiskyrė nuo mėginių atidarymo dienos.

Skirtumai tarp rūšių. Pirmą dieną skirtumų tarp rūšių nenustatyta. Nuo 3 iki 24 dienos didžiausia temperatūra laikėsi M100 silose ( $p < 0,001$  lyginant su kitomis rūšimis). Šiomis dienomis skirtumai pastebimi ir tarp M20P80 bei M70P30. M70P30 temperatūra buvo reikšmingai didesnė ( $p < 0,05$  3, 6, 15 ir 24 dienomis,  $p < 0,01$  12 ir 18 dienomis,  $p < 0,001$  9 ir 21 dienomis). Aerobinės fermentacijos pabaigoje temperatūra tarp siloso rūšių nesiskyrė.

### 3.1.3. Dujų išsiskyrimas anaerobinės fermentacijos metu

Po 90 d. anaerobinės fermentacijos žolių siloso mėginiuose nebuvo užfiksuota išsiskyrusių  $CH_4$ ,  $O_2$  ar  $H_2S$  dujų (12 lentelė). Tačiau nustatyta, kad M70P30 silose išsiskyrė didžiausias kiekis  $CO_2$  dujų (782 ppm), kol M20P80 silose  $CO_2$  išsiskyrė šiek tiek mažiau, o M100 silosas pasižymėjo mažiausiomis  $CO_2$  emisijomis (655 ppm).

**12 lentelė.** Išsiskyrusios dujos žolių silose po 90 d. anaerobinės fermentacijos

**Table 12.** Gas emissions in grass silages after 90 days of anaerobic fermentation

Variantai / Treatments	$CH_4$	$O_2$	$CO_2$	$H_2S$
M100	0	0	655	0
M70P30	0	0	782	0
M20P80	0	0	701	0

Pastaba. M100 – 100 % miglinių žolių silosas, M70P30% – 70 % miglinių ir 30 % pupinių žolių silosas, M20P80% – 20 % miglinių ir 80 % pupinių žolių silosas. Note. M100 – 100% grass (Poaceae) silage, M70P30% – 70% grass (Poaceae) and 30% legumes silage, M20P80% – 20% grass (Poaceae) and 80% legumes silage.

### **Apibendrinimas**

*Reikšmingi SM pokyčiai nustatyti tik 2020 m., kai reikšmingai didėjo miglinių žolių silose, o pupinių 80 proc. – miglinių 20 proc. žolių silos išsiskyrė mažiausiu SM kiekiu – kitais tyrimų metais reikšmingų skirtumų nenustatyta. Aerobinės fermentacijos metu ŽB kiekis reikšmingai nekito arba pavieniais atvejais mažėjo, o mažiausias kiekis dažniausiai buvo aptinkamas miglinių žolių silose. Apibendrinant ŽP kiekis aerobinės fermentacijos metu daugeliu atveju reikšmingai nekito, sumažėjimas nustatomas tik vienu atveju pupinių 80 proc. – miglinių 20 proc. žolių silose. Tiek ME tiek NEL kiekis aerobinės fermentacijos metu arba nekito arba reikšmingai mažėjo, o pupinių 80 proc. – miglinių 20 proc. žolių silos dažniausiai turėjo didžiausią ME ir NEL kiekį. Aerobinės fermentacijos metu VTA kiekis nekito arba didėjo, 2020 metais mažiausias VTA kiekis buvo nustatomas pupinių 80 proc. – miglinių 20 proc. silose, o 2022 metais miglinių žolių silose. ŽR kiekis aerobinės fermentacijos metu reikšmingai nekito, kiekio sumažėjimas matomas tik 2022 metais miglinių žolių silose. Apibendrinant FR aerobinės fermentacijos metu nekito, o skirtumai tarp rūšių pastebimi tik 2020 metais, kai mažiausias FR dažniausiai buvo fiksuojamas pupinių 80 proc. – miglinių 20 proc. silose. ŽL, NDF ir ADF aerobinės fermentacijos metu reikšmingai nekito.*

### **3.2. Skirtingos brandos kukurūzų siloso cheminė sudėtis, fermentacijos kokybė, temperatūra ir aerobinis gedimas**

SM kiekis aerobinės fermentacijos metu 2020 metais reikšmingai kito nepriklausomai nuo kukurūzų brandos (13 lentelė), pastebima, jog SM kiekis fermentacijos pabaigoje buvo reikšmingai didesnis, nei eksperimento pradžioje. Pieninės brandos kukurūzų silose 14 ir 28 aerobinės fermentacijos dienomis SM kiekis atitinkamai buvo apie 20 ir 32 g/kg ( $p < 0,01$ ) didesnis. Vaškinės brandos kukurūzų silose 28 dieną SM kiekis buvo didesnis nei 0, 3 ir 14 dienomis atitinkamai 123 ( $p < 0,001$ ) 119 ( $p < 0,01$ ) ir 115 ( $p < 0,001$ ) g/kg. Fiziologinės brandos kukurūzų silose 14 dieną SM kiekis buvo reikšmingai didesnis 49 ( $p < 0,05$ ) ir 61 ( $p < 0,01$ ) g/kg atitinkamai lyginant su 0 ir 3 dienomis. Antraisiais tyrimo metais SM kiekis reikšmingai padidėjo tik pieninės brandos kukurūzų silose. Jis aerobinės fermentacijos pabaigoje buvo didesnis nei 0, 3 ir 7 dienomis atitinkamai 45, 46 ir 38 g/kg ( $p < 0,05$ ). Reikšmingas padidėjimas nustatomas ir 2022 metais pieninės brandos kukurūzų silose. SM kiekis aerobinės fermentacijos pabaigoje buvo didesnis nei 0, 3, 7 ir 14 dienomis atitinkamai 39 ( $p < 0,01$ ), 52 ( $p < 0,001$ ), 47 ( $p < 0,001$ ) ir 29 ( $p < 0,05$ ) g/kg.

13 lentelė. SM, ŽB, ŽP ir ME įvairios brandos kukurūzų silose aerobinio gedimo metu 2020–2022 m.

**Table 13.** DM, CP, CA and ME content in different maturity maize silage during aerobic deterioration in the year of 2020–2023

Metai / Year	Silosas / Mix	Diena / Day	SM / DM	ŽB / CP	ŽP / CA	ME
			g kg <sup>-1</sup> SM			MJ/kg SM
2020	PBKS	0	276 ± 8 bC	93 ± 1 arba	52,4 ± 1 A	10,5 ± 0,0 C
		3	268 ± 6 bB	94 ± 3 aA	48,9 ± 2,5	10,4 ± 0,1 B
		7	280 ± 10 bB	89 ± 2 arba	52,2 ± 1,6 A	10,4 ± 0,0
		14	329 ± 6 aB	93 ± 0,2 abA	49,8 ± 1,0 A	10,2 ± 0,1 B
		28	340 ± 4aB	86 ± 2 bAB	49,1 ± 0,7 A	10,2 ± 0,1
	VBKS	0	340 ± 11 bB	82 ± 1 bB	46,1 ± 0,2 B	11,2 ± 0,1 A
		3	347 ± 12 bA	81 ± 2 bB	47,4 ± 2,3	11,2 ± 0,1 A
		7	404 12 abA	82 ± 0,3 bB	48,2 ± 2,3 AB	10,7 ± 0,4
		14	343 ± 14 bB	91 ± 0,4 abB	51,5 ± 1 A	10,8 ± 0,1 A
		28	462 ± 19 aA	106 ± 9 aA	46,3 ± 1,2 AB	10,7 ± 0,1
	FBKS	0	388 ± 12 abA	62 ± 1 bC	40,1 ± 1 C	10,8 ± 0,1 B
		3	376 ± 4 bA	66 ± 2 bC	40,7 ± 1,5	10,5 ± 0,3 AB
		7	415 8 abcA	71 ± 0,1 aC	45,0 ± 1,2 B	10,6 ± 0,3
		14	437 ± 9 bA	75 ± 0,3 aC	42,5 ± 1,3 B	10,3 ± 0,2 AB
		28	420 ± 12 bcA	71 ± 0,1 aB	43,2 1,3 B	10,3 ± 0,2
2021	PBKS	0	299 ± 11 bB	97 ± 1 aA	50,8 ± 1,2	11,0 ± 0,0
		3	298 ± 4 bC	93 ± 0,4 a	50,7 ± 0,8 A	10,9 ± 0,0
		7	305 ± 8 bB	93 ± 1 a	52,6 ± 0,5 A	10,9 ± 0,1
		14	325 ± 7 abB	94 ± 1 aA	53,3 ± 0,9A	10,9 ± 0,0
		28	344 ± 6 aB	87 ± 2 b	50,7 ± 1,7	10,8 ± 0,1
	VBKS	0	344 ± 32 AB	91 3 AB	51,6 ± 2,4	10,8 ± 0,1
		3	330 ± 2 B	92 ± 3	52,1 ± 0,9A	10,7 ± 0,2
		7	328 ± 13B	91 ± 1	54,0 ± 0,8 A	10,7 ± 0,1
		14	348 ± 28 B	91 ± 1 AB	52,8 ± 1,6 A	10,8 ± 0,1
		28	456 ± 57 AB	94 ± 3	49,2 ± 3,2	10,8 ± 0,1
	FBKS	0	450 ± 25 A	88 ± 1 bB	44,7 ± 2,4 ab	10,9 ± 0,1
		3	457 ± 10 A	89 ± 1 b	42,7 ± 1,3 bB	11,3 ± 0,3
		7	454 ± 4 A	90 ± 1 b	45,5 ± 0,6 abB	11,1 ± 0,2
		14	435 ± 14 A	90 ± 1 bB	44,3 ± 0,9 abB	11,1 ± 0,1
		28	517 ± 31 A	94 ± 0,1 a	50,2 ± 0,3 a	11,0 ± 0,1
2022	PBKS	0	308 ± 4 bB	96 ± 0,4 aA	51,0 ± 1,0 B	11,0 ± 0,0 A
		3	295 ± 3 bB	93 ± 1 aA	50,0 ± 1,2 A	10,3 ± 0,3
		7	300 ± 5 bB	93 ± 0,3 aA	51,6 ± 0,9 AB	10,3 ± 0,3
		14	318 ± 7 bB	94 ± 0,4 aA	51,6 ± 1,6 A	10,3 ± 0,3
		28	347 ± 7 a	86 ± 2 bB	51,5 ± 1,2 A	10,2 ± 0,3 B
	VBKS	0	406 ± 3 A	72 ± 1 bB	58,5 ± 0,4 aA	10,0 ± 0,1 B
		3	418 ± 18 A	74 ± 1 bB	53,2 ± 2,5 aA	10,4 ± 0,2
		7	405 ± 10 A	76 ± 2 bB	54,7 ± 3,5 aA	10,4 ± 0,1 2
		14	423 ± 20 A	73 ± 1 bB	56,4 ± 2,3 aA	10,5 ± 0,3
		28	386 ± 23	107 ± 3 aA	38,2 ± 0,9 bC	10,2 ± 0,1 aA

Metai / Year	Silosas / Mix	Diena / Day	SM / DM	ŽB / CP	ŽP / CA	ME
			g kg <sup>-1</sup> SM			MJ/kg SM
	FBKS	0	339 ± 21 B	73 ± 1 B	44,2 ± 1,6 C	11,1 ± 0,0 A
		3	341 ± 19 B	74 ± 0,2 B	41,4 ± 0,8 B	10,9 ± 0,2
		7	340 ± 17 B	73 ± 0,4 B	43,3 ± 1,4 B	11,1 ± 0,1
		14	336 ± 2 B	74 ± 2 B	43,4 ± 0,3 B	10,7 ± 0,4
		28	325 ± 7	73 ± 1 C	46,1 ± 0,4 B	10,7 ± 0,4A

Pastaba. PBKS – pieninės brandos kukurūzų silosas, VBKS – vaškinės brandos kukurūzų silosas, FBKS – fiziologinės brandos kukurūzų silosas. *Note. PBKS – kernel milk stage maize silage, VBKS – kernel dough stage maize silage, FBKS – physiological maturity maize silage.*

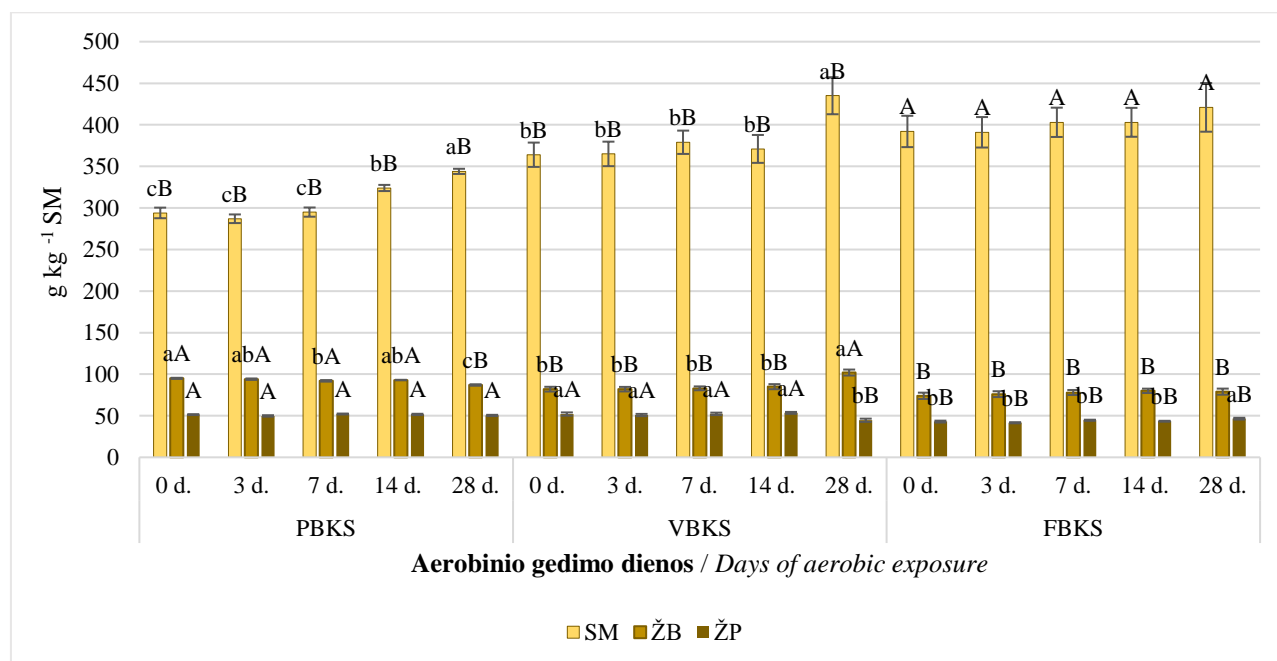
Vertinant skirtumus tarp skirtingos brandos siloso tą pačią aerobinės fermentacijos dieną nustatyta jog mėginių atidarymo dieną mažiausią SM kiekį turėjo pieninės brandos silosas. SM kiekis buvo 63 g/kg mažesnis nei vaškinės brandos kukurūzų silose ( $p < 0,05$ ) ir 112 g/kg mažesnis nei fiziologinės brandos kukurūzų silose ( $p < 0,001$ ). Kiekis taip pat reikšmingai skyrėsi ir tarp fiziologinės bei vaškinės brandos kukurūzų siloso ( $p < 0,05$ ). Tęsiantis aerobinei fermentacijai 3, 7 ir 28 dienomis pieninės brandos kukurūzų silose SM kiekis buvo atitinkamai vidutiniškai 94 ( $p < 0,01$ ), 130 ( $p < 0,001$ ) ir 102 ( $p < 0,05$ ) g/kg mažesnis, tačiau nesiskyrė tarp vaškinės ir fiziologinės brandos kukurūzų siloso. Vertinant 14 dieną pieninės ir vaškinės brandos kukurūzų silosas turėjo atitinkamai 109 ( $p < 0,001$ ) ir 94 ( $p < 0,01$ ) g/kg mažesnę SM kiekį lyginant su fiziologinės brandos kukurūzų silosu.

Antraisiais tyrimo metais išlieka ta pati tendencija. Mėginių atidarymo dieną pieninės brandos silose SM kiekis buvo 151 g/kg mažesnis nei fiziologinės brandos kukurūzų silose ( $p < 0,05$ ), tačiau reikšmingai nesiskyrė nuo vaškinės brandos. Trečią dieną skirtumai pastebimi tarp visų siloso rūšių - pieninės brandos kukurūzų silose kiekis buvo atitinkami 33 ( $p < 0,05$ ) g/kg ir 159 ( $p < 0,001$ ) g/kg mažesnis nei vaškinės ir fiziologinės brandos kukurūzų silose. Skirtumas tarp fiziologinės ir vaškinės brandos siekė 124 g/kg ( $p < 0,001$ ). Vertinant 7 ir 14 dienas pieninės ir vaškinės brandos kukurūzų silose SM kiekis buvo atitinkamai 137 ( $p < 0,001$ ) ir 98 ( $p < 0,05$ ) g/kg mažesnis, o 28 dieną reikšmingai išsiskyrė tik SM kiekis pieninės ir fiziologinės brandos kukurūzų silose ( $p < 0,05$ ).

Trečiaisiais tyrimo metais pieninės ir fiziologinės brandos kukurūzų silose SM kiekis buvo panašus ir aerobinės fermentacijos pradžioje (nuo mėginių atidarymo iki 14 dienos) buvo reikšmingai mažesnis nei vaškinės brandos kukurūzų silose, o 28 dieną visų rūšių silose SM kiekis reikšmingai nesiskyrė. Mėginių atidarymo dieną, 3, 7 ir 14 dienomis pieninės ir fiziologinės brandos kukurūzų silose SM kiekis buvo atitinkamai apie 83 ( $p < 0,05$ ), 99 ( $p < 0,05$ ), 85 ( $p < 0,05$ ) ir 96 ( $p < 0,01$ ) g/kg mažesnis lyginant su vaškine banda.

Apibendrinant visus metus SM kiekis aerobinės fermentacijos metu fiziologinės brandos kukurūzų silose reikšmingai nekito, pieninės brandos kukurūzų silose reikšmingai didėjo ir 14 bei

28 fermentacijos dienomis (14 paveikslas). Po 14 aerobinės fermentacijos dienų SM kiekis lyginant su mėginių atidarymo, 3 ir 7 dienomis atitinkamai buvo 29, 37 ir 29 g/kg didesnis ( $p < 0,001$ ), o po 28 dienų kiekis buvo atitinkamai 49, 56 ir 49 g/kg didesnis ( $p < 0,001$ ), tačiau taip pat ir 20 g/kg didesnis ir už 14 dieną nustatyta SM kiekį ( $p < 0,01$ ). SM kiekis vaškinės brandos kukurūzų silose reikšmingai didesnis buvo tik 28 aerobinės fermentacijos dieną. SM kiekis buvo apie 71 g/kg didesnis nei mėginių atidarymo ir 3 dienomis ( $p < 0,01$ ) ir apie 60 g/kg didesnis nei 7 ir 14 dienomis ( $p < 0,05$ ). Vertinant bendrai visų metų duomenis pastebima, kad pieninės brandos kukurūzų silose SM kiekis visos aerobinės fermentacijos metu vidutiniškai buvo 74 g/kg mažesnis nei vaškinės brandos kukurūzų silose (14 dieną  $p < 0,05$ , mėginių atidarymo, 3 ir 28 dienomis  $p < 0,01$ , 7 dieną  $p < 0,001$ ) ir vidutiniškai 93 g/kg mažesnis nei fiziologinės brandos kukurūzų silose (28 dieną  $p < 0,05$ , 14 dieną  $p < 0,01$ , mėginių atidarymo, 3 ir 7 dienomis  $p < 0,001$ ). Kukurūzų siloso SM kiekiui įtakos turi derliaus nuėmimo metu pasiekta brandos stadija. Vėlinant kukurūzų derliaus nuėmimą silosui, SM kiekis padidėja, visų pirma dėl padidėjusio SM kiekio lapuose (Mandic et al., 2018b). SM kiekis tarp fiziologinės brandos kukurūzų ir vaškinės brandos kukurūzų siloso reikšmingai nesiskyrė.



**14 paveikslas.** SM, ŽB ir ŽP kiekis kukurūzų silose aerobinio gedimo metu

**Figure 14.** DM, CP and CA content in maize silages during aerobic deterioration

Pastaba. PBKS – pieninės brandos kukurūzų silosas, VBKS – vaškinės brandos kukurūzų silosas, FBKS – fiziologinės brandos kukurūzų silosas. *Note. PBKS – kernel milk stage maize silage, VBKS – kernel dough stage maize silage, FBKS – physiological maturity maize silage.*

ŽB kiekis aerobinės fermentacijos metu skirtingose siloso rūšyse kito nevienodai (13 lentelė). Pastebėta, jog 2020 metais fiziologinės brandos kukurūzų silose mėginių atidarymo

dieną ŽB kiekis buvo 9 g/kg mažesnis nei 7 ( $p < 0,01$ ) ir 28 ( $p < 0,001$ ) dienomis ir 12 g/kg mažesnis nei 14 dieną ( $p < 0,001$ ). Trečia dieną ŽB kiekis buvo 5 g/kg mažesnis nei 7 ir 28 dienomis ( $p < 0,05$ ) ir 9 g/kg mažesnis nei 14 dieną ( $p < 0,001$ ). Vaškinės brandos kukurūzų silose pastebima panaši tendencija, nes 28 dieną ŽB kiekis buvo apie 24 g/kg didesnis, nei mėginių atidarymo dieną, bei 3 ir 7 dienomis ( $p < 0,05$ ). Pieninės brandos kukurūzų silose ŽB kiekis 28 dieną buvo žemiausias (apie 86 g/kg), tačiau reikšmingai skyrėsi tik lyginant su 3 dienos ( $p < 0,05$ ) ŽB kiekiu (apie 94 g/kg). Įvertinus ŽB kiekį 2021 metais rezultatai pasikartojo pieninės brandos ir fiziologinės brandos kukurūzų silosuose. Fiziologinės brandos kukurūzų silose ŽB kiekis 28 diena buvo apie 6g/kg didesnis nei mėginių atidarymo dieną ( $p < 0,01$ ) ir apie 5 g/kg didesnis nei kitomis aerobinės fermentacijos dienomis ( $p < 0,05$ ). Pieninės brandos kukurūzų silose ŽB kiekis 28 dieną buvo apie 10 g/kg mažesnis nei mėginių atidarymo dieną ( $p < 0,001$ ) ir apie 6 g/kg mažesnis nei kitomis fermentacijos dienomis ( $p < 0,05$ ). Vaškinės brandos kukurūzų silose ŽB kiekis 2021 metais fermentacijos metu reikšmingai nekito, tačiau 2022 metais vaškinės brandos kukurūzų silose ŽB kiekis 28 dieną buvo apie 33 g/kg reikšmingai didesnis lyginant su kitomis aerobinės fermentacijos dienomis ( $p < 0,001$ ). Vertinant ŽB kiekį pieninės brandos kukurūzų silose ir vėl nustatomas reikšmingas sumažėjimas 28 dieną. Kiekis buvo 10 g/kg mažesnis nei mėginių atidarymo dieną ( $p < 0,001$ ) ir apie 7 g/kg mažesnis lyginant su kitomis dienomis ( $p < 0,001$ ).

Pirmaisiais tyrimo metais lyginant ŽB kiekį tarp skirtingos brandos silosų, nustatyta, jog mažiausias ŽB kiekis aptinkamas fiziologinės brandos kukurūzų silose. Mėginių atidarymo dieną, 3, 7 ir 14 dienomis kiekis atitinkamai 20 ( $p < 0,001$ ), 15 ( $p < 0,01$ ), 11 ( $p < 0,001$ ) ir 16 ( $p < 0,001$ ) g/kg buvo didesnis vaškinės brandos kukurūzų silose lyginant su fiziologinės brandos kukurūzų silosu. Pieninės brandos kukurūzų silose šiomis dienomis ŽB kiekis buvo atitinkamai 31, 30, 18 ir 18 g/kg didesnis nei fiziologinės brandos kukurūzų silose ( $p < 0,001$ ) ir atitinkamai 11, 13, 7 ir 7 g/kg didesnis nei vaškinės brandos kukurūzų silose ( $p < 0,01$ ). Paskutinę fermentacijos dieną ŽB kiekis reikšmingai išsiskyrė tik lyginant fiziologinės brandos ir vaškinės brandos kukurūzų silosus - fiziologinės brandos kukurūzų silose ŽB kiekis buvo 35 g/kg mažesnis nei vaškinės brandos kukurūzų silose ( $p < 0,01$ ). Antraisiais tyrimo metais kiekis skyrėsi tik lyginant fiziologinės brandos ir pieninės brandos kukurūzų silosus mėginių atidarymo dieną ir 14 dieną. Fiziologinės brandos kukurūzų silose mėginių atidarymo dieną ŽB kiekis buvo 9 g/kg mažesnis, o 14 dieną 4 g/kg mažesnis nei pieninės brandos kukurūzų silose ( $p < 0,05$ ). Paskutiniaisiais metais ir vėl mažiausias ŽB kiekis aptinkamas fiziologinės brandos kukurūzų silose. Nuo mėginių atidarymo dienos iki 14 dienos jis reikšmingai nesiskyrė nuo vaškinės brandos kukurūzų silose esančio kiekio, tačiau abiejų šių silosų ŽB kiekis šiomis dienomis vidutiniškai buvo 21 g/kg mažesnis nei pieninės brandos kukurūzų silose ( $p < 0,001$ ). Paskutinę aerobinės fermentacijos

dieną fiziologinės brandos kukurūzų silose ŽB kiekis vis dar buvo mažiausias – 14 g/kg mažesnis nei pieninės brandos kukurūzų silose ( $p < 0,01$ ), tačiau vaškinės brandos kukurūzų silose buvo didžiausias – 34 g/kg didesnis nei fiziologinės brandos kukurūzų silose ( $p < 0,001$ ) ir 21 g/kg didesnis nei pieninės brandos kukurūzų silose ( $p < 0,001$ ).

Apibendrinant ŽB kiekis pieninės brandos kukurūzų silose 7 dieną buvo reikšmingai mažesnis lyginant su mėginių atidarymo diena ( $p < 0,01$ ) – kiekis buvo 4 g/kg mažesnis, o 28-tą fermentacijos dieną ŽB kiekis buvo mažiausias – lyginant su kitomis aerobinės fermentacijos dienomis kiekis buvo nuo 5 ir 9 g/kg mažesnis ( $p < 0,001$ ). Vaškinės brandos kukurūzų silose 28 dieną ŽB kiekis kitaip nei pieninės brandos kukurūzų silose buvo didžiausias – vidutiniškai kiekis buvo apie 19 g/kg didesnis lyginant su pirmosiomis aerobinės fermentacijos dienomis ( $p < 0,001$ ). Vertinant skirtumus tarp skirtingos brandos silosų randama, jog pieninės brandos kukurūzų silos nuo mėginių atidarymo dienos iki 14 aerobinės fermentacijos dienos turėjo vidutiniškai 17 g/kg didesnę ŽB kiekį nei fiziologinės brandos kukurūzų silos ( $p < 0,001$ ) ir vidutiniškai 11 g/kg didesnę ŽB kiekį nei vaškinės brandos kukurūzų silos ( $p < 0,01$  mėginių atidarymo, 3 ir 7 dienomis ir  $p < 0,05$  14 dieną). Šie rezultatai sutampa su kitų autorių tyrimais, kadangi kukurūzams bręstant, juose mažėja ŽB kiekis (Mandic et al., 2018b). Kiekio skirtumų šiomis pirmosiomis dienomis tarp fiziologinės brandos kukurūzų ir vaškinės brandos kukurūzų silos nerandama. Paskutinę aerobinės fermentacijos dieną pieninės brandos kukurūzų silose esantis ŽB kiekis reikšmingai nesiskyrė nuo fiziologinės brandos kukurūzų silose esančio kiekio, tačiau vaškinės brandos kukurūzų silose ŽB kiekis buvo vidutiniškai 19 g/kg didesnis nei abejuose kituose silosuose ( $p < 0,001$ ).

ŽP reikšmingai didesnis kiekis nustatytas 2021 metais fiziologinės brandos kukurūzų silose 28 aerobinės fermentacijos dieną, tačiau reikšmingas skirtumas matomas tik lyginant su 3 aerobinės fermentacijos diena ( $p < 0,05$ ) (13 lentelė). Kiekis buvo 7 g/kg didesnis lyginant su 3 diena, tačiau abiejų dienų ŽP kiekis reikšmingai nesiskyrė nuo kitų dienų ŽP kiekio. Taip pat pokyčiai pastebimi 2022 metais vaškinės brandos kukurūzų silose, tik šį kartą 28 dieną ŽP kiekis fiksuojamas apie 18 g/kg mažesnis nei pirmosiomis aerobinės fermentacijos dienomis ( $p < 0,01$ ).

Vertinant skirtumus tarp rūšių 2020 metais nustatyta, jog fiziologinės brandos kukurūzų silos mėginių atidarymo dieną turėjo 6,0 g/kg mažesnę ŽP kiekį nei vaškinės brandos kukurūzų silos ir 12,3 g/kg mažesnę ŽP kiekį nei pieninės brandos kukurūzų silos ( $p < 0,001$ ). Po 14 dienų aerobinės fermentacijos kiekis taip pat buvo apie 5,2 g/kg reikšmingai mažesnis nei abejuose kituose silosuose ( $p < 0,01$ ). Po 7 ir 28 dienų aerobinės fermentacijos skirtumai buvo pastebimi tik tarp fiziologinės brandos kukurūzų ir pieninės brandos kukurūzų silos. Kiekis fiziologinės brandos kukurūzų silose atitinkamai buvo 7,2 ir 5,9 g/kg mažesnis ( $p < 0,05$ ). Antraisiais tyrimo metais skirtumai pastebimi tik 3,7 ir 14 dienomis. Šiomis dienomis ŽP kiekis



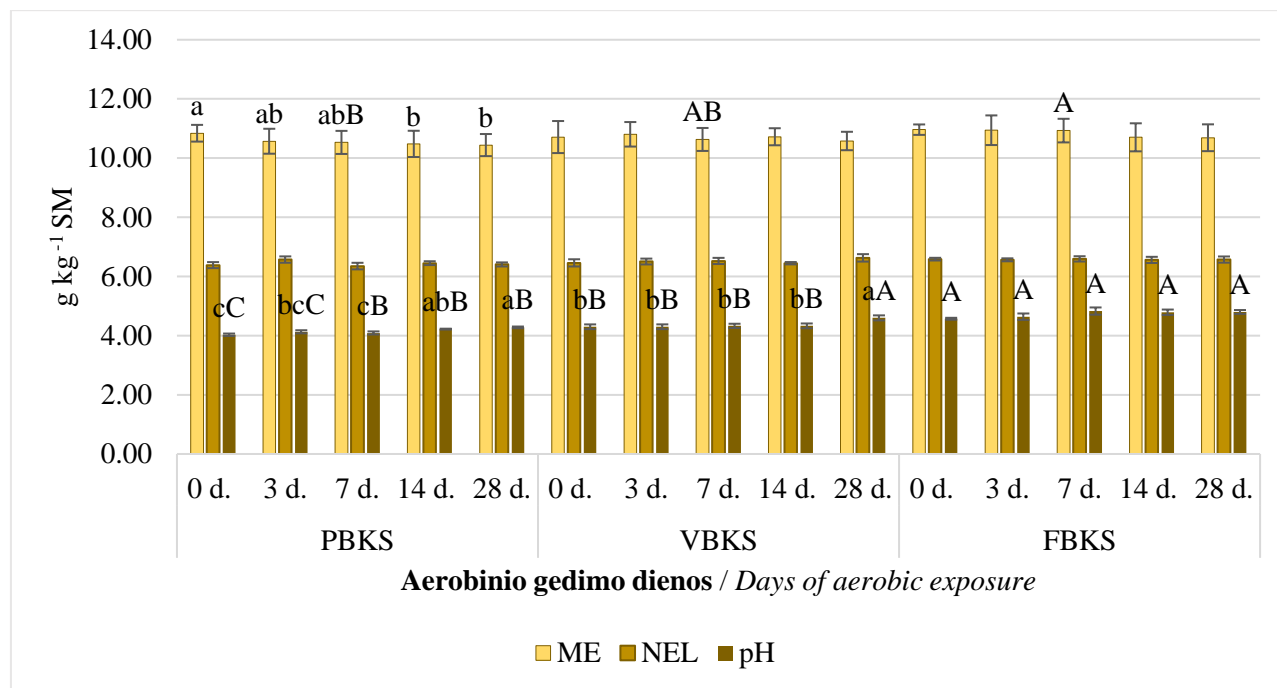
fiziologinės brandos kukurūzų silose atitinkamai buvo apie 8,7 ( $p < 0,01$ ), 7,8 ( $p < 0,001$ ) ir 8,8 ( $p < 0,01$ ) g/kg mažesnis lyginant su kitos brandos silosais. Trečiaisiais tyrimo metais fiziologinės brandos kukurūzų silose ŽP kiekis mėginių atidarymo, 3, 14 ir 28 dienomis buvo vidutiniškai apie 10,5 g/kg mažesnis nei vaškinės brandos kukurūzų ( $p < 0,01$ ) ir pieninės brandos kukurūzų ( $p < 0,05$ ) silosuose, o 7 dieną ŽP kiekis buvo reikšmingai mažesnis tik lyginant su vaškinės brandos kukurūzų silosu ( $p < 0,05$ ).

Vertinant bendrai visų metų duomenis nustatyta, jog fiziologinės brandos kukurūzų silose ŽP kiekis mėginių atidarymo, 3, 7 ir 14 dienomis buvo atitinkamai 3,5 ( $p < 0,01$ ), 4,9 ( $p < 0,001$ ), 1,9 ( $p < 0,05$ ) ir 3,1 ( $p < 0,05$ ) g/kg mažesnis nei 28 aerobinės fermentacijos dieną (14 paveikslas). Vaškinės brandos kukurūzų silose ŽP kiekis 28 fermentacijos dieną buvo apie 7,6 g/kg mažesnis nei aerobinės fermentacijos pirmosiomis dienomis ( $p < 0,01$ ). Pieninės brandos kukurūzų silose reikšmingų pakitimų nerandama. Bendri metų skirtumai tarp skirtingos brandos siloso rūšių parodė, kad reikšmingai mažiausias ŽP kiekis nuo mėginių atidarymo dienos iki 14 aerobinės fermentacijos dienos buvo fiziologinės brandos kukurūzų silose. Remiantis kitų autorių tyrimais, kukurūzams bręstant, ŽP kiekis mažėja. Šį žalių pelenų kiekio mažėjimą artėjant brandai lydi kitų siloso komponentų, tokių kaip krakmolo, sausųjų medžiagų ir žalių baltymų, pokyčiai (Seleiman et al., 2017; Zi et al., 2022). Kiekis buvo nuo 7,6 iki 9,2 g/kg mažesnis nei vaškinės brandos kukurūzų ir pieninės brandos kukurūzų silosuose ( $p < 0,001$ ). Paskutinę aerobinės fermentacijos dieną fiziologinės brandos kukurūzų silose ŽP kiekis nesiskyrė nuo vaškinės brandos kukurūzų silose esančio kiekio, tačiau vaškinės brandos kukurūzų silos turėjo 5,9 g/kg mažesnę ŽP kiekį lyginant su pieninės brandos kukurūzų silosu ( $p < 0,01$ ).

ME reikšmingai aerobinės fermentacijos metu nekito (13 lentelė). Pastebimi ME skirtumai tarp skirtingos brandos silosų. Pirmaisiais tyrimo metais ME buvo reikšmingai mažesnė pieninės brandos kukurūzų silose nei fiziologinės brandos silose ( $p < 0,05$ ) ir vaškinės brandos silose ( $p < 0,001$ ), fiziologinės brandos silose nedaug, tačiau reikšmingai mažesnė nei vaškinės brandos ( $p < 0,05$ ). Po 3 dienų aerobinės fermentacijos pieninės brandos silose ME vis dar buvo mažesnė nei vaškinės brandos silose ( $p < 0,05$ ), tačiau fiziologinės brandos silose nesiskyrė nuo abiejų kitos rūšies silosų. Po 7 dienų skirtumų tarp siloso rūšių nepastebima, tačiau po 14 dienų reikšmingai mažesnė ME ir vėl buvo pastebima pieninės brandos kukurūzų silose lyginant su vaškinės brandos kukurūzų silosu ( $p < 0,05$ ), bet abiejų rūšių siloso ME reikšmingai nesiskyrė nuo fiziologinės brandos kukurūzų siloso ME kiekio. Antraisiais tyrimo metais skirtumų tarp skirtingos brandos siloso nenustatyta, o 2022 metais mėginių atidarymo dieną užfiksuotas reikšmingai mažesnė ME vaškinės brandos silose lyginant su kitais silosais ( $p < 0,001$ ), vėliau ME tarp rūšių nesiskyrė.

Apibendrinant ME aerobinės fermentacijos metu sumažėjo 14 ir 28 dienomis pieninės brandos kukurūzų silose o vaškinės brandos kukurūzų ir fiziologinės brandos kukurūzų silosuose

reikšmingai nekito. ME kiekis 14 dieną buvo 0,36 MJ/kg, o 28 diena 0,40 MJ/kg mažesnis nei mėginių atidarymo dieną ( $p < 0,05$ ). Tarp skirtingos brandos silosų reikšmingas skirtumas nustatomas tik 7 dieną – kai pieninės brandos kukurūzų silose ME kiekis buvo 0,40 MJ/kg mažesnis nei fiziologinės brandos kukurūzų silose, tačiau abiejų silosų ME kiekis reikšmingai nesiskyrė nuo vaškinės brandos kukurūzų siloso (15 paveikslas).



**15 paveikslas.** ME, NEL ir pH kukurūzų silose aerobinio gedimo metu

**Figure 15.** ME, NEL and pH in maize silages during aerobic deterioration

Pastaba. PBKS – pieninės brandos kukurūzų silosai, VBKS – vaškinės brandos kukurūzų silosai, FBKS – fiziologinės brandos kukurūzų silosai. *Note.* PBKS – kernel milk stage maize silage, VBKS – kernel dough stage maize silage, FBKS – physiological maturity maize silage.

NEL skirtinguose silosuose aerobinės fermentacijos metu reikšmingai nekito (14 lentelė). Vertinant skirtumus tarp siloso rūšių 2020 metais pastebima, kad NEL mėginių atidaryto dieną ir 3 dieną buvo reikšmingai mažesnė nei vaškinės ( $p < 0,001$ ) ir fiziologinės ( $p < 0,05$ ) brandos silose, o fiziologinės brandos silose reikšmingai mažesnė nei vaškinės brandos ( $p < 0,05$ ). NEL šiomis dienomis svyravo nuo 6,20 iki 6,84 MJ/kg. Po 7, 14 ir 28 dienų aerobinės fermentacijos NEL fiziologinės brandos silose jau reikšmingai nesiskyrė nuo pieninės brandos, tačiau jų abiejų NEL buvo atitinkamai apie 0,62 ( $p < 0,05$ ), 0,33 ( $p < 0,05$ ) ir 0,73 ( $p < 0,01$ ) MJ/kg mažesnė nei vaškinės brandos silose ( $p < 0,05$ ). Antraisiais tyrimo metais NEL skirtumų tarp skirtingos brandos silosų nenustatyta, o 2022 metais mėginių atidarymo, 14 ir 28 dienomis NEL fiziologinės brandos kukurūzų silose atitinkamai buvo 0,63 ( $p < 0,05$ ), 0,57 ( $p < 0,01$ ) ir 0,55 ( $p < 0,05$ ) MJ/kg didesnis nei vaškinės brandos kukurūzų silose, tačiau abiejų silosų NEL kiekis reikšmingai nesiskyrė nuo pieninės brandos kukurūzų siloso. Po 3 dienų aerobinės fermentacijos pieninės

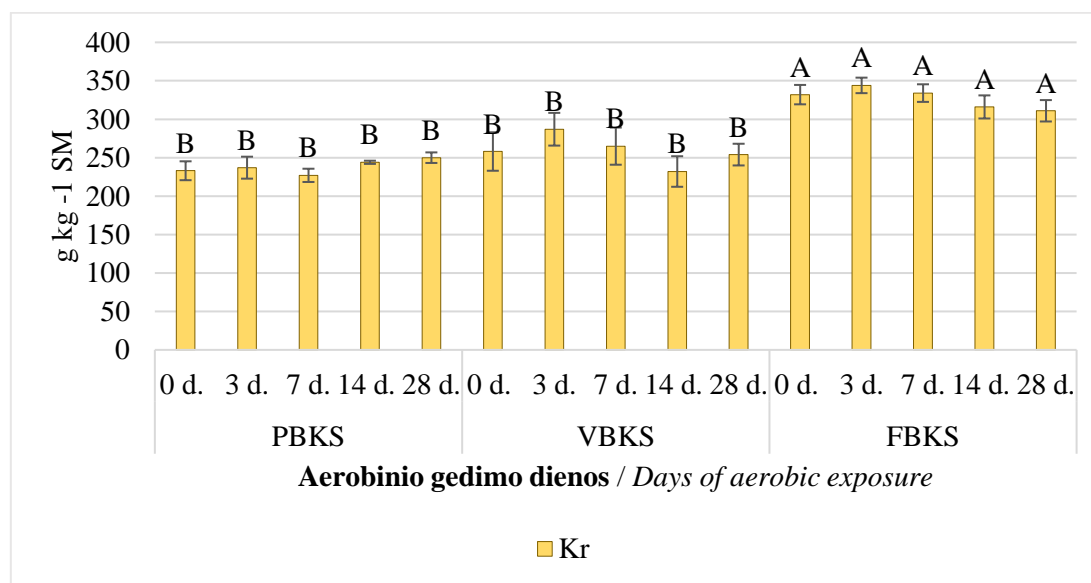
brandos kukurūzų silose NEL kiekis buvo 0,62 MJ/kg didesnis nei vaškinės brandos kukurūzų silose ( $p < 0,05$ ), bet abiejų silosų NEL kiekis reikšmingai nesiskyrė nuo fiziologinės brandos kukurūzų esančio NEL kiekio. Apibendrinant visų metų duomenis reikšmingų pokyčių aerobinės fermentacijos metu ir tarp siloso rūšių neužfiksuota (15 paveikslas).

Krakmolo kiekis 2020 metais aerobinės fermentacijos metu fiziologinės brandos kukurūzų silose mažėjo (15 lentelė). Pastebėta, jog 3 ir 7 dienomis krakmolo kiekis reikšmingai sumažėjo atitinkamai 14 ( $p < 0,05$ ) ir 17 ( $p < 0,01$ ) g/kg, o 14 ir 28 dienomis buvo apie 56 ( $p < 0,001$ ) g/kg mažesnis lyginant su mėginių atidarymo diena. Paskutinėmis aerobinės fermentacijos dienomis krakmolo kiekis buvo reikšmingai mažesnis ir lyginant su 3 bei 7 dienomis ( $p < 0,001$ ). Mažėjimas nustatomas ir vaškinės brandos kukurūzų silose – 14 ir 28 dienomis krakmolo kiekis buvo atitinkamai apie 156 ir 123 g/kg mažesnis nei mėginių atidarymo dieną ir 3 bei 7 fermentacijos dienomis ( $p < 0,001$ ). Kitą vertus pieninės brandos kukurūzų silose nustatytas krakmolo padidėjimas 14 ir 28 dienomis lyginant su mėginių atidarymo diena, 3 ir 7 dienomis – krakmolo kiekis buvo apie 69 g/kg didesnis ( $p < 0,001$ ). Antraisiais ir trečiaisiais tyrimo metais statistiškai reikšmingų krakmolo kiekio skirtumų tarp aerobinės fermentacijos trukmės nepastebima.

Stebint skirtumus tarp skirtingos brandos silosų dienose, nustatyta, jog pieninės brandos kukurūzų silose mėginių atidarymo dieną krakmolo kiekis buvo apie 155 g/kg mažesnis nei kitų rūšių silosuose ( $p < 0,001$ ). Po 3 dienų krakmolo kiekis buvo 132 g/kg mažesnis nei fiziologinės brandos kukurūzų silose ir 175 g/kg mažesnis nei vaškinės brandos kukurūzų silose, o po 7 dienų 115 g/kg mažesnis nei fiziologinės brandos kukurūzų silose ir 149 g/kg mažesnis nei vaškinės brandos kukurūzų silose ( $p < 0,001$ ). vaškinės brandos kukurūzų silose krakmolo kiekis 3 ( $p < 0,05$ ) ir 7 ( $p < 0,01$ ) dienomis buvo reikšmingai didesnis nei fiziologinės brandos kukurūzų silose. Po 14 ir 28 dienų fermentacijos krakmolo kiekis atitinkamai apie 65 ( $p < 0,001$ ) ir 39 ( $p < 0,01$ ) g/kg mažesnis jau buvo vaškinės brandos kukurūzų silose lyginant su kitų rūšių silosu. Antraisiais tyrimo metais vaškinės brandos kukurūzų silos turėjo mažiausią krakmolo kiekį, jis per visą tyrimo laikotarpį reikšmingai nesiskyrė nuo pieninės brandos kukurūzų silose esančio krakmolo kiekio, tačiau buvo mažesnis lyginant su fiziologinės brandos kukurūzų silosu. Mėginių atidarymo dieną, 3, 7, 14 ir 28 dienomis atitinkamai krakmolo kiekis buvo 91 ( $p < 0,05$ ), 147 ( $p < 0,001$ ), 138 ( $p < 0,01$ ), 103 ( $p < 0,01$ ) ir 73 ( $p < 0,01$ ) g/kg mažesnis. pieninės brandos kukurūzų silose krakmolo kiekis reikšmingai mažesnis lyginant fiziologinės brandos kukurūzų silosu buvo tik 3, 14 ir 28 dienomis atitinkamai 107 ( $p < 0,01$ ), 64 ( $p < 0,05$ ) ir 48 ( $p < 0,05$ ) g/kg. Trečiaisiais tyrimo metais mėginių atidarymo dieną vaškinės brandos kukurūzų silose krakmolo kiekis 44 g/kg mažesnis buvo lyginant su pieninės brandos kukurūzų silosu ( $p < 0,05$ ) ir 159 g/kg mažesnis lyginant su fiziologinės brandos kukurūzų silosu ( $p < 0,001$ ). Po 3, 7 ir 14 dienų fermentacijos mažiausias krakmolo kiekis jau buvo matomas pieninės brandos kukurūzų silose,

jis reikšmingai nesiskyrė nuo vaškinės brandos kukurūzų silose esančio kiekio, tačiau buvo atitinkamai 83 ( $p < 0,05$ ), 124 ( $p < 0,001$ ) ir 128 ( $p < 0,05$ ) g/kg mažesnis nei fiziologinės brandos kukurūzų silose. Po 28 dienų krakmolo kiekis pieninės brandos kukurūzų silose jau buvo vidutiniškai 103 g/kg mažesnis nei kituose silosuose ( $p < 0,001$ ).

Apibendrinus visų metų duomenis krakmolo kiekis aerobinės fermentacijos metu silosuose reikšmingai nekito (16 paveikslas). Stebint kiekio skirtumus skirtingose dienose tarp skirtingos brandos silosų didesnis krakmolo kiekis užfiksuotas fiziologinės brandos kukurūzų silose, o krakmolo kiekis tarp vaškinės brandos kukurūzų ir pieninės brandos kukurūzų silosų reikšmingai nesiskyrė. Krakmolo kiekiui kukurūzų silose įtakos turi kukurūzų derliaus nuėmimo metu pasiekta branda. Kukurūzams bręstant, krakmolo kiekis paprastai didėja (Seleiman et al., 2017). Tačiau svarbu pažymėti, kad kukurūzų brandos poveikis krakmolo kiekiui gali skirtis priklausomai nuo tokių veiksnių, kaip hibridų atranka ir aplinkos sąlygos (Saylor et al., 2021). Fiziologinės brandos kukurūzų silose krakmolo kiekis nuo mėginių atidarymo dienos iki 28 aerobinės fermentacijos dienos buvo vidutiniškai 68 g/kg didesnis nei vaškinės brandos kukurūzų silose ( $p < 0,05$  3 dieną,  $p < 0,01$  mėginių atidarymo, 7 ir 28 dienomis,  $p < 0,001$  7 dieną) ir vidutiniškai 89 g/kg didesnis nei pieninės brandos kukurūzų silose ( $p < 0,001$  mėginių atidarymo, 3 ir 7 dienomis,  $p < 0,01$  14 ir 28 dienomis).



**16 paveikslas.** Krakmolo kiekis kukurūzų silose aerobinio gedimo metu

**Figure 16.** Starch content in maize silage during aerobic deterioration

Pastaba. PBKS – pieninės brandos kukurūzų silosai, VBKS – vaškinės brandos kukurūzų silosai, FBKS – fiziologinės brandos kukurūzų silosai. *Note. PBKS – kernel milk stage maize silage, VBKS – kernel dough stage maize silage, FBKS – physiological maturity maize silage.*

Vertinant ŽR kiekį, reikšmingas padidėjimas nustatomas 2020 metais pieninės brandos kukurūzų silose (14 lentelė). Po 14 ir 28 dienų aerobinės fermentacijos ŽR kiekis buvo vidutiniškai 9 g/kg didesnis nei aerobinės fermentacijos pradžioje ( $p < 0,001$ ).

**14 lentelė.** ŽR, NEL, FR ir pH įvairios brandos kukurūzų silose aerobinio gedimo metu 2020–2022 m.

**Table 14.** CL, NEL, FI and pH content in different maturity maize silage during aerobic deterioration in the year of 2020–2022

Metai / Year	Silosas / Mix	Diena / Day	ŽR / CL	NEL	FR / FI	pH
			g kg <sup>-1</sup> SM	MJ/kg SM		
2020	PBKS	0	19,3 ± 1 bC	6,2 ± 0,0C	29,2 ± 0,3aA	3,9 ± 0,03bC
		3	20,8 ± 1 bB	6,2 ± 0,1C	28,5 ± 0,4abA	3,9 ± 0,03b
		7	21,4 ± 1 bB	6,2 ± 0,0B	28,8 ± 0,6abA	3,9 ± 0,06bB
		14	29,9 ± 1 aA	6,2 ± 0,0B	27,9 ± 0,0abA	4,2 ± 0,0aB
		28	29,1 ± 1 aA	6,1 ± 0,0B	27,1 ± 0,5bA	4,2 ± 0,03aB
	VBKS	0	28,5 ± 1 A	6,8 ± 0,1A	27,5 ± 0,8A	4,1 ± 0,03bB
		3	29,3 ± 1 A	6,8 ± 0,1A	28,0 ± 0,4A	4,2 ± 0,03b
		7	27,4 ± 0,2A	6,9 ± 0,1A	24,3 ± 0,3B	4,2 ± 0,06bB
		14	27,9 ± 1 A	6,5 ± 0,0A	26,5 ± 0,8A	4,2 ± 0,02bB
		28	24,1 ± 0,4B	6,9 ± 0,2A	22,4 ± 2,4A	4,38 ± 0,01aB
	FBKS	0	23,6 ± 1 B	6,5 ± 0,1B	20,2 ± 2,2aB	4,6 ± 0,1A
		3	24,3 ± 0,3B	6,5 ± 0,0B	10,2 ± 0,1bB	4,6 ± 0,3
		7	23,9 ± 0,03B	6,4 ± 0,2B	9,0 ± 0,0bC	5,3 ± 0,1A
		14	21,3 ± 0,1B	6,2 ± 1 B	7,3 ± 0,3bB	5,1 ± 0,1A
		28	21,7 ± 0,4B	6,2 ± 0,1B	7,0 ± 0,6bB	5,0 ± 0,1A
2021	PBKS	0	29 ± 1	6,68 ± 0,0	26,9 ± 1,0A	4,1 ± 0,0bB
		3	28,3 ± 0,2B	6,65 ± 0,0	24,9 ± 0,0B	4,2 ± 0,0aB
		7	29,2 ± 1	6,5 ± 0,1	25,9 ± 1,0	4,2 ± 0,0abB
		14	29,1 ± 1	6,6 ± 0,0	27,7 ± 0,2A	4,2 ± 0,0aB
		28	29,5 ± 0,4A	6,5 ± 0,0	26,8 ± 0,6	4,3 ± 0,03aB
	VBKS	0	27,4 ± 2	6,5 ± 0,0	27,3 ± 1,2A	4,2 ± 0,1bB
		3	25,6 ± 1 B	6,5 ± 0,1	27,8 ± 1,0A	4,1 ± 0,1bB
		7	27,6 ± 4	6,4 ± 0,0	26,3 ± 2,0	4,2 ± 0,0abB
		14	26,2 ± 2	6, ± 0,0	28,3 ± 0,8A	4,1 ± 0,0bB
		28	23,7 ± 0,5B	6,8 ± 0,2	18,6 ± 9,2	4,5 ± 0,0aA
	FBKS	0	30,7 ± 1	6,6 ± 0,1	19,5 ± 1,1B	4,6 ± 0,1A
		3	34,0 ± 1 A	6,8 ± 0,1	21,9 ± 0,2C	4,5 ± 0,0A
		7	32,0 ± 3	6,8 ± 0,1	21,3 ± 0,3	4,5 ± 0,0A
		14	31,9 ± 2	6,7 ± 0,1	19,4 ± 0,4B	4,6 ± 0,0A
		28	27,8 ± 0,2A	6,7 ± 0,0	19,4 ± 0,8	4,6 ± 0,0A
2022	PBKS	0	28,0 ± 1 A	6,24 ± 0,2AB	26,6 ± 0,4A	4,1 ± 0,0cB
		3	27,5 ± 1 A	6,8 ± 0,1A	24,9 ± 0,03	4,2 ± 0,0bcB
		7	28,5 ± 0,5A	6,3 ± 0,3	24,4 ± 0,7A	4,2 ± 0,1bcB
		14	28,5 ± 0,5A	6,5 ± 0,0AB	25,1 ± 1,1A	4,3 ± 0,0abB
		28	29,4 ± 0,5A	6,5 ± 0,0AB	23,4 ± 1,4A	4,4 ± 0,0aC

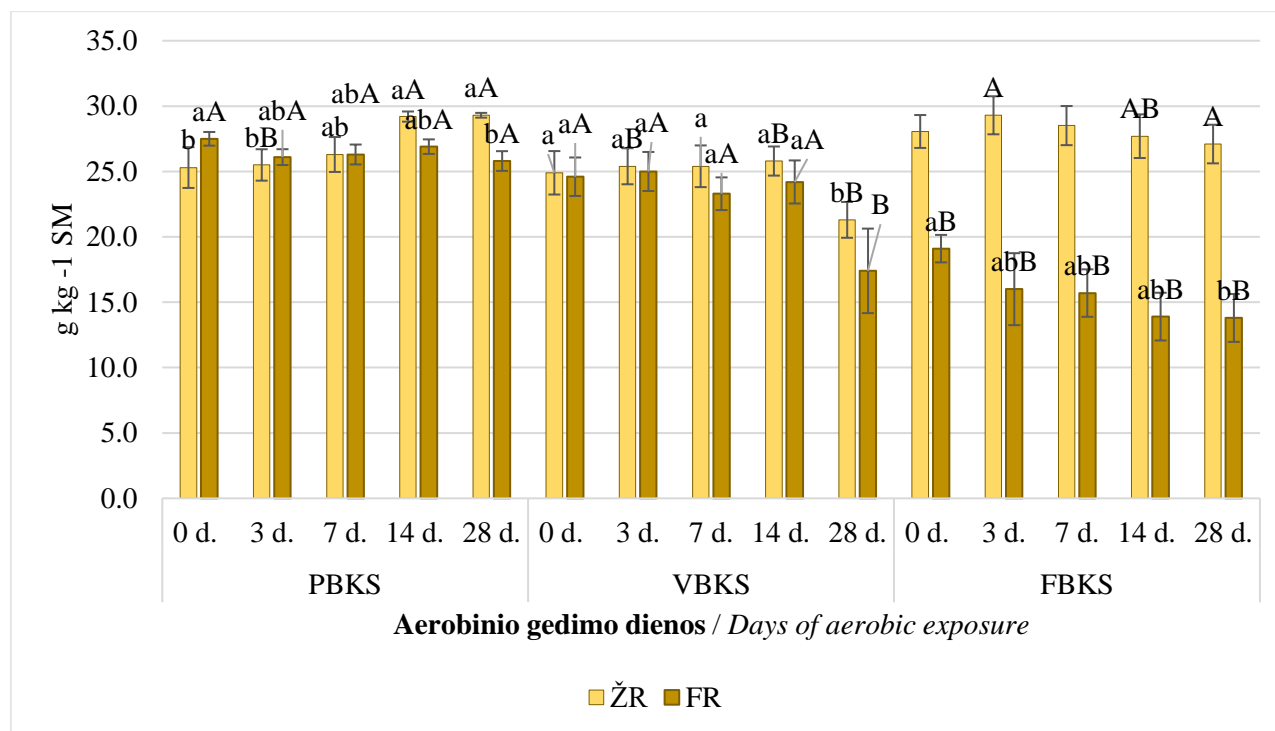
Metai / Year	Silosas / Mix	Diena / Day	ŽR / CL	NEL	FR / FI	pH
			g kg <sup>-1</sup> SM	MJ/kg SM		
	VBKS	0	18,7 ± 1 B	6,0 ± 0,0B	19,1 ± 0,9aB	4,6 ± 0,0bA
		3	21,1 ± 1 B	6,3 ± 0,2B	19,2 ± 0,2a	4,6 ± 0,0bAB
		7	20,8 ± 1 B	6,2 ± 0,1	19,2 ± 0,9aB	4,6 ± 0,0bA
		14	23,3 ± 2 B	6,4 ± 0,2B	17,9 ± 0,6aB	4,6 ± 0,0bA
		28	16,0 ± 1 B	6,2 ± 0,1B	11,2 ± 0,6bB	4,9 ± 0,0aA
	FBKS	0	30,0 ± 1 A	6,6 ± 0,0A	17,6 ± 2,3B	4,6 ± 0,0A
		3	29,5 ± 1 A	6,5 ± 0,0AB	15,8 ± 7,5	4,8 ± 0,2A
		7	29,6 ± 2 A	6,7 ± 0,1	16,7 ± 0,9B	4,7 ± 0,1A
		14	30,1 ± 0,3A	6,8 ± 0,1A	15,0 ± 1,5B	4,6 ± 0,1A
		28	31,9 ± 0 A	6,8 ± 0,1A	15,0 ± 0,02B	4,8 ± 0,0B

Pastaba. PBKS – pieninės brandos kukurūzų silosas, VBKS – vaškinės brandos kukurūzų silosas, FBKS – fiziologinės brandos kukurūzų silosas. *Note. PBKS – kernel milk stage maize silage, VBKS – kernel dough stage maize silage, FBKS – physiological maturity maize silage.*

Vertinant ŽR kiekį skirtingos brandos silosuose pastebima, jog 2020 metais mėginių atidarymo dieną ŽR kiekis pieninės brandos kukurūzų silose buvo 4 g/kg mažesnis nei fiziologinės brandos kukurūzų silose ( $p < 0,05$ ) ir 9 g/kg mažesnis nei vaškinės brandos kukurūzų silose ( $p < 0,01$ ). Po 3 ir 7 fermentacijos dienų reikšmingai nesiskyrė nuo fiziologinės brandos kukurūzų siloso, tačiau buvo atitinkamai 9 ir 6 g/kg reikšmingai mažesnis nei vaškinės brandos kukurūzų silose ( $p < 0,01$ ). Po 14 dienų fermentacijos reikšmingai mažesnis (vidutiniškai 8 g/kg) ŽR kiekis jau užfiksuotas fiziologinės brandos kukurūzų silose lyginant su kitų rūšių silosais ( $p < 0,01$ ). Po 28 dienų fiziologinės brandos kukurūzų silose kiekis nesiskyrė nuo esančio pieninės brandos kukurūzų silose, bet buvo apie 7 g/kg mažesnis nei vaškinės brandos kukurūzų silose ( $p < 0,01$ ). Antraisiais tyrimo metais skirtumai pastebimi tik 3 ir 28 dienomis. fiziologinės brandos kukurūzų silosas 3 dieną turėjo vidutiniškai 7 g/kg didesnę ŽR kiekį ( $p < 0,01$ ), o vaškinės brandos kukurūzų silosas 28 dieną turėjo vidutiniškai 5 g/kg mažesnę ŽR kiekį ( $p < 0,01$ ) lyginant su kitos brandos silosais. Trečiaisiais tyrimo metais per visą tyrimo laikotarpį ŽR kiekis reikšmingai mažesnis išliko vaškinės brandos kukurūzų silose. Kiekis mėginių atidarymo dieną, 3, 7, 14 ir 28 dienomis buvo atitinkamai apie 10 ( $p < 0,01$ ), 7 ( $p < 0,05$ ), 8 ( $p < 0,01$ ), 6 ( $p < 0,05$ ) ir 15 ( $p < 0,001$ ) g/kg mažesnis lyginant su kitais silosais.

Apibendrinant aerobinės fermentacijos metu ŽR kiekis fiziologinės brandos kukurūzų silose reikšmingai nekito, tačiau vaškinės brandos kukurūzų silose 28 dieną nustatytas vidutiniškai 4 g/kg mažesnis kiekis lyginant su 3, 7 ir 14 aerobinės fermentacijos dienomis ( $p < 0,05$ ) (17 paveikslas). pieninės brandos kukurūzų silose atvirkščiai 14 ir 28 dienos kiekis buvo reikšmingai didesnis lyginant su mėginių atidarymo ir 3 aerobinės fermentacijos diena. ŽR kiekis aerobinės fermentacijos pabaigoje pieninės brandos kukurūzų silose buvo vidutiniškai 4 g/kg didesnis ( $p < 0,05$ ). Vertinant skirtumus tarp skirtingos brandos silosų, skirtumai pastebimi 3, 14 ir 28 dienomis. Po 3 dienų aerobinės fermentacijos ŽR kiekis buvo vidutiniškai 4 g/kg

didesnis fiziologinės brandos kukurūzų silose nei kituose silosuose ( $p < 0,05$ ), po 14 dienų fermentacijos reikšmingi skirtumai pastebimi tik tarp pieninės brandos kukurūzų ir vaškinės brandos kukurūzų silosų – pieninės brandos kukurūzų silosas turėjo 3 g/kg daugiau ŽR nei vaškinės brandos kukurūzų silosas ( $p < 0,05$ ), po 28 dienų vaškinės brandos kukurūzų silosas turėjo vidutiniškai 7 g/kg mažesnę ŽR kiekį nei fiziologinės brandos kukurūzų ( $p < 0,01$ ) ir pieninės brandos kukurūzų ( $p < 0,001$ ) silosai.



**17 paveikslas.** Žalių riebalų (ŽR) kiekis ir fermentacijos rodiklis (FR) kukurūzų silose aerobinio gedimo metu

**Figure 17.** Crude fat (CL) content and fermentation index (FI) in maize silages during aerobic deterioration

Pastaba. PBKS – pieninės brandos kukurūzų silosas, VBKS – vaškinės brandos kukurūzų silosas, FBKS – fiziologinės brandos kukurūzų silosas. Note. PBKS – kernel milk stage maize silage, VBKS – kernel dough stage maize silage, FBKS – physiological maturity maize silage.

NDF kiekis 2020 metais pieninės brandos kukurūzų silose 14 ir 28 dienomis buvo atitinkamai apie 46 ir 51 g/kg mažesnis nei mėginių atidarymo, 3 ir 7 dienomis ( $p < 0,01$ ). Sumažėjimas pieninės brandos kukurūzų silose nustatomas ir 2021 metais - 28 dieną kiekis buvo 26 g/kg mažesnis lyginant aerobinės fermentacijos pradžia ( $p < 0,05$ ). Taip pat NDF kiekis mažėjo ir vaškinės brandos kukurūzų silose - 28 dieną NDF kiekis buvo vidutiniškai 32 g/kg mažesnis lyginant su kitomis dienomis ( $p < 0,05$ ). Trečiaisiais tyrimo metais NDF sumažėjimas vėl fiksuojamas pieninės brandos kukurūzų silose – 28 dieną kiekis vidutiniškai buvo 18 g/kg mažesnis nei aerobinės fermentacijos pirmą ( $p < 0,05$ ), 3 ( $p < 0,05$ ) ir 7 ( $p < 0,01$ ) dienomis. vaškinės brandos kukurūzų silose 14 dieną NDF buvo 89 g/kg mažesnis nei mėginių atidarymo dieną ( $p < 0,05$ ), o 28 dieną 137 g/kg mažesnis nei mėginių atidarymo dieną ( $p < 0,001$ ) ir apie 101 g/kg mažesnis nei 3 ir 7 dienomis ( $p < 0,05$ ).

Mažiausias NDF kiekis 2020 metais nustatytas vaškinės brandos kukurūzų silose, mėginių atidarymo dieną, 3 ir 7 dienomis buvo atitinkamai apie 70 ( $p < 0,001$ ), 77 ( $p < 0,001$ ) ir 61 ( $p < 0,001$ ) g/kg mažesnis nei kituose silosuose (15 lentelė). Po 14 ir 28 dienų aerobinės fermentacijos NDF kiekis vaškinės brandos kukurūzų ir pieninės brandos kukurūzų silosuose atitinkamai buvo apie 44 ir 47 g/kg mažesnis lyginant su fiziologinės brandos kukurūzų silosu ( $p < 0,05$  lyginant su pieninės brandos kukurūzų silosu ir  $p < 0,01$  lyginant su vaškinės brandos kukurūzų silosu). Antraisiais tyrimo metais NDF kiekis buvo 26 g/kg mažesnis pieninės brandos kukurūzų silose 3 aerobinės fermentacijos dieną lyginant su fiziologinės brandos kukurūzų silosu ( $p < 0,05$ ), tačiau abiejų rūšių silosas reikšmingai nesiskyrė nuo fiziologinės brandos kukurūzų siloso. Paskutinę fermentacijos dieną pieninės brandos kukurūzų silose NDF buvo 14 g/kg mažesnis nei vaškinės brandos kukurūzų silose ( $p < 0,05$ ) ir 30g/kg mažesnis nei fiziologinės brandos kukurūzų silose ( $p < 0,01$ ). Reikšmingas skirtumas matomas ir lyginant vaškinės brandos kukurūzų bei fiziologinės brandos kukurūzų silosą ( $p < 0,05$ ). Kitomis dienomis NDF reikšmingai nesiskyrė. Atliekant tyrimą 2022 metais fiziologinės brandos kukurūzų silose kitaip nei 2020 metais nustatomas mažesnis NDF kiekis. Mėginių atidarymo dieną kiekis buvo 23 g/kg mažesnis nei pieninės brandos kukurūzų silose ( $p < 0,05$ ) ir 37 g/kg mažesnis nei vaškinės brandos kukurūzų silose ( $p < 0,001$ ). Šią dieną reikšmingas skirtumas nustatomas ir lyginant pieninės brandos kukurūzų silosą su vaškinės brandos kukurūzų silosu ( $p < 0,05$ ). Po 3 ir 7 dienos NDF kiekis pieninės brandos kukurūzų ir fiziologinės brandos kukurūzų silosuose nesiskyrė, tačiau 3 dieną buvo apie 87 g/kg mažesnis ( $p < 0,05$  lyginant su pieninės brandos kukurūzų silosu ir  $p < 0,01$  lyginant su fiziologinės brandos kukurūzų silosu), o 7 dieną apie 83 g/kg mažesnis ( $p < 0,001$ ) nei vaškinės brandos kukurūzų silose.

**15 lentelė.** NDF, ADF ir ŽL įvairios brandos kukurūzų silose aerobinio gedimo metu 2020–2022 m.

**Table 15.** NDF, ADF and CF content in different maturity maize silage during aerobic deterioration in the year of 2020–2022

Metai / Year	Silosas / Mix	Diena / Day	NDF	ADF	ŽL / CF		Krakmolas / S
					g kg <sup>-1</sup> SM		
2020	PBKS	0	398 ± 3 aA	236 ± 4 aA	222 ± 2 aA	185 ± 6 bB	
		3	401 ± 6 aA	240 ± 9 aA	226 ± 6 aA	182 ± 9 bC	
		7	396 ± 1 aA	236 ± 3 aA	226 ± 2 aA	196 ± 7 bB	
		14	352 ± 4 bB	208 ± 2 bA	181 ± 2 bB	249 ± 2 aB	
		28	347 ± 4 bB	211 ± 2 bA	192 ± 2 bA	265 ± 6 aA	
	VBKS	0	327 ± 6 B	188 ± 5 B	169 ± 2 C	353 ± 7 aA	
		3	323 ± 6 B	189 ± 3 B	169 ± 3 C	356 ± 9 aA	
		7	337 ± 1 B	194 ± 0.3 B	165 ± 3 C	344 ± 0.3 aA	
		14	346 ± 11B	186 ± 4 B	165 ± 3 C	195 ± 7 bC	
		28	329 ± 11B	177 ± 10 B	162 ± 2 B	229 ± 3 bB	

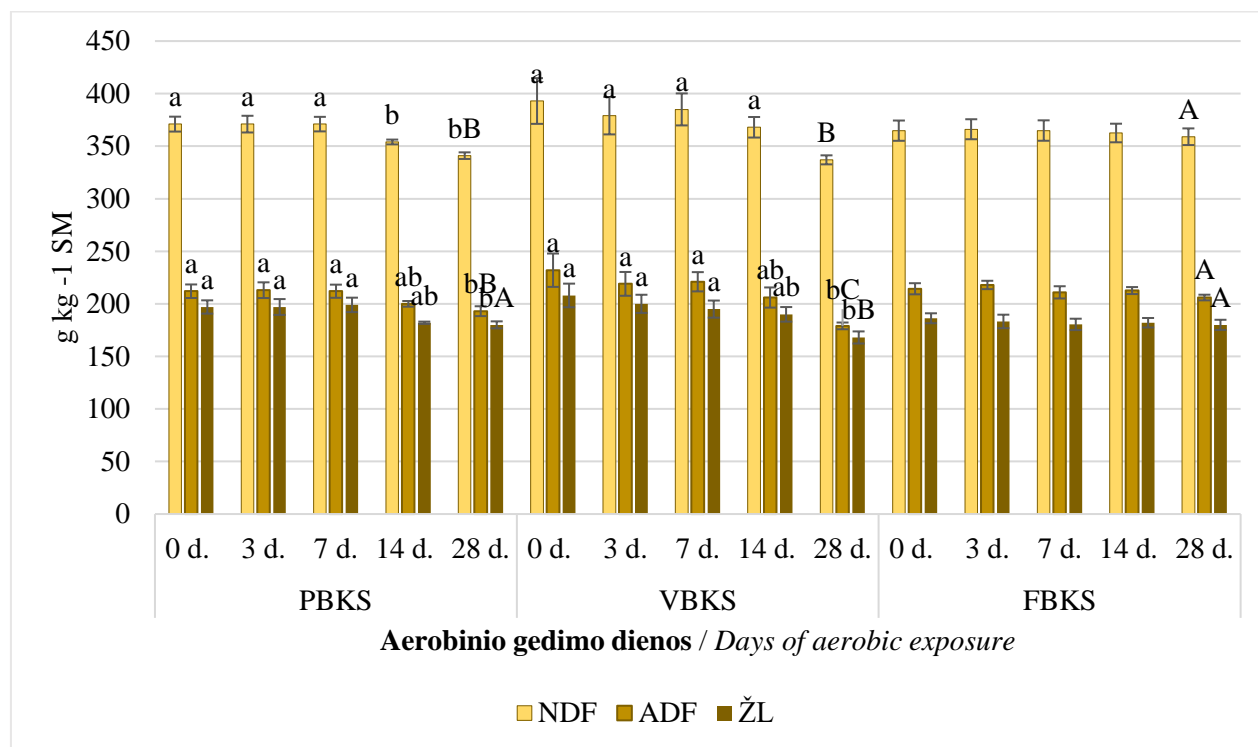


Metai / Year	Silosas / Mix	Diena / Day	NDF	ADF	ŽL / CF	Krakmolas / S
			g kg <sup>-1</sup> SM			
2021	FBKS	0	396 ± 4 A	226 ± 9 A	201 ± 8 B	327 ± 5 aA
		3	400 ± 6 A	230 ± 3 A	201 ± 2 B	313 ± 0.3bB
		7	399 ± 5 A	225 ± 3 A	197 ± 2 B	310 ± 0.3bB
		14	393 ± 4 A	220 ± 3 A	195 ± 3 A	271 ± 0.3cA
		28	385 ± 3 A	215 ± 3 A	195 ± 2 A	270 ± 0.3cA
	PBKS	0	356 ± 6 a	200 ± 3 a	187 ± 3 aB	259 ± 6 AB
		3	352 ± 7 abB	197 ± 4 ab	182 ± 2 abB	268 ± 5 B
		7	350 ± 6 ab	194 ± 2 b	186 ± 3 abA	242 ± 10 AB
		14	353 ± 5 ab	195 ± 4 ab	183 ± 3 abA	244 ± 5 B
		28	330 ± 3 bC	183 ± 2 bB	174 ± 2 bB	251 ± 16 B
	VBKS	0	376 ± 6 a	215 ± 3 a	210 ± 3 aA	209 ± 24 B
		3	378 ± 5 aA	213 ± 12 ab	204 ± 3 abA	227 ± 18 B
		7	378 ± 4 a	213 ± 2 ab	200 ± 4 abA	185 ± 24 B
		14	371 ± 9 a	205 ± 12 ab	196 ± 3 abA	205 ± 13 B
		28	344 ± 2 bB	181 ± 2 bB	190 ± 2 bA	225 ± 5 B
FBKS	0	361 ± 14	217 ± 9	175 ± 6 B	300 ± 25 A	
	3	362 ± 4 AB	212 ± 6	161 ± 4 C	375 ± 16 A	
	7	349 ± 15	205 ± 15	162 ± 4 B	323 ± 21 A	
	14	357 ± 9	214 ± 8	166 ± 3 B	308 ± 17 A	
	28	360 ± 4 A	202 ± 4 A	163 ± 4 B	298 ± 6 A	
2022	PBKS	0	360 ± 3 aB	198 ± 4 aB	182 ± 2 aB	255 ± 5 B
		3	361 ± 1 aB	201 ± 1 aB	182 ± 2 aB	263 ± 2 B
		7	367 ± 3 aB	205 ± 1 aB	184 ± 3aB	243 ± 3 B
		14	357 ± 4 ab	195 ± 3 ab	181 ± 1 abB	240 ± 3 B
		28	345 ± 3 b	184 ± 2 bB	172 ± 1 bB	234 ± 6 C
	VBKS	0	474 ± 6 aA	293 ± 7 aA	246 ± 4 aA	211 ± 11 C
		3	436 ± 24 abA	255 ± 16 abA	226 ± 8 abA	276 ± 28AB
		7	439 ± 10 abA	255 ± 7 abA	219 ± 5 bA	266 ± 9 B
		14	385 ± 24 bc	234 ± 19 bc	210 ± 6 bA	296 ± 9 AB
		28	337 ± 6 c	179 ± 4 cB	152 ± 2 cC	310 ± 8 B
	FBKS	0	337 ± 4 C	200 ± 3 B	183 ± 2 B	370 ± 5 A
		3	337 ± 4 B	212 ± 6 AB	188 ± 7 B	345 ± 4 A
		7	347 ± 4 B	203 ± 6 B	182 ± 5 B	367 ± 15 A
		14	337 ± 7	204 ± 1	185 ± 2 B	368 ± 1 A
		28	333 ± 7	201 ± 2 A	182 ± 1 A	364 ± 1A

Pastaba. PBKS – pieninės brandos kukurūzų silosas, VBKS – vaškinės brandos kukurūzų silosas, FBKS – fiziologinės brandos kukurūzų silosas. *Note. PBKS – kernel milk stage maize silage, VBKS – kernel dough stage maize silage, FBKS – physiological maturity maize silage.*

Apibendrinant visų metų rezultatus matomas reikšmingas NDF kiekio sumažėjimas pieninės brandos kukurūzų ir vaškinės brandos kukurūzų silosuose. Pieninės brandos kukurūzų silose 14 dieną NDF buvo apie 17g/kg mažesnis ( $p < 0,05$ ), o 28 dieną apie 30 g/kg mažesnis ( $p < 0,001$ ) nei pirmosiomis aerobinės fermentacijos dienomis. Vaškinės brandos kukurūzų silose 28 dieną kiekis buvo apie 49 g/kg mažesnis nei mėginių atidarymo, 3 ir 7 dienomis ( $p < 0,05$ ), o 14 dienos NDF reikšmingai nesiskyrė nuo kitų dienų NDF kiekio. Skirtumai tarp rūšių pastebėti

tik 28 dieną - fiziologinės brandos kukurūzų silosas turėjo 18 g/kg didesnį NDF kiekį lyginant su pieninės brandos kukurūzų silosu ( $p < 0,05$ ) ir 22 g/kg didesnį NDF kiekį lyginant su vaškinės brandos kukurūzų silosu ( $p < 0,01$ ) (18 paveikslas).



18 paveikslas. NDF, ADF ir ŽL kiekis kukurūzų silose aerobinio gedimo metu

Figure 18. NDF, ADF and CF content in maize silages during aerobic deterioration

Pastaba. PBKS – pieninės brandos kukurūzų silosas, VBKS – vaškinės brandos kukurūzų silosas, FBKS – fiziologinės brandos kukurūzų silosas. Note. PBKS – kernel milk stage maize silage, VBKS – kernel dough stage maize silage, FBKS – physiological maturity maize silage.

ADF kiekis kito labai panašiai kaip ir NDF kiekis (15 lentelė). Pirmaisiais tyrimo metais pieninės brandos kukurūzų silose 14 ir 28 dienomis buvo atitinkamai apie 29 ir 31 g/kg mažesnis nei mėginių atidarymo ( $p < 0,05$ ), 3 ( $p < 0,01$ ) ir 7 ( $p < 0,05$ ) dienomis. Sumažėjimas pieninės brandos kukurūzų silose nustatomas ir 2021 metais – 28 dieną kiekis buvo 24 g/kg mažesnis lyginant aerobinės fermentacijos pradžia ( $p < 0,05$ ). Taip pat ADF kiekis mažėjo ir vaškinės brandos kukurūzų silose – 28 dieną ADF kiekis buvo 34 g/kg mažesnis lyginant su mėginių atidarymo diena ( $p < 0,05$ ). Trečiaisiais tyrimo metais ADF sumažėjimas vėl fiksuojamas pieninės brandos kukurūzų silose – 28 dieną kiekis vidutiniškai buvo 18 g/kg mažesnis nei aerobinės fermentacijos pirmą ( $p < 0,05$ ), 3 ( $p < 0,01$ ) ir 7 ( $p < 0,01$ ) dienomis. vaškinės brandos kukurūzų silose 14 dieną ADF buvo 58 g/kg mažesnis nei mėginių atidarymo dieną ( $p < 0,05$ ), o 28 dieną 114 g/kg mažesnis nei mėginių atidarymo dieną ( $p < 0,001$ ) ir apie 77 g/kg mažesnis nei 3 ir 7 dienomis ( $p < 0,01$ ).

Stebint skirtumus tarp rūšių mažiausias ADF kiekis 2020 metais nustatytas vaškinės brandos kukurūzų silose. Kiekis mėginių atidarymo dieną, 3, 7, 14 ir 28 dienomis buvo atitinkamai

apie 43 ( $p < 0,01$ ), 46 ( $p < 0,01$ ), 36 ( $p < 0,001$ ), 29 ( $p < 0,01$ ) ir 36 ( $p < 0,05$ ) g/kg mažesnis nei kituose silosuose. Antraisiais tyrimo metais paskutinę fermentacijos dieną pieninės brandos kukurūzų ir vaškinės brandos kukurūzų silosuose ADF buvo apie 20 g/kg mažesnis nei fiziologinės brandos kukurūzų silose ( $p < 0,01$ ). Kitomis dienomis ADF reikšmingai nesiskyrė. Trečiaisiais tyrimo metais mėginių atidarymo dieną ir 7 aerobinės fermentacijos diena pieninės brandos kukurūzų ir fiziologinės brandos kukurūzų silosuose ADF buvo atitinkamai apie 94 ( $p < 0,001$ ) ir 51 ( $p < 0,01$ ) g/kg mažesnis nei vaškinės brandos kukurūzų silose. Po 3 dienų aerobinės fermentacijos skirtumas nustatomas tik tarp pieninės brandos kukurūzų ir vaškinės brandos kukurūzų silosų - ADF kiekis pieninės brandos kukurūzų silose buvo 54 g/kg mažesnis ( $p < 0,01$ ), tačiau abiejų silosų ADF kiekis reikšmingai nesiskyrė nuo fiziologinės brandos kukurūzų siloso. Paskutinę aerobinės fermentacijos dieną ADF buvo apie 20 g/kg mažesnis pieninės brandos kukurūzų ir vaškinės brandos kukurūzų silosuose lyginant su fiziologinės brandos kukurūzų silosu ( $p < 0,05$ ).

Apibendrinant visų metų rezultatus matomas reikšmingas ADF kiekio sumažėjimas pieninės brandos kukurūzų ir vaškinės brandos kukurūzų silosuose (18 paveikslas). Aerobinės fermentacijos 28 dieną pieninės brandos kukurūzų silose apie 19 g/kg ( $p < 0,05$ ), o vaškinės brandos kukurūzų silose apie 45 g/kg mažesnis ( $p < 0,01$ ) nei mėginių atidarymo, 3 ir 7 dienomis, o 14 dienos ADF reikšmingai nesiskyrė nuo kitų dienų ADF kiekio. Skirtumai tarp rūšių pastebėti tik 28 dieną - fiziologinės brandos kukurūzų silosas turėjo 14 g/kg didesnę ADF kiekį lyginant su pieninės brandos kukurūzų silosu ( $p < 0,05$ ) ir 27 g/kg didesnę ADF kiekį lyginant su vaškinės brandos kukurūzų silosu ( $p < 0,001$ ). Reikšmingas skirtumas paskutinę aerobinės fermentacijos dieną buvo ir lyginant vaškinės brandos kukurūzų bei pieninės brandos kukurūzų silosus ( $p < 0,05$ ).

Panašūs pokyčiai pastebimi ir vertinant ŽL kiekį (15 lentelė). Pirmaisiais tyrimo metais pieninės brandos kukurūzų silose 14 ir 28 dienomis buvo atitinkamai apie 43 ir 32 g/kg mažesnis nei mėginių atidarymo, 3 ir 7 dienomis ( $p < 0,001$ ). Sumažėjimas pieninės brandos kukurūzų silose matomas ir 2021 metais – 28 dieną kiekis buvo 13 g/kg mažesnis lyginant aerobinės fermentacijos pradžia ( $p < 0,05$ ). Taip pat ŽL kiekis mažėjo ir vaškinės brandos kukurūzų silose – 28 dieną ŽL kiekis buvo 20 g/kg mažesnis lyginant su mėginių atidarymo diena ( $p < 0,05$ ). Trečiaisiais tyrimo metais ŽL sumažėjimas vėl fiksuojamas pieninės brandos kukurūzų silose – 28 dieną kiekis vidutiniškai buvo 10 g/kg mažesnis nei aerobinės fermentacijos pirmą ( $p < 0,05$ ), 3 ( $p < 0,01$ ) ir 7 ( $p < 0,01$ ) dienomis. vaškinės brandos kukurūzų silose fiksuojamas sumažėjimas – 28 dieną lyginant su mėginių atidarymo diena, 3, 7 ir 14 dienomis atitinkamai buvo 94, 74, 67 ir 59 g/kg mažesnis, o 7 ir 14 dienomis lyginant su mėginių atidarymo diena buvo atitinkamai 27 ir 36 g/kg mažesnis ( $p < 0,001$ ).

Stebint ŹL skirtumus tarp siloso rūšių 2020 metais vaškinės brandos kukurūzų silose mėginių atidarymo, 3 dienomis buvo apie 32 g/kg mažesnis nei fiziologinės brandos kukurūzų silose ( $p < 0,01$ ) ir apie 55 g/kg mažesnis nei pieninės brandos kukurūzų silose ( $p < 0,001$ ), o 7 dieną 32 g/kg mažesnis nei fiziologinės brandos kukurūzų silose ( $p < 0,001$ ) ir 61 g/kg mažesnis nei pieninės brandos kukurūzų silose ( $p < 0,001$ ). Po 14 dienų fermentacijos vaškinės brandos kukurūzų silose ŹL kiekis vis dar buvo mažiausias, pieninės brandos kukurūzų silose ŹL kiekis buvo 16 g/kg didesnis ( $p < 0,05$ ), o fiziologinės brandos kukurūzų silose 30 g/kg didesnis ( $p < 0,001$ ). Paskutinę aerobinės fermentacijos dieną ŹL kiekis reikšmingai nesiskyrė tarp pieninės brandos kukurūzų ir fiziologinės brandos kukurūzų silosų, tačiau buvo apie 31 g/kg didesnis nei vaškinės brandos kukurūzų silose ( $p < 0,001$ ). Antraisiais tyrimo metais fiziologinės brandos kukurūzų ir pieninės brandos kukurūzų silosuose mėginių atidarymo dieną ir 28 dieną ŹL kiekis buvo atitinkamai apie 29 ir 21 g/kg lyginant su vaškinės brandos kukurūzų silosu ( $p < 0,05$ ). Po 3 dienų fermentacijos ŹL kiekis skyrėsi visuose silosuose. Mažiausias kiekis (161 g/kg) nustatytas fiziologinės brandos kukurūzų silose, reikšmingai didesnis pieninės brandos kukurūzų silose (182 g/kg) ( $p < 0,01$  lyginant su fiziologinės brandos kukurūzų silosu), o didžiausias vaškinės brandos kukurūzų silose (204 g/kg) ( $p < 0,001$  lyginant su fiziologinės brandos kukurūzų silosu ir  $p < 0,01$  lyginant su pieninės brandos kukurūzų silosu). Po 7 ir 14 dienų fermentacijos reikšmingai išsiskyrė tik fiziologinės brandos kukurūzų silos, jame ŹL kiekis buvo atitinkamai 38 ( $p < 0,01$ ) ir 24 ( $p < 0,05$ ) g/kg mažesnis lyginant su kitais silosais. Trečiaisiais tyrimo metais nuo mėginių atidarymo iki 14 dienos ŹL kiekis buvo atitinkamai 63 ( $p < 0,001$ ), 40 ( $p < 0,01$ ), 36 ( $p < 0,01$ ) ir 27 ( $p < 0,01$ ) g/kg reikšmingai didesnis vaškinės brandos kukurūzų silose lyginant su kitais dvejais silosais, tačiau 28 dieną ŹL kiekis sumažėjo ir buvo jau 21 g/kg mažesnis lyginant su pieninės brandos kukurūzų silosu ir 31 g/kg mažesnis lyginant su fiziologinės brandos kukurūzų silosu ( $p < 0,001$ ).

Apibendrinant visų metų rezultatus nustatomas reikšmingas ŹL kiekio sumažėjimas pieninės brandos kukurūzų ir vaškinės brandos kukurūzų silosuose (18 paveikslas). Aerobinės fermentacijos 28 dieną pieninės brandos kukurūzų silose apie 18 g/kg ( $p < 0,05$ ), o vaškinės brandos kukurūzų silose apie 33 g/kg mažesnis ( $p < 0,01$  lyginant su mėginių atidarymo diena ir  $p < 0,05$  lyginant su 3 ir 7 dienomis) nei mėginių atidarymo, 3 ir 7 dienomis, o 14 dienos ŹL reikšmingai nesiskyrė nuo kitų dienų ŹL kiekio. Skirtumai tarp rūšių pastebėti tik 28 dieną – fiziologinės brandos kukurūzų ir pieninės brandos kukurūzų silos turėjo 12 g/kg didesnę ŹL kiekį lyginant su vaškinės brandos kukurūzų silosu ( $p < 0,05$ ).

pH 2020 metais buvo reikšmingai didesnis pieninės brandos kukurūzų silose 14 ir 28 aerobinės fermentacijos dienomis (14 lentelė). Šiomis dienomis pH buvo 0,27–0,36 vienetais didesnis nei pirmosiomis fermentacijos dienomis ( $p < 0,01$ ). Tais pačiais metais nustatomas ir

vaškinės brandos kukurūzų siloso pH padidėjimas 28 dieną - pH vidutiniškai buvo 0,2 vienetais didesnis, nei fermentacijos pradžioje ( $p < 0,05$ ). pieninės brandos kukurūzų ir vaškinės brandos kukurūzų silosuose pH padidėjimas nustatomas ir 2021 metais. pH pieninės brandos kukurūzų silose padidėjo 0,10 - 0,15 lyginant su mėginių atidarymo diena ( $p < 0,05$ ), o vaškinės brandos kukurūzų silose pH vidutiniškai buvo 0,36 vienetais didesnis nei mėginių atidarymo, 3 ir 14 dienomis ( $p < 0,05$ ). Trečiaisiais tyrimo metais pastebima ta pati tendencija. pH pieninės brandos kukurūzų silose 14 dieną buvo 0,16 vienetais didesnis nei mėginių atidarymo dieną ( $p < 0,05$ ), o 28 dieną 0,27 didesnis nei mėginių atidarymo dieną ( $p < 0,01$ ) ir apie 0,16 didesnis nei 3 ir 7 aerobinės fermentacijos dienomis ( $p < 0,05$ ). pH vaškinės brandos kukurūzų silose 28 dieną buvo maždaug 0,31 vienetais didesnis nei pirmosiomis aerobinės fermentacijos dienomis ( $p < 0,001$ ).

pH 2020 metais tarp skirtingos brandos siloso rūšių skyrėsi mėginių atidarymo, 7, 14 ir 28 dienomis. Mėginių atidarymo dieną pieninės brandos kukurūzų silose pH buvo 0,27 vienetais mažesnis nei vaškinės brandos kukurūzų silose ( $p < 0,05$ ) ir 0,68 vienetais mažesnis nei fiziologinės brandos kukurūzų silose ( $p < 0,001$ ). Po 7, 14 ir 28 dienų aerobinės fermentacijos reikšmingai išsiskyrė tik pH fiziologinės brandos kukurūzų silose, jis atitinkamai buvo apie 1,22, 0,93 ir 0,71 vienetais didesnis nei kituose silosuose ( $p < 0,001$ ). Antraisiais tyrimo metais nuo mėginių atidarymo iki 14 aerobinės fermentacijos dienos pH buvo nuo 0,32 iki 0,43 didesnis fiziologinės brandos kukurūzų silose lyginant su kitos brandos silosais ( $p < 0,01$ ), o 28 dieną pH buvo apie 0,30 vienetais mažesnis tik pieninės brandos kukurūzų silose lyginant su vaškinės brandos kukurūzų ( $p < 0,05$ ) ir fiziologinės brandos kukurūzų ( $p < 0,01$ ) silosais. Trečiaisiais tyrimo metais nuo mėginių atidarymo dienos iki 14 fermentacijos dienos fiziologinės brandos kukurūzų siloso pH reikšmingai nesiskyrė nuo vaškinės brandos kukurūzų siloso, tačiau šios brandos silosuose pH mėginių atidarymo dieną, 7 ir 14 dienomis buvo vidutiniškai nuo 0,37 iki 0,48 vienetais didesnis nei pieninės brandos kukurūzų silose ( $p < 0,01$ ). Trečia aerobinės fermentacijos dieną 0,56 vienetų skirtumas pastebimas tik tarp fiziologinės brandos kukurūzų ir pieninės brandos kukurūzų silosų ( $p < 0,05$ ). Paskutinę fermentacijos dieną 2022 metais pH skirtumai pastebimi tarp visų siloso rūšių ( $p < 0,001$ , išskyrus lyginant vaškinės brandos kukurūzų ir fiziologinės brandos kukurūzų  $p < 0,05$ ). Mažiausias pH buvo pieninės brandos kukurūzų silose (4,38), didesnis fiziologinės brandos kukurūzų silose (4,77), didžiausias vaškinės brandos kukurūzų silose (4,92).

Stebint bendrai visų metų rezultatus, pastebėjome, kad pH vertė fiziologinės brandos kukurūzų silose reikšmingai nekito (15 paveikslas), vaškinės brandos kukurūzų silose 28 dieną pastebimas reikšmingas padidėjimas lyginant su pirmosiomis aerobinės fermentacijos dienomis kiekis padidėjo 0,28 pH vienetais ( $p < 0,05$ ). Pieninės brandos kukurūzų silose taip pat užfiksuotas padidėjimas. pH 14 dieną buvo apie 0,16 pH vienetais didesnis nei mėginių atidarymo dieną

( $p < 0,01$ ) ir 7 aerobinės fermentacijos dieną ( $p < 0,05$ ), o 28 dieną buvo apie 0,23 pH vienetais didesnis nei mėginių atidarymo dieną ( $p < 0,001$ ), 3 ( $p < 0,05$ ) ir 7 aerobinės fermentacijos dieną ( $p < 0,01$ ). Vertinant bendrai visų metų skirtumus tarp rūšių mėginių atidarymo dieną pieninės brandos kukurūzų silose pH buvo 4,03 ir jis buvo reikšmingai mažesnis už vaškinės brandos kukurūzų siloso pH ( $p < 0,01$ ), kuris siekė 4,30, o fiziologinės brandos kukurūzų siloso pH siekė 4,75 ir buvo didžiausias ( $p < 0,01$  lyginant su vaškinės brandos kukurūzų ir  $p < 0,001$  lyginant su pieninės brandos kukurūzų). Nuo 3 iki 14 aerobinės fermentacijos dienos fiziologinės brandos kukurūzų silose pH buvo vidutiniškai 0,60 pH vienetais reikšmingai didesnis nei pieninės brandos kukurūzų silose ( $p < 0,001$ ) ir vidutiniškai 0,43 pH vienetais didesnis nei vaškinės brandos kukurūzų silose, tačiau 28 dieną vaškinės brandos kukurūzų silose pH nesiskyrė nuo fiziologinės brandos kukurūzų siloso ir bendras jų pH buvo 0,41 vienetais didesnis nei pieninės brandos kukurūzų silose ( $p < 0,01$ ).

FR 2020 metais fiziologinės brandos kukurūzų silose didžiausias buvo mėginių atidarymo dieną, o vėlesnėmis dienomis FR buvo reikšmingai sumažėjęs ( $p < 0,001$ ) (14 lentelė). FR vertė sumažėjo nuo 20 iki vidutiniškai 8. Mažesnė FR vertė pastebima ir pieninės brandos kukurūzų silose lyginant mėginių atidarymo dieną su aerobinės fermentacijos paskutine diena - vertė sumažėjo nuo 29 iki 27 ( $p < 0,05$ ). Antraisiais tyrimo metais skirtumų nepastebima, o trečiaisiais vaškinės brandos kukurūzų silose 28 dieną FR vertė pasiekė 11,2 ir buvo reikšmingai mažesnė lyginant su kitomis dienomis ( $p < 0,001$ ).

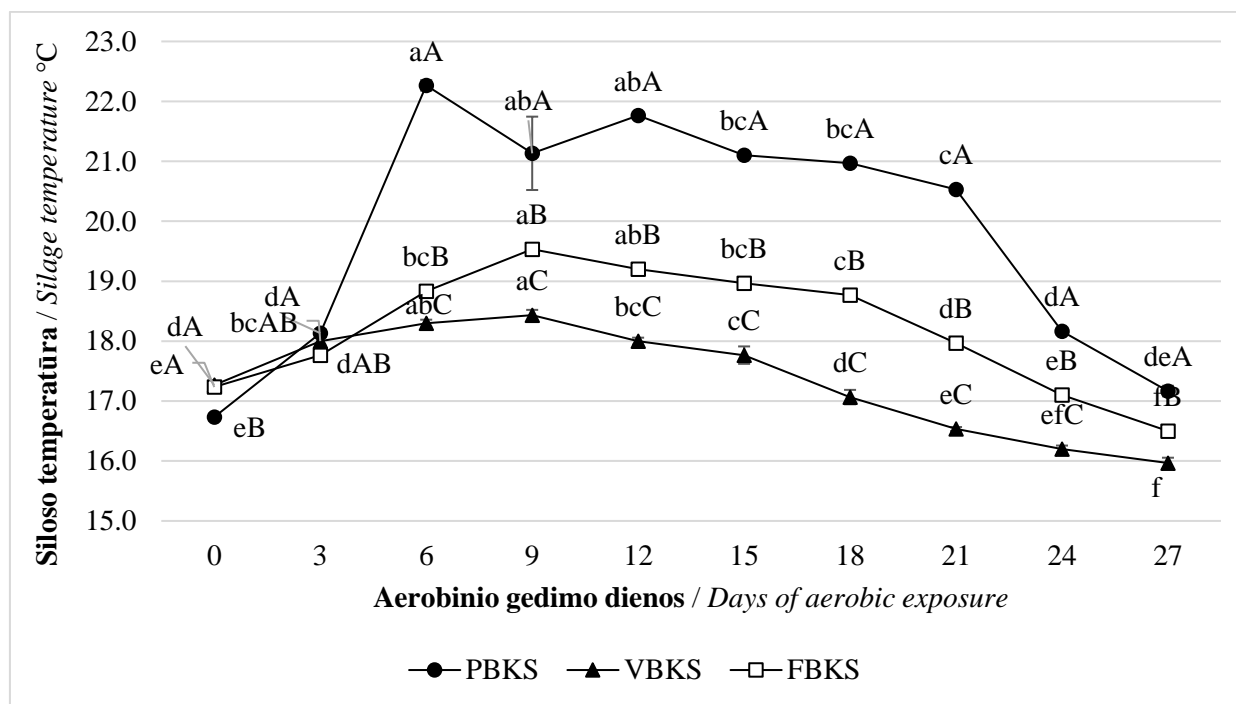
Vertinant skirtumus tarp skirtingos brandos siloso rasta, jog 2020 metais reikšmingai FR vertė buvo nustatoma fiziologinės brandos kukurūzų silose. Fermentacijos rodiklis mėginių atidarymo dieną buvo apie 8 vienetais mažesnis ( $p < 0,05$  lyginant su pieninės brandos kukurūzų,  $p < 0,01$  lyginant su vaškinės brandos kukurūzų) ir apie 18 vienetų mažesnis lyginant su kitos brandos silosais ( $p < 0,001$ ). Taip pat 7 aerobinės fermentacijos dieną FR rodiklis reikšmingai skyrėsi tarp pieninės brandos kukurūzų ir vaškinės brandos kukurūzų silosų. Pieninės brandos kukurūzų siloso FR buvo 4 vienetais didesnis nei vaškinės brandos kukurūzų siloso ( $p < 0,001$ ). Antraisiais tyrimo metais mėginių atidarymo, 3 ir 14 dienomis FR taip pat buvo mažesnis fiziologinės brandos kukurūzų silose. Jis atitinkamai buvo 8 ( $p < 0,01$ ), 4 ( $p < 0,05$  lyginant su pieninės brandos kukurūzų silosu ir  $p < 0,01$  lyginant su vaškinės brandos kukurūzų silosu) ir 9 ( $p < 0,001$ ) vienetais mažesnis nei kitos brandos silosuose. Vaškinės brandos kukurūzų silosas 7 fermentacijos dieną turėjo 4 vienetais mažesnę FR lyginant su pieninės brandos kukurūzų silosu ( $p < 0,05$ ). Trečiaisiais tyrimo metais mėginių atidarymo, 7 ir 14 dienomis fiziologinės brandos kukurūzų ir vaškinės brandos kukurūzų turėjo mažiausią FR ir tarpusavyje nesiskyrė, tačiau FR atitinkamai buvo apie 8 ( $p < 0,05$ ), 6 ir 9 ( $p < 0,01$  lyginant su fiziologinės brandos kukurūzų ir  $p < 0,05$  lyginant su vaškinės brandos kukurūzų) vienetais mažesnis nei pieninės brandos kukurūzų

silose. Paskutinę fermentacijos dieną FR mažiausias buvo vaškinės brandos kukurūzų ir fiziologinės brandos kukurūzų silosuose ir nuo pieninės brandos kukurūzų skyrėsi maždaug 9 vienetais ( $p < 0,001$ ).

Apibendrinant FR aerobinės fermentacijos metu buvo linkęs mažėti fiziologinės brandos kukurūzų ir pieninės brandos kukurūzų silose 28 dieną FR nors ir reikšmingai nesiskyrė nuo 3, 7 ir 14 aerobinės fermentacijos dienų, tačiau buvo reikšmingai mažesnis nei mėginių atidarymo dieną (17 paveikslas). Fiziologinės brandos kukurūzų silose FR nukrito nuo 19,1 iki 13,8, pieninės brandos kukurūzų silose nuo 27,5 iki 25,8 ( $P < 0,05$ ). Vaškinės brandos kukurūzų silose FR paskutinę aerobinės fermentacijos dieną buvo 1,4 karto mažesnis lyginant su visomis kitomis dienomis ( $p < 0,05$ ). Vertinant visų metų bendrus rezultatus, nustatyta, kad fiziologinės brandos kukurūzų silose mėginių atidarymo dieną FR buvo 7 vienetais ( $p < 0,01$ ), 3 dieną 10 vienetų ( $p < 0,01$ ), 7 dieną apie 9 vienetais ( $p < 0,001$ ), 14 dieną 12 vienetų ( $p < 0,001$ ) žemesnis nei kituose silosuose. Paskutinę aerobinės fermentacijos dieną fiziologinės brandos kukurūzų siloso FR reikšmingai nesiskyrė nuo vaškinės brandos kukurūzų siloso, tačiau buvo apie 10 vienetų mažesnis nei pieninės brandos kukurūzų silose ( $p < 0,05$  lyginant su vaškinės brandos kukurūzų silosu ir  $p < 0,001$  lyginant su fiziologinės brandos kukurūzų silosu).

### **3.2.1. Siloso temperatūros kitimas aerobinio gedimo metu**

Aerobinės fermentacijos pradžioje pieninės brandos kukurūzų siloso temperatūra siekė  $16,7^{\circ}\text{C}$ . Po 3 dienų temperatūra buvo padidėjusi 1,4 laipsnių ( $p < 0,01$ ) (19 paveikslas). Aukščiausia temperatūra buvo 6 fermentacijos dieną ( $p < 0,001$  lyginant su pirmosiomis dienomis). Po 9 ir 12 dienų fermentacijos temperatūra vis dar buvo viena iš didžiausių ( $p < 0,001$  lyginant su mėginių atidarymo ir 3 diena) ir reikšmingai nekito. Po 15 ir 18 dienų fermentacijos temperatūra jau buvo reikšmingai mažesnė lyginant su 6 dienos temperatūra ( $p < 0,05$ ), tačiau reikšmingai nesiskyrė nuo 9 ir 12 dienos temperatūros. Po 21 dienos temperatūra reikšmingai sumažėjo lyginant su 6 ( $p < 0,001$ ), 9 ( $p < 0,05$ ) ir 12 ( $p < 0,01$ ) dienomis. Aerobinės fermentacijos pabaigoje (24 ir 27 dienomis) temperatūra toliau reikšmingai mažėjo ( $p < 0,001$ ) ir nesiskyrė nuo temperatūros buvusios pirmosiomis aerobinės fermentacijos dienomis.



19 paveikslas. Kukurūzų siloso temperatūros kitimas aerobinės fermentacijos metu

Figure 19. Temperature variation of maize silage during aerobic fermentation

Pastaba. PBKS – pieninės brandos kukurūzų silosas, VBKS – vaškinės brandos kukurūzų silosas, FBKS – fiziologinės brandos kukurūzų silosas. Klaidų brūkšneliai rodo standartinę paklaidą. Vertės su skirtingomis didžiosiomis raidėmis rodo reikšmingus skirtumus tarp variantų tą pačią dieną aerobinio gedimo metu. Vertės su skirtingomis mažosiomis raidėmis rodo reikšmingus skirtumus tame pačiame variante skirtingomis dienomis pagal Dunkano kriterijų. Note. PBKS – kernel milk stage maize silage, VBKS – kernel dough stage maize silage, FBKS – physiological maturity maize silage. Error bars represent SE. Values with different uppercase letters indicate significant differences among treatments on the same day during aerobic exposure. Values with different lowercase letters indicate significant differences among days after opening for the same treatments according to Duncan's test ( $p < 0.05$ ).

Aerobinės fermentacijos pradžioje vaškinės brandos kukurūzų siloso temperatūra siekė 17,3 °C. Po 3 dienų temperatūra buvo padidėjusi 0,7 laipsniu ( $p < 0,001$ ). Aukščiausia temperatūra buvo 6 ( $p < 0,001$  lyginant su mėginių atidarymo diena) ir 9 ( $p < 0,001$  lyginant su mėginių atidarymo diena ir  $p < 0,05$  lyginant su 3 diena) fermentacijos dienomis. Po 12 dienų fermentacijos temperatūra šiek tiek sumažėjo ir buvo reikšmingai mažesnė nei 9 dieną ( $p < 0,05$ ), tačiau nesiskyrė nuo 6 dienos. Po 15 dienų fermentacijos temperatūra jau buvo reikšmingai mažesnė lyginant ir su 6 dienos temperatūra ( $p < 0,01$ ). Vėliau (18, 21, 24 ir 27 dienomis) temperatūra vis mažėjo ( $p < 0,001$ ).

Mėginių atidarymo dieną temperatūra fiziologinės brandos kukurūzų silose siekė 17,2 °C. Po 3 dienų temperatūra buvo 0,6 laipsniai didesnė ( $p < 0,01$ ) ir vis didėjo iki 9 dienos ( $p < 0,001$  lyginant su pirmosiomis aerobinės fermentacijos dienomis). Temperatūra 9 ir 12 dienomis buvo aukščiausia ir tarpusavyje reikšmingai nesiskyrė, o 15 dieną reikšmingai sumažėjo lyginant su 9 diena ( $p < 0,01$ ), tačiau reikšmingai nesiskyrė nuo 12 dienos. Lyginant su 12 diena ( $p < 0,05$ ) temperatūra reikšmingai sumažėjo 18 dieną. Vėliau (21, 24 ir 27) temperatūra toliau reikšmingai mažėjo ( $p < 0,001$ ), kol reikšmingai nesiskyrė nuo temperatūros buvusios aerobinės fermentacijos



pradžioje, o paskutinę aerobinės fermentacijos dieną temperatūra buvo žemiausia lyginant su visu aerobinės fermentacijos laikotarpiu.

Vertinant skirtumus tarp rūšių aerobinės fermentacijos pradžioje pieninės brandos kukurūzų silosas išsiskyrė žemiausia temperatūra ( $p < 0,01$ ), tačiau 3 dieną temperatūra jau buvo reikšmingai didesnė lyginant su FBKS ( $p < 0,05$ ), o likusiomis dienomis buvo didžiausia lyginant su abiejų rūšių silosais ( $p < 0,001$ ). Reikšmingi skirtumai buvo ir tarp fiziologinės brandos kukurūzų siloso bei vaškinės brandos kukurūzų siloso. Fiziologinės brandos kukurūzų siloso temperatūra buvo reikšmingai didesnė (6 ir 27 dieną  $p < 0,01$ , 9 diena  $p < 0,05$ , likusiomis dienomis  $p < 0,001$ ).

### 3.2.2. Dujų išsiskyrimas kukurūzų silose anaerobinės fermentacijos metu

Po 90 d. anaerobinės fermentacijos kukurūzų siloso mėginiuose, vaškinės brandos kukurūzų silosas išsiskyrė didžiausiu kiekiu CO<sub>2</sub> dujų (834 ppm) ir mažiausiu kiekiu (60,0 ppm) H<sub>2</sub>S dujų. pieninės brandos kukurūzų silosas pasižymėjo mažiausiu CO<sub>2</sub> kiekiu, o FBKS didžiausiu H<sub>2</sub>S kiekiu – 146,7 ppm (16 lentelė).

**16 lentelė.** Išsiskyrusios dujos kukurūzų silose po 90 d. anaerobinės fermentacijos

**Table 16.** Gas emissions in maize silages after 90 days of anaerobic fermentation

Variantai / Treatments	CH <sub>4</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S
PBKS	3,0	0,0	417,7	70,0
VBKS	0,0	0,0	834,0	60,0
FBKS	6,0	0,2	530,0	146,7

Pastaba. PBKS – pieninės brandos kukurūzų silosas, VBKS – vaškinės brandos kukurūzų silosas, FBKS – fiziologinės brandos kukurūzų silosas. Note. PBKS – kernel milk stage maize silage, VBKS – kernel dough stage maize silage, FBKS – physiological maturity maize silage.

#### Apibendrinimas

Tyrimo laikotarpiu pieninės brandos silose SM kiekis visos aerobinės fermentacijos metu buvo mažesnis, nei vaškinės ir fiziologinės brandos silose. SM kiekis tarp fiziologinės ir vaškinės brandos siloso reikšmingai nesiskyrė. ŽB kiekis vaškinės ir fiziologinės brandos silose išliko stabilus, o pieninės brandos silose reikšmingai sumažėjo. Vaškinės ir fiziologinės brandos silose ŽP kiekis reikšmingai mažėjo aerobinės fermentacijos metu, o pieninės brandos silose reikšmingų skirtumų nenustatyta. Fiziologinės brandos silosas pasižymėjo mažesniu ŽP kiekiu, nei pieninės ir vaškinės brandos silosas. ME reikšmingai mažėjo pieninės brandos silose nuo 14 aerobinės fermentacijos dienos, o vaškinės ir fiziologinės brandos kukurūzų silose reikšmingai nekito. Reikšmingų pokyčių NEL aerobinės fermentacijos metu neužfiksuota. Krakmolo kiekis tarp pieninės ir vaškinės brandos kukurūzų siloso reikšmingai nesiskyrė, o fiziologinės brandos silosas

pasižymėjo didžiausiu krakmolo kiekiu. Vaškinės brandos kukurūzų silose ŽR kiekis nežymiai sumažėjo paskutinėmis aerobinės fermentacijos dienomis, o pieninės ir fiziologinės brandos silose išliko stabilus. Tiek NDF, ADF tiek ŽL reikšmingai sumažėjo pieninės ir vaškinės kukurūzų brandos silose, kai fiziologinės brandos silose šie rodikliai išliko stabilūs. Buvo stebimas reikšmingas pH padidėjimas pieninės ir vaškinės brandos silose 14–28 dienomis, o fiziologinės brandos kukurūzų silose reikšmingų skirtumų nenustatyta. FR reikšmingai sumažėjo fiziologinės ir pieninės brandos silose 28 aerobinės fermentacijos dieną, o fiziologinės brandos kukurūzų silos turėjo mažesnę FR visos aerobinės fermentacijos metu.

### 3.2.3. Pūslėtųjų kūlių įtaka kukurūzų siloso kokybei

Skirtingo užkrėstumo pūslėtosiomis kūlėmis kukurūzų biomasės kokybės rodikliai pateikti 17 lentelėje. Kukurūzų biomasės cheminė sudėtis prieš silosavimą pateikta 17 lentelėje. Kukurūzuose, kurie buvo 100 % užkrėsti *Ustilago maydis* buvo mažiausiai SM, ŽB, krakmolo ir ADF – atitinkamai 308,6, 70,5, 172,4 ir 201,4 g kg<sup>-1</sup>. Joje taip pat buvo didžiausias ŽP kiekis – 48,5 g kg<sup>-1</sup> ir CF – 243 g kg<sup>-1</sup>. Nepažeisti (be kūlių) kukurūzai išsiskyrė didžiausiais SM (333,1 g kg<sup>-1</sup>), CP (71,3 g kg<sup>-1</sup>), krakmolo (257 g kg<sup>-1</sup>), NDF (399,4 g kg<sup>-1</sup>) ir ADF (221,4 g kg<sup>-1</sup>) kiekiais.

**17 lentelė.** Skirtingo užkrėstumo pūslėtosiomis kūlėmis kukurūzų biomasės kokybės rodikliai

**Table 17.** Quality indicators for maize biomass with different levels of common smut infestation

Variantai / Treatments	SM / DM	ŽB / CP	ŽP / CA	Krakmolas / Starch	ŽL / CF	NDF	ADF
g kg <sup>-1</sup>							
PK0%	333,1 ± 3,7 b	71,3 ± 1,8 a	40,8 ± 0,8 a	257,4 ± 7,2 c	216,6 ± 4,4 a	399,4 ± 8,2 b	221,4 ± 4,4 b
PK50%	329,1 ± 5,2 b	71,1 ± 1,9 a	41,1 ± 1,1 a	225,4 ± 10,6 b	217,5 ± 13,7 a	375,7 ± 9,4 a	202,3 ± 7,5 a
PK100%	308,6 ± 5,0 a	70,5 ± 1,7 a	48,5 ± 2,1 b	172,4 ± 10,9 a	243,0 ± 6,7 b	380,7 ± 10,0 ab	201,4 ± 2,9 a

Pastaba. Vertės su skirtingomis mažosiomis raidėmis rodo reikšmingus skirtumus tarp variantų pagal Dunkano kriterijų. PK0% – silosas, pagamintas iš pūslėtosiomis kūlėmis neužsikrėtusių kukurūzų, PK50% – silosas, pagamintas iš 50 % kūlėmis užsikrėtusių kukurūzų, PK100% – silosas, pagamintas iš 100 % kūlėmis užsikrėtusių kukurūzų. Note. Values with different lowercase letters indicate significant differences among treatments according to Duncan's test ( $p < 0,05$ ). PK0% – silage prepared from healthy maize, PK50% – silage prepared from maize 50% infected with smut, PK100% – silage prepared from maize 100% infected with smut.

Skirtingo užkrėstumo pūslėtosiomis kūlėmis siloso kokybės rodiklių pokyčiai aerobinio gedimo metu pateikti 18 lentelėje. Nustatyta, kad SM kiekis sumažėjo silose, pagamintame iš 100 proc. kūlėmis užkrėstų kukurūzų. Lyginant skirtingo užkrėtimo lygio silosą, nustatyta, kad 0 dieną iš 100 % užkrėstų kukurūzų paruošto siloso SM kiekis buvo reikšmingai didesnis nei neužkrėsto siloso ( $p < 0,05$ ), o iš 50 % užkrėstų kukurūzų paruošto siloso SM kiekis reikšmingai nesiskyrė nuo abiejų silosų ( $p > 0,05$ ). Kukurūzų silose, 100 proc. užkrėstame kūlėmis, pH reikšmingai padidėjo ( $p < 0,05$ ). Lyginant skirtingo užkrėtimo lygio silosus, nustatyta, kad 50 % pažeistame silose pH buvo šiek tiek didesnis nei nepažeistame per visą laikotarpį, tačiau jis

nebuvo statistiškai reikšmingas ( $p > 0,05$ ). Iš 100 % pažeistų kukurūzų paruoštame silose pH buvo reikšmingai didesnis visomis dienomis, palyginus su kitais variantais ( $p < 0,05$ ).

**18 lentelė.** Skirtingo užkrėstumo pūslėtosiomis kūlėmis siloso kokybės rodiklių pokyčiai aerobinio gedimo metu

**Table 18.** Changes in silage quality parameters during aerobic spoilage in silages with different levels of common smut infestation

Rodiklis (g kg <sup>-1</sup> ) / Item	Variantai / Treatments	Siloso aerobinio gedimo dienos / Days of Silage Aerobic Exposure				
		0	3	7	14	28
SM/DM	PK0%	301,2 ± 3,8 <sup>aA</sup>	335,1 ± 5,1 <sup>b</sup>	351,0 ± 5,7 <sup>bC</sup>	404,0 ± 3,7 <sup>cC</sup>	496,0 ± 13,1 <sup>dC</sup>
	PK50%	314,0 ± 7,9 <sup>aAB</sup>	327,7 ± 8,6 <sup>ab</sup>	328,0 ± 6,7 <sup>abB</sup>	317,0 ± 6,1 <sup>aB</sup>	344,0 ± 5,6 <sup>bbB</sup>
	PK100%	324,8 ± 5,9 <sup>bbB</sup>	328,0 ± 7,0 <sup>b</sup>	306,0 ± 5,4 <sup>aA</sup>	301,0 ± 8,5 <sup>aA</sup>	289,0 ± 6,2 <sup>aA</sup>
pH	PK0%	4,10 ± 0,04 <sup>A</sup>	4,00 ± 0,05 <sup>A</sup>	4,10 ± 0,08 <sup>A</sup>	4,02 ± 0,05 <sup>A</sup>	4,10 ± 0,05 <sup>A</sup>
	PK50%	4,10 ± 0,04 <sup>A</sup>	4,10 ± 0,04 <sup>A</sup>	4,12 ± 0,05 <sup>A</sup>	4,12 ± 0,05 <sup>A</sup>	4,20 ± 0,05 <sup>A</sup>
	PK100%	4,30 ± 0,04 <sup>aB</sup>	4,30 ± 0,03 <sup>aB</sup>	4,30 ± 0,04 <sup>aB</sup>	4,25 ± 0,04 <sup>aB</sup>	5,30 ± 0,04 <sup>bbB</sup>
ŽB/CP	PK0%	93,8 ± 3,2 <sup>aB</sup>	93,7 ± 1,0 <sup>a</sup>	88,8 ± 1,2 <sup>a</sup>	92,4 ± 0,4 <sup>a</sup>	99,8 ± 3,1 <sup>bA</sup>
	PK50%	93,5 ± 0,3 <sup>B</sup>	89,3 ± 4,5	92,8 ± 0,8	91,6 ± 1,1	90,0 ± 2,7 <sup>A</sup>
	PK100%	87,2 ± 2,6 <sup>aA</sup>	94,8 ± 0,9 <sup>a</sup>	91,4 ± 3,1 <sup>a</sup>	90,5 ± 1,8 <sup>a</sup>	121,7 ± 6,9 <sup>bbB</sup>
ŽR/CL	PK0%	24,9 ± 0,4 <sup>A</sup>	24,5 ± 0,3 <sup>A</sup>	23,3 ± 2,5 <sup>A</sup>	22,7 ± 0,3 <sup>A</sup>	23,1 ± 0,9
	PK50%	26,8 ± 0,8 <sup>bbB</sup>	24,8 ± 0,3 <sup>abA</sup>	25,4 ± 0,6 <sup>abA</sup>	25,6 ± 1,2 <sup>abB</sup>	24,7 ± 0,7 <sup>a</sup>
	PK100%	30,7 ± 0,5 <sup>bcB</sup>	27,7 ± 0,7 <sup>bbB</sup>	35,2 ± 1,6 <sup>cbB</sup>	30,2 ± 0,8 <sup>bcB</sup>	23,5 ± 2,1 <sup>a</sup>
ŽP/CA	PK0%	54,1 ± 5,7	52,9 ± 1,5	55,7 ± 2,8	55,3 ± 1,9	55,0 ± 1,3 <sup>B</sup>
	PK50%	54,1 ± 1,2	50,3 ± 2,1	52,9 ± 0,7	53,1 ± 4,8	48,4 ± 3,4 <sup>A</sup>
	PK100%	46,8 ± 2,8 <sup>ab</sup>	53,0 ± 3,7 <sup>b</sup>	53,5 ± 2,6 <sup>b</sup>	49,8 ± 4,6 <sup>ab</sup>	44,2 ± 1,3 <sup>aA</sup>
Krakmolas / Starch	PK0%	245,9 ± 7,9 <sup>bbB</sup>	202,3 ± 15,8 <sup>abB</sup>	222,7 ± 11,7 <sup>abC</sup>	216,9 ± 1,5 <sup>abB</sup>	217,9 ± 10,7 <sup>abB</sup>
	PK50%	233,4 ± 9,9 <sup>bbB</sup>	181,4 ± 9,1 <sup>aB</sup>	188,7 ± 1,2 <sup>aB</sup>	196,2 ± 14,0 <sup>aB</sup>	200,1 ± 20,2 <sup>abAB</sup>
	PK100%	162,5 ± 18,2 <sup>baA</sup>	117,3 ± 8,4 <sup>aA</sup>	139,8 ± 2,7 <sup>abA</sup>	159,1 ± 8,0 <sup>baA</sup>	166,7 ± 15,3 <sup>baA</sup>
ŽL/CF	PK0%	188,0 ± 5,6	200,3 ± 8,4 <sup>B</sup>	194,1 ± 5,0	197,0 ± 10,3	193,4 ± 4,6 <sup>B</sup>
	PK50%	192,9 ± 6,7 <sup>ab</sup>	181,2 ± 7,1 <sup>aA</sup>	198,1 ± 3,4 <sup>b</sup>	199,3 ± 1,9 <sup>b</sup>	186,0 ± 6,8 <sup>abB</sup>
	PK100%	199,8 ± 6,8 <sup>bc</sup>	211,8 ± 5,1 <sup>cbB</sup>	205,4 ± 5,2 <sup>c</sup>	189,9 ± 4,8 <sup>b</sup>	138,0 ± 1,2 <sup>aA</sup>
NDF	PK0%	390,0 ± 14,1 <sup>A</sup>	409,2 ± 5,2 <sup>A</sup>	397,4 ± 7,8 <sup>A</sup>	400,3 ± 8,4 <sup>A</sup>	396,0 ± 3,7 <sup>A</sup>
	PK50%	403,2 ± 9,6 <sup>A</sup>	395,0 ± 14,4 <sup>A</sup>	416,5 ± 5,8 <sup>B</sup>	406,3 ± 5,1 <sup>A</sup>	402,5 ± 4,2 <sup>A</sup>
	PK100%	435,3 ± 7,4 <sup>B</sup>	466,2 ± 4,5 <sup>B</sup>	448,4 ± 4,4 <sup>C</sup>	430,5 ± 8,9 <sup>B</sup>	466,4 ± 12,1 <sup>B</sup>
ADF	PK0%	210,2 ± 7,0	222,4 ± 9,4 <sup>B</sup>	217,2 ± 5,7	216,2 ± 12,4 <sup>B</sup>	212,9 ± 4,4
	PK50%	202,2 ± 9,4	190,4 ± 9,1 <sup>A</sup>	209,7 ± 5,4	210,6 ± 2,1 <sup>AB</sup>	193,3 ± 8,9
	PK100%	204,2 ± 15,1 <sup>bc</sup>	227,6 ± 6,9 <sup>cbB</sup>	217,9 ± 4,2 <sup>c</sup>	192,9 ± 9,4 <sup>baA</sup>	160,1 ± 6,0 <sup>aA</sup>
ME	PK0%	10,87 ± 0,14	10,71 ± 0,11 <sup>A</sup>	10,77 ± 0,06 <sup>B</sup>	10,74 ± 0,16	10,79 ± 0,07 <sup>A</sup>
	PK50%	10,88 ± 0,07 <sup>abc</sup>	11,01 ± 0,12 <sup>cbB</sup>	10,74 ± 0,05 <sup>abB</sup>	10,73 ± 0,08 <sup>a</sup>	10,96 ± 0,08 <sup>bcB</sup>
	PK100%	10,71 ± 0,09 <sup>ab</sup>	10,50 ± 0,10 <sup>aA</sup>	10,61 ± 0,03 <sup>aA</sup>	10,89 ± 0,11 <sup>b</sup>	11,67 ± 0,02 <sup>cbB</sup>
NEL	PK0%	6,57 ± 0,08	6,45 ± 0,08 <sup>AB</sup>	6,50 ± 0,05 <sup>B</sup>	6,47 ± 0,12	6,51 ± 0,05 <sup>A</sup>
	PK50%	6,55 ± 0,06	6,63 ± 0,13 <sup>B</sup>	6,47 ± 0,04 <sup>B</sup>	6,46 ± 0,04	6,61 ± 0,07 <sup>A</sup>
	PK100%	6,45 ± 0,07 <sup>bc</sup>	6,27 ± 0,06 <sup>aA</sup>	6,37 ± 0,02 <sup>abA</sup>	6,57 ± 0,07 <sup>c</sup>	7,15 ± 0,02 <sup>dB</sup>

Pastaba. Vertės su skirtingomis didžiosiomis raidėmis rodo reikšmingus skirtumus tarp variantų tą pačią dieną aerobinio gedimo metu. Vertės su skirtingomis mažosiomis raidėmis rodo reikšmingus skirtumus tame pačiame variante skirtingomis dienomis pagal Dunkano kriterijų ( $p < 0,05$ ). Note. Values with different uppercase letters indicate significant differences among treatments on the same day during aerobic exposure. Values with different lowercase letters indicate significant differences among days after opening for the same treatments according to Duncan's test ( $p < 0,05$ ).

ŽB kiekis 100 % pažeistų kukurūzų silose 28 dieną padidėjo 39,5 % ( $p < 0,05$ ). ŽB kiekis 100 % pažeistų kukurūzų silose buvo reikšmingai mažesnis 0 dieną ( $p < 0,05$ , palyginus su kitais variantais).

Iš 50 % užkrėstų kukurūzų paruoštame silose ŽR kiekis 28 dieną, palyginti su 0 diena, sumažėjo 7,8 % ( $p < 0,05$ ). Silose, pagamintame iš 100 % užkrėstų kukurūzų, ŽR kiekis 28 dieną buvo mažiausias per visą tyrimo laikotarpį, palyginti su 0-14 dienų laikotarpiu. Lyginant skirtingo užkrėtimo lygio silosus, rasta, kad per visą tyrimo laikotarpį (išskyrus 28 dieną) ŽR kiekis buvo reikšmingai didesnis 100 % užkrėstų kukurūzų silose, nei neužkrėtame ( $p < 0,05$ ) ir 50 % užkrėtame ( $p < 0,05$ ) silose.

Silose, paruoštame iš 50 % užkrėstų kukurūzų, 3, 7 ir 14 dienomis nustatytas reikšmingas krakmolo kiekio sumažėjimas ( $p < 0,05$ ), palyginti su 0 diena, tačiau jis nesiskyrė nuo 28 dienos ( $p > 0,05$ ). Pažeistame silose (100 %) krakmolo kiekis buvo reikšmingai mažesnis visomis dienomis nuo 0 iki 14 dienos, palyginti su nepažeistų silosų ir 50 % pažeistų silosų ( $p < 0,05$ ).

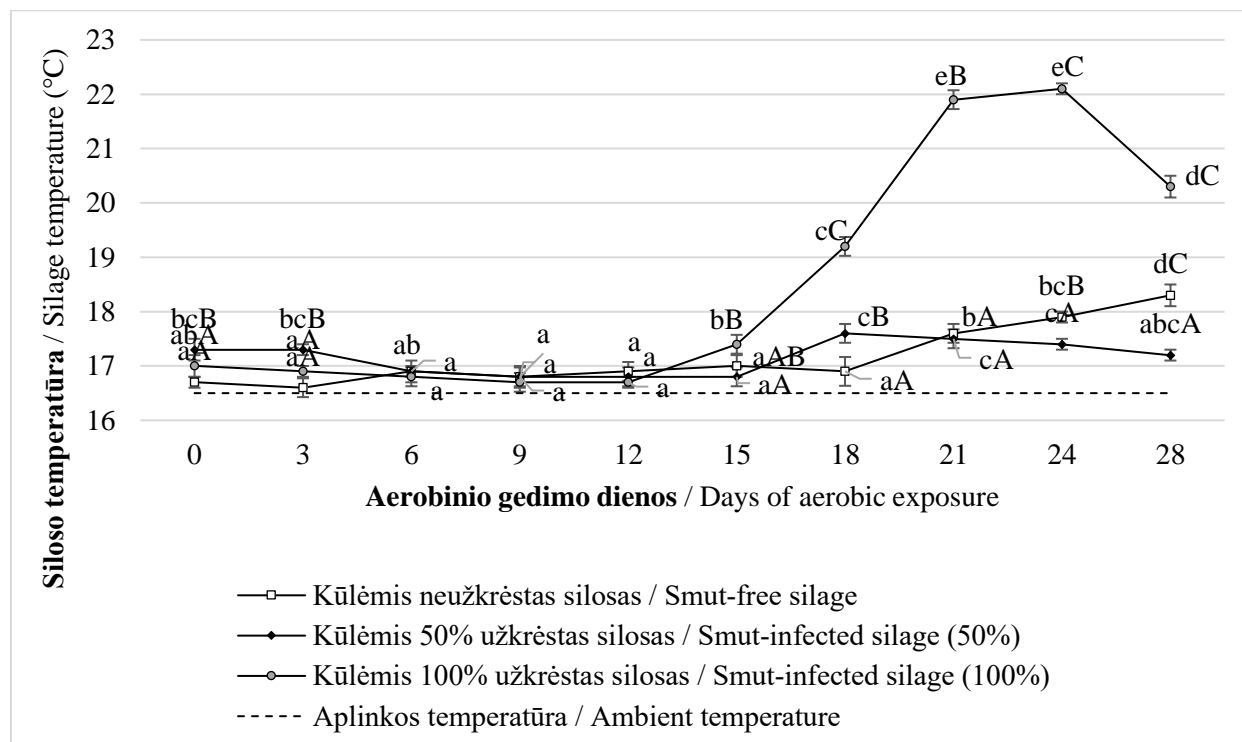
14 dieną, palyginti su 3 ir 7 dienomis, 100 % užkrėstame silose nustatytas reikšmingas ŽL kiekio sumažėjimas ( $p < 0,05$ ), o 28 dieną ląstelienos kiekis buvo mažiausias per visą tyrimo laikotarpį ir, palyginti su 0 diena, sumažėjo 31 % ( $p < 0,05$ ). Lyginant skirtingo užkrėtumo lygio silosus, nustatyta, kad 3 dieną ŽL kiekis 50 % užkrėstame silose buvo reikšmingai mažesnis nei neužkrėtame ( $p < 0,05$ ) ir 100 % užkrėstame ( $p < 0,05$ ) silose, o 28 dieną ŽL kiekis silose, paruoštame iš 100 % užkrėstų kukurūzų, buvo 28 % mažesnis nei silose, paruoštame iš neužkrėstų kukurūzų, ir 25 % mažesnis, palyginti su 50 % užkrėstų kukurūzų silosų ( $p < 0,05$ ).

NDF kiekis pažeistame ir nepažeistame silose tyrimo laikotarpiu statistiškai reikšmingai nekito ( $p < 0,05$ ), nors NDF kiekis 100 % užkrėstame silose buvo reikšmingai didesnis visomis dienomis, palyginti su 50 % užkrėstu ir nepažeistų silosų ( $p < 0,05$ ). ADF kiekis 50 % užkrėstame silose buvo mažesnis nei kituose dviejuose silosuose 3 dieną ( $p < 0,05$ ), o 28 dieną – reikšmingai mažesnis nei tik nepažeistame silose ( $p < 0,05$ ). ADF kiekis 100 % užkrėstame silose 14 dieną buvo reikšmingai mažesnis nei nepažeistame silose ( $p < 0,05$ ), o 28 dieną – reikšmingai mažesnis nei kituose dviejuose silosuose ( $p < 0,05$ ).

Aerobinio poveikio metu ME silose reikšmingai nepakito. Lyginant skirtingo užkrėtimo lygio silosus, nustatyta, kad 3 dieną ME buvo gerokai didesnis 50 % pažeistame silose, nei nepažeistame ir 100 % pažeistame ( $p < 0,05$ ). 28 dieną ME kiekis reikšmingai skyrėsi visuose silosuose (mažiausias buvo neužkrėstame, o didžiausias - 100 % užkrėstame) ( $p < 0,05$ ). NEL kiekis 14 dieną, palyginti su 3 ir 7 dienomis, reikšmingai padidėjo 100 % užkrėstame silose ( $p < 0,05$ ), o 28 dieną jis buvo didžiausias, palyginti su visu tyrimo laikotarpiu ( $p < 0,05$ ).

Temperatūros kitimas aerobinio gedimo metu pavaizduotas 20 paveiksle. Neužkrėsto siloso temperatūra per pirmąsias 18 tyrimo dienų reikšmingai nekito, tačiau 21 dieną ji

reikšmingai padidėjo (palyginti su 0 ir 3 dienomis,  $p < 0,05$ ; palyginti su 6, 9, 12 ir 18 dienomis,  $p < 0,05$ ; palyginti su 6, 9, 12 ir 18 dienomis,  $p < 0,05$ ; palyginti su 6, 9, 12 ir 18 dienomis,  $p < 0,05$ ). 05; palyginti su 15 diena,  $p < 0,05$ ) ir 24 dieną (palyginti su visomis 0–18 dienomis,  $p < 0,05$ ), o 28 dieną ji buvo didžiausia per visą tyrimo laikotarpį (palyginti su 0–18 dienomis,  $p < 0,05$ ; palyginti su 21 diena,  $p < 0,05$ ; palyginti su 24 diena,  $p > 0,05$ ).



**20 paveikslas.** Skirtingo užkrėstumo pūslėtosiomis kūlėmis kukurūzų siloso temperatūros pokyčiai aerobinio gedimo metu

**Figure 20.** Changes in temperatures measured in maize silage during aerobic exposure while silage was affected with different common smut infection rates

Klaidų brūkšneliai rodo standartinę paklaidą. Vertės su skirtingomis didžiosiomis raidėmis rodo reikšmingus skirtumus tarp variantų tą pačią dieną aerobinio gedimo metu. Vertės su skirtingomis mažosiomis raidėmis rodo reikšmingus skirtumus tame pačiame variante skirtingomis dienomis pagal Dunkano kriterijų / Error bars represent SE. Values with different uppercase letters indicate significant differences among treatments on the same day during aerobic exposure. Values with different lowercase letters indicate significant differences among days after opening for the same treatments according to Duncan's test ( $p < 0.05$ ).

50 % pažeistame silose 9, 12 ir 15 dienomis temperatūra statistiškai reikšmingai sumažėjo (palyginti su 0 ir 3 dienomis,  $p < 0,05$ ); 18 dieną temperatūra buvo aukščiausia (palyginti su 9, 12 ir 15 dienomis,  $p < 0,05$ , ir palyginti su 6 diena,  $p < 0,05$ ); 21 ir 24 dienomis temperatūra sumažėjo, tačiau vis dar buvo reikšmingai aukštesnė (palyginti su 6, 9, 12 ir 15 dienomis,  $p < 0,01$ ); 28 dieną ji sumažėjo ir statistiškai nesiskyrė, palyginti su viso laikotarpio temperatūra.

Pakartotinis kaitimas nustatytas silose, paruoštame iš 100 proc. kūlėmis užkrėstų kukurūzų. Penkioliktą dieną temperatūra, palyginti su 3, 6 ir 9 dienomis, reikšmingai padidėjo, o 18 dieną vėl padidėjo ( $p < 0,05$ , palyginti su prieš tai buvusiomis dienomis). 21 ir 24 dienomis

temperatūra buvo aukščiausia ( $p < 0,05$ , palyginti su prieš tai buvusiomis dienomis), o 28 dieną temperatūra, palyginti su 21 ir 24 dienomis, gerokai sumažėjo ( $p < 0,05$ ), tačiau, palyginti su kitomis dienomis, ji vis dar buvo aukšta ( $p < 0,05$ ).

Lyginant skirtingo užkrėstumo lygio silosus, 0 dieną iš 50 % užkrėstų kukurūzų pagaminto siloso temperatūra buvo gerokai aukštesnė, nei sveiko siloso ( $p < 0,05$ ), nors ji reikšmingai nesiskyrė nuo 100 % pažeisto siloso ( $p > 0,05$ ). Trečiąją dieną temperatūra 50 % pažeistų kukurūzų silose ir toliau buvo reikšmingai aukštesnė nei neužkrėstų kukurūzų silose ( $p < 0,05$ ). Penkioliką dieną temperatūra 100 % užkrėstame silose buvo reikšmingai aukštesnė nei 50 % pažeistame ( $p < 0,05$ ), tačiau ji reikšmingai nesiskyrė nuo sveiko siloso ( $p > 0,05$ ). 18 dieną temperatūra 50 % užkrėstame silose buvo reikšmingai aukštesnė, palyginti su sveiku silosu ( $p < 0,05$ ), o 100 % pažeisto siloso temperatūra buvo aukščiausia, palyginti su kitais silosais ( $p < 0,005$ ).

### **Apibendrinimas**

*Šio tyrimo rezultatai parodė, kad silosas, paruoštas iš 100 proc. pūslėtosiomis kūlėmis užkrėstų kukurūzų, pasižymi mažesniu sausųjų medžiagų ir žalios ląstelienos kiekiu ir pH padidėjimu aerobinės fermentacijos metu. Jame taip pat buvo mažesnis krakmolo kiekis nei kituose variantuose, o po atidarymo šis silosas pasižymėjo kaitimu. Nors šis silosas turėjo apskritai blogesnę kokybę, nei silosas, paruoštas iš neužkrėstų kukurūzų, jis neturėtų turėti neigiamo poveikio gyvulių sveikatai ar produkcijai. Siloso, paruoštas iš 50 proc. pūslėtosiomis kūlėmis užkrėstų kukurūzų kokybė per visą aerobinės fermentacijos laikotarpį stipriai nepakito. Tačiau jo kokybė buvo prastesnė, palyginti su silosu, pagamintu iš kukurūzų, neužkrėstų pūslėtosiomis kūlėmis. Tai rodo, kad net ir vidutinis užsikrėtimas Ustilago maydis gali pabloginti siloso kokybę. Šie rezultatai rodo, kad didėjant kukurūzų užsikrėtimo lygiui Ustilago maydis, bus neigiamai paveikta kukurūzų siloso kokybė ir aerobinis stabilumas. Šis tyrimas pagerino mūsų supratimą apie Ustilago maydis infekcijos poveikį kukurūzų siloso kokybei, susijusiai su aerobiniu gedimu, ypač ilgos aerobinės fermentacijos metu. Vis dėlto reikia tolesnių tyrimų, kad būtų galima geriau suprasti pūslėtųjų kūlių poveikį kukurūzų siloso mitybinei vertei ir fermentacijos kokybei.*

## **3.3. Lietuvoje pagaminto įvairių rūšių konservuoto pašaro kokybės palyginimas**

### **3.3.1. Žolinių konservuotų pašarų mitybinės vertės rodiklių palyginimas**

#### **Kokybės rodikliai įvairios sudėties žoliniuose konservuotuose pašaruose**

Daugeliu atveju skirtumai metuose tarp skirtingų siloso rūšių pasikartoja, todėl skirtumai tarp siloso rūšių buvo įvertinti analizuojant visų metų duomenis bendrai. Rezultatai pateikti 19 lentelėje. Mažiausias SM kiekis buvo nustatytas dobilų silose (30,5 proc.), šis kiekis reikšmingai nesiskyrė nuo liucernos ir pupinio mišinio siloso, kuriuose nustatytas SM kiekis

atitinkamai buvo 37,8 ir 39,4 proc., tačiau reikšmingai skyrėsi nuo mišinio ir miglinių žolių siloso ( $p < 0,05$ ), kuriuose SM kiekis buvo beveik 10 proc. didesnis, taip pat nuo šienainio ( $p < 0,01$ ) ir javainio ( $p < 0,001$ ), kuriuose SM kiekis atitinkamai buvo daugiau nei 15 ir beveik 20 proc. didesnis. Liucernos ir pupinių mišinio silose SM kiekis buvo reikšmingai mažesnis tik lyginant su javainio SM kiekiu ( $p < 0,05$ ).

Reikšmingai mažesnė AE rasta tik pupinių mišinyje. AE buvo 1,4–2,5 MJ/kg SM mažesnė lyginant su kitomis siloso rūšimis ( $p < 0,05$ ). Pupinių mišinyje taip pat nustatyta mažiausia ir NEL. NEL buvo apie 0,9 MJ/kg SM mažesnė nei mišinyje ir javainyje ( $p < 0,01$ ) ir 1,1–1,5 MJ/kg SM mažesnė lyginant su kitomis siloso rūšimis ( $p < 0,001$ ). Nors mišinyje ir javainyje NEL reikšmingai didesnė nei pupinių mišinyje, tačiau vis tiek reikšmingai mažesnė nei liucernos silose ( $p < 0,01$ ), kur NEL siekė 5,6 MJ/kg SM.

Liucernos silosas taip pat pasižymėjo didžiausiu ŽB kiekiu (16,9 proc. SM), kuris buvo reikšmingai didesnis už šienainio ( $p < 0,05$ ), mišinio ir javainio ŽB kiekį ( $p < 0,01$ ), tačiau reikšmingai nesiskyrė nuo kitų siloso rūšių. Pupinių mišinys taip pasižymėjo aukštu ŽB kiekiu (16 proc. SM), kuris buvo reikšmingai didesnis nei javainyje ir mišinyje ( $p < 0,05$ ), tačiau reikšmingai nesiskyrė nuo kitų siloso rūšių. Miglinių žolių silose, miglinių-pupinių žolių silose ir javainyje VTA kiekis užfiksuotas 2 kartus didesnis nei pupinių mišinyje ir liucernos silose ( $p < 0,05$ ). Kitos sudėties silosas VTA kiekiu reikšmingai nesiskyrė nuo prieš tai minėtų siloso rūšių. ŽR kiekis reikšmingai nesiskyrė tarp siloso rūšių.

Liucernos, pupinių mišinio ir dobilų silosas pasižymėjo mažiausiu NDF kiekiu – vidutiniškai apie 44 proc. SM. Liucernos silose NDF kiekis buvo 10 proc. SM mažesnis nei javainio silose ( $p < 0,001$ ), 7 proc. SM mažesnis nei šienainyje, 6 proc. SM mažesnis nei mišinyje ir 5 proc. SM mažesnis nei miglinių žolių silose ( $p < 0,05$ ). Kalbant apie pupinių mišinio ir dobilų siloso NDF kiekį, nustatyta, kad jis taip pat buvo reikšmingai mažesnis nei šienainyje ir javainyje ( $p < 0,05$ ). Mažiausias ADF kiekis taip pat buvo užfiksuotas liucernos, pupinių mišinio ir dobilų silose. Liucernos silose ADF kiekis buvo nuo 3 iki 5 proc. SM reikšmingai mažesnis lyginant su mišiniu ( $p < 0,05$ ), šienainiu ( $p < 0,05$ ) ir javainiu ( $p < 0,001$ ). Pupinių mišinio ir dobilų siloso ADF kiekis reikšmingai mažesnis buvo tik lyginant su javainiu ( $p < 0,05$ ). ŽL kiekis reikšmingai išsiskyrė tik javainyje. Javainyje ŽL kiekis buvo didžiausias ir reikšmingai skyrėsi nuo liucernos, dobilų ( $p < 0,01$ ), pupinių mišinio, miglinių žolių siloso ir mišinio ( $p < 0,05$ ), tačiau reikšmingų skirtumų su šienainiu nenustatyta. Vertinant ŽP kiekį skirtumų tarp siloso rūšių rasta nebuvo.

Šienainio pH vertė 4,9 buvo didžiausia, ji buvo 0,5 labiau šarminė nei miglinių – pupinių žolių siloso pH vertė ( $p < 0,05$ ), tačiau šių abiejų rūšių pH reikšmingai nesiskyrė nuo kitų siloso rūšių. Dobilų siloso FR buvo beveik 2 kartus žemesnis nei mišinio siloso ( $p < 0,05$ ), tačiau šių rūšių FR reikšmingai nesiskyrė nuo kitos sudėties siloso rūšių.

**19 lentelė.** Lietuvoje pagaminto įvairių rūšių siloso kokybės rodikliai

**Table 19.** Quality indicators of different types of silage produced in Lithuania

Rodiklis / Parameter	Miglinių žolių silosas / Perennial grasses silage	Šienainis / Haylage	Liucernos silosas / Alfalfa silage	Miglinių - pupinių žolių silosas / Perennial – legumes silage	Javainis / Cereal	Dobilų silosas / Clover silage	Pupinių žolių silosas / Legumes silage
n	860	43	36	26	19	13	4
SM/DM g kg <sup>-1</sup>	409 ± 4 ab	449 ± 21 ab	378 ± 20 bc	404 ± 34 ab	496 ± 25 a	305 ± 21 c	394 ± 58 bc
ME MJ/kg SM	9,1 ± 0,06 a	8,9 ± 0,15 a	9,5 ± 0,08 a	8,6 ± 0,18 a	8,5 ± 0,14 a	9,1 ± 0,16 a	7,1 ± 1,36 b
NEL MJ/kg SM	5,2 ± 0,02 ab	5,1 ± 0,13 ab	5,5 ± 0,06 a	4,8 ± 0,12 b	4,9 ± 0,08 b	5,2 ± 0,11 ab	4,0 ± 0,85 c
ŽB/CP g kg <sup>-1</sup> SM	140 ± 1,7 abc	122 ± 5,5 bc	169 ± 5,1 a	116 ± 5,8 c	109 ± 5,0 c	147 ± 6,9 abc	160 ± 9,5 ab
VTA/WSC g kg <sup>-1</sup> SM	40,2 ± 0,9 ab	41,8 ± 4,5 ab	23,2 ± 4,3 b	45,0 ± 6,3 a	45,5 ± 2,4 a	29,0 ± 6,0 ab	20,8 ± 10,8 b
ŽR/CL g kg <sup>-1</sup> SM	33,8 ± 0,5 a	30,2 ± 1,0 a	36,2 ± 1,0 a	33,2 ± 1,3 a	32,0 ± 1,5 a	32,6 ± 1,4 a	31,1 ± 2,7 a
NDF g kg <sup>-1</sup> SM	487 ± 2,3 ab	504 ± 11,2 a	432 ± 10,3 c	496 ± 11,9ab	532 ± 11,1 a	450 ± 18,8bc	442 ± 15,4bc
ADF g kg <sup>-1</sup> SM	310 ± 1,2 abc	320 ± 5,9 ab	285 ± 5,0 c	315 ± 6,5 ab	336 ± 6,8 a	304 ± 7,1 bc	300 ± 7,3 bc
ŽL/CF g kg <sup>-1</sup> SM	265 ± 1,2 b	277 ± 5,4 ab	249 ± 4,8 b	267 ± 6,7 b	295 ± 6,1 a	256 ± 7,6 b	260 ± 6,8 b
ŽP/CA g kg <sup>-1</sup> SM	95,1 ± 1,1 a	96,3 ± 5,4 a	88,9 ± 3,7 a	98,5 ± 8,0 a	86,3 ± 6,1 a	97,8 ± 9,6 a	100,6 ± 11,2a
pH	4,6 ± 0,02 ab	4,9 ± 0,08 a	7,7 ± 0,08 ab	4,4 ± 0,11 b	4,7 ± 0,12 ab	4,8 ± 0,13 ab	4,7 ± 0,10 ab
FR/FI	16,3 ± 0,3 ab	11,4 ± 1,9 ab	12,9 ± 1,9 ab	20,5 ± 2,2 a	17,7 ± 2,8 ab	10,6 ± 3,6 b	16,3 ± 3,0 ab

Pastaba. Skirtingomis mažosiomis raidėmis (a,b) pažymėtos vertės rodo reikšmingus skirtumus tarp konservuotų pašarų rūšių, pagal Dunkano kriterijų. Note. Values marked with different lowercase letters (a,b) indicate significant differences between types of conserved feed according to the Duncan's test,  $P < 0,05$ .

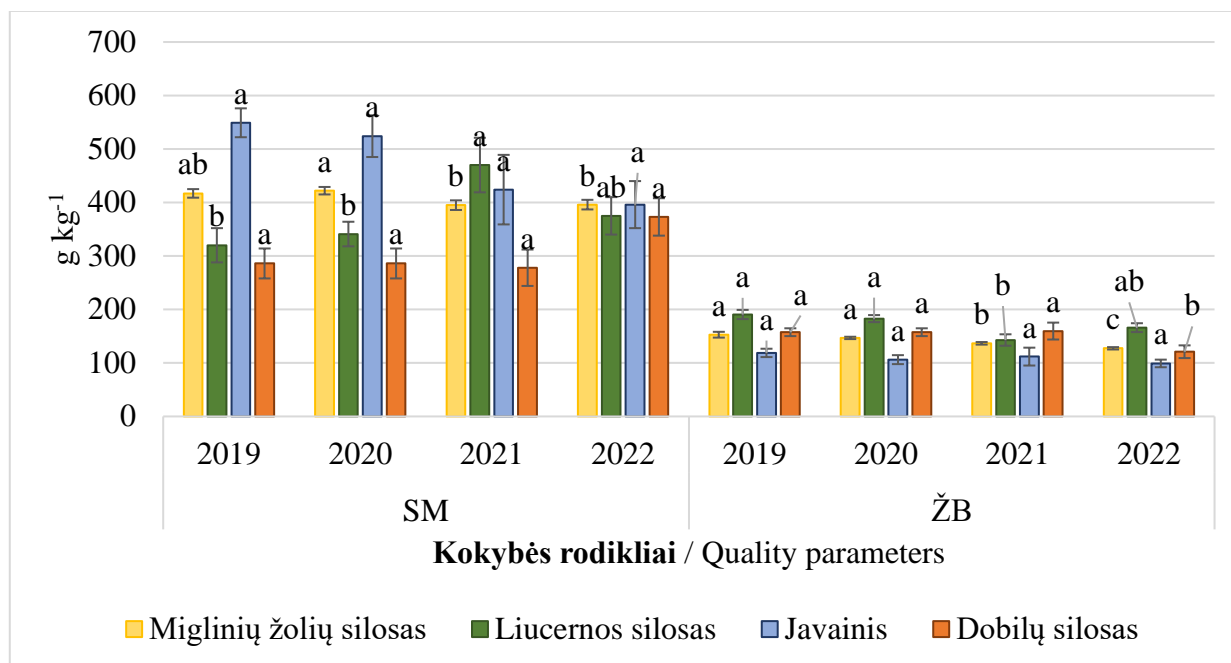
**Kokybės rodiklių palyginimas įvairios sudėties žoliniuose konservuotuose pašaruose skirtingais metais**

Dėl mėginių kiekio trūkumo skirtumus tarp metų pavyko įvertinti tik dobilų silose, javainyje, liucernos silose ir miglinių žolių silose. Dobilų silose ir javainyje SM kiekis per visa tyrimo laikotarpį (2019-2022) reikšmingai nekito (21 paveikslas). Liucernos silose didžiausias SM kiekis (47 proc.) nustatytas 2021 metais, kuomet buvo stebima ypatingai sausa vasara, o liepos mėnesio temperatūra viršijo daugiamečių vidurkį. Jis reikšmingai nesiskyrė nuo 2022 metais nustatyto SM kiekio, tačiau buvo reikšmingai didesnis nei 2019 ( $p < 0,05$ ) ir 2020 ( $p < 0,05$ ) metais, kai SM kiekis atitinkamai buvo 32 proc. ir 34,1 proc. Tuo tarpu. miglinių žolių silose didžiausias SM kiekis 42,2 proc. nustatytas 2020 metais ir jis reikšmingai nesiskyrė nuo 2019 metais nustatyto SM kiekio, tačiau buvo reikšmingai didesnis nei 2021 ir 2022, kai nustatytas SM kiekis buvo apie 39,6 proc. ( $p < 0,05$ ).

Javainyje ŽB kiekis reikšmingų skirtumų tarp tyrimo metų neturėjo. Mažiausias ŽB kiekis dobilų silose nustatytas tik 2022 metais. ŽB kiekis buvo mažesnis apie 4,6 proc. SM lyginant su



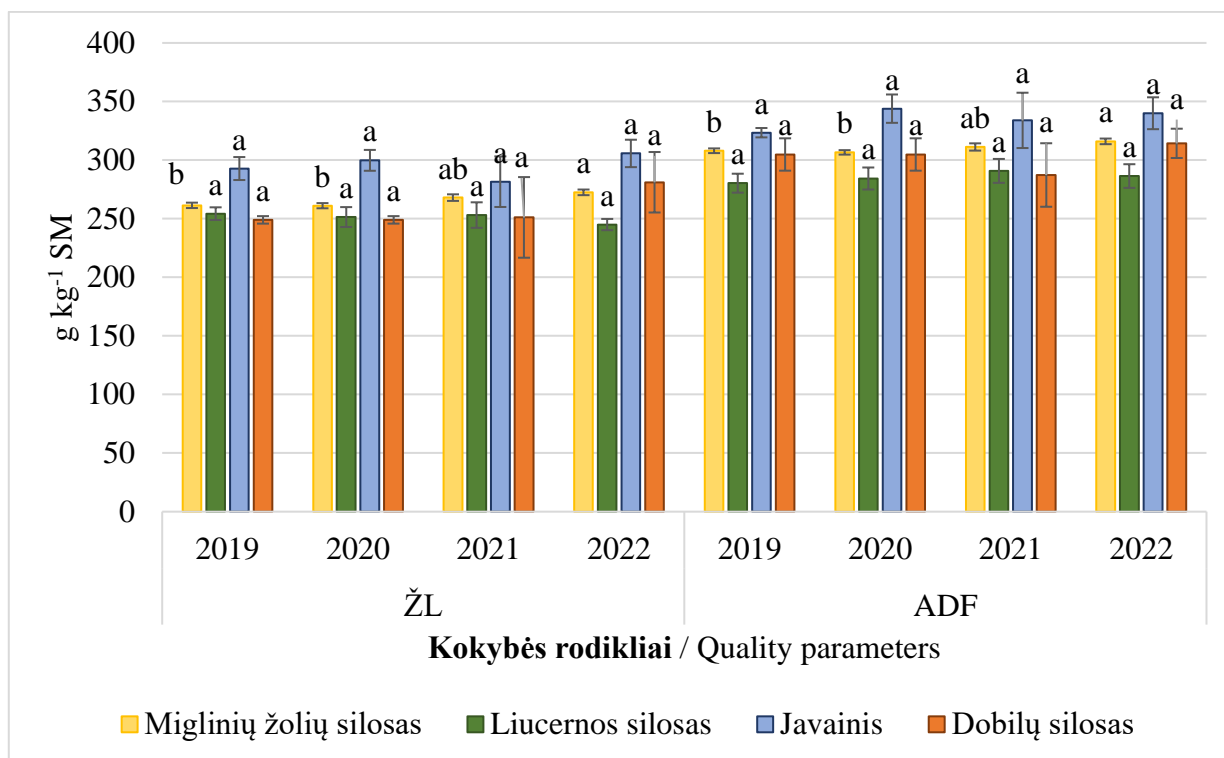
ankstesniais tyrimo metais ( $p < 0,05$ ). Liucernos silose vidutiniškai 4,4 proc. SM didesnis ŽB kiekis buvo nustatytas 2019 ir 2020 metais lyginant su 2021 metais ( $p < 0,01$ ), o 2022 metais ŽB kiekis reikšmingai nesiskyrė nuo kitų tyrimo metų. Miglinių žolių silose didžiausias ŽB kiekis taip pat užfiksuotas 2019 ir 2020 metais. ŽB kiekis buvo vidutiniškai 1,3 proc.



**21 paveikslas.** Sausųjų medžiagų ir žalių baltymų kiekis įvairios sudėties žoliniuose konservuotuose pašaruose 2019–2022 m.

**Figure 21.** Dry matter and crude protein content of various composition conserved feeds in 2019–2022

ŽL kiekis taip pat kaip ir ADF kiekis reikšmingai tarp metų kito tik miglinių žolių silose (22 paveikslas). Kiekio kitimo tendencija taip pat buvo labai panaši. Didžiausias ŽL kiekis nustatytas 2022 metais ir jis reikšmingai nesiskyrė nuo 2021 metais nustatyto ŽL kiekio, tačiau 2019 ( $p < 0,01$ ) ir 2020 ( $p < 0,001$ ) metais ŽL kiekis buvo daugiau nei 1 proc. SM mažesnis. Vertinant ADF kiekį reikšmingų skirtumų tarp metų vertinant dobilų, javainio ir liucernos silosą nenustatyta. Didžiausias ADF kiekis nustatytas 2022 metais. Jis reikšmingai nesiskyrė nuo 2021 metų, tačiau buvo beveik 1 proc. SM didesnis, nei 2019 ( $p < 0,05$ ) ir 2020 ( $p < 0,01$ ) metais. Likusių kokybės rodiklių vertinimas, reikšmingų skirtumų tarp konservuotų pašarų sudėties, neparodė.



**22 paveikslas.** Žalios laštelienos ir rūgštaus detergento tirpale netirpios laštelienos kiekis įvairios sudėties žoliniuose konservuotuose pašaruose 2019–2022 m.

*Figure 22.* Crude fiber and acid detergent fiber content of various composition conserved feeds in 2019–2022

### Kokybės rodiklių palyginimas įvairios sudėties žoliniuose konservuotuose pašaruose, priklausomai nuo konservavimo būdo

Vertinant SM kiekio skirtumus tarp konservavimo būdų, reikšmingai išsiskyrė tik konservavimas ryšulyje, nes mėginiuose paimtuose iš ryšulių SM kiekis buvo reikšmingai didesnis, nei silosuojant rankovėje, kaupuose ar tranšėje (p < 0,05), tačiau SM kiekis reikšmingai nesiskyrė, kai silosas buvo laikomas ritiniuose (20 Lentelė). Reikšmingai šarmingesnis pH taip pat nustatomas ryšulyje. pH buvo vidutiniškai 0,6 pH vienetų didesnė nei rankovėse, tranšėjose ir kaupuose laikomo siloso (p < 0,01), tačiau reikšmingai nesiskyrė nuo ritiniuose laikomo siloso pH. FR rodiklis taip pat išsiskyrė ryšulyje. Čia jis buvo žemiausias (apie 4,4) ir lyginant su rankovėje ir tranšėje laikomu silosu buvo daugiau kaip 4 kartus mažesnis, lyginant su kaupuose laikomu silosu daugiau nei 3,5 karto mažesnis (p < 0,01). Likusių rodiklių (AE, NEL, ŽB, ŽR, NDF, ADF, ŽL ir ŽP) kiekis vertinant skirtingus silosavimo būdus reikšmingai nekito.

**20 lentelė.** Lietuvoje pagaminto įvairiais būdais konservuoto žolinio pašaro kokybės rodikliai

**Table 20.** Quality parameters of variously preserved grass fodder produced in Lithuania

<b>Rodiklis / Parameter</b>	<b>Tranšėja / Trench</b>	<b>Ritinys / Bales</b>	<b>Kaupas / Heap</b>	<b>Rankovė / Sleeve</b>	<b>Ryšulys / Bundle</b>
<b>n</b>	589	274	120	13	4
<b>SM/DM g kg<sup>-1</sup></b>	398 ± 4,7 b	439 ± 8,6 ab	397 ± 11,8 b	382 ± 20,6 b	508,8 ± 87,2 a
<b>ME MJ/kg SM</b>	9,19 ± 0,07 a	8,98 ± 0,05 a	9,14 ± 0,28 a	9,26 ± 0,16 a	9,30 ± 0,18 a
<b>NEL MJ/kgSM</b>	5,25 ± 0,02 a	5,15 ± 0,04 a	5,09 ± 0,05 a	5,37 ± 0,12 a	5,37 ± 0,12 a
<b>ŽB/CP g kg<sup>-1</sup> SM</b>	144,6 ± 2,3 a	131,1 ± 2,0 a	138,2 ± 3,0 a	143,3 ± 6,0 a	134,8 ± 26,2 a
<b>VTA/WSC g kg<sup>-1</sup> SM</b>	37,8 ± 1,1 ab	44,7 ± 1,6 ab	36,6 ± 2,6 ab	29,1 ± 6,1 b	52,4 ± 18,8 a
<b>ŽR/CL g kg<sup>-1</sup> SM</b>	35,2 ± 0,7 a	30,7 ± 0,4 a	33,1 ± 0,6 a	36,6 ± 1,7 a	27,8 ± 1,5 a
<b>NDF g kg<sup>-1</sup> SM</b>	481 ± 2,6 a	492 ± 4,4 a	500 ± 6,2 a	502 ± 18,1 a	471 ± 4,3 a
<b>ADF g kg<sup>-1</sup> SM</b>	307 ± 1,4 a	314 ± 2,1 a	318 ± 3,4 a	313 ± 8,0 a	294 ± 22,9 a
<b>ŽL/CF g kg<sup>-1</sup> SM</b>	260 ± 1,4 a	275 ± 2,1 a	270 ± 3,2 a	278 ± 10,0 a	267 ± 24,5 a
<b>ŽP/CA g kg<sup>-1</sup> SM</b>	98,8 ± 1,4 a	87,2 ± 1,7 a	93,1 ± 2,4 a	87,3 ± 5,0 a	74,3 ± 6,7 a
<b>pH</b>	4,60 ± 0,02 b	4,91 ± 0,03 ab	4,66 ± 0,04 b	4,58 ± 0,12 b	5,20 ± 0,26 a
<b>FR</b>	18,33 ± 0,44 a	11,57 ± 0,76 ab	16,04 ± 0,92 a	18,19 ± 3,04 a	4,40 ± 0,8 b

Pastaba. Skirtingomis mažosiomis raidėmis (a,b) pažymėtos vertės rodo reikšmingus skirtumus tarp konservavimo būdų, pagal Dunkano kriterijų. Note. Values marked with different lowercase letters (a,b) indicate significant differences between preservation methods according to the Duncan's test,  $P < 0,05$ .

### **Apibendrinimas:**

Dobilų ir liucernos silosas pasižymėjo mažiausiu SM kiekiu, o kartu su pupinių žolių mišinio silosu ir mažiausiu NDF ir ADF kiekiu. Pupinių žolių mišinys taip pat pasižymėjo ir mažiausiu AE ir NEL kiekiu lyginant su kitu silosu. Tačiau liucernos silosas ir pupinių žolių mišinio silosas išsiskyrė didžiausiu baltymų kiekiu. Miglinių – pupinių žolių mišinio silosas – didžiausiu FR. Didžiausias ŽL kiekis nustatytas javainyje. Konservuojant pašarą skirtingais būdais, tarp didžiosios daugumo kokybinių rodiklių reikšmingų skirtumų nenustatyta, tik pašaras konservuotas ryšulyje išsiskyrė didesniu SM ir pH ir mažiausiu FR kiekiu.

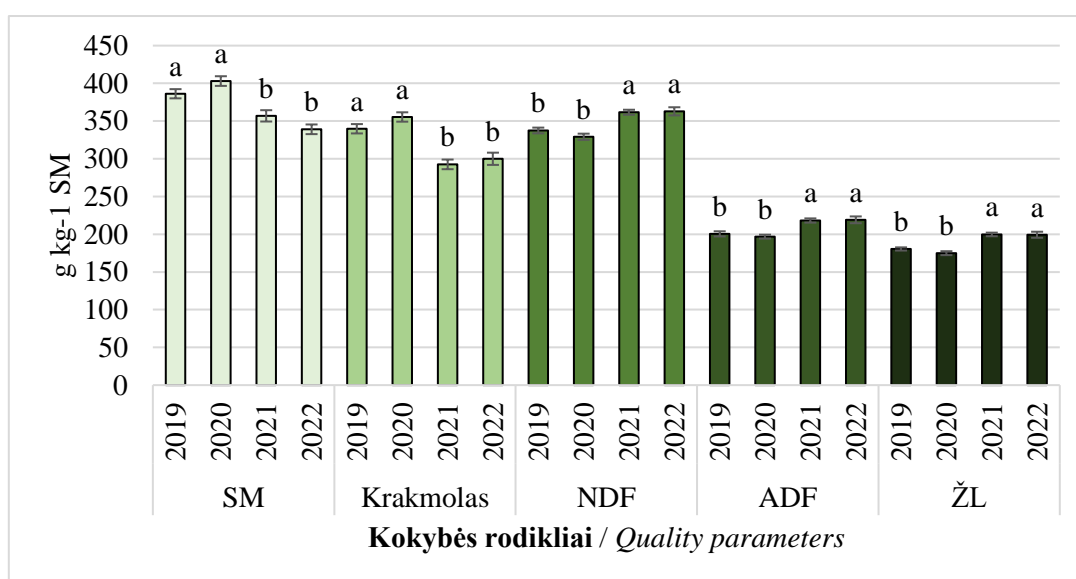
### **3.3.2. Kukurūzų siloso mitybinės vertės rodiklių palyginimas**

#### **Kokybės rodiklių palyginimas kukurūzų silose skirtingais metais**

Didžiausias SM kiekis kukurūzų silose nustatytas 2020 metais, kuomet liepos–rugsėjo mėnesių kritulių kiekis buvo mažesnis už daugiametį vidurkį. SM kiekis buvo 6,4 proc. reikšmingai didesnis nei 2022 metais ( $p < 0,001$ ) ir 4,6 proc. didesnis nei 2021 metais ( $p < 0,01$ ) (23 paveikslas). 2019 metais nustatytas SM kiekis reikšmingai nesiskyrė nuo 2020 metais

nustatyto SM kiekio, tačiau vis tiek buvo reikšmingai didesnis nei 2021 ir 2022 metais ( $p < 0,01$ ). Krakmolo kiekis reikšmingai išsiskyrė lyginant krakmolo kiekį nustatytą 2019–2020 metais su krakmolo kiekiu nustatytu lyginant 2021–2022 metais. Krakmolo kiekis 2019–2020 metais buvo 4,0–6,3 proc. SM didesnis ( $p < 0,001$ ).

NDF kiekis 2019-2020 metais buvo vidutiniškai 2,9 proc. SM mažesnis nei 2021–2022 metais ( $p < 0,001$ ). ADF kiekis lygiai taip pat kaip ir NDF kiekis 2019–2020 metais buvo mažesnis. ADF kiekis buvo vidutiniškai 2 proc. SM mažesnis nei 2021–2022 metais ( $p < 0,001$ ). Ta pati tendencija pastebima ir ŽL kiekyje. ŽL kiekis 2019–2020 metais buvo vidutiniškai 2,2 proc. SM mažesnis nei 2021–2022 metais ( $p < 0,001$ ).

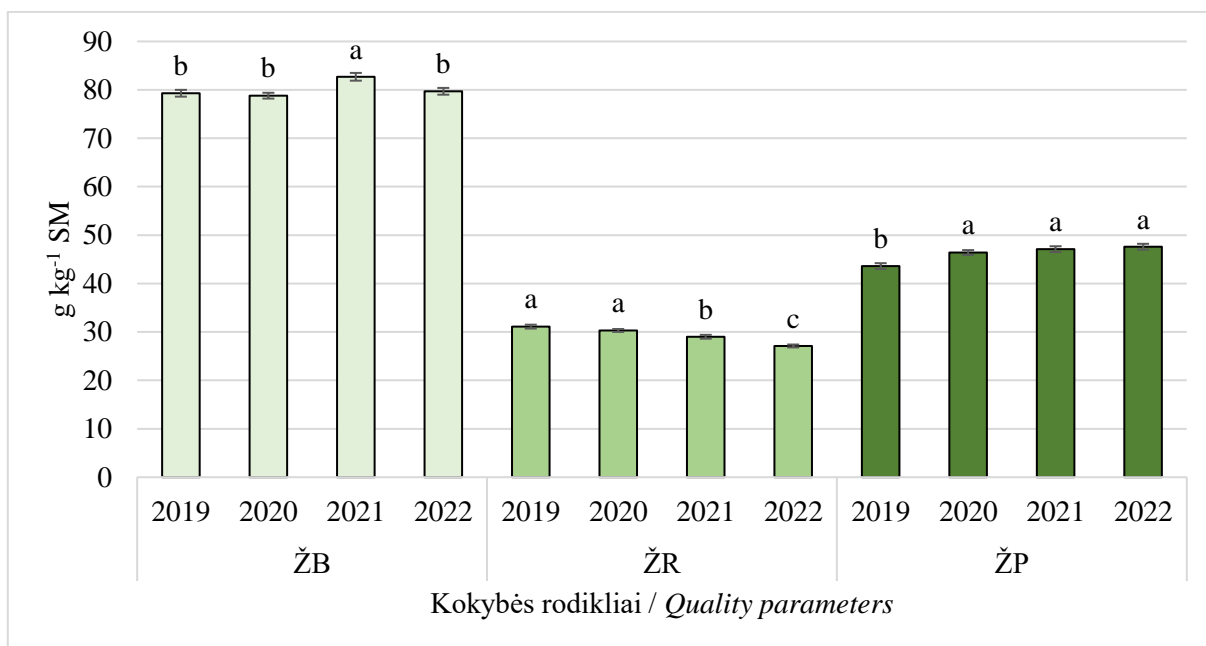


**23 paveikslas.** Sausos medžiagos, krakmolo, NDF, ADF ir žalios ląstelių kiekis kukurūzų silose 2019–2022 m.

**Figure 23.** Dry matter, starch, NDF, ADF and crude fibre content in maize silage 2019–2022

Pastaba. Skirtingomis mažosiomis raidėmis (a,b) pažymėtos vertės rodo reikšmingus skirtumus tarp metų, pagal Dunkano kriterijų. Note. Values marked with different lowercase letters (a,b) indicate significant differences between years according to the Duncan's test,  $P < 0,05$ .

ŽB kiekis reikšmingai nekito lyginant 2019, 2020 ir 2022 metus ir vidutinis ŽB kiekis tais metais buvo apie 7,92 proc. SM ir buvo reikšmingai mažesnis nei 2021 metais (lyginant su 2020 metais  $p < 0,001$ , lyginant su 2019 ir 2022 metais  $p < 0,01$ ), kai vidutinis ŽB kiekis siekė 8,27 proc. SM (24 paveikslas). Lyginant su kitais tyrimo metais mažiausias ŽR kiekis buvo 2022 metais ( $p < 0,001$ ). Nors 2021 metais nustatytas ŽR kiekis buvo didesnis lyginant su 2022 metais, tačiau ŽR vis tiek buvo reikšmingai mažiau nei 2020 ( $p < 0,01$ ) ir 2019 ( $p < 0,001$ ) metais. ŽP kiekis reikšmingai išsiskyrė tik 2019 metais. Lyginant su kitais tyrimo metais ŽP kiekis buvo vidutiniškai 0,34 proc. SM mažesnis nei 2020-2022 tyrimo metais ( $p < 0,001$ ).

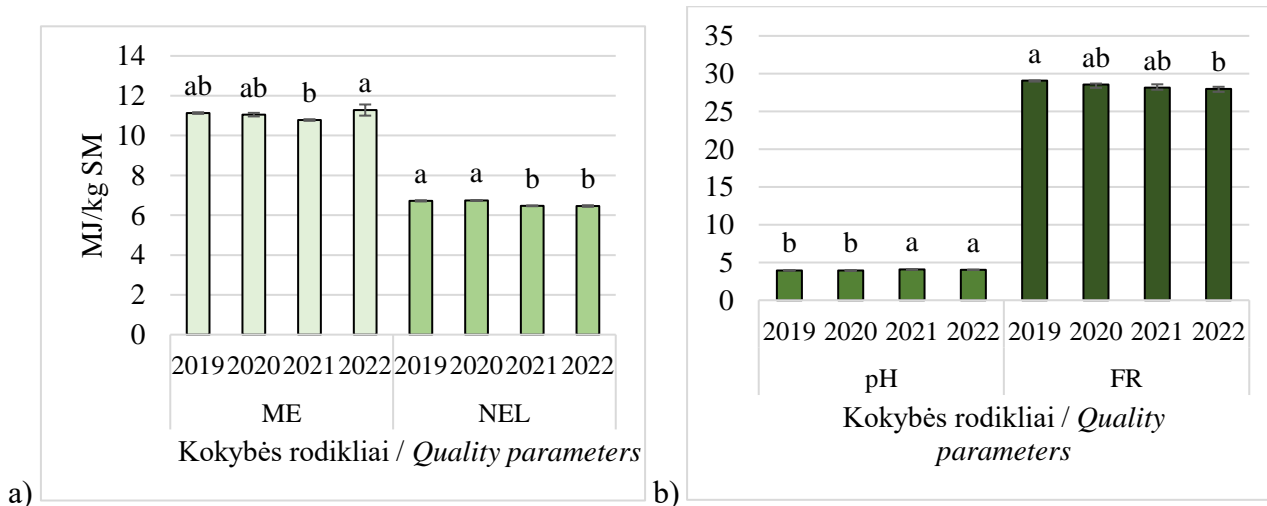


**24 paveikslas.** Žalių baltymų, žalių riebalų ir žalių pelenų kiekis kukurūzų silose 2019–2022 m.

**Figure 24.** Crude protein, crude fat and crude ash content in maize silage in 2019–2022

Skirtingomis mažosiomis raidėmis (a,b) pažymėtos vertės rodo reikšmingus skirtumus tarp metų, pagal Dunkano kriterijų / values marked with different lowercase letters (a,b) indicate significant differences between years according to the Duncan's test,  $P < 0,05$ .

ME buvo 0,5 MJ/kg SM didesnė 2022 metais nei 2021 ( $p < 0,05$ ), tačiau abejais metais nustatyta ME reikšmingai nesiskyrė nuo kitų tyrimo metų (2019 ir 2020) (25a paveikslas).



**25 paveikslas.** Metabolizuojama energija ir neto energija laktacijai (a) ir pH ir fermentacijos rodiklis kukurūzų silose 2019–2022 m.

**Figure 25.** Metabolisable energy and net lactation energy (a) and pH and fermentation index in maize silage in 2019–2022

Skirtingomis mažosiomis raidėmis (a,b) pažymėtos vertės rodo reikšmingus skirtumus tarp metų, pagal Dunkano kriterijų / values marked with different lowercase letters (a,b) indicate significant differences between years according to the Duncan's test,  $P < 0,05$ .

Didžiausia NEL nustatyta 2019 ir 2020 metais. Ji šiais metais buvo labai panaši ir vidutiniškai siekė 6,73 MJ/kg SM. NEL taip pat buvo labai panaši lyginant 2021 bei 2022 metus ir vidutiniškai siekė 6,47 MJ/kg SM, tačiau šiais metais NEL buvo reikšmingai mažesnė nei 2019 ir 2020 metais ( $p < 0,001$ ).

pH vertė, kuri 2019-2020 metais siekė 3,94, buvo reikšmingai mažesnė nei 2022 metais, kai vidutinė pH vertė siekė 4,03 ( $p < 0,01$ ) ir 2021 metais, kai vidutinė pH vertė siekė 4,07 ( $p < 0,001$ ) (25b paveikslas). Nedideliu skirtumu, bet FR reikšmė didesnė 2019 metais nei 2022 metais ( $p < 0,05$ ), tačiau abiejų šių metų FR nesiskyrė nuo 2020 ir 2021 tyrimo metų.

### Kokybės rodiklių palyginimas kukurūzų silose priklausomai nuo konservavimo būdų

SM kiekis silosuojant rankovėje buvo 4,2 proc. didesnis nei silosuojant ritiniuose ar kaupuose ( $p < 0,05$ ) (21 lentelė). Silosuojant tranšėje SM kiekis taip pat nustatomas šiek tiek mažesnis, tačiau jis reikšmingai nesiskyrė nuo kitų silosavimo būdų. AE reikšmingai nekito esant skirtingiems silosavimo būdams. NEL išsiskyrė tik silosuojant rankovėje. NEL buvo 0,4 MJ/kg SM didesnė nei silosuojant kaupuose, tranšėjose ar ritiniuose, kur NEL vidutiniškai buvo 6,6 MJ/kg SM ( $p < 0,001$ ).

**21 lentelė.** Lietuvoje pagaminto įvairiais būdais konservuoto kukurūzų siloso kokybės rodikliai

*Table 21. Quality parameters of variously preserved maize silage produced in Lithuania*

Rodiklis / Parameter	Tranšėja / Trench	Kaupas / Heap	Ritiniai / Bales	Rankovė / Sleeve
<b>n</b>	16	75	26	13
<b>SM/DM g kg<sup>-1</sup></b>	374,6 ± 3,9 ab	366,6 ± 8,3 b	366,1 ± 13,2 b	408,5 ± 37,6 a
<b>ME MJ/kg SM</b>	11,06 ± 0,09 a	11,17 ± 0,23 a	11,01 ± 0,09 a	11,51 ± 0,36 a
<b>NEL MJ/kg SM</b>	6,61 ± 0,02 b	6,60 ± 0,04 b	6,66 ± 0,06 b	7,02 ± 0,04 b
<b>ŽB/CP g kg<sup>-1</sup> SM</b>	80,1 ± 0,04 ab	78,6 ± 0,9 ab	78,0 1,8 b	82,3 ± 1,9 a
<b>Krakmolas/Starch g kg<sup>-1</sup> SM</b>	324,1 ± 3,9 b	320,3 ± 9,1 b	331,9 ± 14,0 b	387,0 ± 43,6 a
<b>ŽR/CL g kg<sup>-1</sup> SM</b>	29,6 ± 0,2 ab	28,9 ± 0,5 b	28,7 ± 0,7 b	31,5 ± 2,1
<b>NDF g kg<sup>-1</sup> SM</b>	345,6 ± 2,4 a	353,9 ± 5,5 a	351,0 ± 7,2 a	299,7 ± 32,2 b
<b>ADF g kg<sup>-1</sup> SM</b>	207,9 ± 2,0 a	211,0 ± 4,0 a	208,6 ± 5,8 a	171,2 ± 24,0 b
<b>ŽL/CF g kg<sup>-1</sup> SM</b>	187,7 ± 1,7 a	188,7 ± 3,8 a	185,7 ± 5,6 a	165,6 ± 20,4 b
<b>ŽP/CA g kg<sup>-1</sup> SM</b>	46,0 ± 0,3 a	47,2 ± 0,7 a	44,6 ± 1,3 a	41,2 ± 4,0 b
<b>pH</b>	3,97 ± 0,01 a	4,01 ± 0,03 a	4,03 ± 0,03 a	4,02 ± 0,05
<b>FR/Fl</b>	28,66 ± 0,18 a	27,87 ± 0,58 a	28,28 ± 0,49 a	28,65 ± 0,65 a

Skirtingomis mažosiomis raidėmis (a,b) pažymėtos vertės rodo reikšmingus skirtumus tarp konservavimo būdų, pagal Dunkano kriterijų / values marked with different lowercase letters (a,b) indicate significant differences between preservation methods according to the Duncan's test,  $P < 0,05$ .

ŽB kiekis reikšmingai skyrėsi tik tarp silosavimo ritiniuose ir rankovėje. Pastebima, kad silosuojant rankovėje vidutinis ŽB kiekis buvo 0,43 proc. SM didesnis nei silosuojant ritiniuose ( $p < 0,05$ ). Lyginant skirtingus silosavimo būdus pastebima, jog didžiausias krakmolo kiekis aptinkamas silosuojant rankovėje. Krakmolo kiekis buvo 5,5–6,7 proc. SM didesnis nei kaupuose, tranšėjose ar ritiniuose ( $p < 0,05$ ). ŽR kiekis labiausiai išsiskyrė silosuojant ritiniuose ir rankovėse. Ritiniuose ŽR kiekis buvo mažiausias (2,87 proc. SM), kai tuo tarpu rankovėje didžiausias (3,15 proc. SM) ( $p < 0,01$ ). Tranšėjoje nustatytas ŽR kiekis (2,96 proc. SM) reikšmingai nesiskyrė nuo kitų silosavimo būdų, o kaupuose nustatytas ŽR kiekis (2,89 proc. SM) nors ir mažiau, tačiau vis tiek statistiškai reikšmingai buvo mažesnis nei rankovėse ( $p < 0,05$ ).

NDF kiekis buvo nuo 4,6 iki 5,4 proc. SM mažesnis silosuojant rankovėse lyginant su kitais silosavimo būdais ( $p < 0,001$ ). ADF kiekis lygiai taip pat kaip ir NDF kiekis mažesnis matomas silosuojant rankovėse. ADF kiekis buvo nuo 3,7 iki 4,0 proc. SM mažesnis rankovėse lyginant su kitais silosavimo būdais ( $p < 0,001$ ). Ta pati tendencija rasta ir vertinant ŽL kiekį. Rankovėse ŽL kiekis buvo vidutiniškai 2,2 proc. SM mažesnis nei silosuojant ritiniuose, tranšėjose ar kaupuose ( $p < 0,05$ ).

Rankovėse taip pat užfiksuotas ir mažiausias ŽP kiekis. ŽP kiekis labiausiai išsiskyrė lyginant su kaupuose nustatytu ŽP kiekiu. Rankovėse ŽP kiekis buvo 0,6 proc. SM mažesnis ( $p < 0,001$ ) nei kaupuose, tačiau ŽP kiekis taip pat buvo 0,5 proc. SM mažesnis ir lyginant su ŽP kiekiu tranšėjose ( $p < 0,01$ ) ir 0,3 proc. SM mažesnis lyginant su ŽP kiekiu ritiniuose ( $p < 0,05$ ).

Vertinant pH pagal skirtingus silosavimo būdus nustatyta, kad visais atvejais pH išliko pastovus ir silosavimo būdas įtakos neturėjo. Kaip ir pH, FR tarp silosavimo būdų reikšmingai nesikeitė.

### **Apibendrinimas**

*Didžiausias SM kiekis kukurūzų silose nustatytas 2020 m. NDF, ADF ir ŽL kiekis buvo i mažesnis 2019 – 2020 m., nors šie metai pasižymėjo didesniu NEL. 2021 m. kukurūzų silosas išsiskyrė didesniu ŽB kiekiu. Kukurūzus silosuojant rankovėje, jų silosas reikšmingai išsiskyrė didesniu NEL, ŽB, ŽR ir krakmolo kiekiu ir mažiausiu NDF, ADF ir ŽP kiekiu. pH ir FR tarp silosavimo būdų reikšmingai nesiskyrė.*

## IŠVADOS

1. Įvertinus skirtingos procentinės sudėties miglinių – pupinių žolių mišinių siloso kokybę, nustatyta, kad silosas, kuriame dominavo pupinės žolės (80 proc.) pasižymėjo didesniu energijos ir baltymų kiekiu, tačiau prastesniais fermentacijos rodikliais, įskaitant mažą kiekį pieno rūgšties. Nors 100 % miglinių žolių silosas turėjo mažesnę baltymų ir energijos kiekį, jis pasižymėjo geresnės kokybės fermentacija dėl didesnio kiekio vandenyje tirpių angliavandenių, kas lėmė ir mažesnę sausųjų medžiagų kiekio praradimą ir didesnę kiekį pieno rūgšties. Aerobinės fermentacijos metu stipriu gedimu išsiskyrė tik aukštosios avižiuolės silosas. Nors miglinių žolių silose atidarius mėginius temperatūra didėjo, tai neturėjo reikšmingos įtakos siloso kokybei.

2. Ištyrus pieninės, vaškinės ir fiziologinės brandos kukurūzų siloso kokybę, nustatyta, jog vaškinės brandos kukurūzų silosas pasižymėjo optimaliu kiekiu sausųjų medžiagų ir stabilium baltymų kiekiu aerobinio gedimo metu, nors pieninės brandos silose buvo daugiau baltymų atidarius mėginius. Tačiau pieninės brandos kukurūzų silose dėl per didelės drėgmės negalėjo vykti kokybiška fermentacija, todėl šis silosas pasižymėjo stipriausiu aerobiniu gedimu. Fiziologinės brandos kukurūzų silose ląstelienos, NDF ir ADF kiekiai išliko stabilūs aerobinės fermentacijos metu. Nors silosas paruoštas iš 100 % pūslėtosiomis kūlėmis užkrėstų kukurūzų turėjo apskritai blogesnę kokybę, nei silosas, paruoštas iš neužkrėstų kukurūzų, jis neturėtų turėti neigiamo poveikio gyvulių sveikatai ar produkcijai.

3. Ištyrus ūkiuose surinkto konservuoto pašaro kokybę, nustatyta, kad įvairių pupinių žolių silosai ir jų mišiniai išsiskyrė dideliu kiekiu baltymų, tačiau nepasižymėjo gerais fermentaciniais rodikliais. Pastebėta, kad miglinių žolių ir miglinių-pupinių žolių silosas pasižymėjo dideliu kiekiu ląstelienos ir angliavandenių, buvo geros fermentacijos kokybės. Žoliniai pašarai, konservuoti tranšėjeje ir rankovėje išsiskyrė aukštu fermentacijos rodikliu ir žemu pH, kas rodo geros kokybės fermentaciją. Šiais būdais konservuotas pašaras taip pat buvo baltymingesnis ir pasižymėjo geresniais energetiniais rodikliais.

4. Nors kukurūzų siloso fermentacijos kokybė tyrimo metu nerodė priklausomybės nuo silosavimo būdo, didžiausias krakmolo ir baltymų kiekis kukurūzų silose buvo nustatytas silosuojant rankovėje. Šis silosavimo būdas taip pat išsiskyrė didesniu kiekiu sausųjų medžiagų ir mažesniu kiekiu ląstelienos ir jos frakcijų.



## LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. *Agriculture statistics at regional level.* (2022).
2. Andrieu, B., V. D. (2015). On-farm corn silage investigation: multi-analyses on silage practices, silage quality and its effect on aerobic stability. *Proceedings of the XVII International Silage Conference*, 1–3.
3. Auerbach, H., & Nadeau, E. (2020). Effects of Additive Type on Fermentation and Aerobic Stability and Its Interaction with Air Exposure on Silage Nutritive Value. *Agronomy*, 10(9), 1229. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091229>
4. Auškalnienė, O., Semaškienė, R., & Verikaitė, K. (2020). *Integruotos kenksmingųjų organizmų kontrolės (IKOK) gairės* (pp. 26–27).
5. Ávila, C. L. S., & Carvalho, B. F. (2020). Silage fermentation—updates focusing on the performance of micro-organisms. *Journal of Applied Microbiology*, 128(4), 966–984. <https://doi.org/10.1111/jam.14450>
6. Bernard, J. K., West, J. W., & Trammell, D. S. (2002). Effect of Replacing Corn Silage with Annual Ryegrass Silage on Nutrient Digestibility, Intake, and Milk Yield for Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 85(9), 2277–2282. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74307-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74307-5)
7. Berti, M. T., Lukaschewsky, J., & Samarappuli, D. P. (2021). Intercropping Alfalfa into Silage Maize Can Be More Profitable Than Maize Silage Followed by Spring-Seeded Alfalfa. *Agronomy*, 11(6), 1196. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061196>
8. Boguhn, J., Kluth, H., Steinhöfel, O., Peterhänsel, M., & Rodehutschord, M. (2003). Nutrient digestibility and prediction of metabolizable energy in total mixed rations for ruminants. *Archives of Animal Nutrition*, 57(4), 253–266. <https://doi.org/10.1080/00039420310001594405>
9. Bolson, D. C., Jacovaci, F. A., Gritti, V. C., Bueno, A. V. I., Daniel, J. L. P., Nussio, L. G., & Jobim, C. C. (2022). Intercropped maize-soybean silage: Effects on forage yield, fermentation pattern and nutritional composition. *Grassland Science*, 68(1), 3–12. <https://doi.org/10.1111/grs.12323>
10. Borreani, G., & Tabacco, E. (2010). The relationship of silage temperature with the microbiological status of the face of corn silage bunkers. *Journal of Dairy Science*, 93(6), 2620–2629. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2919>
11. Borreani, G., Tabacco, E., Schmidt, R. J., Holmes, B. J., & Muck, R. E. (2018a). Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 3952–3979. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13837>

12. Borreani, G., Tabacco, E., Schmidt, R. J., Holmes, B. J., & Muck, R. E. (2018b). Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *Journal of Dairy Science*, *101*(5), 3952–3979. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13837>
13. Butkutė, B. (2010). Skirtingų rūšių siloso kokybės ir ląstelienos komponentų kaita. *Veterinarija Ir Zootechnika*, *51*(73), 8–16.
14. Butkutė, B., & Gaurilčikaitė, R. (2008). Lietuvos ūkiuose gaminamo kukurūzų siloso pašarinė vertė ir kokybę lemiantys veiksniai. *Veterinarija Ir Zootechnika*, *41*(63), 32–41.
15. Campbell, M., Ortuño, J., Ford, L., Davies, D. R., Koidis, A., Walsh, P. J., & Theodoridou, K. (2020). The Effect of Ensiling on the Nutritional Composition and Fermentation Characteristics of Brown Seaweeds as a Ruminant Feed Ingredient. *Animals*, *10*(6), 1019. <https://doi.org/10.3390/ani10061019>
16. Cantoia Júnior, R., Capucho, E., Garcia, T. M., Del Valle, T. A., Campana, M., Zilio, E. M. C., Azevedo, E. B., & Morais, J. P. G. (2020). Lemongrass essential oil in sugarcane silage: Fermentative profile, losses, chemical composition, and aerobic stability. *Animal Feed Science and Technology*, *260*, 114371. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114371>
17. Chen, Y., & Weinberg, Z. G. (2009). Changes during aerobic exposure of wheat silages. *Animal Feed Science and Technology*, *154*(1–2), 76–82. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.08.004>
18. Coblenz, W. K., & Akins, M. S. (2018). Silage review: Recent advances and future technologies for baled silages. *Journal of Dairy Science*, *101*(5), 4075–4092. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13708>
19. Comino, L., Tabacco, E., Righi, F., Revello-Chion, A., Quarantelli, A., & Borreani, G. (2014). Effects of an inoculant containing a *Lactobacillus buchneri* that produces ferulate-esterase on fermentation products, aerobic stability, and fibre digestibility of maize silage harvested at different stages of maturity. *Animal Feed Science and Technology*, *198*, 94–106. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.10.001>
20. Condori-Quispe, R., Loza-Murguía, M. G., Achu-Nina, C., & Alberto-Alberto, H. (2019). Calidad del ensilaje de avena forrajera (*Avena sativa* L.) conservado en tres diferentes tipos de silos artesanales. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, *6*(2), 57–65. <https://doi.org/10.36610/j.jsaas.2019.060200057>
21. Costa, E. R., Mello, A. C. L., Guim, A., Costa, S. B. M., Abreu, B. S., Silva, P. H. F., Silva, V. J., & Simões Neto, D. E. (2022). Adding corn meal into mixed elephant grass–butterfly pea legume silages improves nutritive value and dry matter recovery. *The Journal of Agricultural Science*, *160*(3–4), 185–193. <https://doi.org/10.1017/S0021859622000284>

22. da Silva, J. S., Ribeiro, K. G., Pereira, O. G., Mantovani, H. C., Cecon, P. R., Pereira, R. C., & Silva, J. de L. (2018). Nutritive value and fermentation quality of palisadegrass and stylo mixed silages. *Animal Science Journal*, *89*(1), 72–78. <https://doi.org/10.1111/asj.12854>
23. da Silva, N. C., Nascimento, C. F., Nascimento, F. A., de Resende, F. D., Daniel, J. L. P., & Siqueira, G. R. (2018). Fermentation and aerobic stability of rehydrated corn grain silage treated with different doses of *Lactobacillus buchneri* or a combination of *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus acidilactici*. *Journal of Dairy Science*, *101*(5), 4158–4167. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13797>
24. De La Torre-Santos, S., Royo, L. J., Martínez-Fernández, A., Menéndez-Miranda, M., Rosa-García, R., & Vicente, F. (2021). Influence of the Type of Silage in the Dairy Cow Ration, with or without Grazing, on the Fatty Acid and Antioxidant Profiles of Milk. *Dairy*, *2*(4), 716–728. <https://doi.org/10.3390/dairy2040055>
25. Dewar, W. A., McDonald, P., & Whittenbury, R. (1963). The hydrolysis of grass hemicelluloses during ensilage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *14*(6), 411–417. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740140610>
26. Dewhurst, R. J., Fisher, W. J., Tweed, J. K. S., & Wilkins, R. J. (2003). Comparison of Grass and Legume Silages for Milk Production. 1. Production Responses with Different Levels of Concentrate. *Journal of Dairy Science*, *86*(8), 2598–2611. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73855-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73855-7)
27. Driehuis, F. (2013). Silage and the safety and quality of dairy foods: a review. *Agricultural and Food Science*, *22*(1), 16–34. <https://doi.org/10.23986/afsci.6699>
28. Driehuis, F., Oude Elferink, S. J. W. H., & Van Wijkelaar, P. G. (2001). Fermentation characteristics and aerobic stability of grass silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria. *Grass and Forage Science*, *56*(4), 330–343. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2494.2001.00282.x>
29. Driehuis, F., Wilkinson, J. M., Jiang, Y., Ogunade, I., & Adesogan, A. T. (2018). Silage review: Animal and human health risks from silage. *Journal of Dairy Science*, *101*(5), 4093–4110. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13836>
30. Drouin, P., Tremblay, J., Renaud, J., & Apper, E. (2021). Microbiota succession during aerobic stability of maize silage inoculated with *Lentilactobacillus buchneri* NCIMB 40788 and *Lentilactobacillus hilgardii* CNCM-I-4785. *MicrobiologyOpen*, *10*(1). <https://doi.org/10.1002/mbo3.1153>
31. Du, Z., Lin, Y., Sun, L., Yang, F., & Cai, Y. (2022). Microbial community structure, co-occurrence network and fermentation characteristics of woody plant silage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *102*(3), 1193–1204. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11457>

32. Duniere, L., Xu, S., Long, J., Elekwachi, C., Wang, Y., Turkington, K., Forster, R., & McAllister, T. A. (2017). Bacterial and fungal core microbiomes associated with small grain silages during ensiling and aerobic spoilage. *BMC Microbiology*, *17*(1), 50. <https://doi.org/10.1186/s12866-017-0947-0>
33. *EEA Report. 2020. European Environment Agency. Air quality in Europe – 2020 report.* (2020). <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2020-report> Eurostat Statistics Explained. 2021. Agricultural
34. European and Mediterranean Plant Protection Organization. (2020). *PP 1/019(4) Seed-borne cereal fungi.*
35. *Eurostat Statistics Explained. Agricultural production – crops.* (2021). [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?Title=Agricultural\\_production\\_-\\_crops#Cereals](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?Title=Agricultural_production_-_crops#Cereals).
36. Faithfull, N. (2002). *Methods in Agricultural Chemical Analysis: A Practical Handbook.* CABI Publishing.
37. Fang, D., Dong, Z., Wang, D., Li, B., Shi, P., Yan, J., Zhuang, D., Shao, T., Wang, W., & Gu, M. (2022). Evaluating the fermentation quality and bacterial community of high-moisture whole-plant quinoa silage ensiled with different additives. *Journal of Applied Microbiology*, *132*(5), 3578–3589. <https://doi.org/10.1111/jam.15506>
38. Ferrero, F., Tabacco, E., & Borreani, G. (2021). Lenticelactobacillus hilgardii Inoculum, Dry Matter Contents at Harvest and Length of Conservation Affect Fermentation Characteristics and Aerobic Stability of Corn Silage. *Frontiers in Microbiology*, *12*. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.675563>
39. Ferrero, F., Tabacco, E., Piano, S., Casale, M., & Borreani, G. (2021). Temperature during conservation in laboratory silos affects fermentation profile and aerobic stability of corn silage treated with Lactobacillus buchneri, Lactobacillus hilgardii, and their combination. *Journal of Dairy Science*, *104*(2), 1696–1713. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18733>
40. Filya, I. (2004). Nutritive value and aerobic stability of whole crop maize silage harvested at four stages of maturity. *Animal Feed Science and Technology*, *116*(1–2), 141–150. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2004.06.003>
41. Forte, E. M., Mullenix, M. K., Tucker, J. J., Elmore, J. B., & Bergen, W. G. (2018). Conserved forage-based systems for backgrounding weaned beef calves1. *Translational Animal Science*, *2*(3), 272–279. <https://doi.org/10.1093/tas/txy063>
42. Gerlach, K., Roß, F., Weiß, K., Büscher, W., & Südekum, K.-H. (2013). Changes in maize silage fermentation products during aerobic deterioration and effects on dry matter intake by goats. *Agricultural and Food Science*, *22*(1), 168–181. <https://doi.org/10.23986/afsci.6739>

43. Grace, C., Boland, T. M., Sheridan, H., Lott, S., Brennan, E., Fritch, R., & Lynch, M. B. (2018). The effect of increasing pasture species on herbage production, chemical composition and utilization under intensive sheep grazing. *Grass and Forage Science*, 73(4), 852–864. <https://doi.org/10.1111/gfs.12379>
44. Guan, H., Ke, W., Yan, Y., Shuai, Y., Li, X., Ran, Q., Yang, Z., Wang, X., Cai, Y., & Zhang, X. (2020). Screening of natural lactic acid bacteria with potential effect on silage fermentation, aerobic stability and aflatoxin B1 in hot and humid area. *Journal of Applied Microbiology*, 128(5), 1301–1311. <https://doi.org/10.1111/jam.14570>
45. Guan, H., Shuai, Y., Yan, Y., Ran, Q., Wang, X., Li, D., Cai, Y., & Zhang, X. (2020). Microbial Community and Fermentation Dynamics of Corn Silage Prepared with Heat-Resistant Lactic Acid Bacteria in a Hot Environment. *Microorganisms*, 8(5), 719. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8050719>
46. GÜVEN, İ., & KAMALAK, A. (2021a). Gladiçya Meyvesinin Çayırotu Silajında Kullanımı. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 4(1), 22–28. <https://doi.org/10.34248/bsengineering.836056>
47. GÜVEN, İ., & KAMALAK, A. (2021b). Gladiçya Meyvesinin Çayırotu Silajında Kullanımı. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 4(1), 22–28. <https://doi.org/10.34248/bsengineering.836056>
48. Hellwing, A. L. F., Messerschmidt, U., Larsen, M., & Weisbjerg, M. R. (2017). Effects of feeding sugar beets, ensiled with or without an additive, on the performance of dairy cows. *Livestock Science*, 206, 37–44. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.10.007>
49. Henderson, A. R., & McDonald, P. (1977). The effect of cellulase preparations on the chemical changes during the ensilage of grass in laboratory silos. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 28(6), 486–490. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740280604>
50. Honig H. (1990). Evaluation of aerobic stability. *Proceedings of the Eurobac Conference*.
51. Horwitz, W., & Latimer, G. W. (2005). *Official methods of analysis of AOAC International* (18th ed.). AOAC International, Gaithersburg, Md., 2005.
52. Jatkauskas, J., & Vrotniakienė, V. (2004). Improvement of grass silage quality by inoculating with lactic bacteria and enzymes. *Veterinarija Ir Zootechnika*, 28(50), 79–82.
53. Jatkauskas, J., Vrotniakienė, V., Ohlsson, C., & Lund, B. (2013). The effects of three silage inoculants on aerobic stability in grass, clover-grass, lucerne and maize silages. *Agricultural and Food Science*, 22(1), 137–144. <https://doi.org/10.23986/afsci.6698>
54. Jeroch, H., Pilipavičius, V., Mikulionienė, S., Steinhöfel, O., & Matusevičius, P. (2010). *Pašarai tradiciniai ir ekologiški* (2nd ed., Vol. 1). Vitae Litera.

55. Johansen, M., Lund, P., & Weisbjerg, M. R. (2018). Feed intake and milk production in dairy cows fed different grass and legume species: a meta-analysis. *Animal*, *12*(1), 66–75. <https://doi.org/10.1017/S1751731117001215>
56. Johnson, H. E., Merry, R. J., Davies, D. R., Kell, D. B., Theodorou, M. K., & Griffith, G. W. (2005). Vacuum packing: a model system for laboratory-scale silage fermentations. *Journal of Applied Microbiology*, *98*(1), 106–113. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2004.02444.x>
57. Kalač, P. (2017). Volatiles affecting the flavor of milk and milk products. In *Effects of Forage Feeding on Milk* (pp. 175–205). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811862-7.00005-5>
58. KARA, E., İLERİ, O., ERKOVAN, Ş., SÜRME, M., ERKOVAN, H. İ., & KOÇ, A. (2022). Crude Fiber, Ether Extract, and Some Mineral Contents of the Corn Silage Grown at Different Weed Densities. *Turkish Journal of Range and Forage Science*, *3*(1), 25–29. <https://doi.org/10.51801/turkjrf.1098173>
59. Kara, K., Guclu, B. K., Baytok, E., Aktug, E., Oguz, F. K., Kamalak, A., & Atalay, A. I. (2018). Investigation in terms of digestive values, silages quality and nutrient content of the using pomegranate pomace in the ensiling of apple pomace with high moisture contents. *Journal of Applied Animal Research*, *46*(1), 1233–1241. <https://doi.org/10.1080/09712119.2018.1490300>
60. Karlsson, J., Spörndly, R., Lindberg, M., & Holtenius, K. (2018). Replacing human-edible feed ingredients with by-products increases net food production efficiency in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *101*(8), 7146–7155. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14209>
61. KAYA, E. (2022). Comparison of Different Laboratory-Scale Ensiling Methods for Evaluating the Influence of Silage Additives on Maize Silage. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, *9*(3), 705–713. <https://doi.org/10.30910/turkjans.1107368>
62. Koehler, B., Diepolder, M., Ostertag, J., Thurner, S., & Spiekens, H. (2013). Dry matter losses of grass, lucerne and maize silages in bunker silos. *Agricultural and Food Science*, *22*(1), 145–150. <https://doi.org/10.23986/afsci.6715>
63. Koura, B. I., Shipandeni, M., & Cutrignelli, M. I. (2023). Sustainable Feeds for Animal Nutrition in Tropical Areas. *Animals*, *13*(8), 1379. <https://doi.org/10.3390/ani13081379>
64. Kung, L., Shaver, R. D., Grant, R. J., & Schmidt, R. J. (2018). Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*, *101*(5), 4020–4033. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>
65. Kuppusamy, P., Kim, D., Soundharrajan, I., Park, H. S., Jung, J. S., Yang, S. H., & Choi, K. C. (2020). Low-Carbohydrate Tolerant LAB Strains Identified from Rumen Fluid: Investigation

- of Probiotic Activity and Legume Silage Fermentation. *Microorganisms*, 8(7), 1044. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8071044>
66. Lai, X., Wang, H., Yan, J., Zhang, Y., & Yan, L. (2023). Exploring the differences between sole silages of gramineous forages and mixed silages with forage legumes using 16S/ITS full-length sequencing. *Frontiers in Microbiology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1120027>
  67. Li, M., Lv, R., Zhang, L., Zi, X., Zhou, H., & Tang, J. (2021). Melatonin Is a Promising Silage Additive: Evidence From Microbiota and Metabolites. *Frontiers in Microbiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.670764>
  68. Li, M., Shan, G., Zhou, H., Buescher, W., Maack, C., Jungbluth, K. H., Lipski, A., Grantz, D. A., Fan, Y., Ma, D., Wang, Z., Cheng, Q., & Sun, Y. (2017). CO<sub>2</sub> production, dissolution and pressure dynamics during silage production: multi-sensor-based insight into parameter interactions. *Scientific Reports*, 7(1), 14721. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-14187-1>
  69. Li, R., Volenec, J. J., Joern, B. C., & Cunningham, S. M. (1996). Seasonal Changes in Nonstructural Carbohydrates, Protein, and Macronutrients in Roots of Alfalfa, Red Clover, Sweetclover, and Birdsfoot Trefoil. *Crop Science*, 36(3), 617–623. <https://doi.org/10.2135/cropsci1996.0011183X003600030016x>
  70. Lietuvos statistikos departamentas. (2021). <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?Hash=0735430b-98ae-4dab-ab66-deaa603a01c8#/>.
  71. Lin, J., Li, G., Sun, L., Wang, S., Meng, X., Sun, L., Yuan, L., & Xu, L. (2023). Varieties and ensiling: Impact on chemical composition, fermentation quality and bacterial community of alfalfa. *Frontiers in Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1091491>
  72. Lindgren, S., Pettersson, K., Kaspersson, A., Jonsson, A., & Lingvall, P. (1985). Microbial dynamics during aerobic deterioration of silages. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 36(9), 765–774. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740360902>
  73. Lv, J., Fang, X., Feng, G., Zhang, G., Zhao, C., Zhang, Y., & Li, Y. (2020). Effects of Sodium Formate and Calcium Propionate Additives on the Fermentation Quality and Microbial Community of Wet Brewers Grains after Short-Term Storage. *Animals*, 10(9), 1608. <https://doi.org/10.3390/ani10091608>
  74. Mandic, V., Bijelic, Z., Krnjaja, V., Simic, A., Petricevic, M., Micic, N., & Caro-Petrovic, V. (2018a). Effect of harvesting time on forage yield and quality of maize. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 34(3), 345–353. <https://doi.org/10.2298/BAH1803345M>
  75. Mandic, V., Bijelic, Z., Krnjaja, V., Simic, A., Petricevic, M., Micic, N., & Caro-Petrovic, V. (2018b). Effect of harvesting time on forage yield and quality of maize. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 34(3), 345–353. <https://doi.org/10.2298/BAH1803345M>

76. Matlabe, G., Mokoboki, H. K., Sebola, A. N., Lebopa, C. K., Ravhuhali, K. E., & Hawu, O. (2022). Effects of browse legume species addition on nutritional composition, fermentation characteristics and aerobic stability of *Opuntia cladodes* silage. *South African Journal of Science*, 118(3/4). <https://doi.org/10.17159/sajs.2022/12032>
77. Matusevičius, P., Jukna, V., Jeroch, H., Steinhöfel, O., Schwarz, F. J., Weber, M., & Zollitsch, W. (2017). *Gyvūnų šėrimas* (I). Vitae Litera.
78. Maxin, G., Andueza, D., Le Morvan, A., & Baumont, R. (2017). Effect of intercropping vetch (*Vicia sativa* L.), field pea (*Pisum sativum* L.) and triticale (*X Triticosecale*) on dry-matter yield, nutritive and ensiling characteristics when harvested at two growth stages. *Grass and Forage Science*, 72(4), 777–784. <https://doi.org/10.1111/gfs.12277>
79. McEniry, J., Allen, E., Murphy, J. D., & O’Kiely, P. (2014). Grass for biogas production:
80. The impact of silage fermentation characteristics on methane yield in two contrasting biomethane potential test systems. *Renewable Energy*, 63, 524–530. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.09.052>
81. Mu, L., Xie, Z., Hu, L., Chen, G., & Zhang, Z. (2021). *Lactobacillus plantarum* and molasses alter dynamic chemical composition, microbial community, and aerobic stability of mixed (amaranth and rice straw) silage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(12), 5225–5235. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11171>
82. Muck, R. E., Nadeau, E. M. G., McAllister, T. A., Contreras-Govea, F. E., Santos, M. C., & Kung, L. (2018). Silage review: Recent advances and future uses of silage additives. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 3980–4000. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13839>
83. Muck, R. E., & O’kiely, P. (1992). Aerobic deterioration of lucerne (*Medicago sativa*) and maize (*Zea mais*) silages—effects of fermentation products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 59(2), 145–149. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740590203>
84. MUCK, R. E., PITT, R. E., & LEIBENSPERGER, R. Y. (1991). A model of aerobic fungal growth in silage.. 1. Microbial characteristics. *Grass and Forage Science*, 46(3), 283–299. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1991.tb02234.x>
85. Mugabe, W., Shao, T., Li, J., Dong, Z., & Yuan, X. (2020). Effect of hexanoic acid, *Lactobacillus plantarum* and their combination on the aerobic stability of napier grass silage. *Journal of Applied Microbiology*, 129(4), 823–831. <https://doi.org/10.1111/jam.14650>
86. *Oficialiosios statistikos portalas*. (2023). <https://Osp.Stat.Gov.Lt/Statistiniu-Rodikliu-Analize?Hash=fb8ec11a-E249-4705-8470-2f0113968a3f#/>.
87. Ogunade, I. M., Martinez-Tuppia, C., Queiroz, O. C. M., Jiang, Y., Drouin, P., Wu, F., Vyas, D., & Adesogan, A. T. (2018). Silage review: Mycotoxins in silage: Occurrence, effects,



- prevention, and mitigation. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 4034–4059. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13788>
88. O'kiely, P., & Muck, R. E. (1992). Aerobic deterioration of lucerne (*Medicago sativa*) and Maize (*zea mais*) Silages—Effects of Yeasts. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 59(2), 139–144. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740590202>
  89. Oliveira, A. S., Weinberg, Z. G., Ogunade, I. M., Cervantes, A. A. P., Arriola, K. G., Jiang, Y., Kim, D., Li, X., Gonçalves, M. C. M., Vyas, D., & Adesogan, A. T. (2017). Meta-analysis of effects of inoculation with homofermentative and facultative heterofermentative lactic acid bacteria on silage fermentation, aerobic stability, and the performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(6), 4587–4603. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11815>
  90. OROU OUENNON ASSOUMA, S. M. S., & ÇELEN, A. E. (2022). Effects of different nitrogen doses and cultivars on some nutritive value of annual ryegrass (*Lolium multiflorum* var. *westerwoldicum*) silage. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 59(2), 225–234. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.970316>
  91. Pahlow, G. K., H. (2011). Gärungsbiologische Grundlagen und biochemische Prozesse der Silagebereitung. In *Praxishandbuch Futterkonservierung*. Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V.
  92. Pahlow, G., Muck, R. E., Driehuis, F., Elferink, S. J. W. H. O., & Spoelstra, S. F. (2015). *Microbiology of Ensiling* (pp. 31–93). <https://doi.org/10.2134/agronmonogr42.c2>
  93. Pahlow, G., Rammer, C., Slottner, D., & Touri, M. (2001). Ensiling of legumes. In R. J. Wilkins & C. Paul (Eds.), *Legume silages for animal production – LEGSIL* (pp. 27–31). Landbauforschung Volkenrode.
  94. Peng, K., Jin, L., Niu, Y. D., Huang, Q., McAllister, T. A., Yang, H. E., Denise, H., Xu, Z., Acharya, S., Wang, S., & Wang, Y. (2018). Condensed Tannins Affect Bacterial and Fungal Microbiomes and Mycotoxin Production during Ensiling and upon Aerobic Exposure. *Applied and Environmental Microbiology*, 84(5). <https://doi.org/10.1128/AEM.02274-17>
  95. Petkevičius, A. (1993). *Pašarininkystė* (S. Marčiauskas, N. Daugėlienė, & J. Žemaitaitis, Eds.). Vilties spaustuvė.
  96. Przemieniecki, S. W., Damszel, M., Kurowski, T. P., Mastalerz, J., & Kotlarz, K. (2019). Identification, ecological evaluation and phylogenetic analysis of non-symbiotic endophytic fungi colonizing timothy grass and perennial ryegrass grown in adjacent plots. *Grass and Forage Science*, 74(1), 42–52. <https://doi.org/10.1111/gfs.12404>
  97. Quirino, D. F., Palma, M. N. N., Franco, M. O., & Detmann, E. (2022). Variations in Methods for Quantification of Crude Ash in Animal Feeds. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, 106(1), 6–13. <https://doi.org/10.1093/jaoacint/qsac100>

98. R. E. Muck, & R. E. Pitt. (1994). Aerobic Deterioration in Corn Silage Relative to the Silo Face. *Transactions of the ASAE*, 37(3), 735–743. <https://doi.org/10.13031/2013.28134>
99. Rachah, A., Reksen, O., Afseth, N. K., Tafintseva, V., Ferneborg, S., Martin, A. D., Kohler, A., & Prestløyken, E. (2020). Fourier transform infrared spectroscopy of milk samples as a tool to estimate energy balance, energy- and dry matter intake in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Research*, 87(4), 436–443. <https://doi.org/10.1017/S0022029920001004>
100. Reis, L. O., Gois, G. C., Felix, W. P., Araújo, C. F., dos Santos Nunes, T. S., Bezerra, H. F. C., Ramos, E. J. N., Rodrigues, A. C., da Penha, L. G., Almeida, B. A. de S., Filho, P. A. F., de Leal de Araújo, G. G., Menezes, D. R., & Queiroz, M. A. À. (2022). Fermentative profile and nutritional composition of sugarcane silages associated with different levels of moringa hay. *Agronomy Journal*, 114(5), 2787–2795. <https://doi.org/10.1002/agj2.21146>
101. Ribas, T. M. B., Neumann, M., Horst, E. H., Cristo, F. B., Stadler Junior, E. S., Pontarolo, G. B., Sidor, F. de S., Plodoviski, D. C., & Machado, M. P. (2021). Effect of 11CFT and 11C33 inoculants on the chemical and fermentation composition, and aerobic stability of corn silage during the feed out period. *Semina: Ciências Agrárias*, 395–410. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n1p395>
102. Rossi, L. G., Andrade, M. E. B., Rabelo, C. H. S., Siqueira, G. R., Vicente, E. F., Silva, W. L., Silva, M. M., & Reis, R. A. (2023). Flint corn silage management: influence of maturity stage, inoculation with *Lentilactobacillus buchneri*, and storage time on fermentation pattern, aerobic stability, and nutritional characteristics. *Frontiers in Microbiology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1223717>
103. Sagyndykova, Z., Nekrashevich, V., Khazimov, K., Kassymbayev, B., & Khazimov, M. (2021). Research and Development of Essentials for Silage Preparation, Transport and Storage in Flexible Containers of Optimal Volume. *Acta Technologica Agriculturae*, 24(2), 72–78. <https://doi.org/10.2478/ata-2021-0012>
104. Saylor, B. A., McCary, C. L., Diepersloot, E. C., Heinzen, C., Pupo, M. R., Gusmão, J. O., Ghizzi, L. G., Sultana, H., & Ferraretto, L. F. (2021). Effect of Forage Processor Roll Gap Width and Storage Length on Fermentation Profile, Nutrient Composition, Kernel Processing Score, and Starch Disappearance of Whole-Plant Maize Silage Harvested at Three Different Maturities. *Agriculture*, 11(7), 574. <https://doi.org/10.3390/agriculture11070574>
105. Seleiman, M. F., Selim, S., Jaakkola, S., & Mäkelä, P. S. A. (2017). Chemical composition and in vitro digestibility of whole-crop maize fertilized with synthetic fertilizer or digestate and harvested at two maturity stages in Boreal growing conditions. *Agricultural and Food Science*, 26(1), 47. <https://doi.org/10.23986/afsci.60068>

106. Serva, L., Andrighetto, I., Marchesini, G., Contiero, B., Grandis, D., & Magrin, L. (2021). Prognostic capacity assessment of a multiparameter risk score for aerobic stability of maize silage undergoing heterofermentative inoculation (*Lactobacillus buchneri*) in variable ensiling conditions. *Animal Feed Science and Technology*, *281*, 115116. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.115116>
107. Serva, L., Marchesini, G., Chinello, M., Contiero, B., Tenti, S., Mirisola, M., Grandis, D., & Andrighetto, I. (2021). Use of near-infrared spectroscopy and multivariate approach for estimating silage fermentation quality from freshly harvested maize. *Italian Journal of Animal Science*, *20*(1), 859–871. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2021.1918028>
108. Shan, G., Buescher, W., Maack, C., Lipski, A., Acir, I.-H., Trimborn, M., Kuellmer, F., Wang, Y., Grantz, D. A., & Sun, Y. (2021). Dual sensor measurement shows that temperature outperforms pH as an early sign of aerobic deterioration in maize silage. *Scientific Reports*, *11*(1), 8686. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88082-1>
109. Sirvydis, J. (2004). Siloso kokybės reikalavimai. In *Siloso gamintojo žinynas*. Lietuvos žemės ūkio universiteto Žemės ūkio inžinerijos institutas.
110. Soe Htet, M. N., Wang, H., Yadav, V., Sompouviseth, T., & Feng, B. (2022). Legume Integration Augments the Forage Productivity and Quality in Maize-Based System in the Loess Plateau Region. *Sustainability*, *14*(10), 6022. <https://doi.org/10.3390/su14106022>
111. Spiekers, H. (2011). Ziele in der Wiederkäuerfütterung. In *Praxishandbuch Futterkonservierung*. Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft.
112. Sun, L., Bai, C., Xu, H., Na, N., Jiang, Y., Yin, G., Liu, S., & Xue, Y. (2021). Succession of Bacterial Community During the Initial Aerobic, Intense Fermentation, and Stable Phases of Whole-Plant Corn Silages Treated With Lactic Acid Bacteria Suspensions Prepared From Other Silages. *Frontiers in Microbiology*, *12*. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.655095>
113. Sun, Y., Li, M., Cheng, Q., Jungbluth, K. H., Maack, C., Buescher, W., Ma, D., Zhou, H., & Cheng, H. (2015). Tracking oxygen and temperature dynamics in maize silage—novel application of a Clark oxygen electrode. *Biosystems Engineering*, *139*, 60–65. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2015.08.004>
114. Szulc, P., Ambroży-Deręgowska, K., Waligóra, H., Mejza, I., Grześ, S., Zielewicz, W., & Wróbel, B. (2021). Dry Matter Yield of Maize (*Zea mays* L.) as an Indicator of Mineral Fertilizer Efficiency. *Plants*, *10*(3), 535. <https://doi.org/10.3390/plants10030535>
115. Tabacco, E., Righi, F., Quarantelli, A., & Borreani, G. (2011). Dry matter and nutritional losses during aerobic deterioration of corn and sorghum silages as influenced by different lactic acid bacteria inocula. *Journal of Dairy Science*, *94*(3), 1409–1419. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3538>

116. Tekin, M., & Kara, K. (2020). The forage quality and the *in vitro* ruminal digestibility, gas production, organic acids, and some estimated digestion parameters of tomato herbage silage with molasses and barley. *TURKISH JOURNAL OF VETERINARY AND ANIMAL SCIENCES*, 44(2), 201–213. <https://doi.org/10.3906/vet-1908-47>
117. Van Emon, M. (2020). The Effect of Ensiling Sugar Beets on Preservation Characteristics, Nutrient Profile, and *in Situ* Disappearance. *Journal of Agricultural Studies*, 8(4), 44. <https://doi.org/10.5296/jas.v8i4.17165>
118. Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Cornell University Press. <https://doi.org/10.7591/9781501732355>
119. Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583–3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
120. Vanhatalo, A., Kuoppala, K., Ahvenjärvi, S., & Rinne, M. (2009). Effects of feeding grass or red clover silage cut at two maturity stages in dairy cows. 1. Nitrogen metabolism and supply of amino acids. *Journal of Dairy Science*, 92(11), 5620–5633. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2249>
121. Vissers, M. M. M., Driehuis, F., Te Giffel, M. C., De Jong, P., & Lankveld, J. M. G. (2007). Concentrations of Butyric Acid Bacteria Spores in Silage and Relationships with Aerobic Deterioration. *Journal of Dairy Science*, 90(2), 928–936. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(07\)71576-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(07)71576-X)
122. Wang, B., Gao, R., Wu, Z., & Yu, Z. (2020). Functional Analysis of Sugars in Modulating Bacterial Communities and Metabolomics Profiles of *Medicago sativa* Silage. *Frontiers in Microbiology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00641>
123. Wang, M., Zhang, F., Zhang, X., Yun, Y., Wang, L., & Yu, Z. (2021). Nutritional Quality and *In Vitro* Rumen Fermentation Characteristics of Silage Prepared with Lucerne, Sweet Maize Stalk, and Their Mixtures. *Agriculture*, 11(12), 1205. <https://doi.org/10.3390/agriculture11121205>
124. Wang, S., Li, J., Zhao, J., Dong, Z., & Shao, T. (2022). Exploring the ensiling characteristics and bacterial community of red clover inoculated with the epiphytic bacteria from temperate gramineous grasses. *Journal of Applied Microbiology*, 132(1), 177–188. <https://doi.org/10.1111/jam.15234>
125. Wang, S., Yuan, X., Dong, Z., Li, J., & Shao, T. (2017). Effect of ensiling corn stover with legume hedges in different proportions on fermentation characteristics, nutritive quality and *in vitro* digestibility on the Tibetan Plateau. *Grassland Science*, 63(4), 236–244. <https://doi.org/10.1111/grs.12173>

126. Wang, Y., He, L., Xing, Y., Zhou, W., Pian, R., Yang, F., Chen, X., & Zhang, Q. (2019). Bacterial diversity and fermentation quality of *Moringa oleifera* leaves silage prepared with lactic acid bacteria inoculants and stored at different temperatures. *Bioresource Technology*, *284*, 349–358. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.03.139>
127. Weiby, K. V., Krizsan, S. J., Dønnem, I., Østrem, L., Eknæs, M., & Steinshamn, H. (2023). Effect of grassland cutting frequency, species mixture, wilting and fermentation pattern of grass silages on in vitro methane yield. *Scientific Reports*, *13*(1), 4806. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-31964-3>
128. Weiby, K. V., Krizsan, S. J., Eknæs, M., Schwarm, A., Whist, A. C., Schei, I., Steinshamn, H., Lund, P., Beauchemin, K. A., & Dønnem, I. (2022). Associations among nutrient concentration, silage fermentation products, in vivo organic matter digestibility, rumen fermentation and in vitro methane yield in 78 grass silages. *Animal Feed Science and Technology*, *285*, 115249. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115249>
129. Weinberg, Z. G., Szakacs, G., Ashbell, G., & Hen, Y. (2001). The effect of temperature on the ensiling process of corn and wheat. *Journal of Applied Microbiology*, *90*(4), 561–566. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2001.01276.x>
130. Weißbach, F., Kuhla, S., & Schmidt, L. (1996a). Estimation of the metabolizable energy in forages by a cellulase-method. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology*, 115.
131. Weißbach, F., Kuhla, S., & Schmidt, L. (1996b). Simplified method for calculation of NEL from metabolizable energy. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology*, 117.
132. Weißhuhn, P., Reckling, M., Stachow, U., & Wiggering, H. (2017). Supporting Agricultural Ecosystem Services through the Integration of Perennial Polycultures into Crop Rotations. *Sustainability*, *9*(12), 2267. <https://doi.org/10.3390/su9122267>
133. Wilkinson, J. M., & Davies, D. R. (2013). The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. *Grass and Forage Science*, *68*(1), 1–19. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2012.00891.x>
134. Wilkinson, J. M., & Rinne, M. (2018). Highlights of progress in silage conservation and future perspectives. *Grass and Forage Science*, *73*(1), 40–52. <https://doi.org/10.1111/gfs.12327>
135. Xia, G., Huang, Y., Wu, C., Zhang, M., Yin, H., Yang, F., Chen, C., & Hao, J. (2023). Characterization of mycotoxins and microbial community in whole-plant corn ensiled in different silo types during aerobic exposure. *Frontiers in Microbiology*, *14*. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1136022>
136. Xu, H., Wu, N., Na, N., Sun, L., Zhao, Y., Ding, H., Fang, Y., Wang, T., Xue, Y., & Zhong, J. (2022). Fermentation weight loss, fermentation quality, and bacterial community of

- ensiling of sweet sorghum with lactic acid bacteria at different silo densities. *Frontiers in Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1013913>
137. Yin, X., Tian, J., & Zhang, J. (2021). Effects of re-ensiling on the fermentation quality and microbial community of napier grass ( *Pennisetum purpureum* ) silage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(12), 5028–5037. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11147>
138. Yin, X., Zhao, J., Wang, S., Dong, Z., Li, J., & Shao, T. (2022). Separating the chemical and microbial factors of oat harvested at two growth stages to determine the main factor on silage fermentation. *Journal of Applied Microbiology*, 132(6), 4266–4276. <https://doi.org/10.1111/jam.15566>
139. Zhang, Q., Yu, Z., Wang, X., & Tian, J. (2018). Effects of inoculants and environmental temperature on fermentation quality and bacterial diversity of alfalfa silage. *Animal Science Journal*, 89(8), 1085–1092. <https://doi.org/10.1111/asj.12961>
140. Zhang, Y. C., Li, D. X., Wang, X. K., Lin, Y. L., Zhang, Q., Chen, X. Y., & Yang, F. Y. (2019). Fermentation dynamics and diversity of bacterial community in four typical woody forages. *Annals of Microbiology*, 69(3), 233–240. <https://doi.org/10.1007/s13213-018-1398-z>
141. Zhao, M., Zhang, H., Pan, G., Yin, H., Sun, J., Yu, Z., Bai, C., & Xue, Y. (2022). Effect of exogenous microorganisms on the fermentation quality, nitrate degradation and bacterial community of sorghum-sudangrass silage. *Frontiers in Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1052837>
142. Zhou, Y., Drouin, P., & Lafrenière, C. (2016). Effect of temperature (5-25°C) on epiphytic lactic acid bacteria populations and fermentation of whole-plant corn silage. *Journal of Applied Microbiology*, 121(3), 657–671. <https://doi.org/10.1111/jam.13198>
143. Zi, X., Li, M., Yu, D., Tang, J., Zhou, H., & Chen, Y. (2021). Natural Fermentation Quality and Bacterial Community of 12 Pennisetum sinense Varieties in Southern China. *Frontiers in Microbiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.627820>
144. Zi, X., Wang, W., Zhou, S., Zhou, F., Rao, D., Shen, P., Fang, S., & Wu, B. (2022). Prolonged drought regulates the silage quality of maize (*Zea mays* L.): Alterations in fermentation microecology. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1075407>
145. Zucali, M., Bava, L., Colombini, S., Brasca, M., Decimo, M., Morandi, S., Tamburini, A., & Crovetto, G. M. (2015). Management practices and forage quality affecting the contamination of milk with anaerobic spore-forming bacteria. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(6), 1294–1302. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6822>

## PASKELBTŲ PUBLIKACIJŲ SĄRAŠAS DISERTACIJOS TEMA

Straipsniai leidiniuose, referuojamuose ir turinčiuose citavimo indeksą duomenų bazėje „Clarivate Analytics Web of Science“

1. **Merkeviciute-Venslove L.**, Venslovas E., Mankeviciene A., Slepetiene A., Ceseviciene J. 2023. Effect of *Ustilago maydis* on the nutritive value, fermentation characteristics and aerobic deterioration of maize silage. *Agronomy*, 13(1): 111. IF – 3,949 (Q1).
2. **Merkeviciute-Venslove L.**, Slepetiene A., Ceseviciene J., Mankeviciene A., Venslovas E. 2022. Peculiarities of chemical composition of main types of silage prepared from grasses, legumes, and small grain crop mixtures. *Zemdirbyste – Agriculture*, 109 (2):179–184. IF – 1,083 (Q3).

Santraukos konferencijų leidiniuose

1. **Merkeviciute-Venslove L.**, Slepetiene A. 2023. The effect of the tall oat grass (*Arrhenatherum elatius*) inclusion on the quality of perennial legume silage during aerobic exposure. 19th International Conference of Young Scientists on Energy and Natural Sciences „Cyseni 2023“, p. 66.
2. **Merkevičiūtė-Venslovė L.**, Venslovas E., Mankevičienė A., Šlepetienė A., Cesevičienė J. 2022. Effect of *Ustilago maydis* on the quality and aerobic deterioration of maize silage. „4th International Scientific Conference AgroEco2022: Agroecosystem Sustainability“, p. 53.
3. **Merkeviciute-Venslove L.**, Venslovas E., Slepetiene A., Ceseviciene J., Mankeviciene A. 2022. Influence of *Ustilago maydis* on the chemical composition and aerobic stability of maize silage. 18th International conference of young scientists on energy and natural sciences „Cyseni 2022“. p. 500–504.
4. **Merkevičiūtė-Venslovė L.**, Venslovas E., Šlepetienė A., Cesevičienė J., Mankevičienė A. 2021. Antrinės fermentacijos ir kukurūzų brandos įtaka kukurūzų siloso kokybei. 10-oji Nacionalinė jaunųjų mokslinėje konferencija „Jaunieji mokslininkai – žemės ūkio pažangai“. p 20.
5. **Merkevičiūtė-Venslovė L.**, Šlepetienė A., Cesevičienė J., Mankevičienė A., Venslovas E. 2021. Aerobic processes effect on perennial grasses silage sealed using vacuum-packing. 17th International conference of young scientists on energy and natural sciences „Cyseni 2021“, p. 817–824.
6. **Merkevičiūtė-Venslovė L.**, Šlepetienė A., Cesevičienė J., Mankevičienė A. 2020. Siloso kokybės įvertinimas artimosios srities infraraudonųjų spindulių spektroskopijos metodu.

9-oji Tarptautinė jaunųjų mokslininkų konferencija „Jaunieji mokslininkai – žemės ūkio pažangai“, p. 41.




### **Rekomendacija**

**Merkevičiūtė-Venslovė L., Šlepetienė A.** 2023. Daugiamečių žolių siloso kokybės blogėjimas aerobinio gedimo metu. „Naujausios rekomendacijos žemės ir miškų ūkiui“, 17 p.



Article

# Effect of *Ustilago maydis* on the Nutritive Value and Aerobic Deterioration of Maize Silage

Lauksmė Merkevičiūtė-Venslovė \*, Eimantas Venslovas , Audronė Mankevičienė, Alvyra Šlepetienė  and Jurgita Cesevičienė 

Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry, Kėdainiai Distr., 58344 Akademija, Lithuania  
\* Correspondence: lauksme.merkeviciute-venslove@lammc.lt; Tel.: +37-(06)-3189983

**Abstract:** The common smut of corn, caused by *Ustilago maydis*, reduces the yield and quality of maize forage. When heavy infestations of corn smut occur, grain yields can be so severely decreased that the most viable economic alternative may be to harvest and ensile the crop. Only a couple of studies have attempted to investigate the influence of aerobic exposure on the nutritive value and aerobic stability of silage, which is prepared from smut-infected maize. In this study, individual whole corn plants were harvested by hand. The plants were distributed into three treatments: 0% infected, 50% infected, and 100% infected. The fresh forage was ensiled in triplicate for a 90-day period. Aerobic exposure lasted for 28 days. Samples were taken on the day of opening and on the 3rd, 7th, 14th, and 28th days. Near infrared spectroscopy (NIRS) calibration equations were used for the prediction of qualitative indicators. Silage prepared from 100% smut-infected maize had comparatively poor quality with dry matter loss, increasing pH and the low amount of starch. It was also distinguished with significant temperature increases from days 15 to 18 of aerobic exposure. Silage prepared from 50% smut-infected maize did not show significant quality changes over the period of the experiment, although it had inferior quality compared to the silage prepared from smut-free maize. While silage prepared from smut-infected maize had an overall worse quality than silage prepared from non-infected maize, it should not have an adverse effect on livestock health or production.



**Citation:** Merkevičiūtė-Venslovė, L.; Venslovas, E.; Mankevičienė, A.; Šlepetienė, A.; Cesevičienė, J. Effect of *Ustilago maydis* on the Nutritive Value and Aerobic Deterioration of Maize Silage. *Agronomy* **2023**, *13*, 111. <https://doi.org/10.3390/agronomy13010111>

Academic Editor: Cristiano Magalhães Pariz

Received: 7 November 2022

Revised: 21 December 2022

Accepted: 28 December 2022

Published: 29 December 2022



**Copyright:** © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

**Keywords:** maize silage; smut; *Ustilago maydis*; fermentation; aerobic exposure; nutritive value; quality changes

## 1. Introduction

Silage preparation and storage are two of the most effective techniques for ensuring animal feed supplies. Lactic acid bacteria (LAB) mainly convert water soluble carbohydrates (WSC) and also a little lignocellulolytic material into organic acids under anaerobic conditions. Due to this acidification, the silage can be stored for a long period of time. Corn is one of the most important forages crops used for ensiling [1,2].

Common smut is a disease caused by *Ustilago maydis* infections, and it is relatively common in corn. It is influenced by unfavourable weather conditions, such as high temperatures and droughts in the period of pollen scattering and filaments spreading. The smut disease has a major impact on corn production globally [3] and can infect corn at all phenological phases. The main symptoms of the disease are chlorosis, necrosis, tumour induction [4], and galls growth [5]. In corn, common smut is mainly found in ears as fungal structures called galls that are filled with black teliospores [6]. Smut galls consist of fungal and host tissues. Young galls are white, firm, and covered with a semi-glossy periderm. As galls begin to mature, interior tissues become semi-fleshy and streaks of black tissues occur as teliospores begin to form. During further maturation, galls become a mass of black powdery teliospores and the periderm ruptures, releasing the spores [4]. There is no direct protection against the pathogen because the use of fungicides does not protect

against corn smut infection, and the methods for controlling it are limited primarily to seed dressings [7,8]. The protection against this pathogen is basically based on prevention. Many methods for controlling corn smut have been recommended, such as well-balanced soil fertility that can be obtained possibly based on soil tests. Excessive nitrogen available in soil, accompanied sometimes by low phosphorus levels, increases the chance for smut infestations. Very dry weather conditions tend to aggravate this further. Furthermore, it is important to avoid mechanical injuries to plants. Implements could cause small cuts and wounds to the leaves and stalks, which then provide entry points for the fungus. The protection against insects is also essential. This can be achieved in the early stage of crop development by using insecticide seed treatments. In addition to these treatments, a frequently mentioned control alternative is host resistance, which provides the most advantageous solution against the pathogen [4].

Smut reduces the yield and quality of maize forage. The yield of infected plants can be reduced by 28.0–61.3%. Losses vary with each growing year, location, and cultivar. Ear development in infected plants may be impaired depending on the number, size, and location of smut galls [9]. Thus, large galls, particularly those above the ear, can cause barren corn plants, and multiple galls per plant also often reduce yields by 100% [4]. Fresh material from smut-infected maize was found to contain smaller quantities of N-free extractives (NFE) and sugars than smut-free fresh material [8]. Richter et al. [10] state that plants infected with maize smut had lower dry matter (DM) content and lower nutrients content, and DM degradability and organic matter did not differ from healthy plants.

When heavy infestations of corn smut occur, grain yields can be so severely decreased that the most viable economic alternative may be to harvest and ensile the crop [11,12]. However, there are very little research studies on the effects of common corn smut on the palatability and nutritive value of corn silage. In particular, there is a paucity of studies examining the changes of smut-infected maize silage quality when the silage is exposed to air for longer than 7 days. The DM content is lower in infected silage as opposed to the silage from healthy maize plants. This confirmed that the infection of maize stands with smut (*Ustilago maydis*) results in lower DM contents ( $p < 0.05$ ) in infected plants. Silage infested with smut tends to have greater fibre, neutral detergent fibre (NDF), acid detergent fibre (ADF), and crude protein (CP) contents but lesser non-structural carbohydrate contents than noninfected silage. The smut infection of maize also influences the change in the microbial composition of silage. This, in accordance with the differing DM content of silage biomasses, affects the quality of fermentation [10]. Some research studies showed that silages made with smut-infected maize did not have a harmful effect on the production and health of cattle [8].

When the silo is opened for feed outs or after the removal of silage from the silo, silage is exposed to air. At that time, fermentation acids and silage components are oxidized by aerobic bacteria, yeasts, and moulds [13]. This process is characterized by an increase in pH [14]. Silage that is rich in sugar and energy, free of butyric acid, and includes only low concentrations of acetic acid spoils as soon as oxygen enters the material [13]. In general, maize silage is more likely to be spoiled by aerobic deterioration than grass silage because it typically includes higher amounts of lactic acid and lower amounts of acetic acid. Aerobic deterioration is affected by various factors. Biochemical factors affecting aerobic stability include the development of yeasts and moulds during plant growth, field wilting, storage, and the concentration of undissociated acetic acid in silage [13].

While some research studies have been carried out to investigate the chemical composition of silage prepared from smut-infected maize plants, only a couple of studies attempted to investigate the influence of aerobic exposure on the nutritive value and aerobic stability of silage prepared from smut-infected maize [8,10]. The studies concluded that silage obtained from maize plants infected with *Ustilago maydis* generally had worse aerobic stability and quality. However, the studies have been carried out in a short time period (7 days of aerobic deterioration), which may not necessarily reflect the farm's conditions. The aim of the present study was to determine to what extent the presence of smut-infected

maize influences the nutritional value of maize silage and the stability of maize silage throughout the aerobic exposure period.

## 2. Materials and Methods

### 2.1. General

Individual whole corn (*Zea mays* L.) plants grown in Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry research fields in 2021 were harvested by hand. All plants were “Duxxbury” (FOA 170) hybrids. This is an early hybrid grown for silage and grains. About 75 thousand plants per hectare were sown. During the pollen scattering and filaments spreading period in July, the average temperature in Lithuania was 22.1 °C (medium perennial air temperature—17.8 °C), and the amount of precipitation was at 58 mm (medium perennial precipitation—84 mm). High temperatures and droughts in the period of pollen scattering and the filament spreading stage influenced the development of *Ustilago maydis* infections.

Approximately 44% of maize were infected in the field. The total damage to the cobs by *Ustilago maydis* was assessed in the field by selecting five random locations in the maize rows where the number of healthy, damaged and undeveloped cobs was counted within a two-metre length [15]. Counts were made of the diseased and healthy cobs on five 2 m lengths of rows selected randomly, and then they were corrected to a “per plot” basis. Stalks were cut at around 15 cm above the soil surface, when corn kernels were in a milk dough stage (R3-R4) and when the milk line was  $\frac{1}{2}$  to  $\frac{3}{4}$  down relative to the kernel. All corn plants were divided into two groups: maize with an ear that was visibly and severely infected with *Ustilago maydis* (Figure 1A) and maize with an ear that was not visibly infected (Figure 1B).



**Figure 1.** Corn cobs: (A)—ear not visibly infected with corn smut; (B)—ear visibly and severely infected with corn smut.

Maize plants were chopped to an average length of 2 cm in a forage chopper. The plants were broken down into three treatments in total: 0% infected, 50% infected (compiled from a homogenic mixture of equal parts of 0% infected and 100% infected plants), and 100% infected. After thorough mixing, the fresh forage was ensiled in triplicate at approximately 1 kg (fresh weight) in polyethylene bags (28 cm × 40 cm, thickness of 100 and 130 µm, Status

Innovations Co., Metlika, Slovenia) and sealed using a vacuum packing machine. After the bags were filled with fresh matter, a temperature sensor (Tempmate.®-S1 Single-Use USB Data Logger, Heilbronn, Germany) was inserted in the middle of each bag. The data loggers were set to record the temperature data of all sensors every 10 min during the experimental phase, according to the method described by Ferrero et al. [16]. The sealed bags were ensiled for 90 days before initial opening and kept in a lying position in ambient temperatures (20–22 °C) and in darkness.

Before opening the bags, the gas concentration of CH<sub>4</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, and H<sub>2</sub>S was determined in all treatments, using the GFM 400 Series Gas Analyser (UK). The analyser was connected to the sample point by using a gas pipe. The flow of gas through the instrument took place until the reading stabilised.

To start the inflow of oxygen, the bags were opened. The aerobic exposure stage lasted for 28 days. Samples were taken on the day of opening and on the 3rd, 7th, 14th, and 28th days of aerobic deterioration. Three of the sensors were taken out after opening the samples, and the rest were left during the aerobic stage.

## 2.2. Analysis

Maize silage samples were composited by hand and mixed thoroughly. Two hundred grams from each composited and mixed sample were oven-dried at  $65 \pm 5$  °C temperature to a constant weight and grounded in an ultra-centrifugal mill ZM 200 (Retsch, Germany) to pass a 1 mm screen. Ground samples were analysed in triplicate for absolute DM contents by drying maize samples at 105 °C for 48 h in a forced-air oven until the weight of the samples was stable. Near infrared spectroscopy (NIRS) calibration equations (ADAS, UK) were used for the prediction of CP, crude fat (CL), starch, crude fibre (CF), NDF, ADF, metabolizable energy (ME), and net energy lactation (NEL) data by using an NIRS-6500 device with a sample spinning module (Foss-Perstorp, USA) and selecting wavelengths between 400 and 2500 nm in reflectance spectra [17]. Then, dried samples were scanned in three replications using cuvettes, and the acquired spectra were processed with equations used in the device (ADAS, UK). Crude ash (CA) content was determined as the mass left after sample incineration at  $550 (\pm 10)$  °C. The acidity (pH) of fresh (undried) silage samples was measured in water extracts, in accordance with a potentiometric method, using a pH meter (Horiba, UK).

## 2.3. Statistical Analysis

Statistical analysis was conducted using IBM SPSS Statistics, version 25. The nutritive value indicators of different silage treatments were presented as mean  $\pm$  standard deviation (SD) and significant differences between the days of aerobic exposure and between silage with varying levels of smut damage were calculated using one-way ANOVA (Tukey's post hoc test). A value of  $p < 0.05$  was considered statistically significant.

## 3. Results

### 3.1. Chemical Composition of the Harvested Maize Forage

The chemical composition of corn forages before ensiling is shown in Table 1. The maize forage that was completely infected with smut (smut-infected maize (100%)), harvested at a dough stage, had the lowest amount of DM, CP, starch, and ADF at 308.6, 70.5, 172.4, and 201.4 g kg<sup>-1</sup>, respectively. It also had the highest amount of CA with 48.5 g kg<sup>-1</sup> and CF with 243 g kg<sup>-1</sup>. The intact (smut-free) maize stood out with the highest amounts of DM (333.1 g kg<sup>-1</sup>), CP (71.3 g kg<sup>-1</sup>), starch (257 g kg<sup>-1</sup>), NDF (399.4 g kg<sup>-1</sup>), and ADF (221.4 g kg<sup>-1</sup>).

**Table 1.** DM and chemical composition (DM basis) of freshly chopped whole-plant corn with different *Ustilago maydis* infection rate (before ensiling).

Treatment	DM	CP	CA	Starch	CF	NDF	ADF
	g kg <sup>-1</sup>						
Smut-free maize	333.1 ± 3.7 <sup>b</sup>	71.3 ± 1.8 <sup>a</sup>	40.8 ± 0.8 <sup>a</sup>	257.4 ± 7.2 <sup>c</sup>	216.6 ± 4.4 <sup>a</sup>	399.4 ± 8.2 <sup>b</sup>	221.4 ± 4.4 <sup>b</sup>
Smut-infected maize (50%)	329.1 ± 5.2 <sup>b</sup>	71.1 ± 1.9 <sup>a</sup>	41.1 ± 1.1 <sup>a</sup>	225.4 ± 10.6 <sup>b</sup>	217.5 ± 13.7 <sup>a</sup>	375.7 ± 9.4 <sup>a</sup>	202.3 ± 7.5 <sup>a</sup>
Smut-infected maize (100%)	308.6 ± 5.0 <sup>a</sup>	70.5 ± 1.7 <sup>a</sup>	48.5 ± 2.1 <sup>b</sup>	172.4 ± 10.9 <sup>a</sup>	243.0 ± 6.7 <sup>b</sup>	380.7 ± 10.0 <sup>ab</sup>	201.4 ± 2.9 <sup>a</sup>

Note. Values with different lowercase letters indicate significant differences among treatments. Values are presented as mean ± SD. Abbreviations: DM—dry matter; CP—crude protein; CA—crude ash; CF—crude fibre; NDF—neutral detergent fibre; ADF—acid detergent fibre.

### 3.2. Nutritive Value of the Silage at the Opening and during Aerobic Exposure

Changes in the silage quality during the time period of aerobic exposure are presented in Table 2.

**Table 2.** Effect of *Ustilago maydis* infection rates on fermentation patterns and the nutritive value of the silage at the opening and during aerobic exposure.

Item	Treatment	Days of Aerobic Exposure				
		0	3	7	14	28
DM g kg <sup>-1</sup>	Smut-free maize silage	301.2 ± 3.8 <sup>aA</sup>	335.1 ± 5.1 <sup>b</sup>	351.0 ± 5.7 <sup>bC</sup>	404.0 ± 3.7 <sup>cC</sup>	496.0 ± 13.1 <sup>dC</sup>
	Smut-infected maize silage (50%)	314.0 ± 7.9 <sup>aAB</sup>	327.7 ± 8.6 <sup>ab</sup>	328.0 ± 6.7 <sup>abB</sup>	317.0 ± 6.1 <sup>ab</sup>	344.0 ± 5.6 <sup>abB</sup>
	Smut-infected maize silage (100%)	324.8 ± 5.9 <sup>abB</sup>	328.0 ± 7.0 <sup>b</sup>	306.0 ± 5.4 <sup>aA</sup>	301.0 ± 8.5 <sup>aA</sup>	289.0 ± 6.2 <sup>aA</sup>
pH	Smut-free maize silage	4.10 ± 0.04 <sup>A</sup>	4.00 ± 0.05 <sup>A</sup>	4.10 ± 0.08 <sup>A</sup>	4.02 ± 0.05 <sup>A</sup>	4.10 ± 0.05 <sup>A</sup>
	Smut-infected maize silage (50%)	4.10 ± 0.04 <sup>A</sup>	4.10 ± 0.04 <sup>A</sup>	4.12 ± 0.05 <sup>A</sup>	4.12 ± 0.05 <sup>A</sup>	4.20 ± 0.05 <sup>A</sup>
	Smut-infected maize silage (100%)	4.30 ± 0.04 <sup>ab</sup>	4.30 ± 0.03 <sup>ab</sup>	4.30 ± 0.04 <sup>ab</sup>	4.25 ± 0.04 <sup>ab</sup>	5.30 ± 0.04 <sup>abB</sup>
CP g kg <sup>-1</sup>	Smut-free maize silage	93.8 ± 3.2 <sup>ab</sup>	93.7 ± 1.0 <sup>a</sup>	88.8 ± 1.2 <sup>a</sup>	92.4 ± 0.4 <sup>a</sup>	99.8 ± 3.1 <sup>bA</sup>
	Smut-infected maize silage (50%)	93.5 ± 0.3 <sup>b</sup>	89.3 ± 4.5	92.8 ± 0.8	91.6 ± 1.1	90.0 ± 2.7 <sup>A</sup>
	Smut-infected maize silage (100%)	87.2 ± 2.6 <sup>aA</sup>	94.8 ± 0.9 <sup>a</sup>	91.4 ± 3.1 <sup>a</sup>	90.5 ± 1.8 <sup>a</sup>	121.7 ± 6.9 <sup>abB</sup>
CL g kg <sup>-1</sup>	Smut-free maize silage	24.9 ± 0.4 <sup>A</sup>	24.5 ± 0.3 <sup>A</sup>	23.3 ± 2.5 <sup>A</sup>	22.7 ± 0.3 <sup>A</sup>	23.1 ± 0.9
	Smut-infected maize silage (50%)	26.8 ± 0.8 <sup>abB</sup>	24.8 ± 0.3 <sup>abA</sup>	25.4 ± 0.6 <sup>abA</sup>	25.6 ± 1.2 <sup>abB</sup>	24.7 ± 0.7 <sup>a</sup>
	Smut-infected maize silage (100%)	30.7 ± 0.5 <sup>bC</sup>	27.7 ± 0.7 <sup>bb</sup>	35.2 ± 1.6 <sup>cb</sup>	30.2 ± 0.8 <sup>bC</sup>	23.5 ± 2.1 <sup>a</sup>
CA g kg <sup>-1</sup>	Smut-free maize silage	54.1 ± 5.7	52.9 ± 1.5	55.7 ± 2.8	55.3 ± 1.9	55.0 ± 1.3 <sup>B</sup>
	Smut-infected maize silage (50%)	54.1 ± 1.2	50.3 ± 2.1	52.9 ± 0.7	53.1 ± 4.8	48.4 ± 3.4 <sup>A</sup>
	Smut-infected maize silage (100%)	46.8 ± 2.8 <sup>ab</sup>	53.0 ± 3.7 <sup>b</sup>	53.5 ± 2.6 <sup>b</sup>	49.8 ± 4.6 <sup>ab</sup>	44.2 ± 1.3 <sup>aA</sup>
Starch g kg <sup>-1</sup>	Smut-free maize silage	245.9 ± 7.9 <sup>bb</sup>	202.3 ± 15.8 <sup>ab</sup>	222.7 ± 11.7 <sup>abC</sup>	216.9 ± 1.5 <sup>ab</sup>	217.9 ± 10.7 <sup>abB</sup>
	Smut-infected maize silage (50%)	233.4 ± 9.9 <sup>bb</sup>	181.4 ± 9.1 <sup>ab</sup>	188.7 ± 1.2 <sup>ab</sup>	196.2 ± 14.0 <sup>ab</sup>	200.1 ± 20.2 <sup>abAB</sup>
	Smut-infected maize silage (100%)	162.5 ± 18.2 <sup>bA</sup>	117.3 ± 8.4 <sup>aA</sup>	139.8 ± 2.7 <sup>abA</sup>	159.1 ± 8.0 <sup>bA</sup>	166.7 ± 15.3 <sup>bA</sup>
CF g kg <sup>-1</sup>	Smut-free maize silage	188.0 ± 5.6	200.3 ± 8.4 <sup>B</sup>	194.1 ± 5.0	197.0 ± 10.3	193.4 ± 4.6 <sup>B</sup>
	Smut-infected maize silage (50%)	192.9 ± 6.7 <sup>ab</sup>	181.2 ± 7.1 <sup>aA</sup>	198.1 ± 3.4 <sup>b</sup>	199.3 ± 1.9 <sup>b</sup>	186.0 ± 6.8 <sup>abB</sup>
	Smut-infected maize silage (100%)	199.8 ± 6.8 <sup>bc</sup>	211.8 ± 5.1 <sup>cB</sup>	205.4 ± 5.2 <sup>c</sup>	189.9 ± 4.8 <sup>b</sup>	138.0 ± 1.2 <sup>aA</sup>
NDF g kg <sup>-1</sup>	Smut-free maize silage	390.0 ± 14.1 <sup>A</sup>	409.2 ± 5.2 <sup>A</sup>	397.4 ± 7.8 <sup>A</sup>	400.3 ± 8.4 <sup>A</sup>	396.0 ± 3.7 <sup>A</sup>
	Smut-infected maize silage (50%)	403.2 ± 9.6 <sup>A</sup>	395.0 ± 14.4 <sup>A</sup>	416.5 ± 5.8 <sup>B</sup>	406.3 ± 5.1 <sup>A</sup>	402.5 ± 4.2 <sup>A</sup>
	Smut-infected maize silage (100%)	435.3 ± 7.4 <sup>B</sup>	466.2 ± 4.5 <sup>B</sup>	448.4 ± 4.4 <sup>C</sup>	430.5 ± 8.9 <sup>B</sup>	466.4 ± 12.1 <sup>B</sup>
ADF g kg <sup>-1</sup>	Smut-free maize silage	210.2 ± 7.0	222.4 ± 9.4 <sup>B</sup>	217.2 ± 5.7	216.2 ± 12.4 <sup>B</sup>	212.9 ± 4.4
	Smut-infected maize silage (50%)	202.2 ± 9.4	190.4 ± 9.1 <sup>A</sup>	209.7 ± 5.4	210.6 ± 2.1 <sup>AB</sup>	193.3 ± 8.9
	Smut-infected maize silage (100%)	204.2 ± 15.1 <sup>bc</sup>	227.6 ± 6.9 <sup>cB</sup>	217.9 ± 4.2 <sup>c</sup>	192.9 ± 9.4 <sup>bA</sup>	160.1 ± 6.0 <sup>aA</sup>
ME MJ/kg	Smut-free maize silage	10.87 ± 0.14	10.71 ± 0.11 <sup>A</sup>	10.77 ± 0.06 <sup>B</sup>	10.74 ± 0.16	10.79 ± 0.07 <sup>A</sup>
	Smut-infected maize silage (50%)	10.88 ± 0.07 <sup>abc</sup>	11.01 ± 0.12 <sup>cB</sup>	10.74 ± 0.05 <sup>abB</sup>	10.73 ± 0.08 <sup>a</sup>	10.96 ± 0.08 <sup>bcB</sup>
	Smut-infected maize silage (100%)	10.71 ± 0.09 <sup>ab</sup>	10.50 ± 0.10 <sup>aA</sup>	10.61 ± 0.03 <sup>aA</sup>	10.89 ± 0.11 <sup>b</sup>	11.67 ± 0.02 <sup>cB</sup>
NEL MJ/kg	Smut-free maize silage	6.57 ± 0.08	6.45 ± 0.08 <sup>AB</sup>	6.50 ± 0.05 <sup>B</sup>	6.47 ± 0.12	6.51 ± 0.05 <sup>A</sup>
	Smut-infected maize silage (50%)	6.55 ± 0.06	6.63 ± 0.13 <sup>B</sup>	6.47 ± 0.04 <sup>B</sup>	6.46 ± 0.04	6.61 ± 0.07 <sup>A</sup>
	Smut-infected maize silage (100%)	6.45 ± 0.07 <sup>bc</sup>	6.27 ± 0.06 <sup>aA</sup>	6.37 ± 0.02 <sup>abA</sup>	6.57 ± 0.07 <sup>c</sup>	7.15 ± 0.02 <sup>dB</sup>

Note. Values with different uppercase letters indicate significant differences among treatments on the same day during aerobic exposure. Values with different lowercase letters indicate significant differences among days after opening for the same treatments. Values with no letters did not show significant differences among treatments or days ( $p < 0.05$ ). Values are presented as mean ± SD. Abbreviations: SEM—standard error of means; DM—dry matter; CP—crude protein; CL—crude fat; CA—crude ash; CF—crude fibre; NDF—neutral detergent fibre; ADF—acid detergent fibre; ME—metabolizable energy; NEL—net energy lactation.

It was observed that the amount of DM decreased in the silage prepared from 100% smut-infected maize. When comparing the silos of different infection levels, it was observed that on day 0, the DM content of the silage prepared from 100% infected material was significantly higher than that of the non-infected silage ( $p < 0.05$ ), while the content of the silage prepared from 50% infected silage was not significantly different from that of the

two silos ( $p > 0.05$ ). In the 100% smut-infected maize silos, the pH increased significantly ( $p < 0.05$ ). When comparing the silos of different infection levels, it was observed that the pH was slightly higher in the 50% damaged silos than in the undamaged silos throughout the entire period, but it was not statistically significant ( $p > 0.05$ ). In the silos prepared from the 100% damaged maize, the pH was significantly higher on all days compared to the other treatments ( $p < 0.05$ ).

The CP content of 100% infected silage increased significantly by 39.5% on day 28 ( $p < 0.05$ ). The CP content of the 100% infected silage was significantly lower at day 0 ( $p < 0.05$  compared to both silages).

In the silos prepared from 50% infected maize, the CL content decreased by 7.8% at day 28 compared to day 0 ( $p < 0.05$ ). In the silos made from 100% infected maize, the CL content was the lowest on day 28 over the entire study period compared to a 0–14 days period. When comparing the silos with different infection levels, it was observed that during the entire study period (except for day 28), the CL content was significantly higher in the 100% smut-infected silos than in the non-infected ( $p < 0.05$ ) and 50% infected ( $p < 0.05$ ) silos.

In the silos, prepared from 50% infected maize, a significant decrease in starch content was observed on days 3, 7, and 14 ( $p < 0.05$ ) compared to day 0, but it did not differ from day 28 ( $p > 0.05$ ). The 100% damaged silage had a significantly lower starch content on all days from day 0 to day 14 compared to the undamaged silage and the 50% damaged silage ( $p < 0.05$ ).

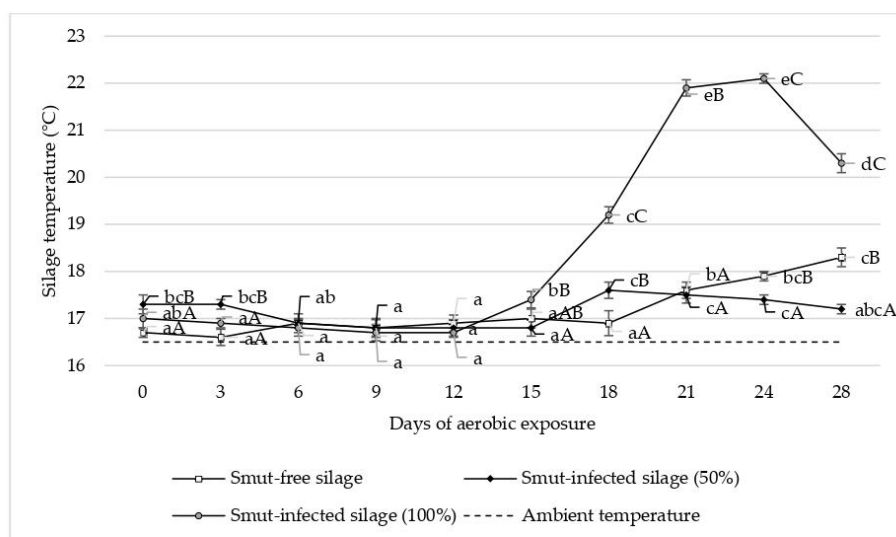
On day 14, a significant decrease was observed in the CF content in the 100% infected silos compared to days 3 and 7 ( $p < 0.05$ ), and on day 28, the fibre content was the lowest during the entire study period and it decreased by 31% from day 0 ( $p < 0.05$ ). When comparing silos with different infection levels, it was observed that on day 3 the CF content was significantly lower in the 50% infected silage than in the non-infected ( $p < 0.05$ ) and the 100% smut-infected ( $p < 0.05$ ) silages and on day 28 the CF content was lower by 28% in the silos prepared from 100% infected maize than in the silos prepared from non-infected maize, and it was 25% lower compared to the 50% infected maize silage ( $p < 0.05$ ).

The NDF content of both intact and infected silos did not change statistically significantly over the study period ( $p < 0.05$ ), although the NDF content of the 100% infected silage was significantly higher on all days compared to the 50% infected and non-infected silage ( $p < 0.05$ ). The ADF content was lower in 50% smut-infected silage than that of the other two silages on day 3 ( $p < 0.05$ ), and on day 28, it was significantly lower than that of the undamaged silage only ( $p < 0.05$ ). The ADF content of the 100% infected silos was significantly lower than that of the undamaged silage on day 14 ( $p < 0.05$ ), and on day 28, it was significantly lower than that of the two silages ( $p < 0.05$ ).

The ME did not change significantly in silos during aerobic exposure. When comparing silos with different infection levels, it was observed that on day 3, the ME content was significantly higher in the 50% damaged silos than in the undamaged and 100% damaged silos ( $p < 0.05$ ). On day 28, the ME content was significantly different in all silos (the lowest being in the non-infected silos and the highest in the 100% infected silos) ( $p < 0.05$ ). The NEL content increased significantly on day 14 compared to days 3 and 7 ( $p < 0.05$ ) in the 100% infected silage, and it was the highest on day 28 compared to the entire study period ( $p < 0.05$ ).

### 3.3. Temperature of the Silage at the Opening and during Aerobic Exposure

The temperature development represented in Figure 2 shows the course of reheating. In the healthy silos, the temperature did not change significantly during the first 18 days of the study, but it increased significantly on days 21 (compared to days 0 and 3,  $p < 0.05$ ; compared to days 6, 9, 12, and 18,  $p < 0.05$ ; compared to day 15,  $p < 0.05$ ) and 24 (compared to all days 0 to 18  $p < 0.05$ ), and on day 28, it was the highest during the entire study period (compared to days 0 to 18,  $p < 0.05$ ; compared to day 21,  $p < 0.05$ ; compared to day 24,  $p > 0.05$ ).



**Figure 2.** Change in temperatures measured in silage during aerobic exposure while silage was affected with different *Ustilago maydis* infection rates. Error bars represent SD. Note. Values with different uppercase letters indicate significant differences among treatments on the same day during aerobic exposure. Values with different lowercase letters indicate significant differences among days after opening for the same treatments. Values with no letters did not show significant differences among treatments or days ( $p < 0.05$ ).

In the 50% damaged silos, on days 9, 12, and 15, the temperature decreased statistically significantly (compared to days 0 and 3,  $p < 0.05$ ); on day 18, the temperature was the highest (compared to days 9, 12 and 15,  $p < 0.05$ , and compared to day, 6  $p < 0.05$ ); on days 21 and 24, the temperature decreased, but it was still significantly higher (compared to days 6, 9, 12, and 15,  $p < 0.01$ ); on day 28, it decreased and was not statistically different relative to the temperature for the entire period.

Reheating was observed in silage prepared from 100% smut-infected silos. On day 15, the temperature increased significantly compared to days 3, 6, and 9, and on day 18, it increased again ( $p < 0.05$  compared to the days before). On days 21 and 24, the temperature was the highest ( $p < 0.05$  compared to the days before), and on day 28, the temperature dropped significantly compared to days 21 and 24 ( $p < 0.05$ ); however, it was still high compared to the other days ( $p < 0.05$ ).

When comparing silos with various infection levels, the temperature was significantly higher on day 0 in the silos made from 50% infected maize compared to the healthy silos ( $p < 0.05$ ), although it was not significantly different from the 100% damaged silos ( $p > 0.05$ ). On day 3, the temperature in the 50% damaged silos continued to be significantly higher than in the smut-free maize silage ( $p < 0.05$ ). On day 15, the temperature was significantly higher in the 100% infected silos compared to the 50% damaged silos ( $p < 0.05$ ), but it was not significantly different from the healthy silos ( $p > 0.05$ ). On day 18, the temperature in the 50% infected silos was significantly higher compared to the healthy silos ( $p < 0.05$ ), while the temperature in the 100% damaged silos was the highest compared to the other silos ( $p < 0.005$ ).

On day 21, the temperature in the intact silage was not different from the 50% damaged silos, while the temperature in the 100% damaged silos continued to be significantly higher compared to the other silos ( $p < 0.05$ ). On days 21 and 24, the 100% damaged silos had the

highest temperature, and it was approximately +4 °C higher compared to the other silos ( $p < 0.05$ ).

#### 3.4. Gas Concentration Measurements after the Opening of Samples

While comparing silage treatments with different smut infection levels, there were no statistically significant differences found between CH<sub>4</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, and H<sub>2</sub>S gas concentrations ( $p > 0.05$ ) (Table 3). The maximum values of CH<sub>4</sub> and H<sub>2</sub>S were found in smut-free silage, while the maximum value of CO<sub>2</sub> was found in silage prepared from 100% smut-infected maize (1.75 and the amount was 1.23 times higher; the maximum values were then found in smut-free and 50% smut-infected silage, respectively). There was no oxygen found in any of the treatments.

**Table 3.** Concentrations of gases in silage affected with different *Ustilago maydis* infection rates (measured after 90 days of ensiling).

Treatment	CH <sub>4</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S
	ppm			
Smut-free silage	3.6 ± 2.7	0	303.2 ± 121.5	14 ± 5.5
Smut-infected silage (50%)	1.8 ± 2.6	0	430.8 ± 181.5	8 ± 4.5
Smut-infected silage (100%)	2.6 ± 2.5	0	531.0 ± 173.6	8 ± 4.5

Note. Values are presented as mean ± SD. Abbreviations: CH<sub>4</sub>—methane; O<sub>2</sub>—oxygen; CO<sub>2</sub>—carbon dioxide; H<sub>2</sub>S—hydrogen sulphide.

## 4. Discussion

Maize smut (*Ustilago maydis*) is a fungal disease that, under unfavourable conditions, can damage a large number of maize plants in the field, especially during droughts followed by heatwaves. The disease affects all above-ground parts of the plant and produces a large number of spores (teliospores), causing new infections. Several generations of these teliospores can develop during the growing season. Maize smut reduces the yield and quality of maize forage [8].

In the present study, an attempt was made to determine to what extent the presence of smut-infected maize influences the nutritional value of maize silage and the stability of maize silage throughout the aerobic deterioration stage.

#### 4.1. Chemical Composition of the Harvested Maize Forage

The raw material of freshly harvested 100% smut-infected maize forage had significantly lower amounts of DM and starch compared to other treatments. Other researchers also obtained similar results of the intact maize forage [11,18]. The DM amount might have been influenced by the fact that maize kernels did not achieve maturity due to *Ustilago maydis* infection damage on corn cobs. This led to decreased grain yields and thus lower ratios of grain to cob + stalk + leaf in the infected plants than in the non-infected plants [11]. Many studies report yield losses due to smut infection. A study by Potkański and Weiermüller [8] stated that *Ustilago maydis* is able to metabolize all provided types of sugar, and it is generally acknowledged that the maize fodder is depleted of carbohydrates due to smut infections [8,19–21].

#### 4.2. Nutritive Value of the Silage at the Opening and during Aerobic Exposure

In the current experiment, there was a trend of DM decreasing in the silage prepared from 100% smut-infected maize. Doleza et al. [10] and Richter et al. [22] also stated lower DM content in smut-infected silage as opposed to the silage from healthy maize plants. This confirmed that the infection of maize with *Ustilago maydis* results in lower DM content of infected plant silage. Intact silage and silage prepared from 50% smut-infected maize DM was increased by aerobic exposure due to evaporation of moisture and volatile organic compounds as silage was not covered [23].



It is obvious from the results, as shown in Table 2, that the smut infection of maize plants also influenced the change in silage pH. After the initial opening, all silage samples had pH values right above the threshold of 4 (Table 2). The pH increased significantly in the silage prepared from 100% smut-infected maize, reflecting the faulty aerobic stability influenced by poor fermentation qualities in the early stages of ensiling. However, the pH was stable in the intact silage as well as in silage prepared from 50% smut-infected maize, which indicated adequate fermentation. However, the observed difference between the intact silage and silage prepared from 100% smut-infected maize pH levels differs from the findings presented by Potkański et al. [8], in which a silage stability test showed increasing pH values in all samples (smut-infected and non-infected), with the exception of those with the chemical additive. This might be influenced by the fact that the raw material of 100% smut-infected maize stood out with a low amount of starch, as starch contents along with the activity of epiphytic LAB determine the rate of decline in pH during the early stages of ensiling, which is important for producing stable silage [24].

The amount of CP kept increasing during aerobic exposure in the silage prepared from 100% smut-infected maize. In comparison, the CP was stable in the intact silage and silage prepared from 50% smut-infected maize. The amount of CP tended to increase on a DM basis as some easily oxidizable constituents of forage were quickly depleted [18,25]. Potkansi et al.'s [8] experiment showed very similar results for CP changes after the stability test was performed, where it remained stable in smut-free silage (69.19 g kg<sup>-1</sup> DM before the stability test and 69.31 g kg<sup>-1</sup> DM after) and increased in smut-infected silage (75.87 g kg<sup>-1</sup> DM before and 87.35 g kg<sup>-1</sup> DM after).

The CL had a moderate decrease in all treatments and can be explained by oxidation processes in fatty acids, which caused a substantial amount of ME [23]. The concentration of *Ustilago maydis* infection in maize did not show effects on CA content as it remained stable in all treatments during the period of aerobic exposure. The starch content remained unchanged when silages were exposed to the air, which seems to be consistent with another research study [23].

The NDF content of the 100% infected silage was significantly higher on all days compared to the 50% infected and non-infected silage. According to Filya and Sucu [26] in the 90 days of ensiling, no significant difference was observed in the NDF of maize silages ( $p > 0.05$ ). This finding suggests that lowering the quantity of NDF in the silage prepared from 100% smut-infected maize during aerobic exposure was a result of smut infection in maize as other research shows only a small increase in NDF in the intact maize silage [18,23]. ADF is partly reduced at the process of ensiling as hemicellulose is sensitive to lower pH and is partially hydrolyzed under acidic conditions [27]. However, the content of ADF decreased more prominently in the silage prepared from 100% smut-infected maize. These results are likely to be related to the scale of the maize smut infection of the plant. Previous research did not show significant changes in the ADF amount of the healthy silage [18].

The amount of ME and NEL did not change significantly during the time of aerobic exposure in the intact silage and silage prepared from infected plants. These results are in line with those of previous studies [18,23], which were obtained by investigating infection-free maize. As for maize silage infected with *Ustilago maydis*, there are insufficient data reflecting the changes in energy indicators.

Some of the changes noted in the chemical composition of smut-infected silage are similar to those noted in drought-stressed corn silage. Drought stress decreases the grain content and thereby causes increased NDF and decreased non-structural carbohydrate content [11]. In the present study, maize plants were not partitioned into grain, cob, stalk, and leaves. However, visual observation and laboratory analyses (NDF, ADF, and starch) suggest that smut-infected corn had a lesser grain content than noninfected corn. This would be expected because of the effects of smut on grain yields.

#### 4.3. Temperature of the Silage at the Opening and during Aerobic Exposure

An increase in silage temperature is seen as a convenient indicator for the extent and intensity of aerobic deterioration [18]. The energy released by the aerobic degradation of WSC in plant respiration is responsible for the elevation in temperature [23]. In this experiment, the temperature of the silage, prepared from 100% smut-infected maize, increased drastically after 15 days of aerobic exposure due to the fact that common smut gall tissue can be colonized by mycotoxigenic fungi and contaminated with mycotoxins [6]. The aerobic exposure of silage can induce the growth of mould and mycotoxin formation [28–30]. It has to be considered that the ambient temperature was 17–20 °C during this trial, which provides good conditions to spoilage organisms such as aerobic yeasts mostly being active at 20–30 °C [31].

Temperature development also expresses DM losses because microbial respiration is an exothermic process [32]. These results further support the idea that *Ustilago maydis* infections influenced the significant decrease in DM in silage prepared from 100% smut-infected maize.

Gas concentration measurements did not show any statistically significant differences.

#### 5. Conclusions

The results of this investigation identified that silage prepared from 100% smut-infected maize is distinguished by a decrease in dry matter and crude fibre content and an increase in pH over the time of aerobic exposure. It also had a lower amount of starch than other treatments and experienced significant reheating after opening. While it had an overall worse quality than silage prepared from non-infected maize, it should not have an adverse effect on livestock health or production. Silage prepared from 50% smut-infected maize did not show significant quality changes over the period of the aerobic exposure; however, it had inferior quality compared to the silage prepared from smut-free maize, which shows that even a moderate infestation with smut can aggravate the quality of the silage. These findings suggest that, in general, increasing maize contagion levels with *Ustilago maydis* will negatively impact the quality and aerobic stability of maize silage. This study enhanced our understanding of the effects of *Ustilago maydis* infection on maize silage quality relative to aerobic deterioration as the primary concern, paying particular attention to a long period of aerobic exposure. However, further research is needed to gain a better understanding of maize smut effects on maize silage nutrition and fermentation quality.

**Author Contributions:** Conceptualization, L.M.-V., E.V. and A.M.; methodology, L.M.-V. and A.Š.; software, E.V.; validation, L.M.-V. and E.V.; formal analysis, L.M.-V.; investigation, L.M.-V.; writing—original draft preparation, L.M.-V. and E.V.; writing—review and editing, A.Š., A.M. and J.C. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

**Funding:** Part of this research was supported by the long-term research program “Biopotential and quality of plants for multifunctional use” implemented by the Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry.

**Data Availability Statement:** Not applicable.

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflict of interest.

#### References

1. Guan, H.; Yan, Y.; Li, X.; Li, X.; Shuai, Y.; Feng, G.; Ran, Q.; Cai, Y.; Li, Y.; Zhang, X. Microbial communities and natural fermentation of corn silages prepared with farm bunker-silo in Southwest China. *Bioresour. Technol.* **2018**, *265*, 282–290. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
2. Dunière, L.; Sindou, J.; Chaucheyras-Durand, F.; Chevallier, I.; Thévenot-Sergentet, D. Silage processing and strategies to prevent persistence of undesirable microorganisms. *Anim. Feed. Sci. Technol.* **2013**, *182*, 1–15. [[CrossRef](#)]
3. Galicia-García, P.R.; Silva-Rojas, H.V.; Mendoza-Onofre, L.E.; Zavaleta-Mancera, H.A.; Córdova-Téllez, L.; Espinosa-Calderón, A. Selection of aggressive pathogenic and solopathogenic strains of *Ustilago maydis* to improve Huitlacoche production. *Acta Bot. Bras.* **2016**, *30*, 683–692. [[CrossRef](#)]

4. Frommer, D.; Veres, S.; Radócz, L. Susceptibility of stem infected sweet corn hybrids to common smut disease. *Acta Agrar. Debr.* **2018**, *74*, 55–57. [CrossRef]
5. Morrison, E.N.; Emery, R.J.N.; Saville, B.J. Fungal derived cytokinins are necessary for normal *Ustilago maydis* infection of maize. *Plant Pathol.* **2017**, *66*, 726–742. [CrossRef]
6. Abbas, H.K.; Shier, W.T.; Plasencia, J.; Weaver, M.A.; Bellaloui, N.; Kotowicz, J.K.; Butler, A.M.; Accinelli, C.; de la Torre-Hernandez, M.E.; Zablutowicz, R.M. Mycotoxin contamination in corn smut (*Ustilago maydis*) galls in the field and in the commercial food products. *Food Control* **2017**, *71*, 57–63. [CrossRef]
7. Lambie, S.C.; Kretschmer, M.; Croll, D.; Haslam, T.M.; Kunst, L.; Klose, J.; Kronstad, J.W. The putative phospholipase Lip2 counteracts oxidative damage and influences the virulence of *Ustilago maydis*. *Mol. Plant. Pathol.* **2017**, *18*, 210–221. [CrossRef]
8. Potkański, A.; Grajewski, J.; Twarużek, M.; Selwet, M.; Miklaszewska, B.; Błajet-Kosicka, A.; Szumacher-Strabel, M.; Cieślak, A.; Raczkowska-Werwińska, K. Chemical composition, fungal microflora and mycotoxin content in maize silages infected by smut (*Ustilago maydis*) and the effect of biological and chemical additives on silage aerobic stability. *J. Anim. Feed Sci.* **2010**, *19*, 130–142. [CrossRef]
9. Aydoğdu, M.; Boyraz, N.; Kaya, Y. Effect on Yield Losses on Maize (*Zea mays* L.) Caused by Smut Disease (*Ustilago maydis* (DC) Corda). *J. Turk. Phytopath.* **2015**, *44*, 23–30. Available online: <https://www.researchgate.net/publication/322831486> (accessed on 20 April 2022).
10. Dolezal, P.; Nedelnik, J.; Skládanka, J.; Moravcová, H.; Vyskocil, I.; Dvoráková, J.; Kalhotka, L.; Zeman, L.; Havlíček, Z.; Postulka, R.; et al. Quality of maize silage fermentation process infected with *Ustilago maydis*. In Proceedings of the International Symposium on Forage Quality and Conservation, São Pedro, Brazil, 15–18 November 2011; Zopollatto, M., Daniel, J.L.P., Nussio, L.G., de Sá Neto, A., Eds. Available online: <https://www.isfqcbrazil.com.br/proceedings/2011/quality-of-maize-silage-fermentation-process-infected-with-ustilago-maydis-84.pdf> (accessed on 21 April 2022).
11. Cole, N.A.; Rush, C.M.; Greene, L.W. Influence of Corn Smut on the Palatability and Digestibility of Corn Silage. *Prof. Anim. Sci.* **2001**, *17*, 287–294. [CrossRef]
12. Smith, D.R.; White, D.G. Diseases of Corn. In *Corn and Corn Improvement*, 3rd ed.; Sprague, G.F., Dudley, J.W., Eds.; American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America: Madison, WI, USA, 1988; p. 715. [CrossRef]
13. Wilkinson, J.M.; Davies, D.R. The aerobic stability of silage: Key findings and recent developments. *Grass Forage Sci.* **2013**, *68*, 1–19. [CrossRef]
14. Pahlow, G.; Hünting, K. Gärungsbiologische Grundlagen und biochemische Prozesse der Silagebereitung. In *Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung*, 8th ed.; Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V: Frankfurt am Main, Germany, 2011; pp. 73–82.
15. European and Mediterranean Plant Protection Organization. *PP 1/019(4) Seed-Borne Cereal Fungi*; European and Mediterranean Plant Protection Organization: Paris, France, 2020.
16. Ferrero, F.; Tabacco, E.; Piano, S.; Casale, M.; Borreani, G. Temperature during conservation in laboratory silos affects fermentation profile and aerobic stability of corn silage treated with *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus hilgardii*, and their combination. *J. Dairy Sci.* **2021**, *104*, 1696–1713. [CrossRef] [PubMed]
17. Serva, L.; Marchesini, G.; Chinello, M.; Contiero, B.; Tenti, S.; Mirisola, M.; Grandis, D.; Andrighetto, I. Use of near-infrared spectroscopy and multivariate approach for estimating silage fermentation quality from freshly harvested maize. *Ital. J. Anim. Sci.* **2021**, *20*, 859–871. [CrossRef]
18. Gerlach, K.; Roß, F.; Weiß, K.; Büscher, W.; Südekum, K.-H. Changes in maize silage fermentation products during aerobic deterioration and effects on dry matter intake by goats. *Agric. Food Sci.* **2013**, *22*, 168–181. [CrossRef]
19. Weiermüller, J.; Akermann, A.; Laudensack, W.; Chodorski, J.; Blank, L.M.; Ulber, R. Brewers' spent grain as carbon source for itaconate production with engineered *Ustilago maydis*. *Bioresour. Technol.* **2021**, *336*, 125262. [CrossRef]
20. Ruan, X.; Ma, L.; Zhang, Y.; Wang, Q.; Gao, X. Dissection of the Complex Transcription and Metabolism Regulation Networks Associated with Maize Resistance to *Ustilago maydis*. *Genes* **2021**, *12*, 1789. [CrossRef]
21. Cuervo-Parra, J.A.; Pérez España, V.H.; Zavala-González, E.A.; Peralta-Gil, M.; Aparicio Burgos, J.E.; Romero-Cortes, T. *Trichoderma Asperellum* strains as potential biological control agents against *Fusarium verticillioides* and *Ustilago maydis* in maize. *Biocontrol Sci. Technol.* **2022**, *32*, 624–647. [CrossRef]
22. Richter, G.H.; Flachowsky, G.; Schneider, A.; Wirth, R.; Schwartz, J.; Jahreis, G. Investigations about the influence of blister smut (*Ustilago zeae*) on feed value of maize for silage making. *Wirtsch. Futter* **1994**, *40*, 161–169. Available online: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=DE95A0964> (accessed on 21 April 2022).
23. Brüning, D.; Gerlach, K.; Weiß, K.; Südekum, K.-H. Effect of compaction, delayed sealing and aerobic exposure on maize silage quality and on formation of volatile organic compounds. *Grass Forage Sci.* **2018**, *73*, 53–66. [CrossRef]
24. Yuan, X.; Guo, G.; Wen, A.; Desta, S.T.; Wang, J.; Wang, Y.; Shao, T. The effect of different additives on the fermentation quality, in vitro digestibility and aerobic stability of a total mixed ration silage. *Anim. Feed Sci. Technol.* **2015**, *207*, 41–50. [CrossRef]
25. Tabacco, E.; Righi, F.; Quarantelli, A.; Borreani, G. Dry matter and nutritional losses during aerobic deterioration of corn and sorghum silages as influenced by different lactic acid bacteria inocula. *J. Dairy Sci.* **2011**, *94*, 1409–1419. [CrossRef] [PubMed]
26. Filya, I.; Sucu, E. The effects of lactic acid bacteria on the fermentation, aerobic stability and nutritive value of maize silage. *Grass Forage Sci.* **2010**, *65*, 446–455. [CrossRef]

27. Filya, I. Nutritive value and aerobic stability of whole crop maize silage harvested at four stages of maturity. *Anim. Feed Sci. Technol.* **2004**, *116*, 141–150. [[CrossRef](#)]
28. Venslovas, E.; Merkevičiūtė-Venslovė, L.; Mankevičienė, A.; Kochiieru, Y.; Šlepetienė, A.; Cesevičienė, J. The prevalence of mycotoxins and their relation to nutrient composition of maize and grass silage. *Zemdirbyste-Agriculture* **2021**, *108*, 147–152. [[CrossRef](#)]
29. Borreani, G.; Tabacco, E.; Schmidt, R.J.; Holmes, B.J.; Muck, R.E. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *J. Dairy Sci.* **2018**, *101*, 3952–3979. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
30. Ogunade, I.M.; Arriola, K.G.; Jiang, Y.; Driver, J.P.; Staples, C.R.; Adesogan, A.T. Effects of 3 sequestering agents on milk aflatoxin M1 concentration and the performance and immune status of dairy cows fed diets artificially contaminated with aflatoxin B1. *J. Dairy Sci.* **2016**, *99*, 6263–6273. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
31. Ashbell, G.; Weinberg, Z.G.; Hen, Y.; Filya, I. The effects of temperature on the aerobic stability of wheat and corn silages. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* **2002**, *28*, 261–263. [[CrossRef](#)]
32. Andrieu, B.; Demey, V. On-farm corn silage investigation: Multi-analyses on silage practices, silage quality and its effect on aerobic stability. In Proceedings of the XVII International Silage Conference, Piracicaba, Brazil, 1–3 July 2015; Daniel, J.L.P., Morais, G., Junges, D., Nussio, L.G., Eds. Available online: <https://www.isfqcbrazil.com.br/proceedings/2015/Proceedings-of-the-XVII-International-Silage-Conference-Brazil-2015.pdf> (accessed on 10 May 2022).

**Disclaimer/Publisher’s Note:** The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

ISSN 1392-3196 / e-ISSN 2335-8947

Zemdirbyste-Agriculture, vol. 109, No. 2 (2022), p. 179–184

DOI 10.13080/z-a.2022.109.023

## Peculiarities of chemical composition of main types of silage prepared from grasses, legumes, and small grain crop mixtures

Lauksmė MERKEVIČIŪTĖ-VENSLOVĖ, Alvyra ŠLEPETIENĖ, Jurgita CESEVIČIENĖ, Audronė MANKEVIČIENĖ, Eimantas VENSLOVAS

Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry  
Instituto al. 1, Akademija, Kėdainiai distr., Lithuania  
E-mail: lauksme.merkeviciute-venslove@lammc.lt

### Abstract

Forage crops serve as the main source of material for production of silage, which is the basis of most winter-feeding systems. The objective of this study was to evaluate the variation of diverse perennial grasses and the quality of small grain crop silage and to compare the nutritive value of selected pure and mixed silage groups. Silage samples were collected from 433 farms. They included perennial grass mix, cereal, alfalfa-perennial grass mix, clover, perennial ryegrass, perennial grass-clover mix, oat-common vetch mix, clover-alfalfa mix, legume mix, perennial grass-rye mix, and perennial grass-oat-common vetch mix silage, 1,626 samples in total. Analyses were carried out to determine the data on the content of dry matter (DM), crude protein (CP), water-soluble carbohydrates (WSC), neutral detergent fibre (NDF), acid detergent fibre (ADF), also crude fat (CF), crude ash (CA), and acidity (pH). According to the experimental results, perennial ryegrass silage had the highest CP (166 g kg<sup>-1</sup> DM), NDF (550 g kg<sup>-1</sup> DM) and CF (39.1 g kg<sup>-1</sup> DM) contents and the lowest DM content (321 g kg<sup>-1</sup>) compared to pure and mixed silage compositions. Among the silage, perennial grass-rye mix silage was shown to have the lowest pH (4.2). Both silage mixtures with oats and common vetch were characterised with higher pH: the pH of the oat-common vetch mix was 5, and the pH of perennial grass-oat-common vetch mix was 4.9. The oat-common vetch mix was high in NDF with 543 g kg<sup>-1</sup> DM. Mixtures with clover silage were high in CP and NDF content. Overall, among the samples tested, the best results in nutritive value showed perennial ryegrass silage.

Keywords: silage quality, perennial grasses, legume, common vetch, crop.

### Introduction

In the last ten years, forage yield grew by several times in Europe (Eurostat Statistics Explained, 2021) and in Lithuania (Statistics Lithuania, 2021). Types of forage also varied during the same period, and, with the change in climate, its amount is likely to further alter in the future.

In Lithuania, the harvest of cultivated plants used for green forage, hay, and silage increased from 1,897.5 thousand tonnes in 2010 to 2,776.9 in 2020, herbage used for silage increased from 9.6 to 64.9 thousand tonnes. This increase may be due to cereals providing flexible options for utilisation as grazed herbage or for feeding as silage. Throughout the ten-year period, the number of winter cereal yield also grew from 1,592 to 4,858 thousand tons, as it can provide feed earlier than annual grasses like *Lolium multiflorum*, etc., because they are generally more adaptable to early sowing due to higher tolerance of dry conditions. Cereals are also better suited to single-cut silage-making, whereas annual grasses require multiple cuts or grazing to be fully utilised. Oat yield increased almost three times, up to 264.3 thousand tons, while legumes yield rose from 70.1 up to 394.3 thousand tonnes (Statistics Lithuania, 2021). Yield of perennial grasses intended for silage making from multi-species swards increased from 9.6 in 2010 to 64.9 thousand tons in 2020. In temperate grass-based ruminant production systems,

grass silage is the primary forage available for livestock during the winter period when weather conditions usually make grazing unavailable (Moloney et al., 2020).

In the Baltic countries, grasslands consist mainly of perennial species, and climate change and new biotic and abiotic stresses are expected to improve the conditions most likely for forage production owing to the longer growing seasons with milder and rainier autumns and winters (Magnolo et al., 2021). Therefore, perennial grass yield is expected to grow using forage crop species well adapted to changing climate such as *Festulolium* hybrids and perennial ryegrass (Østrem et al., 2015).

It is also expected that the European Green Deal will determine an increase in the amount in grass feed in the following years. The impacts of climate change on agriculture of the European Union vary in the nature of their impact and the locations that will be affected. To date, climate change impacts have largely been negative for crop yield with only a few positive impacts noted in higher latitude regions (IPCC, 2018). In future, warmer temperatures may increase productivity in northern Europe, while at the same time extreme heat events and droughts are expected to hamper crop productivity in southern Europe. As a result of varying weather patterns, pests, and diseases, higher yearly variations in productivity are also expected (EEA Report, 2020).

Please use the following format when citing the article:

Merkevičiūtė-Venslovė L., Šlepetienė A., Cesevičienė J., Mankevičienė A., Venslovas E. 2022. Peculiarities of chemical composition of main types of silage prepared from grasses, legumes, and small grain crop mixtures. Zemdirbyste-Agriculture, 109 (2): 179–184. DOI 10.13080/z-a.2022.109.023

Examining possibilities of the latest silage mixtures and establishing their quality and nutritional value compared to pure and single-species silage is a challenging area in the field of forage. Previous studies have shown that grass-legume mixtures are preferred over pure-grass forage, because they often increase the total yield of herbage and protein and offer balanced nutrition (Dewhurst et al., 2003). Grass-legume mixtures tend to provide a superior nutrient balance and produce higher forage yield. Previous research confirmed that the use of mixed silage could help complement nutrients between silage such as alfalfa and (whole-plant) maize (Wang et al., 2019).

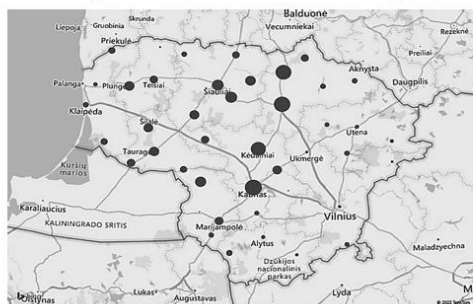
Previous nationwide research such as that conducted by Butkutė (2010) examined the quality of silage of different origin showing especially high variation in the quality of perennial grass silage. Jatkauskas et al. (2003) and Jatkauskas and Vrotniakienė (2004) also researched the quality of diverse types of silage. They showed that regularities of grass and other ensiled raw material influenced silage quality as well as fodder production method, degree of wilting, preservatives used and natural conditions. The quantity of nutrients accumulated in the plants depends on the composition and the stage of development of grass species. In order to ensure cattle wellness and high productivity, rations must be balanced according to the amount of energy and main nutrients such as protein, unstructured carbohydrate (starch, sugar), fibre, fat, minerals, vitamins, and water (Jatkauskas et al., 2003; Butkutė, 2010). However, majority of the research was done almost 20 years ago, and there were changes in grass cultivars and research methods. As a result, a necessity to renew silage database emerged.

The objective of this study was to evaluate the variation in the quality of diverse perennial grass and crop silage and to compare the nutritive value of selected pure and mixed silage mixtures using near-infrared spectroscopy (NIRS).

## Materials and methods

**Sampling.** Silage was collected from 433 farms across Lithuania (Figure 1). According to Lithuanian pedological regionalisation, predominant pedological regions in the areas of farms were *Cambisol* and *Luvisol* region of the Central Lithuanian lowlands, *Retisol* and *Luvisol* region of the Samogitian highlands, and *Retisol* and *Luvisol* region of the Baltic highlands (Volungevičius, 2016).

Most of the samples came from the districts of Kaunas, Panevėžys, and Kėdainiai. The farms varied in size from 100 to 1200 dairy cattle. Silage was sampled over a four-year period from November 2017 to late September 2020. A total of 632 samples were



*Note.* The round label size was mathematically calculated and proportionately reflects the amount of the samples collected from that area.

**Figure 1.** Lithuanian farm locations where silage samples were taken from

taken in 2017, 547 samples in 2018, 208 in 2019, and 239 in 2020. Out of these samples, 498 were taken in winter, 369 in spring, 222 in summer, and 537 in autumn. Most of the green forage used for ensiling was harvested during daytime from grasslands on the 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup>, and 3<sup>rd</sup> harvest. Legumes were harvested at the end of butonisation period, and perennial grasses at the start of flowering period. There were 1,626 samples collected in total, including the following silage: (1) perennial grass: timothy (*Phleum pratense* L.), perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), smooth meadow grass (*Poa pratensis* L.), and red fescue (*Festuca rubra*), mix (n = 1,428), (2) cereal (n = 81), (3) alfalfa-perennial grass mix (alfalfa constituting up to 30–42 g kg<sup>-1</sup> DM) (n = 28), (4) clover (n = 23), (5) perennial ryegrass (n = 17), (6) perennial grass-clover mix (n = 15), (7) whole plant oat-common vetch mix (n = 13), (8) clover-alfalfa mix (n = 11), (9) legume mix (n = 6), (10) perennial grass-rye mix (n = 3), and (11) perennial grass-oat-common vetch mix (n = 3). The samples were taken from trenches (n = 934), bales (n = 365), clamps (n = 144), frictions (n = 85), sleeves (n = 65), and pits (n = 33).

All samples were taken according to the standard procedures (EC, 2009). Using disposable gloves, each sample was taken from various points at a depth of about 30 cm. While collecting samples from bales, a coring probe was used to take samples from different sides of bale. An aggregate sample was about 4 kg in weight. The final sample (approx. 1 kg) was made from the homogenised aggregate sample. The sample was placed in a clean plastic bag, vacuumed, and sealed for transportation to the laboratory. All samples were stored at 4–8°C temperature. After opening the bag, organoleptic evaluation was carried out assessing the smell, colour, and texture of the silage. Chemical analysis was carried out using fresh samples in the Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry.

**Laboratory analysis.** The dry matter (DM) content was determined by drying samples at 105 ± 2°C temperature in a forced-air oven until the weight of the samples was stable. For the prediction of crude protein (CP), water-soluble carbohydrates (WSC), neutral detergent fibre (NDF), and acid detergent fibre (ADF) data, near-infrared spectroscopy (NIRS) calibration equations (VDLUFA, Germany) were used using a NIRS-6500 device with a sample spinning module (Foss-Perstorp, USA) and selecting wavelengths between 400 and 2500 nm in reflectance spectra. For NIRS determination, the samples were oven-dried at 65 ± 5°C temperature to a constant weight and ground in an ultra-centrifugal mill ZM 200 (Retsch, Germany) to pass a 1 mm screen. Then the dried samples were scanned in three replications using cuvettes, and the acquired spectra were processed with equations used in the device (ADAS, UK). The crude ash (CA) content was determined as the mass left after sample incineration at 550 ± 10°C temperature. In accordance with a potentiometric method, acidity (pH) was measured in water extract using a pH meter (Horiba, UK).

**Statistical analysis** was conducted using packages from the software IBM SPSS Statistics, version 25 (IBM Corp., USA). Significant differences were calculated using one-way ANOVA (Duncan's multiple range test). If means do not have the same letter next to them, they are significantly different. To examine the quantitative relationship between the investigated variables, correlation analysis was performed. The strength of the correlation was estimated according to the value of correlation coefficient *R*. The significance level was calculated with a regression analysis tool in Excel, the data were significant at  $P \leq 0.05$ .

## Results

**Organoleptic evaluation.** The evaluated silage did not have a strong, particular odour. The colour varied from light yellow to green-brown, and silage texture was firm with softer material indicating good quality silage.

**Dry matter (DM), acid detergent fibre (ADF), neutral detergent fibre (NDF), and acidity (pH).** As shown in Table 1, significant differences ( $P \leq 0.05$ ) were found in DM content comparing perennial ryegrass silage that had the lowest DM content of  $321 \text{ g kg}^{-1}$  with perennial grass mix, cereal, and alfalfa-perennial grass mix silage, where the DM content was 428, 437, and  $458 \text{ g kg}^{-1}$ , respectively.

**Table 1.** Dry matter (DM), acid detergent fibre (ADF), and neutral detergent fibre (NDF) content and acidity (pH) in investigated silage

Type of silage	n	DM		ADF		NDF		pH	
		mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD
Perennial grass mix	1428	428 b	118	311 a	34	488 ab	65	4.6 b	0.5
Cereal	81	437 b	119	325 a	38	502 b	72	4.6 b	0.5
Alfalfa-perennial grass mix	28	458 b	122	302 a	32	447 a	71	4.9 b	0.4
Clover	23	375 ab	129	306 a	30	450 a	58	4.7 b	0.5
Perennial ryegrass	17	321 a	51	339 a	49	550 b	81	4.7 b	0.3
Perennial grass-clover mix	15	380 ab	72	307 a	31	461 ab	65	4.6 b	0.4
Oat-common vetch mix	13	446 ab	145	339 a	40	543 b	61	5.0ab	0.8
Clover-alfalfa mix	11	429 ab	140	309 a	42	512 ab	78	4.9ab	0.8
Legume mix	6	495 ab	176	288 a	33	455 ab	98	5.3ab	0.6
Perennial grass-rye mix	3	396 ab	123	321 a	39	522 ab	52	4.2 a	0.0
Perennial grass-oat-common vetch mix	3	512 ab	137	290 a	26	454 ab	60	4.9ab	0.6
Total mean		427		311		488		4.7	

Note. SD – standard deviation; different letters show significant differences between means ( $P \leq 0.05$ ).

types of silage did not stand out ( $P > 0.05$ ). Even though pH mean values of oat-common vetch mix, clover-alfalfa mix, legume mix and perennial grass-oat-common vetch mix silage were high, no significant difference ( $P > 0.05$ ) was found between investigated silage due to a non-homogenous sample size. pH was significantly lower ( $P \leq 0.05$ ) in perennial grass-rye mix silage (4.2) than in perennial grass mix (4.6), cereal (4.6), alfalfa-perennial grass mix (4.9), clover (4.7), perennial ryegrass (4.7) and perennial grass-clover (4.6) silage.

**Water-soluble carbohydrates (WSC), crude protein (CP), and crude fat (CF).** Table 2 illustrates significant differences in the CP content, which were only noticed between cereal silage, where the CP content was  $131 \text{ g kg}^{-1}$ , and alfalfa-perennial grass mix, clover, and

Further analysis showed that no significant differences ( $P > 0.05$ ) were found between the investigated silage when evaluating ADF. The NDF content of alfalfa-perennial grass mix and clover silage was 447 and  $450 \text{ g kg}^{-1}$ , respectively, and it was significantly lower ( $P \leq 0.05$ ) than in cereal, perennial ryegrass, and oat-common vetch mix silage, where the NDF content was 502, 550, and  $543 \text{ g kg}^{-1}$ , respectively. However, other

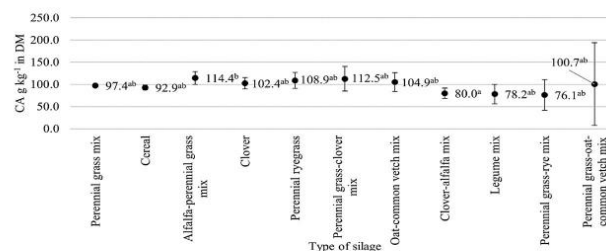
perennial ryegrass silage, where the CP content was 165, 158, and  $166 \text{ g kg}^{-1}$ , respectively ( $P \leq 0.05$ ). There was also a negative correlation between CP and WSC content ( $-0.33$ ), yet it was not significant. Likewise, while evaluating the WSC content, no significant differences were found ( $P > 0.05$ ). The CF content was significantly higher ( $P \leq 0.05$ ) in perennial ryegrass silage by 28% and 21% compared with clover and perennial grass-clover silage. Other types of silage did not show any significant results ( $P > 0.05$ ).

**Crude ash (CA).** As can be seen from Figure 2, a difference in the CA content was found in clover-alfalfa mix and alfalfa-perennial grass mix silage with the CA content higher by 43% in the latter compared to the former ( $P \leq 0.05$ ).

**Table 2.** Water-soluble carbohydrates (WSC), crude protein (CP), and crude fat (CF) content in investigated silage

Type of silage	n	WSC		CP		CF	
		mean	SD	mean	SD	mean	SD
Perennial grass mix	1428	44 a	25	145 ab	33	33.9 ab	9.6
Cereal	81	43 a	24	131 a	41	33.0 ab	4.8
Alfalfa-perennial grass mix	28	45 a	39	165 b	41	32.8 ab	6.0
Clover	23	30 a	23	158 b	29	30.6 a	5.2
Perennial ryegrass	17	28 a	17	166 b	35	39.1 b	6.8
Perennial grass-clover mix	15	28 a	18	148 ab	33	32.4 a	3.6
Oat-common vetch mix	13	31 a	16	129 ab	32	32.2 ab	7.3
Clover-alfalfa mix	11	51 a	23	122 ab	32	30.1 ab	7.3
Legume mix	6	71 a	25	133 ab	58	27.8 ab	9.6
Perennial grass-rye mix	3	55 a	37	107 ab	24	39.8 ab	4.7
Perennial grass-oat-common vetch mix	3	50 a	6	160 ab	30	37.0 ab	6.9
Total mean		43		145		33.8	

Note. SD – standard deviation; different letters show significant differences between means ( $P \leq 0.05$ ).



Note. DM – dry matter; significant differences were calculated using one-way ANOVA (Duncan's multiple range test), different letters show significant differences between means ( $P \leq 0.05$ ).

**Figure 2.** Boxplot analysis (mean  $\pm$  95% confidence intervals) representing the crude ash (CA) content in investigated silage

## Discussion

Silage analysis can be used to help farmers formulate the correct rations for their particular on-farm needs. There are various analytical methods used to calculate the chemical composition of silage such as NIRS or wet chemistry. However, the obtained results need interpreting to understand their significance, no matter which method is used. Examining the potential of the silage prepared from grass mixtures, establishing their quality and nutritional value, and comparing them to pure and single-species silage is a demanding field in the scope of forage. Recent studies confirmed that the use of mixed grass silage could help supplement nutrients between silage and provide both production and ecological benefits (Burton et al., 2021).

**DM content.** Among all silage, the lowest DM content had perennial ryegrass silage (Table 1). In silage DM content, the major role plays field and pre-ensiling conditions (Borreani et al., 2018), and although ensiling and fermentation patterns are also important, these findings need to be interpreted with caution.

**pH.** Lower pH values (<4.5) indicate higher acidity levels, which are required to preserve silage helping retain the original forage feed value. Silage with higher pH values (>5.0) may have undergone poor fermentation and may be of a lower quality or prone to spoiling (Moloney et al., 2020). In perennial grass-rye mix silage, low pH may be partly explained by rye harvesting time. Rye silage harvested at the dough stage has higher pH with lower organic acid concentration than rye silage harvested at heading or flowering stages. Lower pH is also caused by low ammonia-nitrogen with high acetate concentration (Paradhita et al., 2019). In rye silage, pH is also highly correlated with the DM content (Kim et al., 2001), while the DM content in perennial grass and rye mix silage was quite low in the present research. Also, the DM content and pH are important factors that affect the physical characteristics and quality of silage (Rajabi et al., 2016).

**NDF content.** Perennial ryegrass silage distinguished itself by the highest NDF content (Table 1). This result agrees with the ones obtained by Sun et al. (2011); however, it is slightly higher than found by Cooke et al. (2008). Pasture NDF is relevant in grazing-based dairy systems because it is negatively associated with potential intake. To maintain rumen fermentation and cow health, the study Nutrient Requirements of Dairy Cattle (2001) recommends feeding dairy cattle a minimum of 25% dietary NDF.

Oat-common vetch mix silage had a high NDF content (Table 1). Although very little was found in the literature on the question of the chemical composition of oat-common vetch mix silage, in the experiment, the NDF content was found to be higher than that mentioned by some other researchers. Chen et al. (2015) found that the NDF content of oat-common vetch mix silage varied from 30.3% to 39.5% DM (mixed with 43–44% concentrate). This result may partly be explained by the fact that oats are usually rich in NDF. In a recent study by Romero et al. (2017), oat silage had a NDF content equal to 67.0% DM. So, depending on the concentration of oats added to the mixture, the NDF content may vary significantly. Another reason for this may be lower fibre concentrations, possibly resulting from the presence of the exogenous fibrolytic enzymes found in certain inoculant products that have the potential to solubilise fibre releasing mainly WSC, available for fermentation during ensiling. In addition, possible immaturity of the oats used in other studies results in NDF that is more susceptible to enzymatic hydrolysis as less mature forage is more amenable to fibrolytic enzyme action (Romero et al., 2017).

The mean of NDF in cereal silage was consistent with other studies (Geren, 2014). Similarly, the NDF content in clover silage agreed with that obtained by Dewhurst et al. (2003), where red clover had 41.9% DM, and by Albrecht and Beauchemin (2003). Depending on silage maturity, typical nutrient content of legume

silage varied from 36.7% to 50.0% DM. The NDF fraction is the constituent most likely to be affected by water stress in perennial legumes. The NDF content in stems decreases under drought conditions because of reduced incorporation of carbon into cell walls, which might affect the NDF content in clover silage (Albrecht, Beauchemin, 2003). In alfalfa-perennial grass mix silage, the NDF content is in line with previous studies (Albrecht, Beauchemin, 2003; Dewhurst et al., 2003).

Evaluating **ADF content** means, no significant differences were found.

**CP content.** Among other silage, the highest CP content had perennial ryegrass silage (Table 2). These results seem to be consistent with similar research. The CP content of ryegrass pasture can often be even too high: Dong et al. (2020) stated that the CP content ranged from 20.9% to 28.6% DM. It is commonly found that WSC and CP contents are strongly negatively related in plants (Loaiza et al., 2017). In perennial ryegrass silage, the correlation between WSC and CP contents was not significant, which might be due to the modest sample number ( $n = 18$ ). The results also showed that CP content in alfalfa-perennial grass mix silage was very similar to that of perennial ryegrass silage. The alfalfa silage is usually higher in CP with 18% DM or above (Besharati et al., 2020). This result may be explained by the fact that perennial grass silage mix is lower in CP, which is also seen in the current experiment. De Boer et al. (2019) established that monoculture yield of alfalfa was higher in CP than its mixture with perennial grass depending on the grass species and the percentage of alfalfa in the mixture. However, in reviewing the literature, very little data was found on alfalfa-perennial grass mix silage quality. Clover silage was also high in CP, whereas as a silage crop it has similarities to alfalfa. However, previous studies have shown that silage made from wilted red clover usually contains less non-protein nitrogen. So, a unique mechanism is present in red clover but is absent in alfalfa (red clover causes fewer processes of proteolysis, both in the silage and in the rumen) that affects proteolysis during ensiling (Ni et al., 2019). This result also differs from the study of Dewhurst et al. (2003), where red clover silage was higher in CP with 19.3–20.3%. These results are likely to be related to increased protein degradation during ensilage, which happens due to either a direct effect of protein on silage fermentation or the protease profile of the crop. Therefore, increased protein degradation with high protein herbage like white or red clover may also be a consequence of changing protease profiles with changing protein content (Xu et al., 2021). Cereal silage had a lower protein content, which is characteristic of this type of silage including barley, oats, wheat, and triticale (Nair et al., 2016).

**CF content.** The results obtained from the CF analysis showed (Table 2) the CF mean in perennial ryegrass silage to be the highest, and the results match those observed in earlier studies (Cooke et al., 2008). The CF content in the perennial grass-clover mix silage is in accord with the study of De Boever et al. (2009), where the CF content varied from 2.6% to 3.4% DM. Arvidsson et al. (2008) found that perennial grass silage (pure grass sward, consisting mainly of timothy) had the content of 3.39% DM CF, which is very similar to the mixture of the current experiment.

**CA content** in alfalfa-perennial grass mix silage was the highest among the silage (Figure 2). Alfalfa silage usually has a high CA content (Rajabi et al., 2016; Silva et al., 2016), but perennial grasses tend to have a lower CA content, which is around 8.0% DM (Udén, 2017). Unfortunately, there is a lack of information about CA content in alfalfa-perennial grass mix silage. Clover-alfalfa mix silage had a significantly lower CA content. This seems to be consistent with other research, which found that the CA content in clover and grass silage mix was 8.3% DM (Johansson et al., 2014). However, in reviewing the literature, no data was found on the CA content in the clover-alfalfa mix silage.



CA in forage comes from two sources: internal, e.g., minerals, and external, e.g., dirt, bedding. The average internal CA content in alfalfa is 8%, and in grasses it is about 6%. Additional CA in silage usually indicates contamination with dirt (Undersander, 2016). It is speculated that a large amount of dirt in silage has a negative effect on cattle lactation performance (Hoffman, 2014).

### Conclusions

1. Among the samples tested, the best overall results in nutritive value showed the perennial ryegrass silage. This type of silage had one of the highest contents of crude protein (166 g kg<sup>-1</sup> DM), neutral detergent fibre (550 g kg<sup>-1</sup> DM), and crude fat (39.1 g kg<sup>-1</sup> DM) and the lowest content of dry matter (321 g kg<sup>-1</sup> DM) compared to pure and mixed silage compositions.

2. Both oat-common vetch mix and perennial grass-oat-common vetch mix silage has higher acidity (pH) than other types of silage, with pH 5 and 4.9, respectively. Oat-common vetch mix silage was high in NDF with 543 g kg<sup>-1</sup> DM. Perennial grass-rye mix silage was shown to have the lowest pH (4.2) among the silage.

3. The alfalfa-perennial grass mix silage had a low pH of 4.9, was high in contents of crude protein (165 g kg<sup>-1</sup> DM) and crude ash (114.4 g kg<sup>-1</sup> DM). Mixtures with clover silage were comparatively high in crude protein: perennial grass-clover mix silage had 148 g kg<sup>-1</sup> DM, legume mix silage had 133 g kg<sup>-1</sup> DM, and clover-alfalfa mix silage had 122 g kg<sup>-1</sup> DM; it was also rich in NDF with 461, 455, and 512 g kg<sup>-1</sup> DM, respectively. The crude fat content of the perennial grass-clover mix silage was also on the higher side (32.4 g kg<sup>-1</sup> DM).

Further investigation and experimentation into differences in the quality of pure and mixed silage is recommended.

### Acknowledgements

Part of this research was supported by the long-term research programme "Biopotential and quality of plants for multifunctional use" implemented by the Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry.

Received 04 02 2022

Accepted 04 04 2022

### References

- Albrecht K. A., Beauchemin K. A. 2003. Alfalfa and other perennial legume silage. Buxton D. R. et al. (eds.) Silage Science and Technology. Agronomy Monographs, vol. 42, p. 633–664. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr42.c14>
- Arvidsson K., Gustavsson A.-M., Martinsson K. 2008. Effects of conservation method on fatty acid composition of silage. *Animal Feed Science and Technology*, 148 (2–4): 241–252. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2008.04.003>
- Besharati M., Karimi M., Taghizadeh A., Nemat Z., Kaygisiz A. 2020. Improve quality of alfalfa silage ensiled with orange pulp and bacterial additive. *Journal of Agriculture and Natural Resources*, 23 (6): 1669–1677. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.673623>
- Boreani G., Tabacco E., Schmidt R. J., Holmes B. J., Muck R. E. 2018. Silage review: factors affecting dry matter and quality losses in silages. *Journal of Dairy Science*, 101 (5): 3952–3979. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13837>
- Burton A. B., Baniszewski J., Roth G. W., Tooker J. F., Kemanian A. R. 2021. Are polycultures for silage pragmatic medleys or gallimaufries? *Agronomy Journal*, 113 (2): 1205–1221. <https://doi.org/10.1002/agj2.20602>
- Butkutė B. 2010. Quality of silages of different origin and variation of fibre components. *Veterinary Medicine and Zootechnics*, 51: 8–16 (in Lithuanian). [https://www.researchgate.net/publication/236143249\\_Quality\\_of\\_silages\\_of\\_different\\_origin\\_and\\_variation\\_of\\_fibre\\_components](https://www.researchgate.net/publication/236143249_Quality_of_silages_of_different_origin_and_variation_of_fibre_components)
- Chen L., Guo G., Yu C., Zhang J., Shimojo M., Shao T. 2015. The effects of replacement of whole-plant corn with oat and common vetch on the fermentation quality, chemical composition and aerobic stability of total mixed ration silage in Tibet. *Animal Science Journal*, 86 (1): 69–76. <https://doi.org/10.1111/asj.12245>
- Cooke K. M., Bernard J. K., West J. W. 2008. Performance of dairy cows fed annual ryegrass silage and corn silage with steam-flaked or ground corn. *Journal of Dairy Science*, 91 (6): 2417–2422. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0715>
- De Boer M. L., Grev A. M., Shaeffer C. G., Wells M. S., Martinson K. L. 2019. Herbage mass, botanical composition, forage nutritive value, and preference of grass-legume pastures under horse grazing. *Crop, Forage and Turfgrass Management*, 6 (1): e20032. <https://doi.org/10.1002/cfr2.20032>
- De Boever J., Van Schooten H., De Brabander D. L. 2009. Nutritive value of grass-clover silages as compared with grass silage. *Proceedings of the 34<sup>th</sup> Animal Nutrition Research Forum*, vol. 34, p. 11–12. [https://www.researchgate.net/publication/268000203\\_Nutritive\\_value\\_of\\_grass-clover\\_silages\\_as\\_compared\\_with\\_grass\\_silage](https://www.researchgate.net/publication/268000203_Nutritive_value_of_grass-clover_silages_as_compared_with_grass_silage)
- Dewhurst R. J., Fisher W. J., Tweed J. K. S., Wilkins R. J. 2003. Comparison of grass and legume silages for milk production. 1. Production responses with different levels of concentrate. *Journal of Dairy Science*, 86 (8): 2598–2611. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73855-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73855-7)
- Dong L., Zhang H., Gao Y., Diao Q. 2020. Dynamic profiles of fermentation characteristics and bacterial community composition of *Broussonetia papyrifera* ensiled with perennial ryegrass. *Bioresource Technology*, 310: 123396. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123396>
- EC. 2009. Commission Regulation (EC) No 152/2009 of 27 January 2009 laying down the methods of sampling and analysis for the official control of feed. *Official Journal of the European Union*, 26.2.2009. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R0152&from=EN>
- EEA Report. 2020. European Environment Agency. Air quality in Europe – 2020 report. <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2020-report>
- Eurostat Statistics Explained. 2021. Agricultural production – crops. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Agricultural\\_production\\_-\\_crops#Cereals](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Agricultural_production_-_crops#Cereals)
- Geren H. 2014. Dry matter yield and silage quality of some winter cereals harvested at different stages under Mediterranean climate conditions. *Turkish Journal of Field Crops*, 19 (2): 197–202. <https://doi.org/10.17557/tjfc.55884>
- Hoffman P. C. 2014. Ash content of forages. *Focus on Forage*, 7 (1). <https://fyi.extension.wisc.edu/forage/files/2014/01/ASH05-FOF.pdf>
- IPCC. 2018. Intergovernmental Panel on climate change. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar5\\_wgII\\_spm\\_en.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar5_wgII_spm_en.pdf)
- Jatkauskas J., Vrotniakienė V. 2004. Improvement of grass silage quality by inoculant with lactic bacteria and enzymes. *Veterinary Medicine and Zootechnics*, 28: 79–82. <https://vetzoo.lsmuni.lt/data/vols/2004/28/pdf/jatkauskas.pdf>
- Jatkauskas J., Vrotniakienė V., Kulpys J. 2003. Grass conservation and efficiency of silage additives. *Veterinary Medicine and Zootechnics*, 22: 35–39 (in Lithuanian). <https://vetzoo.lsmuni.lt/data/vols/2003/22/pdf/jatkauskas.pdf>
- Johansson B., Hessele A., Kumm K.-I. 2014. Using clover/grass silage as a protein feed for dairy bull calves. *Proceedings of the 4<sup>th</sup> ISOFAR scientific conference Building Organic Bridges at the Organic World Congress*, p. 1007–1009. [https://orgprints.org/id/eprint/23964/1/23964\\_Johansson%20B%20OWC14%20A4\\_MM.pdf](https://orgprints.org/id/eprint/23964/1/23964_Johansson%20B%20OWC14%20A4_MM.pdf)
- Kim J. G., Chung E. S., Seo S., Ham J. S., Kang W. S., Kim D. A. 2001. Effects of maturity at harvest and wilting days on quality of round baled rye silage. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 14 (9): 1233–1237. <https://doi.org/10.5713/ajas.2001.1233>
- Loaiza P., Balocchi O., López I. F. 2017. Changes in water-soluble carbohydrates relative to crude protein in perennial ryegrass in response to defoliation frequency. *Grassland Science*, 63 (3): 159–168. <https://doi.org/10.1111/grs.12166>
- Magnolo F., Dekker H., Decorte M., Bezzi G., Rossi L., Meers E., Speelman S. 2021. The role of sequential cropping and Biogasdoneright™ in enhancing the sustainability of agricultural systems in Europe. *Agronomy*, 11 (11): 2102. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112102>

- Moloney T., Sheridan H., Grant J., O'Riordan E. G., O'Kiely P. 2020. Conservation efficiency and nutritive value of silages made from grass-red clover and multi-species swards compared with grass monocultures. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 59 (1): 150–166. <https://doi.org/10.15212/ijaf-2020-0110>
- Nair J., Christensen D., Yu P., Beattie A. D., McAllister T., Damiran D., Preston N., Fuhr L., McKinnon J. 2016. A nutritional evaluation of common barley varieties grown for silage by beef and dairy producers in western Canada. *Canadian Journal of Animal Science*, 96 (4): 598–608. <https://doi.org/10.1139/cjas-2016-0032>
- Ni K., Lu Y., Wang X., Guo L., Li X., Yang F. 2019. Exploring the silage quality of alfalfa ensiled with the residues of astragalus and hawthorn. *Bioresource Technology*, 297: 122249. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122249>
- Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 2001. National Academy Press, Washington, USA. <https://nap.nationalacademies.org/read/9825/chapter/1>
- Statistics Lithuania. 2021. <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?hash=0735430b-98ae-4dab-ab66-deaa603a01c8#/> (in Lithuanian)
- Östrem L., Rapacz M., Larsen A., Dalmannsdottir S., Jørgensen M. 2015. Influences of growth cessation and photoacclimation on winter survival of non-native *Lolium-Festuca* grasses in high-latitude regions. *Environmental and Experimental Botany*, 111: 21–31. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2014.10.008>
- Paradhipta D. H. V., Joo Y. H., Lee H. J., Lee S. S., Kwak Y. S., Han O. K., Kim D. H., Kim S. C. 2019. Effects of wild or mutated inoculants on rye silage and its rumen fermentation indices. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 33 (6): 949–956. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0308>
- Rajabi R., Tahmasbi R., Dayani O., Khezri A. 2016. Chemical composition of alfalfa silage with waste date and its feeding effect on ruminal fermentation characteristics and microbial protein synthesis in sheep. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 101 (3): 466–474. <https://doi.org/10.1111/jpn.12563>
- Romero J. J., Zhao Y., Balseca-Paredes M. A., Tiezzi F., Gutierrez-Rodriguez E., Castillo M. S. 2017. Laboratory silo type and inoculation effects on nutritional composition, fermentation, and bacterial and fungal communities of oat silage. *Journal of Dairy Science*, 100 (3): 1812–1828. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11642>
- Silva V. P., Pereira O. G., Leandro E. S., Da Silva T. C., Ribeiro K. G., Mantovani H. C., Santos S. A. 2016. Effects of lactic acid bacteria with bacteriocinogenic potential on the fermentation profile and chemical composition of alfalfa silage in tropical conditions. *Journal of Dairy Science*, 99 (3): 1895–1902. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9792>
- Statistics Lithuania. 2021. <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?hash=0735430b-98ae-4dab-ab66-deaa603a01c8#/> (in Lithuanian)
- Sun X. Z., Hoskin S. O., Muetzel S., Molano G., Clark H. 2011. Effects of forage chicory (*Cichorium intybus*) and perennial ryegrass (*Lolium perenne*) on methane emissions in vitro and from sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 166–167: 391–397. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2011.04.027>
- Udén P. 2017. Fresh and ensiled forage plants – total composition, silage losses and the prediction of silage composition from the crop. *Grass and Forage Science*, 73 (2): 420–431. <https://doi.org/10.1111/gfs.12328>
- Undersander D. Ash in forage. 2016. University of Wisconsin-Extension. [https://fyi.extension.wisc.edu/forage/files/2016/04/ash\\_in\\_forage.pdf](https://fyi.extension.wisc.edu/forage/files/2016/04/ash_in_forage.pdf)
- Volungevičius J. 2016. National Atlas of Lithuania: Volume 1, p. 61 (in Lithuanian).
- Wang C., He L., Xing Y., Zhou W., Yang F., Chen X., Zhang Q. 2019. Fermentation quality and microbial community of alfalfa and stylo silage mixed with *Moringa oleifera* leaves. *Bioresource Technology*, 284: 240–247. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.03.129>
- Xu L., Hu Y., Li X., Tang G., Zhang J. 2021. Effects of wheat-legume cultures on the fermentation quality and protein degradation of silage. *Grassland Science*, 68 (1): 13–22. <https://doi.org/10.1111/grs.12329>

## Įvairių rūšių siloso, pagaminto iš miglinių bei pupinių žolių ir javų, cheminė sudėtis

L. Merkevičiūtė-Venslovė, A. Šlepetienė, J. Cesevičienė, A. Mankevičienė, E. Venslovas

Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centras

### Santrauka

Pagrindinė siloso gamybos žaliava yra pašariniai augalai, o silosas – daugelio žemiojo pašaro sistemų pagrindas. Tyrimo tikslas – įvertinti įvairių daugiamečių žolių bei viso augalo javų siloso kokybės variavimą ir palyginti pasirinktų grynų bei maišytų silosų mitybinę vertę. Siloso pavyzdžiai buvo surinkti iš 433 ūkių. Tirta 11 rūšių silosai: (1) daugiamečių žolių mišinio, (2) javinio, (3) liucernų ir daugiamečių žolių mišinio, (4) dobilų, (5) daugiamečių svirdrių, (6) daugiamečių žolių ir dobilų mišinio, (7) avižų ir vikių mišinio, (8) dobilų ir liucernų mišinio, (9) pupinių augalų mišinio, (10) daugiamečių žolių ir rugių mišinio, bei (11) daugiamečių žolių, avižų ir vikių mišinio, iš viso 1626 mėginiai. Siloso mėginių tyrimai buvo atlikti, siekiant nustatyti sausųjų medžiagų (SM), žalių baltymų (ŽB), vandenyje tirpių angliavandenių (VTA), neutraliamie tirpale tirpios ląstelienos (NDF), rūgščiame tirpale tirpios ląstelienos (ADF), žalių riebalų (ŽR), žalių pelenų (ŽP) kiekius ir rūgštumą (pH). Tyrimo duomenimis, daugiamečių svirdrių silosas pasižymėjo didžiausiu ŽB (166 g kg<sup>-1</sup>), NDF (55 g kg<sup>-1</sup>) ir ŽR (3,91 g kg<sup>-1</sup>) ir mažiausiu SM (32,1 g kg<sup>-1</sup>) kiekiais, lyginant su grynų silosu ir mišiniais. Iš tirtų silosų mažiausias pH (4,2) buvo daugiamečių žolių ir rugių mišinio siloso. Abu silosų mišiniai su avižomis ir vikiais pasižymėjo didžiausiu pH – avižų ir vikių mišinio siloso pH vertė buvo 5, daugiamečių žolių, avižų ir vikių mišinio siloso – 4,9. Avižų ir vikių mišinio silosas turėjo didelį kiekį NDF (54,3 proc.). Siloso mišiniai su dobilais turėjo didelį kiekį ŽB ir NDF. Iš tirtų silosų geriausia mitybine verte pasižymėjo daugiamečių svirdrių silosas.

Reikšminiai žodžiai: siloso kokybė, daugiamečių žolės, pupiniai augalai, vikiai, javai.



## Daugiamečių žolių siloso kokybės prastėjimas aerobinio gedimo metu



▲ Žaliava siloso konservavimui

LAMMC ŽI: Lauksmė Merkevičiūtė-Venslovė  
ir Alvyra Šlepetienė

**Siloso aerobinis gedimas yra rimta problema, dėl kurios gali sumažėti pašaro kokybė ir maisto medžiagų kiekis jame; tai taip pat gali turėti neigiamų pasekmių gyvūnų sveikatai ir produktyvumui.**

Silosas konservuojamas anaerobinėje aplinkoje, t. y. kai joje nėra deguonies. Tokia aplinka idealiai tinka pieno rūgšties bakterijoms, kurios fermentuoja pašarą esančius angliavandenius ir gamina pieno rūgštį. Ši rūgštis padeda išsaugoti pašarą, nes sumažina pH, o tai stabdo gedimo mikroorganizmų augimą. Siloso aerobinis gedimas yra procesas, vykstantis, kai į siloso masę patenka oro, dėl kurio jame dauginasi aerobinės bakterijos ir grybeliai. Dėl to silosas gali sugesti, taip pat sumažėja jo pašaro kokybė ir maisto medžiagų kiekis. Siloso kokybės išsaugojimas yra labai svarbus ūkininkams, siekiantiems užtikrinti, kad pradėjus naudoti konservuotus pašarus, šie išliktų švieži ir geros kokybės.

LAMMC Žemdirbystės institute atliktas tyrimas siekiant nustatyti, kaip aerobinėmis sąlygomis keičiasi daugiamečių žolių siloso kokybė, vertinat jo kokybinių rodiklių pokyčius 28 dienų laikotarpiu. Tyrimui buvo konservuotas miglinių ir pupinių žolių mišinys, sudarytas iš svidrių, eraičinų, motiejukų ir dobilų.

Tyrimo metu stebėtas daugiamečių žolių siloso kokybės rodiklių kitimas parodė, jog aerobinio gedimo metu sausųjų medžiagų kiekis silose pastebimai sumažėjo jau po 3 dienų. Tai vyksta dėl pašaruose esančių angliavandenių ir organinių medžiagų skilimo. Reikšmingas ląstelienos kiekio mažėjimas daugiamečių žolių silose stebėtas nuo 7 aerobinės fermentacijos dienos kartu su rūgštiniame (ADF) ir neutraliame (NDF) tirpaluose netirpios ląstelienos kiekiais.

Žalių baltymų kiekis silose pradeda mažėti jau trečią dieną po atidarymo, o reikšmingi pokyčiai stebimi nuo 7 dienos. Siloso pH pastebimai ima didėti jau septintą aerobinės fermentacijos dieną dėl organinių rūgščių – acto ir sviesto – susidarymo. pH didėjimas sudaro palankias sąlygas augti nepageidaujamiems mikroorganizmams, pavyzdžiui, klostridijoms ir enterobakterijoms.

Kokybės kitimo greitis aerobinio gedimo metu gali priklausyti nuo įvairių veiksnių, pavyzdžiui, pradinio siloso drėgmės kiekio, aplinkos temperatūros bei drėgmės ir silose esančių mikroorganizmų rūšies bei koncentracijos.

**Rekomendacija.** Daugiamečių žolių silosą rekomenduojama sunaudoti iškart po atidarymo ir sąveikos su oru arba ne vėliau kaip per 7 dienas nuo atidarymo, kad būtų išvengta siloso gedimo ir maisto medžiagų praradimo.

▶ Užkonservuotas žolių silosas



## APIE AUTORIŲ

### **Vardas, pavardė**

Lauksmė Merkevičiūtė-Venslovė

### **Gimimo data**

1993 m. gruodžio 13 d.

### **Išsilavinimas**

2019–2023 m. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centras, Agronomijos krypties doktorantūros studijos.

2013–2019 m. Lietuvos sveikatos mokslų universitetas, Veterinarijos akademija, įgytas veterinarinės medicinos magistro laipsnis ir veterinarijos gydytojo kvalifikacija.

### **Profesinė patirtis**

Nuo 2019 m. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Žemdirbystės instituto Cheminių tyrimų laboratorijos jaunesnioji mokslo darbuotoja.

## SUMMARY

### INTRODUCTION

Conserved feeds are essential for animal nutrition and the overall sustainability of livestock production systems. These are feeds that have been preserved by various methods, such as ensiling, drying or fermentation, in order to ensure the year-round supply and nutritional value of the feed (Forte et al., 2018). The importance of conserved feed is that it can guarantee a stable and balanced diet for livestock, especially during the cold season or when fresh feed is scarce (Forte et al., 2018). In addition, conserved feed can contribute to resource efficiency, reduce waste, and improve overall livestock performance and health (Koura et al., 2023).

One of the problems encountered when trying to produce quality conserved feed is aerobic spoilage, which is very important to study in order to understand and mitigate the negative effects it can have on feed quality, animal health and even farm profitability. When conserved feed is exposed to oxygen, aerobic spoilage is induced, leading to the growth of unwanted microorganisms and degradation of nutrients (Borreani et al., 2018a). This breakdown can lead to significant losses of dry matter and nutrients, reduced feed intake, mycotoxin contamination and an increase in animal health problems (Drouin et al., 2021). Therefore, to ensure the quality and safety of preserved feed, it is essential to understand the factors that influence aerobic spoilage and to develop strategies to prevent or reduce its occurrence.

Another issue is the influence of grass biomass composition on the quality of grass silage and the influence of maize maturity on maize silage quality. It has been found that alfalfa (*Medicago sativa*) silage is often more stable than maize silage when exposed to air (Muck & O'kiely, 1992; O'kiely & Muck, 1992), and that legumes (red clover, alfalfa and white clover) silages are generally more stable than grass silages when exposed to air (G. Pahlow et al., 2001). This suggests that legumes plants may contain a natural compound that inhibits the growth of spoilage microorganisms. However, Muck and O'Kiely (1992) compared the aerobic stability of fresh and ensiled alfalfa and concluded that the factor affecting the aerobic stability occurred during ensiling, as fresh alfalfa was not stable when exposed to air. Other authors have observed that increasing plant maturity and ageing are associated with lower aerobic stability of silages. It has been shown that maize maturity can influence silage pH, organic acid formation, dry matter and fibre fractions (Rossi et al., 2023). The authors suggest that dough and physiological maturity silages show better aerobic stability results (Filya, 2004). Therefore, further studies may show that the properties of the ensiled biomass may be useful in controlling aerobic deterioration.

A review of the dependence of aerobic quality of maize, alfalfa, *Poaceae* grass and *Poaceae* grass/clover silage on inoculants was conducted in Lithuania in 2013 (Jatkauskas et al.,

2013). The feed value of maize silage produced on Lithuanian farms was also evaluated in 2008 (Butkutė & Gaurilčikaitė, 2008), and in 2010 the variation in the quality and fibre components of different types of silages (mixtures of *Poaceae* grasses and perennial grasses, legumes grasses, maize) and of the cereal silage was evaluated in the same way (Butkutė, 2010). The studies showed that the quality of *Poaceae* grass silage was particularly variable when compared to maize, legumes grass silage or cereal. Perennial ryegrass silage had the highest content of NDF and ADF. In terms of aerobic deterioration of silage quality, the studies focused on the influence of inoculants.

However, there are still very few studies comparing the quality of different types of forage produced in Lithuania and preserved in different ways. There is also insufficient data on the influence of biomass composition and maize maturity on the aerobic deterioration of silage, on the temperature variation during secondary fermentation, and on the release of gases during primary fermentation.

### **Research hypothesis**

Aerobic fermentation is likely to result in a more severe deterioration in silage quality and a greater temperature change in the presence of more legumes grasses, while the optimum nutritional value will be observed for perennial and legumes grass silages ensiled in the sleeve and trench.

### **Objective of the study**

To investigate the qualitative characteristics of samples of different types of preserved fodder taken in the country, determine the factors that influence them, and after conducting an experiment in laboratory conditions, evaluate the quality of aerobic fermentation of grass and maize silage and the causality of its variation.

### **Tasks of the study**

1. To determine and evaluate the most important nutritional parameters of various conserved feeds produced in different farms in the country: crude protein (CP), fibre (NDF, ADF), carbohydrate (VTA), etc., as well as the regularity of their changes.
2. To determine how the type and composition of the ensiled biomass determines the variation of the qualitative and fermentation parameters of the silage, as well as the release of gases during anaerobic digestion in a laboratory experiment.
3. To assess the deterioration of different types of silage and the temperature variation during secondary fermentation and to determine the influence of the composition of the grass biomass and the maturity of the maize on the deterioration of the aerobic quality of silage.

### **Thesis statements**

1. The quality and aerobic deterioration of a mixture of *Poaceae* and legumes grass silages depends on the percentage composition of the grass mixture to be ensiled.
2. The quality of maize silage and the aerobic deterioration of the silage depend on the maturity of the maize to be ensiled.
3. The type of forage preserved has a significant effect on the quality of the forage, but the method of preservation does not always have an effect.

### **Relevance of the study**

There is a lack of research on the quality of conserved fodder in the country, which comprehensively assesses its nutritional value and quality; there is also little information on the quality of fermentation of conserved fodder, using local plants for preservation. Little research has been carried out on the aerobic deterioration of silage quality when the silages are opened at the start of the feeding and secondary fermentation occurs at the feed's interaction with the air. There is also a lack of information on gas emissions during anaerobic fermentation and on the temperature variation during aerobic fermentation depending on the composition of the ensiled biomass. Even high-quality feed prepared according to good production practices can be compromised. There is insufficient research to know which silages are most resistant to aerobic spoilage in terms of composition and properties.

### **Novelty of the study**

The quality of primary and secondary fermentation of silage produced from indigenous plants, which has not been analysed in Lithuania so far, was determined by investigating the nutritive value, temperature variation and gas emission of the silage, and finding out how these parameters depend on the composition of the grass biomass and the maturity of maize. The influence of the smut disease (*Ustilago maydis*) on maize silage quality and aerobic fermentation was also assessed. As there is a lack of such studies in Lithuania, the results obtained have novelty aspects and add new knowledge to agronomic science on the ensiling of indigenous crops and the aerobic spoilage of silage. These studies have also identified the nutritional value of farm-produced preserved feed and how it is influenced by the composition of the ensiled biomass, the type of fermentation and the type of preservation, thus providing new scientific and practical information.

### **Practical relevance**

The evaluation of the quality of primary and secondary fermentation of silage was carried out by studying the quality indices of silage, temperature variation and gas emission and observing

how these quality indices depend on the composition of the grass biomass and the maturity of maize. The quality of forages produced in Lithuania and preserved by different methods in different compositions was also assessed. Conclusions and recommendations were drawn which will help livestock farmers to ensure the quality of silage and to preserve the necessary nutrients in preserved feed by controlling aerobic deterioration of silage. It's important not only to ensure the provision of high quality and valuable feed for livestock, but also to ensure the preparation of safe feed.

### **Validation of the study results**

2 scientific articles have been published on the subject of the thesis in scientific journals with a citation index. The results of the research have also been published in 6 national and international conferences and in 6 conference abstracts. The results of the research have led to 1 recommendation for agriculture.

### **Dissertation content and scope**

The dissertation is written in Lithuanian. The dissertation is 156 pages long. It consists of an abstract, an introduction, an analysis of the literature, the methods of the study, the results and discussion, conclusions, a list of publications and copies of publications. The dissertation contains 21 tables and 25 figures. 145 references were used. Some of the data used in the dissertation are taken from the articles by doctoral student Lauksme Merkevičiute-Venslovė: Merkevičiute-Venslovė L., Venslovas E., Mankevičiene A., Slepėtiene A., Cesevičiene J. 2023. Effect of *Ustilago maydis* on the nutritive value, fermentation characteristics and aerobic deterioration of maize silage. *Agronomy*, 13(1): 111. IF - 3,949 (Q1) and Merkevičiute-Venslovė L., Slepėtiene A., Cesevičiene J., Mankevičiene A., Venslovas E. 2022. Peculiarities of chemical composition of main types of silage prepared from grasses, legumes, and small grain crop mixtures. *Zemdirbyste - Agriculture*, 109 (2):179-184. IF - 1,083 (Q3).

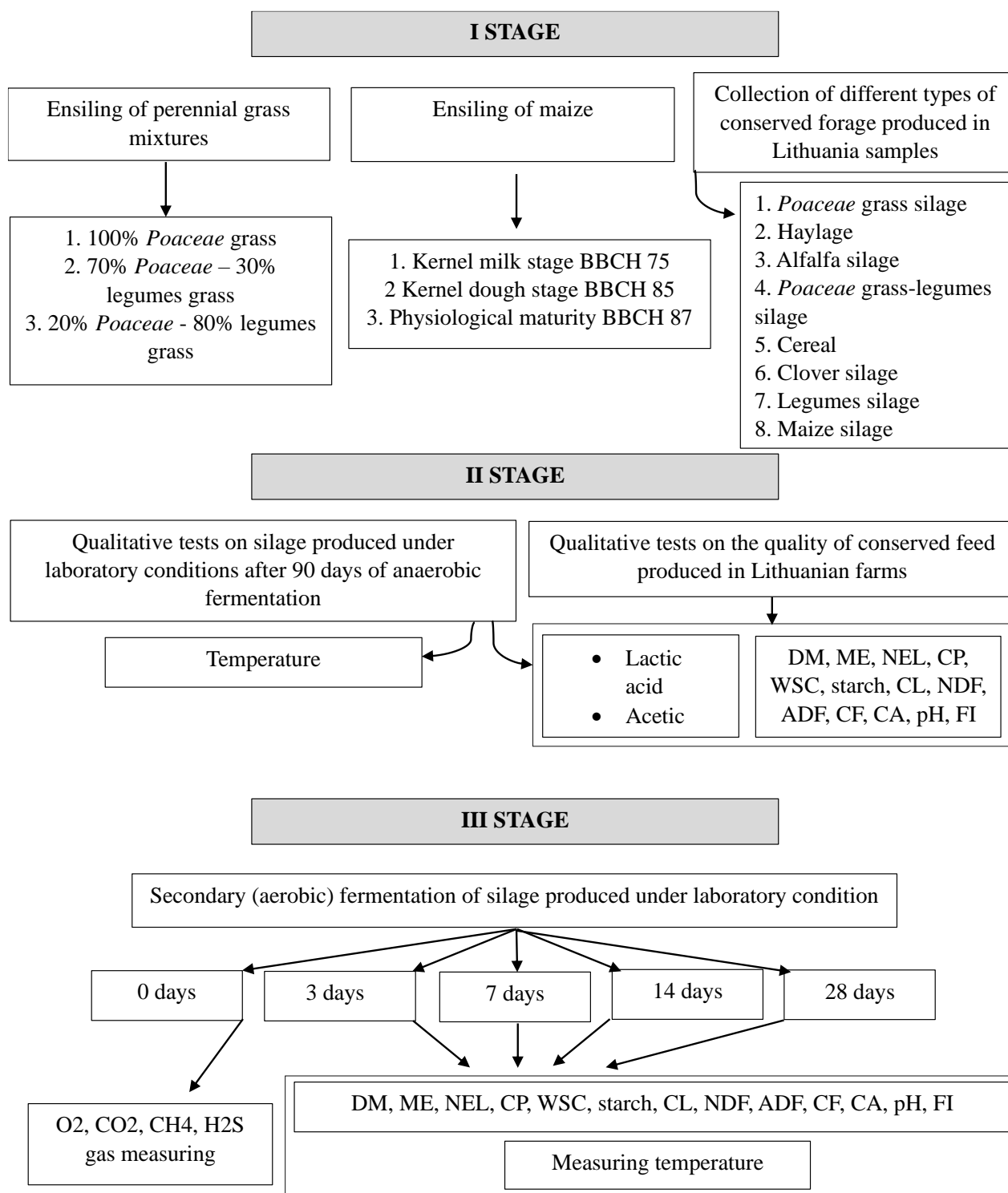
## **EXPERIMENTAL METHODS**

**Object of the study** - quality variation of perennial (*Poaceae*) and legumes (*Fabaceae*) grass mixtures silage and maize silage during primary (anaerobic) and secondary (aerobic) fermentation under laboratory conditions and the quality of perennial grass mixtures and maize preserved fodder produced in Lithuanian farms.

The studies on the quality of conserved forage were carried out in 2019–2022 at the Chemical Research Laboratory of the Institute of Agriculture of the Lithuanian Centre of Agrarian and Forestry Sciences.

The study design is presented in Figure 1.





**Figure 1.** Research scheme

**Ensilage procedure.** The grass biomass ensiling was carried out using mixtures of *Poaceae* grasses (2020-2021) made of forage *Phleum pratense*, *Festuca pratensis* and *Lolium perenne*; and tall oat grass (*Arrhenatherum elatius*) (2022–2021)); and legumes grasses: alfalfa (*Medicago sativa*) (2020) and red clover (*Trifolium pratense*) (2021–2022). In the vegetative phase at the beginning of flowering, the plants were cut and wilted for ~12 hours. The wilted

grasses were chopped in a hand chopper to 2–4 cm long pieces. Individual healthy maize (*Zea mays* L.) plants grown at the Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry research fields in 2021 were hand harvested. All plants were *Duxxbury* (FOA 170) hybrids. The maize plants were shredded to an average length of 2 cm with a forage shredder.

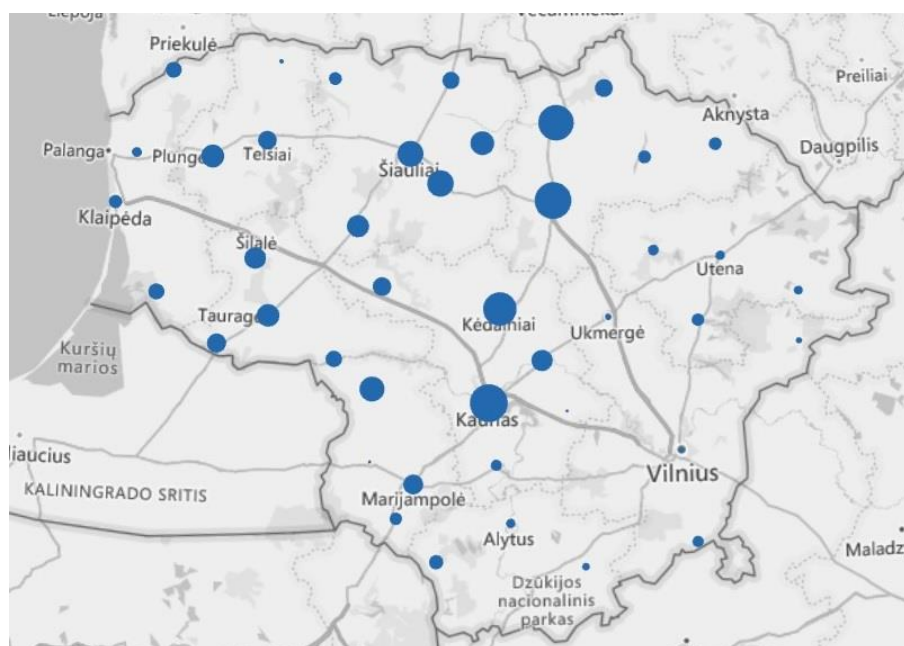
After thorough mixing, the fresh maize and grass mass was ensiled in triplicate at approximately 1 kg (fresh weight) in polyethylene bags (28 cm x 40 cm, 100  $\mu$ m and 130  $\mu$ m thick, Status Innovations Co., Metlika, Slovenia) and sealed using a vacuum sealer, as described by Johnson et al. (2005), Kaya (2022), Sagyndykova et al. (2021) and Wang et al. (2022). After the bags were filled with fresh material, temperature loggers (Tempmate®-S1 disposable USB Data Logger, Heilbronn, Germany) were inserted into the centre of each bag (centre of the ensiled mass). Vacuum sealed bags were ensiled for 90 days before initial opening and stored in the lying position at an ambient temperature of 20–22 °C in the dark (Figure 2).



*Figure 2. Fresh grass biomass in vacuum-sealed bags*

**Collection of different types of conserved forage produced in Lithuania samples.** Conserved feed samples were collected from 433 farms across Lithuania (Figure 3; Table 1). All samples were collected according to standard procedures (EC, 2009). Using disposable gloves, each sample was collected from different points at a depth of approximately 30 cm. For bundle sampling, samples were taken from different sides of the bundle using a honeycomb probe. The total sample weighed approximately 4 kg. The final sample (about 1 kg) was taken from the homogenised aggregate sample. The sample was placed in a clean plastic bag, vacuumed and

sealed for transport to the laboratory. All samples were stored at 4-8 °C. After opening the bag, an organoleptic assessment was carried out to assess the smell, colour and texture of the silage.



**Figure 3.** Lithuanian farm locations where silage samples were taken from

Note. The round label size was mathematically calculated and proportionately reflects the amount of the samples collected from that area.

**Table 1.** Number of different types of conserved feed made in Lithuania samples tested

Type of conserved feed	2019	2020	2021	2022
Perennial grasses silage	227	254	198	259
Haylage	-	-	20	25
Alfalfa silage	7	8	8	14
Perennial - legumes silage	7	13	1	5
Cereal	5	8	4	3
Clover silage	4	4	2	3
Legumes silage	-	-	-	4
Maize silage	133	114	74	115

**Silage sampling and qualitative analysis.** Silage samples were taken by hand and thoroughly mixed. Two hundred grams of each mixed sample were dried in a drying oven at  $65 \pm 5$  °C to constant weight and ground to a diameter of 1 mm using a centrifugal mill ZM 200 (Retsch, Germany). The milled samples were analysed in triplicate for absolute dry matter content and dried for 48 h at 105 °C in an oven to constant weight. Near-infrared spectroscopy (AIRA) calibration equations (ADAS, UK) were used for crude protein (CP), crude fat (CF), starch, crude

fibre (CF), NDF, ADF, metabolic energy (ME) and net energy of lactation (NEL) were determined using the NIRS-6500 instrument with a sample rotation module (Foss-Perstorp, USA) and wavelengths ranging from 400 to 2500 nm (Serva, Marchesini, et al. , 2021). For the analysis of maize silage, the NIRS-6500 monochromator with spinning module was used for scanning. The VDLUFA (Germany) equation is used to analyse the maize silage.

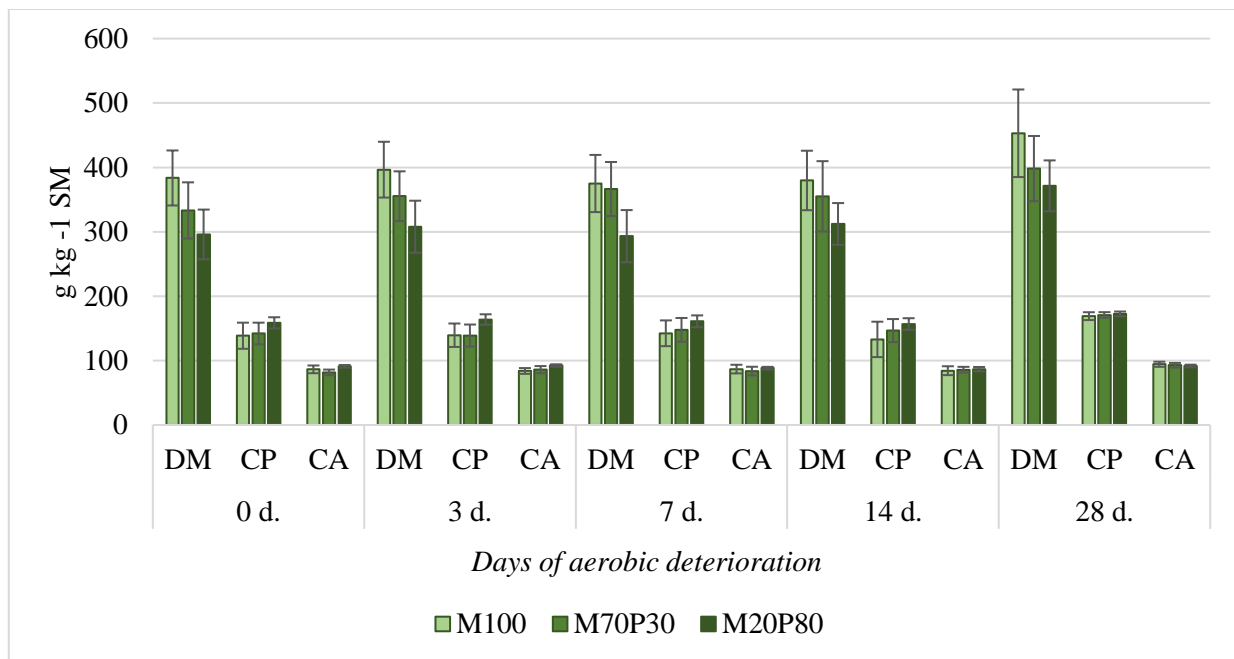
The Kjeldahl method (Horwitz & Latimer, 2005) was used for the determination of crude protein, using a Kjeltac 2200. Using the Kjeldahl method, the nitrogen value was converted to protein by a factor of 6,25 (LST EN ISO 5983-1:2005 'Feed. Determination of nitrogen content and calculation of crude protein content. Part 1. Kjeldahl method'). The fractions of fibre - neutral detergent fibre (NDF) and acid detergent fibre (ADF) - were determined according to the method of fractionation of fibre by P. J. van Soest (Faithfull, 2002). The determination of NDF is in accordance with standard LST EN ISO 16472:2006 'Feed. Determination of the amount of fibrous matter treated with amylase and neutral detergent (aNDF)'. The method for the determination of ADF is in accordance with standard EN ISO 13906:2008 'Feed. Determination of acid detergent fibre (ADF) and acid detergent lignin (ADL) content'. The amount of water soluble carbohydrates was determined with Dreywood's anthrone reagent (R. Li et al., 1996). The starch content of maize silages was analysed by measuring the angle of rotation of the polarisation plane of the solution after hydrolysis of the starch and other carbohydrates in the sample in hydrochloric acid solution, precipitation of the proteinaceous material and filtration of the resulting solution. The method complies with EU and ISO standards: LST EN ISO 10520:2000 'Natural starch. Starch determination. Ewers polarimetric method'. The crude fat (CF) content was determined by extraction in a Soxhlet apparatus. The crude ash content of the plant mass was determined gravimetrically as the mass remaining after combustion of the sample at  $550 \pm 10$  °C. The acidity (pH) of the fresh (undried) silage samples was measured in water extracts by the potentiometric method using a pH meter (Horiba, UK).

**Statistical analysis** was performed using IBM SPSS Statistics version 25 (IBM Corp., USA). Significant differences were calculated using one-way ANOVA (Duncan's multiple range test). If the means do not have the same letter next to them, they are significantly different. Correlation analysis was carried out to investigate the quantitative relationship between the variables studied. The strength of the correlation was assessed by the value of the correlation coefficient R. The level of significance was calculated using the regression analysis tool in Excel, and the data were significant at  $P \leq 0.05$ .

## RESULTS AND DISCUSSION

### Chemical composition, fermentation quality, temperature variation and aerobic spoilage of perennial grass silages

When assessing the changes in DM content between aerobic fermentation days, a significant change in DM content during secondary fermentation was only observed in the 2020 M100 silages. It was found that on the 28th day of fermentation the SM content was on average 56 g/kg higher than on the other days of aerobic fermentation ( $p < 0.01$ ). The amount of DM remained stable or decreased sporadically, with the lowest levels during aerobic fermentation being mostly found in M100 silages (Figure 4).

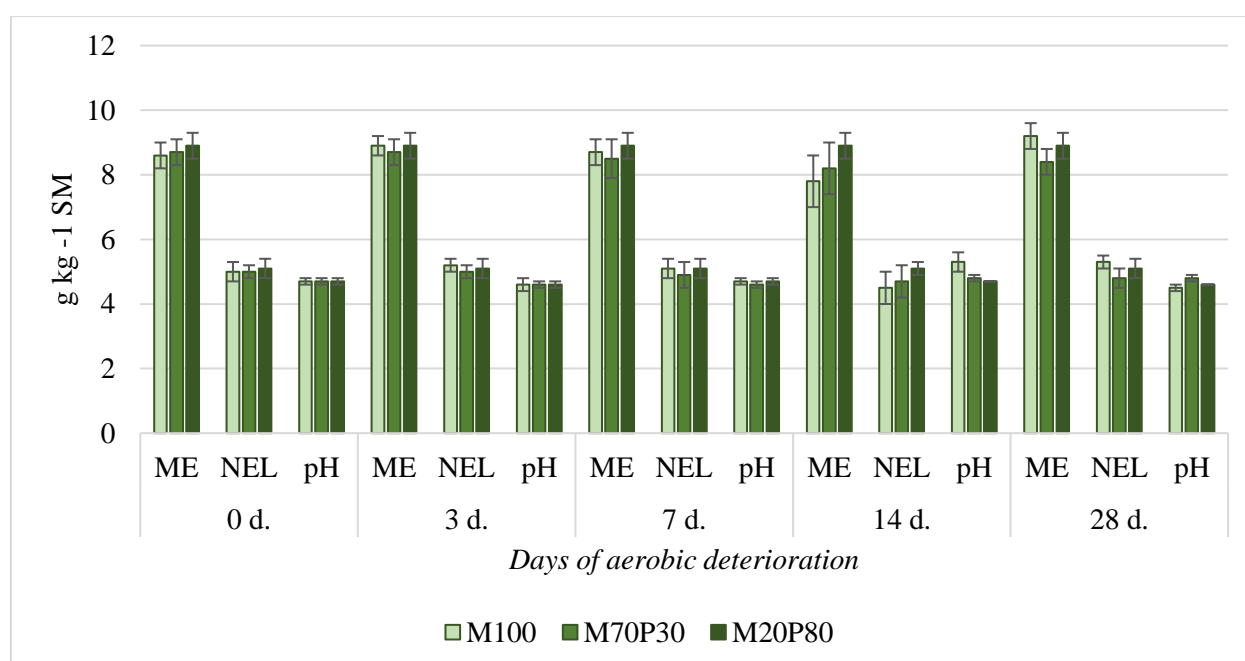


**Figure 4.** DM, CP and CA content in grass silages during aerobic deterioration

Note. M100 – silage prepared from Poaceae grass, M70P30 – silage prepared from 70% Poaceae grass and 30% legumes, M20P80 – silage prepared from 20% Poaceae grass and 80% legumes.

The amount of CA did not change significantly during aerobic fermentation in most cases, with a decrease only in one case in M20P80 silages. In terms of differences between species, the highest levels of CA in 2020 were found in M100 silos, the lowest in M20P80 silos, and in 2022 the highest levels were found in M20P80 silos, the lowest in M100 silos (Figure 4). The high content of green ash in the silages means that the feed is rich in minerals. The crude ash content is an important parameter to consider when assessing the quality of silage, as it provides information on the mineral composition of the feed (KARA et al., 2022). However, in good fermenting silages, the crude ash should not exceed 90 g kg<sup>-1</sup>. If it exceeds 100 g kg<sup>-1</sup>, it is suspected that the silage material has been subjected to earth inputs, which have an impact on the quality of the silage (Quirino et al., 2022).

Both ME and NEL were either unchanged or significantly decreased during aerobic fermentation, which is in agreement with the results of other authors, as Auerbach et al. (2020) found that the amount of metabolizable energy is negatively correlated with the period of aerobic failure. M20P80 silage tended to have the highest ME and NEL content. The content of both chemical indicators in bean silages can vary depending on factors such as bean plant species, harvest time, maturity stage and ensiling conditions (Kuppusamy et al., 2020; Oliveira et al., 2017; S. Wang et al., 2017). However, bean silage generally has a higher ME and NEL content compared to grass silage, especially due to its higher protein content and digestibility (Maxin et al., 2017). The inclusion of bean crops in silage blends can improve the fermentation quality and nutritional value of silage, resulting in higher ME and NEL content (Costa et al., 2022; Matlabe et al., 2022).



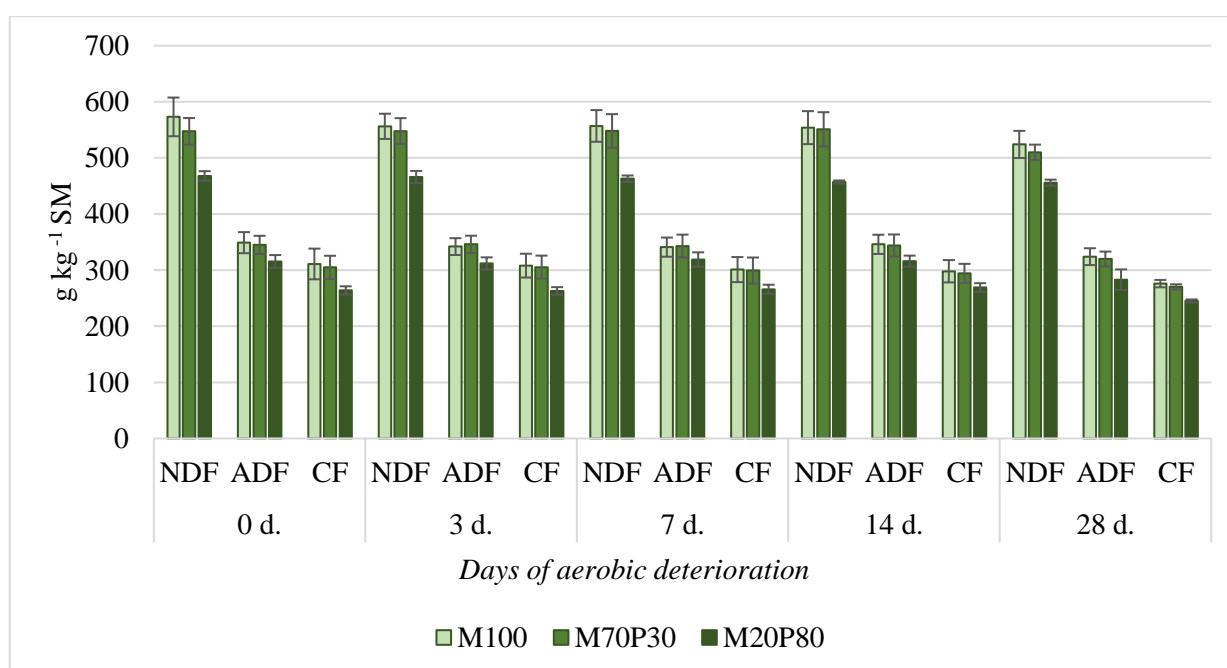
**Figure 5.** ME, NEL and pH content in grass silages during aerobic deterioration

Note. M100 – silage prepared from Poaceae grass, M70P30 – silage prepared from 70% Poaceae grass and 30% legumes, M20P80 – silage prepared from 20% Poaceae grass and 80% legumes.

The pH value did not change significantly during aerobic fermentation. The pH value also did not differ significantly between species in most cases (Figure 5). WSC content remained stable or increased during aerobic fermentation. During aerobic exposure, the WSC content of the silages may change. The presence of oxygen in the environment during aerobic fermentation may lead to the growth of aerobic micro-organisms, including yeasts and moulds, which ferment the carbohydrates in the silage. This fermentation process breaks down complex carbohydrates into simpler sugars, leading to an increase in WSC content (Mu et al., 2021; Wilkinson & Davies, 2013).

Among the silage types, the higher amount of CL content in 2021 was recorded in M100 silages, but in 2022, at the beginning and at the end of aerobic fermentation, the amount of CL content in M100 silages was significantly lower. Although there is a lack of information in the literature on the crude fat content of tall oats, it is suggested that the choice of these perennial grasses for ensiling may have been responsible for the lower crude fat content in the M100 silage in 2022. FI did not change significantly during aerobic fermentation.

The highest NDF content was found in M100 silos and M70P30 silos and the lowest in M20P80 silos (Figure 6), which is in agreement with the results of other studies (J. S. da Silva et al., 2018; Van Soest, 1994), as the cell walls of bean grasses generally contain a lower amount of polysaccharides. The ADF content did not change significantly, with occasional increases and decreases observed. The increase in ADF during aerobic fermentation is in agreement with the results of other studies. This increase in ADF could be due to the loss of soluble silage components during aerobic exposure and the result of a higher proportion of cell walls (Chen & Weinberg, 2009). The highest levels of ADF are usually found in M100 and M70P30 silages and the lowest in M20P80 silages.

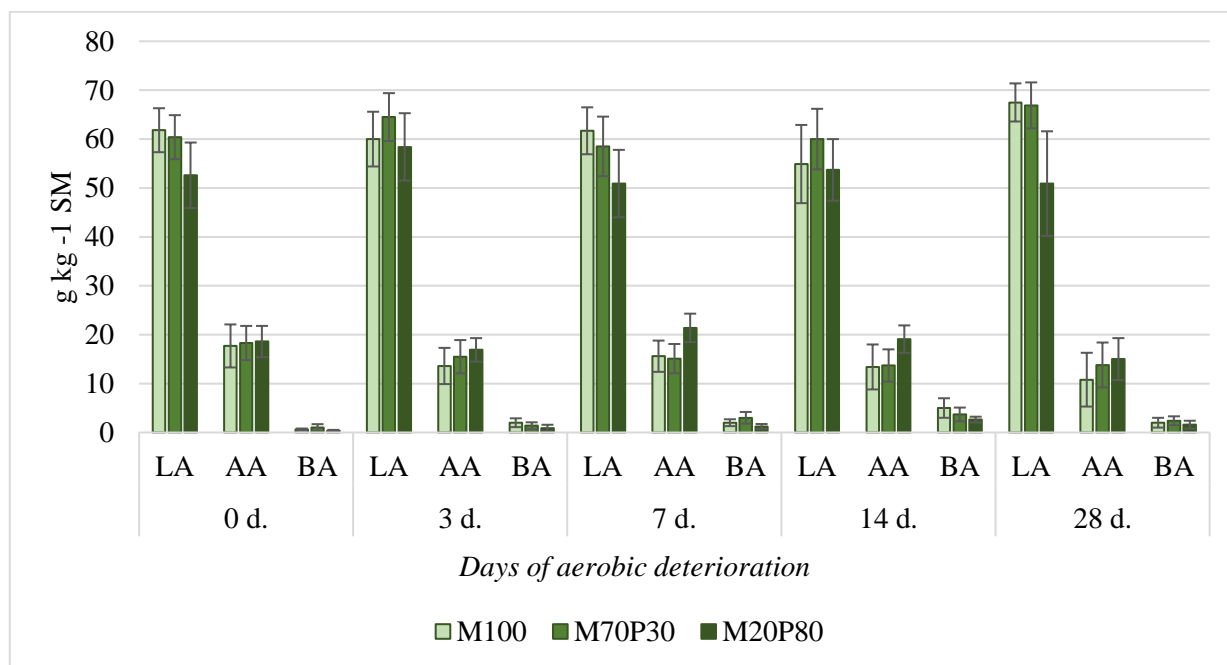


**Figure 6.** NDF, ADF and CF content in grass silages during aerobic deterioration

Note. M100 – silage prepared from Poaceae grass, M70P30 – silage prepared from 70% Poaceae grass and 30% legumes, M20P80 – silage prepared from 20% Poaceae grass and 80% legumes.

The amount of LA did not change significantly. The lowest lactic acid content was found in most cases in M20P80 silos (Figure 7). The AA content did not change significantly in most cases, with significant decreases only in the M100 silos. In summary, the BA content generally showed a significant increase during the study period. During aerobic spoilage, the content of

butyric acid in the silages may vary due to the activity of certain micro-organisms. *Bacillus* spp. and *Clostridium* are known to produce butyric acid, which can promote the growth of less acid-tolerant spoilage microorganisms and may result in a reduction in silage consumption (Peng et al., 2018).



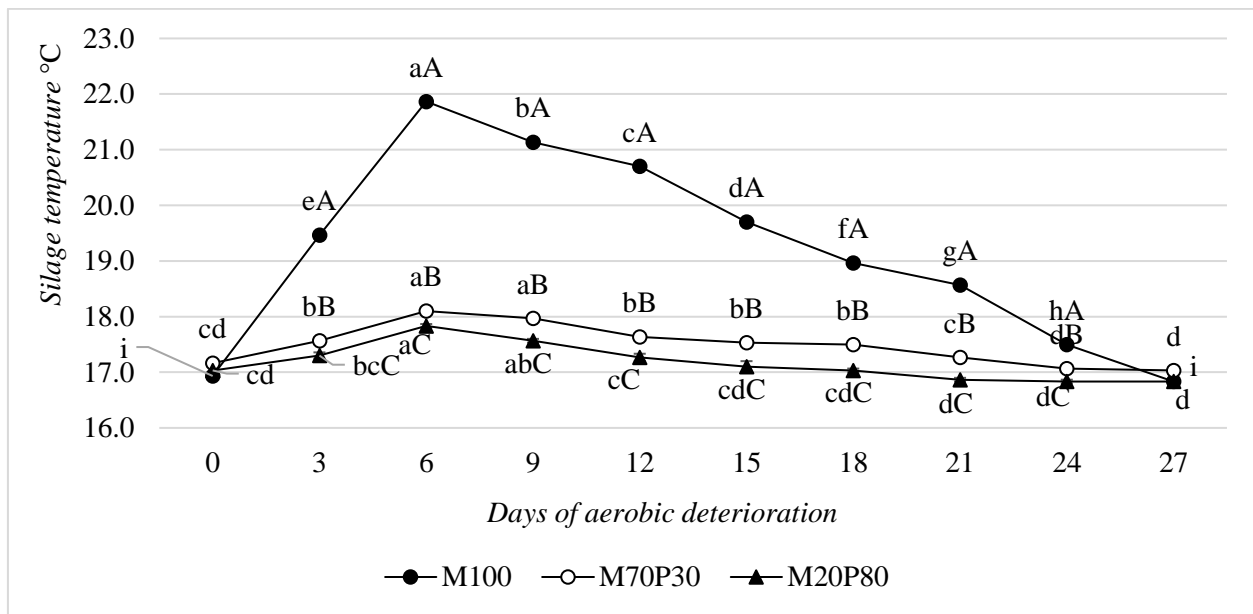
**Figure 7.** Lactic (LA), acetic (AA) and butyric (BA) acids content in grass silages during aerobic deterioration

Note. M100 – silage prepared from Poaceae grass, M70P30 – silage prepared from 70% Poaceae grass and 30% legumes, M20P80 – silage prepared from 20% Poaceae grass and 80% legumes.

### Silage temperature variation during aerobic fermentation

No differences between types of silages were observed on the first day. From day 3 to day 24, the highest temperatures were observed in the M100 silages ( $p < 0.001$  compared to other species). On these days, differences were also observed between M20P80 and M70P30. M70P30 had significantly higher temperatures ( $p < 0.05$  on days 3, 6, 15 and 24,  $p < 0.01$  on days 12 and 18 and  $p < 0.001$  on days 9 and 21). At the end of aerobic fermentation, the temperature did not differ between the silages (Figure 8).



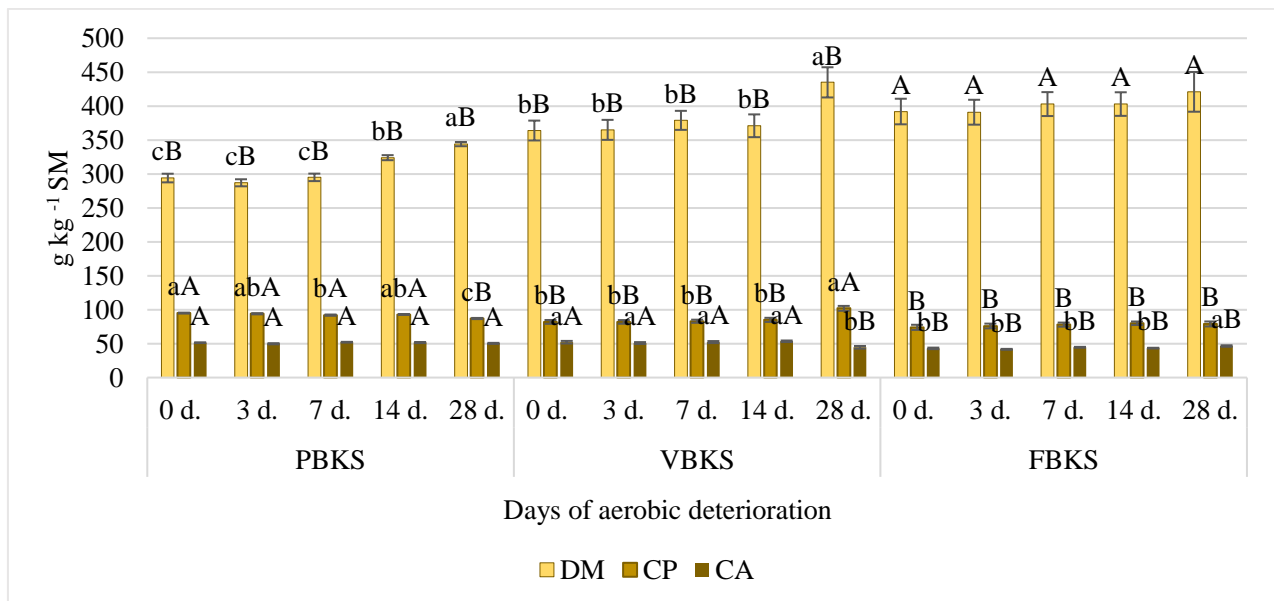


**Figure 8.** Temperature variation of grass silage during aerobic fermentation

Note. Error bars represent SE. Values with different uppercase letters indicate significant differences among treatments on the same day during aerobic exposure. Values with different lowercase letters indicate significant differences among days after opening for the same treatments according to Duncan's test ( $p < 0.05$ ). Note. M100 – silage prepared from Poaceae grass, M70P30 – silage prepared from 70% Poaceae grass and 30% legumes, M20P80 – silage prepared from 20% Poaceae grass and 80% legumes.

### Chemical composition, fermentation quality, temperature and aerobic spoilage of maize silage of different maturity

Throughout the year, the amount of DM in aerobic fermentation did not change significantly in maize silages of physiological maturity, while it increased significantly in those of lactic maturity, also on days 14 and 28 of fermentation (Figure 9).

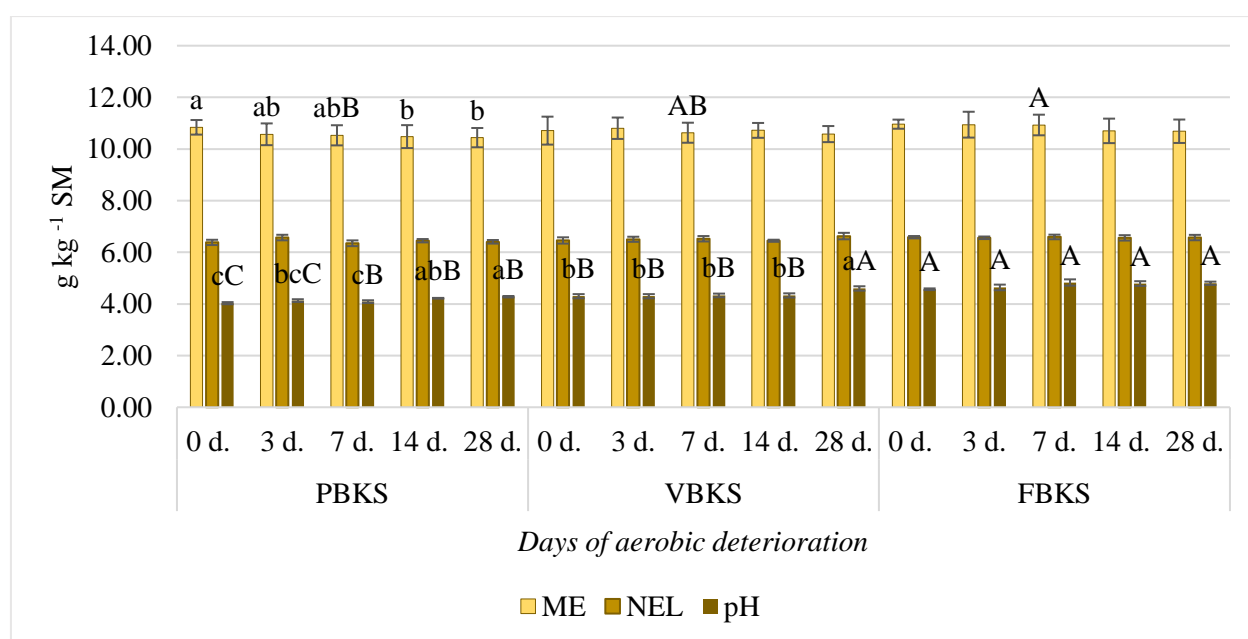


**Figure 9.** DM, CP and CA content in maize silages during aerobic deterioration

Note. PBKS – kernel milk stage maize silage, VBKS – kernel dough stage maize silage, FBKS – physiological maturity maize silage.

The differences between silages of different maturity showed that kernel milk stage maize silage had on average 17 g/kg higher CP content than physiological maturity maize silage ( $p < 0.001$ ) from the day of opening of the samples until day 14 of aerobic fermentation and 11 g/kg higher CP content than kernel dough stage maize silage ( $p < 0.01$  at the opening of the samples, days 3 and 7, and  $p < 0.05$  at the 14th day). These results are in agreement with other authors' studies, as maize decreases its Hb content as it matures (Mandic et al., 2018b).

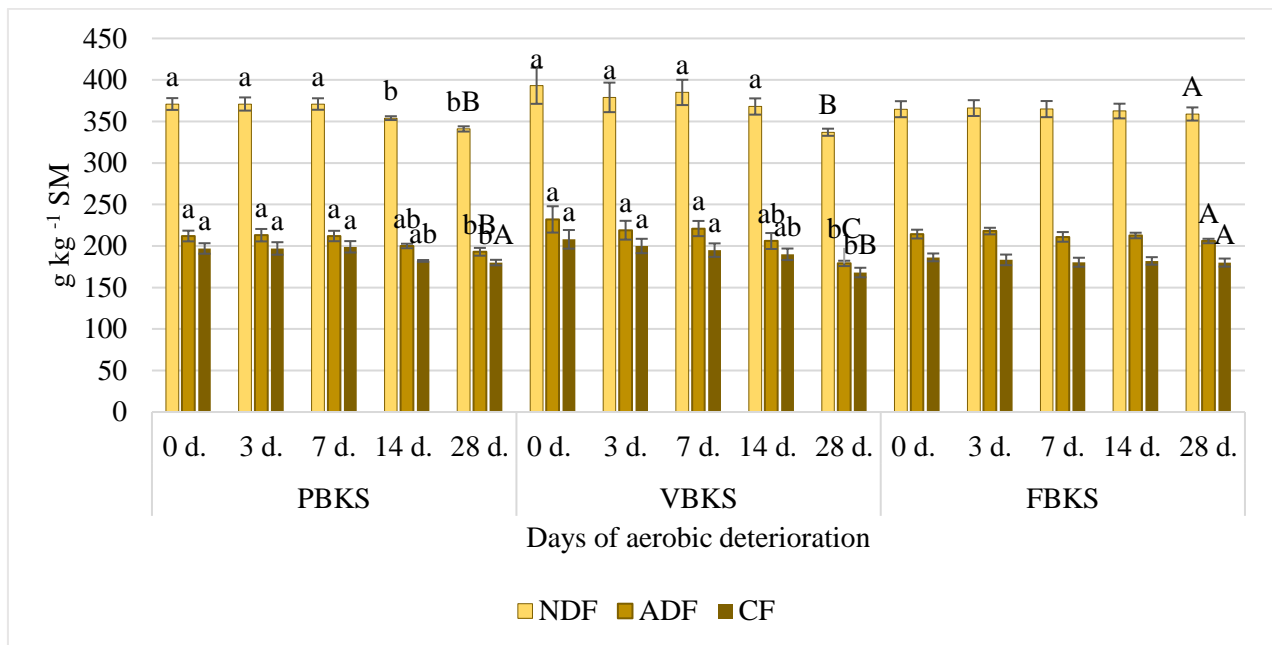
The CA content from the day the samples were opened until day 14 of aerobic fermentation was lowest in physiological maturity maize silage. According to studies by other authors, the content of CA decreases as maize matures (Seleiman et al., 2017; Zi et al., 2022). ME decreased during aerobic fermentation at days 14 and 28 in kernel milk stage maize silage whereas it did not change significantly in kernel dough stage maize silage and physiological maturity maize silage. NEL did not change significantly during aerobic fermentation in the different silages. On the day the samples were opened, the pH of the kernel milk stage maize silage was 4.03, which was significantly lower than that of the kernel dough stage maize silage ( $p < 0.01$ ), which was 4.30, and that of the physiological maturity maize silages, which was 4.75, was the highest ( $p < 0.01$ ).



**Figure 10.** ME, NEL and pH in maize silages during aerobic deterioration

Note. PBKS – kernel milk stage maize silage, VBKS – kernel dough stage maize silage, FBKS – physiological maturity maize silage.

A significant decrease in NDF content is observed in kernel milk stage maize and kernel dough stage maize silage. Taking the results for all years together, there is a significant decrease in ADF content in kernel milk stage maize silage and kernel dough stage maize silage. Similar changes can be observed in the estimation of the amount of CF.

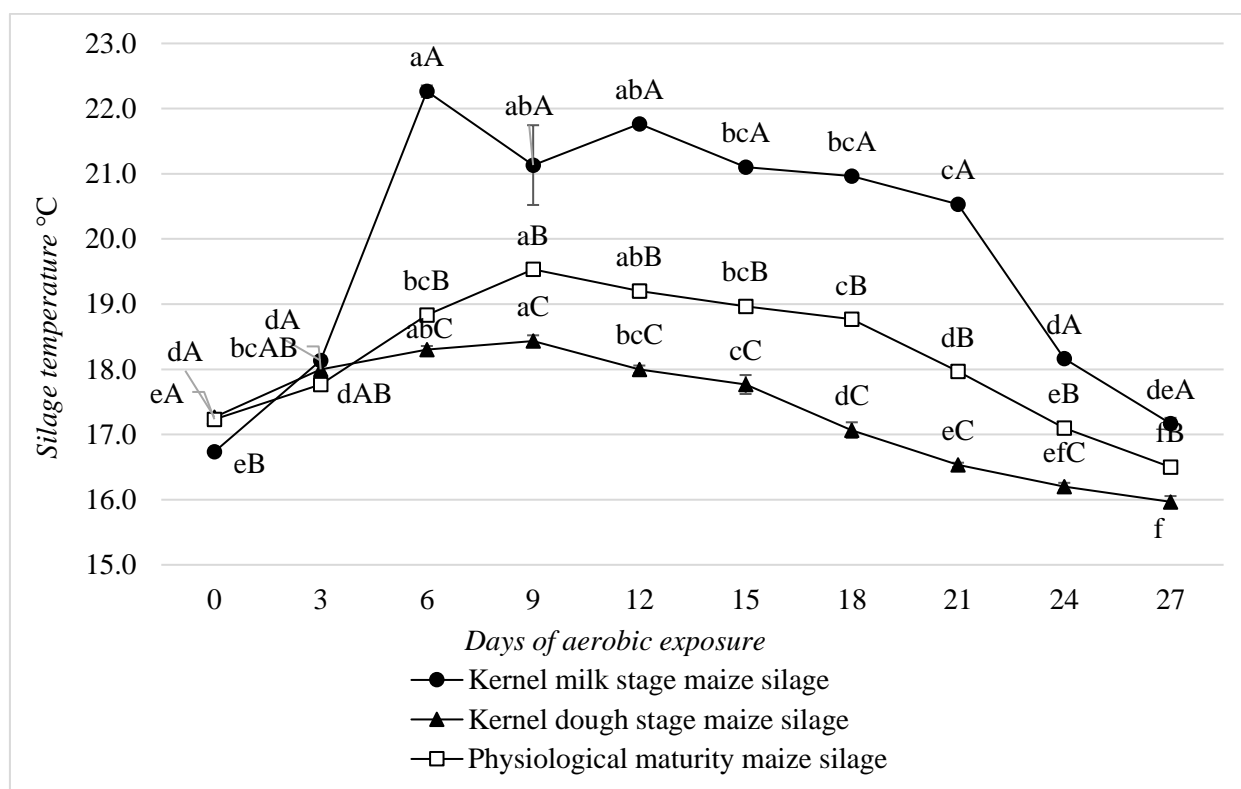


**Figure 11.** NDF, ADF and CF content in maize silages during aerobic deterioration

Note. PBKS – kernel milk stage maize silage, VBKS – kernel dough stage maize silage, FBKS – physiological maturity maize silage.

### Silage temperature variation during aerobic fermentation

In terms of differences between species, at the beginning of aerobic fermentation, the kernel milk stage maize silage had the lowest temperature ( $p < 0.01$ ), but on day 3 the temperature was already significantly higher in comparison with the physiological maturity maize silage ( $p < 0.05$ ), and on the remaining days the temperature was the highest in comparison with the two species ( $p < 0.001$ ). Significant differences were also observed between the physiological maturity maize silage and the kernel dough stage maize silage. The temperature of the physiological maturity maize silage was significantly higher ( $p < 0.01$  on days 6 and 27,  $p < 0.05$  on day 9 and  $p < 0.001$  on the remaining days).



**Figure 12.** Temperature variation of maize silage during aerobic fermentation

Note. Error bars represent SE. Values with different uppercase letters indicate significant differences among treatments on the same day during aerobic exposure. Values with different lowercase letters indicate significant differences among days after opening for the same treatments according to Duncan's test ( $p < 0.05$ ).

### Influence of common smut on the quality of maize silage

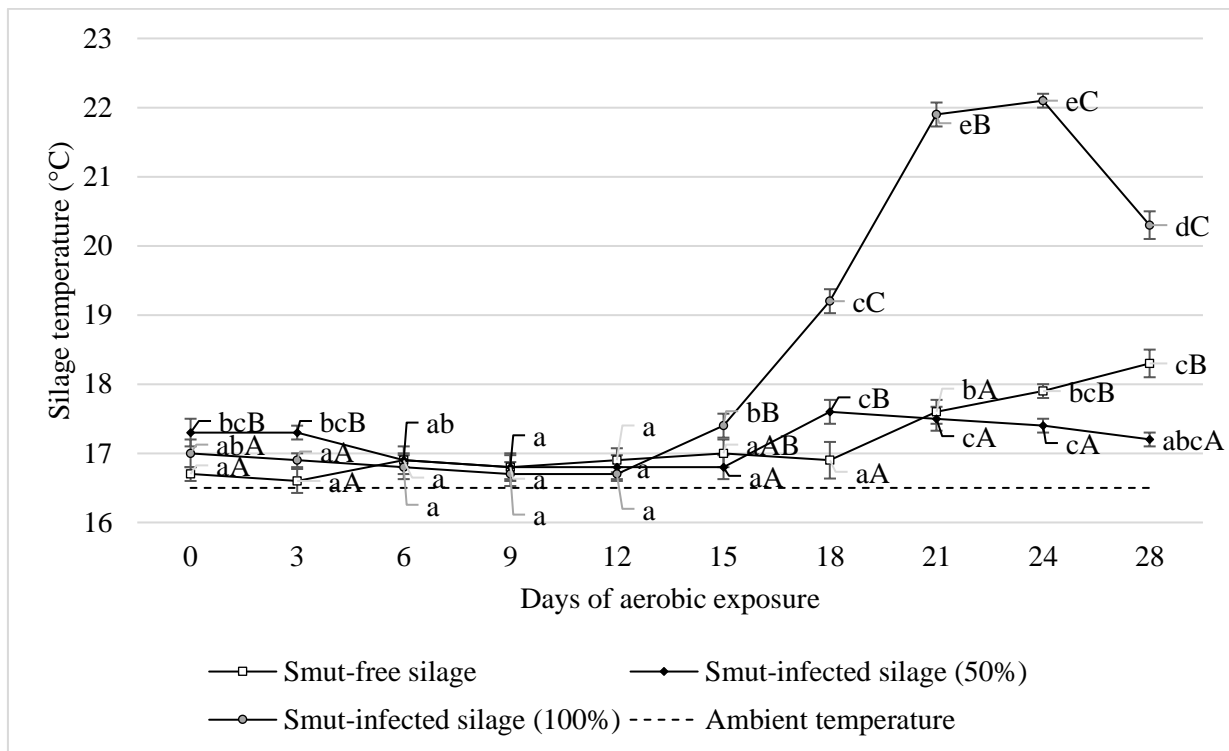
Changes in silage quality parameters during aerobic deterioration for different levels of common smut (*Ustilago maydis*) infestation are shown in Table 2. It was found that the DM content decreased in silages made from 100% stover infested maize. Comparison of silages with different levels of contamination showed that on the day of opening, the DM content of the silage prepared from 100% contaminated maize was significantly higher than that of the non-contaminated silage ( $p < 0.05$ ), while the DM content of the silage prepared from 50% contaminated maize was not significantly different between the two silages ( $p > 0.05$ ). In the 100% maize silages infested with common smut, the pH increased significantly ( $p < 0.05$ ). When comparing silos with different levels of contamination, the pH was slightly higher in the 50% damaged than in the undamaged silage over the whole period, but this was not statistically significant ( $p > 0.05$ ). In the 100% damaged maize, the pH of the prepared silages was significantly higher on all days compared to the other treatments ( $p < 0.05$ ). The starch content of the infected silage (100%) was significantly lower on all days from day 0 to day 14 compared to the uninfected silage and the 50% infected silage ( $p < 0.05$ ).

**Table 2.** Changes in silage quality parameters during aerobic spoilage in silages with different levels of common smut infestation

Item (g kg <sup>-1</sup> )	Treatments	Days of Silage Aerobic Exposure				
		0	3	7	14	28
DM	PK0%	301.2 ± 3.8 <sup>aA</sup>	335.1 ± 5.1 <sup>b</sup>	351.0 ± 5.7 <sup>bc</sup>	404.0 ± 3.7 <sup>cC</sup>	496.0 ± 13.1 <sup>dC</sup>
	PK50%	314.0 ± 7.9 <sup>aAB</sup>	327.7 ± 8.6 <sup>ab</sup>	328.0 ± 6.7 <sup>abB</sup>	317.0 ± 6.1 <sup>ab</sup>	344.0 ± 5.6 <sup>bb</sup>
	PK100%	324.8 ± 5.9 <sup>bb</sup>	328.0 ± 7.0 <sup>b</sup>	306.0 ± 5.4 <sup>aA</sup>	301.0 ± 8.5 <sup>aA</sup>	289.0 ± 6.2 <sup>aA</sup>
pH	PK0%	4.10 ± 0.04 <sup>A</sup>	4.00 ± 0.05 <sup>A</sup>	4.10 ± 0.08 <sup>A</sup>	4.02 ± 0.05 <sup>A</sup>	4.10 ± 0.05 <sup>A</sup>
	PK50%	4.10 ± 0.04 <sup>A</sup>	4.10 ± 0.04 <sup>A</sup>	4.12 ± 0.05 <sup>A</sup>	4.12 ± 0.05 <sup>A</sup>	4.20 ± 0.05 <sup>A</sup>
	PK100%	4.30 ± 0.04 <sup>ab</sup>	4.30 ± 0.03 <sup>ab</sup>	4.30 ± 0.04 <sup>ab</sup>	4.25 ± 0.04 <sup>ab</sup>	5.30 ± 0.04 <sup>bb</sup>
CP	PK0%	93.8 ± 3.2 <sup>ab</sup>	93.7 ± 1.0 <sup>a</sup>	88.8 ± 1.2 <sup>a</sup>	92.4 ± 0.4 <sup>a</sup>	99.8 ± 3.1 <sup>ba</sup>
	PK50%	93.5 ± 0.3 <sup>B</sup>	89.3 ± 4.5	92.8 ± 0.8	91.6 ± 1.1	90.0 ± 2.7 <sup>A</sup>
	PK100%	87.2 ± 2.6 <sup>aA</sup>	94.8 ± 0.9 <sup>a</sup>	91.4 ± 3.1 <sup>a</sup>	90.5 ± 1.8 <sup>a</sup>	121.7 ± 6.9 <sup>bb</sup>
CL	PK0%	24.9 ± 0.4 <sup>A</sup>	24.5 ± 0.3 <sup>A</sup>	23.3 ± 2.5 <sup>A</sup>	22.7 ± 0.3 <sup>A</sup>	23.1 ± 0.9
	PK50%	26.8 ± 0.8 <sup>bb</sup>	24.8 ± 0.3 <sup>abA</sup>	25.4 ± 0.6 <sup>abA</sup>	25.6 ± 1.2 <sup>abB</sup>	24.7 ± 0.7 <sup>a</sup>
	PK100%	30.7 ± 0.5 <sup>bc</sup>	27.7 ± 0.7 <sup>bb</sup>	35.2 ± 1.6 <sup>cb</sup>	30.2 ± 0.8 <sup>bc</sup>	23.5 ± 2.1 <sup>a</sup>
CA	PK0%	54.1 ± 5.7	52.9 ± 1.5	55.7 ± 2.8	55.3 ± 1.9	55.0 ± 1.3 <sup>B</sup>
	PK50%	54.1 ± 1.2	50.3 ± 2.1	52.9 ± 0.7	53.1 ± 4.8	48.4 ± 3.4 <sup>A</sup>
	PK100%	46.8 ± 2.8 <sup>ab</sup>	53.0 ± 3.7 <sup>b</sup>	53.5 ± 2.6 <sup>b</sup>	49.8 ± 4.6 <sup>ab</sup>	44.2 ± 1.3 <sup>aA</sup>
Starch	PK0%	245.9 ± 7.9 <sup>bb</sup>	202.3 ± 15.8 <sup>ab</sup>	222.7 ± 11.7 <sup>abC</sup>	216.9 ± 1.5 <sup>ab</sup>	217.9 ± 10.7 <sup>abB</sup>
	PK50%	233.4 ± 9.9 <sup>bb</sup>	181.4 ± 9.1 <sup>ab</sup>	188.7 ± 1.2 <sup>ab</sup>	196.2 ± 14.0 <sup>ab</sup>	200.1 ± 20.2 <sup>abAB</sup>
	PK100%	162.5 ± 18.2 <sup>ba</sup>	117.3 ± 8.4 <sup>aA</sup>	139.8 ± 2.7 <sup>abA</sup>	159.1 ± 8.0 <sup>ba</sup>	166.7 ± 15.3 <sup>ba</sup>
CF	PK0%	188.0 ± 5.6	200.3 ± 8.4 <sup>B</sup>	194.1 ± 5.0	197.0 ± 10.3	193.4 ± 4.6 <sup>B</sup>
	PK50%	192.9 ± 6.7 <sup>ab</sup>	181.2 ± 7.1 <sup>aA</sup>	198.1 ± 3.4 <sup>b</sup>	199.3 ± 1.9 <sup>b</sup>	186.0 ± 6.8 <sup>abB</sup>
	PK100%	199.8 ± 6.8 <sup>bc</sup>	211.8 ± 5.1 <sup>cb</sup>	205.4 ± 5.2 <sup>c</sup>	189.9 ± 4.8 <sup>b</sup>	138.0 ± 1.2 <sup>aA</sup>
NDF	PK0%	390.0 ± 14.1 <sup>A</sup>	409.2 ± 5.2 <sup>A</sup>	397.4 ± 7.8 <sup>A</sup>	400.3 ± 8.4 <sup>A</sup>	396.0 ± 3.7 <sup>A</sup>
	PK50%	403.2 ± 9.6 <sup>A</sup>	395.0 ± 14.4 <sup>A</sup>	416.5 ± 5.8 <sup>B</sup>	406.3 ± 5.1 <sup>A</sup>	402.5 ± 4.2 <sup>A</sup>
	PK100%	435.3 ± 7.4 <sup>B</sup>	466.2 ± 4.5 <sup>B</sup>	448.4 ± 4.4 <sup>C</sup>	430.5 ± 8.9 <sup>B</sup>	466.4 ± 12.1 <sup>B</sup>
ADF	PK0%	210.2 ± 7.0	222.4 ± 9.4 <sup>B</sup>	217.2 ± 5.7	216.2 ± 12.4 <sup>B</sup>	212.9 ± 4.4
	PK50%	202.2 ± 9.4	190.4 ± 9.1 <sup>A</sup>	209.7 ± 5.4	210.6 ± 2.1 <sup>AB</sup>	193.3 ± 8.9
	PK100%	204.2 ± 15.1 <sup>bc</sup>	227.6 ± 6.9 <sup>cb</sup>	217.9 ± 4.2 <sup>c</sup>	192.9 ± 9.4 <sup>ba</sup>	160.1 ± 6.0 <sup>aA</sup>
ME	PK0%	10.87 ± 0.14	10.71 ± 0.11 <sup>A</sup>	10.77 ± 0.06 <sup>B</sup>	10.74 ± 0.16	10.79 ± 0.07 <sup>A</sup>
	PK50%	10.88 ± 0.07 <sup>abc</sup>	11.01 ± 0.12 <sup>cb</sup>	10.74 ± 0.05 <sup>abB</sup>	10.73 ± 0.08 <sup>a</sup>	10.96 ± 0.08 <sup>bcB</sup>
	PK100%	10.71 ± 0.09 <sup>ab</sup>	10.50 ± 0.10 <sup>aA</sup>	10.61 ± 0.03 <sup>aA</sup>	10.89 ± 0.11 <sup>b</sup>	11.67 ± 0.02 <sup>cb</sup>
NEL	PK0%	6.57 ± 0.08	6.45 ± 0.08 <sup>AB</sup>	6.50 ± 0.05 <sup>B</sup>	6.47 ± 0.12	6.51 ± 0.05 <sup>A</sup>
	PK50%	6.55 ± 0.06	6.63 ± 0.13 <sup>B</sup>	6.47 ± 0.04 <sup>B</sup>	6.46 ± 0.04	6.61 ± 0.07 <sup>A</sup>
	PK100%	6.45 ± 0.07 <sup>bc</sup>	6.27 ± 0.06 <sup>aA</sup>	6.37 ± 0.02 <sup>abA</sup>	6.57 ± 0.07 <sup>c</sup>	7.15 ± 0.02 <sup>dB</sup>

Note. Values with different uppercase letters indicate significant differences among treatments on the same day during aerobic exposure. Values with different lowercase letters indicate significant differences among days after opening for the same treatments according to Duncan's test ( $p < 0.05$ ).

Reheating was detected in silages made from 100% common smut infected maize (Figure 13). On the 15th day, the temperature increased significantly compared to the 3rd, 6th and 9th days and increased again on the 18th day ( $p < 0.05$  compared to the previous days). On the 21st and 24th days, the temperature was the highest ( $p < 0.05$  compared to the previous days), while on the 28th day, the temperature dropped significantly compared to the 21st and 24th day ( $p < 0.05$ ) but was still high ( $p < 0.05$ ) in comparison with the other days.



**Figure 13.** Changes in temperatures measured in maize silage during aerobic exposure while silage was affected with different common smut infection rates

*Note.* Error bars represent SE. Values with different uppercase letters indicate significant differences among treatments on the same day during aerobic exposure. Values with different lowercase letters indicate significant differences among days after opening for the same treatments according to Duncan's test ( $p < 0.05$ ).

### Comparison of the quality of different types of conserved feed produced in Lithuania

The lowest DM content was found in clover silage (30.5%) (Table 3). Significantly lower ME was found only in the legumes mixture. The ME was 1.4–2.5 MJ/kg DM lower compared to other silages ( $p < 0.05$ ). The legumes mixture also showed the lowest NEL. Alfalfa silage also had the highest CP content (16.9% DM). The WSC content of the grass silages, the perennial-legumes grass silages and the cereal was recorded to be 2 times higher than that of the legumes mixture and the alfalfa silages ( $p < 0.05$ ). Alfalfa, legumes mixture and clover silages had the lowest NDF content, with an average of about 44% DM. The lowest ADF content was also recorded in alfalfa, legumes mixture and clover silages. Only cereal showed a significant difference in the amount of ADF. In cereal, the content of DM was the highest. Haylage had the highest pH value of 4.9.

**Table 3.** Quality indicators of different types of silage produced in Lithuania

Parameter	Perennial grasses silage	Haylage	Alfalfa silage	Perennial – legumes silage	Cereal	Clover silage	Legumes silage
<b>n</b>	860	43	36	26	19	13	4
<b>DM g kg<sup>-1</sup></b>	409 ± 4 ab	449 ± 21 ab	378 ± 20 bc	404 ± 34 ab	496 ± 25 a	305 ± 21 c	394 ± 58 bc
<b>ME MJ/kg SM</b>	9.1 ± 0.06 a	8.9 ± 0.15 a	9.5 ± 0.08 a	8.6 ± 0.18 a	8.5 ± 0.14 a	9.1 ± 0.16 a	7.1 ± 1.36 b
<b>NEL MJ/kg SM</b>	5.2 ± 0.02 ab	5.1 ± 0.13 ab	5.5 ± 0.06 a	4.8 ± 0.12 b	4.9 ± 0.08 b	5.2 ± 0.11 ab	4.0 ± 0.85 c
<b>CP g kg<sup>-1</sup> SM</b>	140 ± 1.7 abc	122 ± 5.5 bc	169 ± 5.1 a	116 ± 5.8 c	109 ± 5.0 c	147 ± 6.9 abc	160 ± 9.5 ab
<b>WSC g kg<sup>-1</sup> SM</b>	40.2 ± 0.9 ab	41.8 ± 4.5 ab	23.2 ± 4.3 b	45.0 ± 6.3 a	45.5 ± 2.4 a	29.0 ± 6.0 ab	20.8 ± 10.8 b
<b>CL g kg<sup>-1</sup> SM</b>	33.8 ± 0.5 a	30.2 ± 1.0 a	36.2 ± 1.0 a	33.2 ± 1.3 a	32.0 ± 1.5 a	32.6 ± 1.4 a	31.1 ± 2.7 a
<b>NDF g kg<sup>-1</sup> SM</b>	487 ± 2.3 ab	504 ± 11.2 a	432 ± 10.3 c	496 ± 11.9ab	532 ± 11.1 a	450 ± 18.8bc	442 ± 15.4bc
<b>ADF g kg<sup>-1</sup> SM</b>	310 ± 1.2 abc	320 ± 5.9 ab	285 ± 5.0 c	315 ± 6.5 ab	336 ± 6.8 a	304 ± 7.1 bc	300 ± 7.3 bc
<b>CF g kg<sup>-1</sup> SM</b>	265 ± 1.2 b	277 ± 5.4 ab	249 ± 4.8 b	267 ± 6.7 b	295 ± 6.1 a	256 ± 7.6 b	260 ± 6.8 b
<b>CA g kg<sup>-1</sup> SM</b>	95.1 ± 1.1 a	96.3 ± 5.4 a	88.9 ± 3.7 a	98.5 ± 8.0 a	86.3 ± 6.1 a	97.8 ± 9.6 a	100.6 ± 11.2a
<b>pH</b>	4.6 ± 0.02 ab	4.9 ± 0.08 a	7.7 ± 0.08 ab	4.4 ± 0.11 b	4.7 ± 0.12 ab	4.8 ± 0.13 ab	4.7 ± 0.10 ab
<b>FI</b>	16.3 ± 0.3 ab	11.4 ± 1.9 ab	12.9 ± 1.9 ab	20.5 ± 2.2 a	17.7 ± 2.8 ab	10.6 ± 3.6 b	16.3 ± 3.0 ab

Note. Values marked with different lowercase letters (a,b) indicate significant differences between types of conserved feed according to the Duncan's test,  $p < 0.05$ .

### Comparison of quality parameters in maize silages according to preservation methods

The DM content of the maize ensiled in the sleeve was 4.2% higher than that in the bales or heaps ( $p < 0.05$ ) (Table 4). The amount of DM content differed significantly only between silage in bales and in the sleeve. It can be observed that the average content of CP was 0.43% higher in the sleeve silo than in the bale silo ( $p < 0.05$ ). The NDF content was between 4.6 and 5.4% DM lower in sleeve ensiling compared to the other ensiling methods ( $p < 0.001$ ). Silage in sleeves also had the lowest level of CA. The most significant difference in CA content was observed in comparison with the heaps.

**Table 4.** Quality parameters of variously preserved maize silage produced in Lithuania

Parameter	Trench	Heap	Bales	Sleeve
<b>n</b>	16	75	26	13
<b>DM g kg<sup>-1</sup></b>	374.6 ± 3.9 ab	366.6 ± 8.3 b	366.1 ± 13.2 b	408.5 ± 37.6 a
<b>ME MJ/kg SM</b>	11.06 ± 0.09 a	11.17 ± 0.23 a	11.01 ± 0.09 a	11.51 ± 0.36 a
<b>NEL MJ/kg SM</b>	6.61 ± 0.02 b	6.60 ± 0.04 b	6.66 ± 0.06 b	7.02 ± 0.04 b
<b>CP g kg<sup>-1</sup> SM</b>	80.1 ± 0.04 ab	78.6 ± 0.9 ab	78.0 ± 1.8 b	82.3 ± 1.9 a
<b>Starch g kg<sup>-1</sup> SM</b>	324.1 ± 3.9 b	320.3 ± 9.1 b	331.9 ± 14.0 b	387.0 ± 43.6 a
<b>CL g kg<sup>-1</sup> SM</b>	29.6 ± 0.2 ab	28.9 ± 0.5 b	28.7 ± 0.7 b	31.5 ± 2.1
<b>NDF g kg<sup>-1</sup> SM</b>	345.6 ± 2.4 a	353.9 ± 5.5 a	351.0 ± 7.2 a	299.7 ± 32.2 b
<b>ADF g kg<sup>-1</sup> SM</b>	207.9 ± 2.0 a	211.0 ± 4.0 a	208.6 ± 5.8 a	171.2 ± 24.0 b
<b>CF g kg<sup>-1</sup> SM</b>	187.7 ± 1.7 a	188.7 ± 3.8 a	185.7 ± 5.6 a	165.6 ± 20.4 b
<b>CA g kg<sup>-1</sup> SM</b>	46.0 ± 0.3 a	47.2 ± 0.7 a	44.6 ± 1.3 a	41.2 ± 4.0 b
<b>pH</b>	3.97 ± 0.01 a	4.01 ± 0.03 a	4.03 ± 0.03 a	4.02 ± 0.05
<b>FI</b>	28.66 ± 0.18 a	27.87 ± 0.58 a	28.28 ± 0.49 a	28.65 ± 0.65 a

Note. Values marked with different lowercase letters (a,b) indicate significant differences between preservation methods according to the Duncan's test,  $p < 0.05$ .

## CONCLUSIONS

1. The evaluation of the quality of silages with different percentages of grass (*Poaceae*) – legumes mixtures showed that the silage dominated by legumes (80%) had a higher energy and protein content, but lower fermentation parameters, including low lactic acid content. Although the 100% grass silage had a lower protein and energy content, it had a better fermentation quality because of a higher content of water-soluble carbohydrates, resulting in both a lower loss of dry matter and a higher content of lactic acid, higher dry matter and fibre content. Only the tall oat grass silage showed a strong deterioration during aerobic fermentation. Although the temperature of the grass silage increased after opening the samples, this did not have a significant effect on the quality of the silage.

2. The quality of maize silages of kernel milk stage, kernel dough stage and physiological maturity showed that maize silages of kernel dough stage had an optimum dry matter content and a stable protein content during aerobic spoilage, although kernel milk stage silages had a higher protein content after opening the samples. However, in kernel milk stage maize silage, excessive moisture did not allow quality fermentation to take place, resulting in the strongest aerobic spoilage in this silage. In physiologically mature maize silage the levels of fibre, NDF and ADF remained stable during aerobic fermentation. Although silage made from 100% smut – infested maize was generally of lower quality than silage made from maize not infested, it should not adversely affect animal health or production.

3. An analysis of the quality of conserved feed collected on Lithuanian farms in 2019–2022 showed that silages and blends of various legumes were high in protein but showed poor fermentation quality. It was observed that the grass and legumes silages were high in fibre and carbohydrate and had good fermentation quality. Conserved feed, preserved in the trench and in the sleeve had a high fermentation index and a low pH, indicating good fermentation quality. The forage preserved by these methods was also higher in protein and had better energy values.

4. Although the fermentation quality of maize silage did not show any dependence on the method of ensiling in the study, the highest starch and protein content of maize silage was found in the sleeve. This method of ensiling was also characterised by a higher content of dry matter and a lower content of fibre and its fractions.



## LIST OF PUBLICATIONS

### Straipsniai leidiniuose, referuojamuose ir turinčiuose citavimo indeksą duomenų bazėje „Clarivate Analytics Web of Science“

1. **Merkeviciute-Venslove L.**, Venslovas E., Mankeviciene A., Slepetiene A., Ceseviciene J. 2023. Effect of *Ustilago maydis* on the nutritive value, fermentation characteristics and aerobic deterioration of maize silage. *Agronomy*, 13(1): 111. IF – 3,949 (Q1).
1. **Merkeviciute-Venslove L.**, Slepetiene A., Ceseviciene J., Mankeviciene A., Venslovas E. 2022. Peculiarities of chemical composition of main types of silage prepared from grasses, legumes, and small grain crop mixtures. *Zemdirbyste–Agriculture*, 109 (2):179–184. IF – 1,083 (Q3).

### Abstracts in conference proceedings

1. **Merkeviciute-Venslove L.**, Slepetiene A. 2023. The effect of the tall oat grass (*Arrhenatherum elatius*) inclusion on the quality of perennial legume silage during aerobic exposure. 19th International Conference of Young Scientists on Energy and Natural Sciences „Cyseni 2023“, p. 66.
2. **Merkevičiūtė-Venslovė L.**, Venslovas E., Mankevičienė A., Šlepetienė A., Cesevičienė J. 2022. Effect of *Ustilago maydis* on the quality and aerobic deterioration of maize silage. „4th International Scientific Conference AgroEco2022: Agroecosystem Sustainability“, p. 53.
3. **Merkeviciute-Venslove L.**, Venslovas E., Slepetiene A., Ceseviciene J., Mankeviciene A. 2022. Influence of *Ustilago maydis* on the chemical composition and aerobic stability of maize silage. 18th International conference of young scientists on energy and natural sciences „Cyseni 2022“. p. 500-504.
4. **Merkevičiūtė-Venslovė L.**, Venslovas E., Šlepetienė A., Cesevičienė J., Mankevičienė A. 2021. Antrinės fermentacijos ir kukurūzų brandos įtaka kukurūzų siloso kokybei. 10th National Young Scientists Conference „Young Scientists for Advance of Agriculture“. p. 20.
5. **Merkevičiūtė-Venslovė L.**, Šlepetienė A., Cesevičienė J., Mankevičienė A., Venslovas E. 2021. Aerobic processes effect on perennial grasses silage sealed using vacuum-packing. 17th International conference of young scientists on energy and natural sciences „Cyseni 2021“, p. 817–824.
6. **Merkevičiūtė-Venslovė L.**, Šlepetienė A., Cesevičienė J., Mankevičienė A. 2020. Siloso kokybės įvertinimas artimosios srities infraraudonųjų spindulių spektroskopijos metodu.

9 th National Young Scientists Conference „Young Scientists for Advance of Agriculture“,  
p. 41.

### **Recommendation**

**Merkevičiūtė-Venslovė L., Šlepetienė A.** 2023. Daugiamečių žolių siloso kokybės blogėjimas aerobinio gedimo metu. „Naujausios rekomendacijos žemės ir miškų ūkiui“, 17 p.

# CURRICULUM VITAE

## **Name, surname**

Lauksmė Merkevičiūtė-Venslovė

## **Date of birth**

13 December 1993

## **Education**

2019–2023 PhD studies in Agronomy, Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry

2013–2019 Master's degree in Veterinary Medicine and Veterinary doctor qualification,  
Lithuanian University of Health Sciences

## **Professional experience**

Since 2019 Junior Researcher in Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry,  
Institute of Agriculture, Chemical Research Laboratory

---

Lauksmė MERKEVIČIŪTĖ-VENSLOVĖ

**KONSERVUOTŲ PAŠARŲ KOKYBĖ IR JOS KITIMO  
PRIEŽASTINGUMAS**

Mokslo daktaro disertacija

Redagavo autorė

Spausdino – Vytauto Didžiojo universitetas  
K. Donelaičio g. 58, LT-44248 Kaunas  
Užsakymo Nr. 23-171. Tiražas 15 egz. 2023 11 03.  
Nemokama