

Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte
Latvia University of Life Sciences and Technologies

Lauksaimniecības un pārtikas tehnoloģijas fakultāte
Faculty of Agriculture and Food technology



Mg. agr. Inga Muižniece

**GAĻAS ŠĶIRŅU LIELLOPU NOBAROŠANAS
REZULTĀTU, LIEMEŅU KVALITĀTES UN GAĻAS
SASTĀVA IZVĒRTĒJUMS**

**ASSESSMENT OF FATTENING RESULTS, CARCASS
QUALITY AND MEAT COMPOSITION OF BEEF
BREED CATTLE**

Promocijas darba KOPSAVILKUMS
zinātnes doktora grāda (Ph.D.) iegūšanai lauksaimniecības, meža
un veterinārajās zinātnēs

*SUMMARY of the Doctoral Thesis for the Scientific Degree
Doctor of Science (Ph.D.) in Agriculture, Forestry and Veterinary
Sciences*

Jelgava
2024

Promocijas darbs izstrādāts Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātes Lauksaimniecības un pārtikas tehnoloģijas fakultātes Dzīvnieku zinātņu institūtā, kautuvē UAB “Agaras”, Pārtikas drošības, dzīvnieku veselības un vides zinātniskajā institūtā “BIOR” laika periodā no 2016. līdz 2023. gadam.

The research was carried out at the Institute of Animal Sciences, Faculty of Agriculture and Food technology of the Latvia University of Life Sciences and Technologies, at the UAB "Agaras" slaughterhouse and at the Institute of Food safety, Animal Health, and Environment "BIOR", over the period from 2016 to 2023.

Promocijas darba zinātniskā vadītāja / Scientific supervisor:

Profesore (Emeritus), Dr. agr. / *Professor (Emeritus), Dr.agr. Daina Kairiša*

Oficiālie recenzenti / Official reviewers:

- LBTU profesore Dr.sc.ing. / *Professor Dr.sc.ing. Inga Ciproviča*
- LBTU asociētā profesore Dr.med.vet. / *Associate professor Dr.med.vet. Ilga Šematoviča*
- AREI vadošais pētnieks Dr.agr. / *Lead researcher Dr.agr. Imants Jansons*

Promocijas darba aizstāvēšana notiks 2024. gada 20. decembrī pulksten 11.00, LBTU Lauksaimniecības un pārtikas tehnoloģijas fakultātes 207. auditorijā, Lielā ielā 2, Jelgavā.

The defence of Thesis will held on 20 December 2024 at 11:00 AM, in room 207, Latvia University of Life Sciences and Technologies Faculty of Agriculture and Food technology, Liela Street 2, Jelgava

Ar promocijas darbu var iepazīties LBTU Fundamentālajā bibliotēkā Jelgavā, Lielā ielā 2 un interneta vietnē <https://lbtufb.lbtu.lv/lv/>

The thesis is available at the Fundamental Library of Latvia University of Life sciences and Technologies, Lielā Street 2, Jelgava and on web page <https://lbtufb.lbtu.lv/lv/>.

Atsauksmes sūtīt Lauksaimniecības un zivsaimniecības zinātnes, mežzinātnes ar specializāciju “Dzīvnieku un piena lopkopības zinātne” promocijas padomes sekretārei Dr.agr. A. Nolbergai-Trūpai, Lielā iela 2, Jelgava, LV-3001.

References are welcome to be sent to Dr.agr. A. Nolbergai-Trūpai, the Secretary of the Promotion Board in Agriculture, Forestry, and Fisheries with specialization in “Animal and Dairy Science”, Latvia University of Life Sciences and Technologies, Liela Street 2, Jelgava, LV-3001.

SATURS / CONTENT

IEVADS	4
MATERIĀLI UN METODES.....	8
REZULTĀTI UN DISKUSIJA	13
1. Gaļas šķirņu liellopu un to krustojumu audzēšanas, kaušanas un eksporta rezultātu analīze, liemeņu kvalitātes izvērtējums (pirmā pētījuma rezultāti) 13	
2. Nobarošanas rezultāti un liemeņu kvalitāte (otrā pētījuma rezultāti)	16
3. Liellopu gaļas kvalitāte – pH un ķīmiskais sastāvs (trešā pētījuma rezultāti)	22
SECINĀJUMI	25
PRIEKŠLIKUMI NOZARES KONKURĒTSPĒJAS PAAUGSTINĀŠANAI	26
PATEICĪBAS	27
INTRODUCTION	28
MATERIALS AND METHODS.....	32
RESULTS AND DISCUSSION	36
1. Analysis of the results of beef cattle number, slaughtering, export, and carcass quality (results of the first study)	36
2. Fattening performance and carcass quality (results of the second study) .	38
3. Quality of beef – pH and chemical composition (results of the third study)	40
CONCLUSIONS	41
PROPOSALS FOR INCREASING THE COMPETITIVENESS OF THE SECTOR.....	43
ACKNOWLEDGEMENTS.....	44

IEVADS

Gaļas liellopu nozares attīstība Latvijā ir vērtējama kā pozitīva. To ietekmē ne tikai agroklimatiskie un ekoloģiskie apstākļi, valsts un Eiropas Savienības politiskie lēmumi, bet arī uzņēmēju aktīvā darbība eksporta attīstīšanā un uzticamības radīšanā liellopu audzētājos. Gaļas šķirņu zīdītājgovju skaits Latvijā pēdējā desmitgadē ir strauji palielinājies, pateicoties saglabātai valsts atbalsta politikai un Liellopu izsoļu nama veiksmīgai attīstībai, kas nodrošina ārvalstu pircēju interesi par Latvijā dzimušo zīdītājgovju teļiem un ir kļuvis par drošu un stabilu partneri liellopu audzētājiem.

Korekcijas nozares attīstības tendencēs ieviesa Covid-19 pandēmija, kā rezultātā 2020. gada otrajā pusē bija vērojams liellopu liemeņu eksporta samazinājums uz ES un trešajām valstīm¹, kā arī nobarošanai paredzēto teļu eksports kļuva mazāk aktīvs. Covid-19 laikā samazinājās pieprasījums pēc gaļas HoReCa (viesnīcu, restorānu un sabiedriskās ēdināšanas nozare) sektorā, bet palielinājās tiešās gaļas piegādes mājsaimniecībām, veicinot stratēģijas “No lauka līdz galdam” īstenošanu. Šis periods tika aktīvi izmantots no to liellopu gaļas ražotāju puses, kuri nodarbojās ar savas produkcijas pārdošanu tiešajā tirdzniecībā, palielinot Latvijas iedzīvotāju interesi par vietēji ražotu liellopu gaļu un attīstot liellopu gaļas ēšanas kultūru. Liellopu izsoļu nams, izmantojot interneta sniegtās priekšrocības, darbību pārorientēja uz attālinātu izsoļu veikšanu. Izsoles attālinātā veidā izrādījās veiksmīgs formāts, kas tiek izmantots vēl joprojām.

Ņemot vērā Eiropas zaļā kursa politiku, lauksaimniecības nozari kopumā nākotnē sagaida būtiskas pārmaiņas. Mainās klimats, palielinās visu veidu ražošanas resursu cenas, tiek motivēta pāreja uz atjaunojamiem resursiem. Arvien vairāk tiks pieprasīti videi un dabai draudzīgi risinājumi pārtikas ražošanā, lai veicinātu bioloģiskās daudzveidības saglabāšanu un palielināšanu. Ir zinātniski pierādīts, ka govkopības nozares attīstība pasaulē atstāj būtisku ietekmi uz klimata un vides pārmaiņām. Aptuveni 14.5% no kopējām siltumnīcas efekta gāzu (SEG) emisijām rodas liellopu audzēšanas procesā (Gerber et al., 2013). Gaļas šķirņu liellopu audzēšana rada 41% no kopējām govkopības SEG emisijām un tai ir liela ietekme uz zemes degradāciju un mežu izciršanu (De Vries et al., 2015). Lai mazinātu radīto emisiju apmērus un negatīvo ietekmi uz vidi, tiek meklētas mazāk intensīvas liellopu audzēšanas un lauksaimniecības zemes apstrādes tehnoloģijas lopbarības, gaļas un piena ieguvei (Havlika et al., 2014). Gaļas liellopu audzēšana ir piemērota saimniekošanai pēc bioloģiskās lauksaimniecības principiem, gaļas produkcijas ražošanai izmantojot tās platības,

¹ *Lauksaimniecības gada ziņojums par 2021. gadu*. No: Zemkopības ministrija. [Tiešsaiste] [Skatīts 2022. gada 15. janvārī]. Pieejams: <https://www.zm.gov.lv/lv/media/4617/download?attachment>

kuras nav piemērotas graudu vai dārzeņu audzēšanai (mazauglīgas, apgrūtināta piekļuve ar tehniku), kā arī veiksmīgi šādā apsaimniekošanas modelī tiek integrēti dabiskie zālāji, kam ir pozitīva ietekme uz Eiropas Savienības Bioloģiskās daudzveidības stratēģijas 2030. gadam realizāciju. Bioloģiski sertificētās LIZ (lauksaimniecībā izmantojamā zeme) platības 2021. gadā bija 304000 ha jeb 13.31% no kopējās LIZ platības valstī, bet 129124 ha jeb 5.65% bija ilggadīgie zālāji².

Ņemot vērā Latvijas valsts ekonomisko stāvokli un aktuālos jautājumus, kas saistīti ar vides un dabas saglabāšanu, kā arī SEG emisiju ietekmi uz klimatu, Latvijā jāveicina liellopu nobarošana ekstensīvā veidā, izmantojot mūsu valsts atjaunojamos resursus – zālājus. Pētnieku grupa secinājusi, ka Latvijā ir iespējams ilgs ganību periods, kas ir viens no klimata izmaiņas ierobežojošiem pasākumiem. Pieprasījums pēc liellopu gaļas, kas ražota ilgtspējīgā veidā, samazinot negatīvo ietekmi uz vidi un nodrošinot dzīvnieku labturību un veselību, palielinās. Patērētāji izvēlas liellopu gaļu, kas ražota bioloģiskām nevis konvencionālām lauksaimniecības metodēm, no bioloģiski ražotas produkcijas priekšroka tiek dota gaļai, kas iegūta liellopus nobarojot ar zāles lopbarību, nevis kombinēto spēkbarību vai graudaugiem (García-Torres et al., 2016). Zāles lopbarības izmantošana liellopu gaļas ražošanā un ganīšanas iekļaušana nobarošanas procesā, samazina liellopu tiešo konkurenci resursiem, kas izmantojami pārtikas ražošanai (feed no food) un saistīta ar apkārtējās vides piesārņojuma mazināšanu (Chassot, 2008a).

Latvijā jāveicina liellopu gaļas produkcijas ražošana ar pievienoto vērtību, mazinot nozares atkarību no eksporta tirgiem un palielinot nozares ieņēmumu daļu vietējā tirgū. Liellopu gaļas ražošana jāveic saskaņā ar Zaļā kursa stratēģijas no “Lauka līdz galdam”³ un Eiropas Savienības Bioloģiskās daudzveidības stratēģijas 2030. gadam⁴ vadlīnijām, nodrošinot kvalitatīvu produkciju.

Produkcijas kvalitātei nav iespējams piemērot vienotu definīciju, jo tā atkarīga no realizācijas avota jeb pieprasījuma uzstādījumiem, bet kopumā produkcijas kvalitāte tiek skaidrota kā īpašību kopums, kas nosaka tā atbilstību izvirzītajām prasībām (Zinātnes un tehnoloģiju vārdnīca, 2001).

² *Bioloģiski ražots marmorēts steiks*. Noslēguma atskaite, projekta nr. 18-00-A01612-000016, vadītāja Dz. Kreišmane.

³ *Stratēģija “No lauka līdz galdam”*. No: ES oficiālā mājas lapa. [Tiešsaiste] [Skatīts 2023. gada 16. janvārī]. Pieejams: https://food.ec.europa.eu/system/files/2020-05/f2f_action-plan_2020_strategy-info_en.pdf

⁴ *Eiropas Savienības Bioloģiskās daudzveidības stratēģija 2030. gadam*. No: ES oficiālā mājas lapa. [Tiešsaiste] [Skatīts 2023. gada 16. janvārī]. https://environment.ec.europa.eu/strategy/biodiversity-strategy-2030_en

Līdz šim Latvijā ir veikti atsevišķi pētījumi par gaļas liellopu nobarošanu, trūkst pētījumu par šķirņu izvēli nobarošanai un ekonomiski izdevīgākajiem nobarošanas modeļiem, tādēļ gaļas liellopu audzētājiem, kuri izvēlas atšķirto zīdītājgovju teļu tālāku nobarošanu, bieži vien jāeksperimentē pašiem (Lujāne et al., 2013). Daudzu ārvalstu zinātnieku darbos pētītas gaļas liellopu šķirņu augšanas, nobarošanas un liemeņu kvalitātes atšķirības (Polach et al., 2004; Barton et al., 2006; Hollo et al., 2012; Pesonen et al., 2012; Pesonen et al., 2013a; Jukna et al., 2017), tomēr šo pētījumu rezultātus nevaram pilnībā attiecināt uz Latvijas apstākļiem. Šajā darbā apkopotā informācija un rezultātu analīze būs kā palīgmateriāls gaļas liellopu audzētājiem un nozares speciālistiem kvalitatīvu liellopu liemeņu un gaļas ražošanā, tādejādi veicinot nozares konkurētspēju un efektivitāti.

Darba hipotēze – Aberdinangus, Herefordas, Limuzīnas un Šarolē šķirņu liellopi ir piemēroti nobarošanai Latvijas apstākļos, nodrošinot kvalitatīvu liemeņu un gaļas ieguvi.

Aizstāvāmās tēzes

1. Gaļas šķirņu un to krustojumu liellopu skaits laika periodā no 2017. līdz 2022. gadam Latvijā ir pakāpeniski palielinājies, galvenokārt pieaugot Kontinentālā tipa šķirņu (Šarolē un Limuzīnas) un gaļas šķirņu krustojumu liellopu īpatsvaram.
2. Lielākā daļa Latvijā dzimušo gaļas šķirņu un to krustojumu liellopi tiek eksportēti dzīvi uz ārvalstīm, pamatā līdz viena gada vecumam. Latvijas kautuvēs lielākā skaitā tiek kautas zīdītājgovis. Latvijā kauto liellopu liemeņi ir ar labu muskuļaudu, bet mazu taukaudu attīstības pakāpi.
3. Šķirne un dzimums būtiski ietekmē liellopu nobarošanas rezultātus un liemeņu kvalitāti, un kopumā ieņēmumus par liemeņu realizāciju.
4. Liellopu gaļas kvalitāti, vadoties pēc pH mērījumiem, ietekmē šķirne un dzimums.
5. Dažādu šķirņu bulļu gaļas ķīmiskais sastāvs ir atšķirīgs, ar optimālu omega 6 un omega 3 taukskābju attiecību.

Darba mērķis – veikt gaļas liellopu nozares situācijas analīzi Latvijā, skaidrot liellopu šķirnes un dzimuma ietekmi uz nobarošanas rezultātiem un liemeņu kvalitāti, kā arī noteikt liellopu gaļas ķīmisko sastāvu.

Darba uzdevumi

1. Analizēt gaļas šķirņu un to krustojumu liellopu skaita izmaiņas Latvijas ganāmpulkos.
2. Noteikt kautuvēs Latvijā nokauto un no valsts eksportēto dzīvo liellopu skaitu, izvērtēt Latvijas kautuvēs nokauto liellopu liemeņu kvalitāti.

3. Analizēt un skaidrot šķirnes un dzimuma ietekmi uz liellopu nobarošanas rezultātiem un liemeņu kvalitāti.
4. Aprēķināt ieņēmumus par liellopu liemeņu realizāciju atkarībā no šķirnes un dzimuma.
5. Novērtēt liellopu dzimuma un šķirnes ietekmi uz gaļas pH.
6. Analizēt bulļu gaļas ķīmisko sastāvu, galveno uzmanību veltot nepiesātinātajām omega 6 un omega 3 taukskābēm.

Zinātniskā darba aktualitāte – Latvijā palielinās gaļas šķirņu un krustojumu liellopu skaits, nozares attīstību veicina piemēroti agroklimatiskie apstākļi un iespēja apsaimniekot intensīvai lauksaimniecībai nepiemērotas platības, kā arī eksporta iespējas atšķirtajiem zīdītājgovju teļiem. Gaļas liellopu nozares attīstība Latvijā tiek vērtēta kā pozitīva, balstoties tikai uz liellopu skaita pieaugumu, neizvērtējot realizācijas avotus un nākotnes riskus. Nozares konkurētspējas paaugstināšanai un atkarības mazināšanai no teļu eksporta, nepieciešams veicināt videi draudzīgu liellopu nobarošanu Latvijā, iegūstot kvalitatīvus liemeņus un gaļu, ko piedāvāt patērētājiem Latvijā un ārvalstīs. Promocijas darbā iegūtie rezultāti ir aktuāli gaļas liellopu audzētājiem, lopkopības speciālistiem, lauksaimniecības politikas veidotājiem un patērētājiem, apzinot tirgus situāciju, ļaujot izprast dažādu faktoru ietekmi uz liellopu nobarošanas rezultātiem, liemeņu kvalitāti un gaļas pH, kā arī radot izpratni par liellopu gaļas ķīmisko sastāvu. Iegūto rezultātu izmantošana praksē veicinās nozares attīstību un konkurētspēju.

Dalība projektos, kas saistīti ar promocijas darbu

1. LLU programmas „Zinātniskās kapacitātes stiprināšana LLU” zinātniskais projekts Nr. 3.2.-8/57 „Gaļas šķirņu un to krustojumu jaunlopu piemērotība nobarošanai ar zāles lopbarību”.
2. ESF projekts Nr. 8.2.2.0/201/001 “LLU pāreja uz jauno doktorantūras finansēšanas modeli”.

Promocijas darba aprobācija

Par pētījuma rezultātiem sagatavotas piecas publikācijas, kuras indeksētas Scopus un / vai Web of Science datu bāzēs. Piecas publikācijas un desmit tēzes publicētas citos semināru un konferenču rakstu un tēžu krājumos. Sniegti pieci mutiskie un četri stenda ziņojumi konferencēs un zinātniskajos semināros. Sniegti divi ziņojumi Latvijas Lauku konsultāciju un izglītības centra un Zemnieku Saeimas organizētos semināros gaļas liellopu audzētājiem.

Publikācijas, kas indeksētas SCOPUS vai/un WEB of SCIENCE datu bāzēs

1. Muižniece I., Kairiša D. (2021). Slaughter results, meat chemical composition and pH of Aberdin Angus, Hereford and Limousin bulls. *Rural Sustainability Research*, Vol. 46(341), p. 14–21. DOI:10.2478/plua-2021-0013.
2. Muižniece I., Kairiša D. (2020). Effect of sex and age on beef cattle meat pH. *Agricultural Science and Practice*, Vol. 7(2), p. 55.–60. DOI: 10.15407/agrisp7.02.055.
3. Muižniece I., Kairiša D. (2017). Fattening and slaughter results analysis of Hereford breed bulls born in different seasons. In: *Rural Development 2017: Bioeconomy Challenges*. Annual 8th international scientific conference proceedings, Kaunas, Lithuania: Aleksandras Stulginskis University, p. 375–380. DOI: 10.15544/RD.2017.198.
4. Muižniece I., Kairiša D. (2017). Slaughter Results Analysis of grass-fed beef cattle. In: “Research for rural development 2017”, Annual 23rd international scientific conference proceedings, Vol. 2, Jelgava, Latvia: LLU, p. 62–66. DOI: 10.22616/rrd.23.2017.050.
5. Muižniece I., Kairiša D. (2016). Different beef breed cattle fattening results analysis. In: “Research for rural development”, Annual 22nd international scientific conference proceedings, Vol. 1, Jelgava, Latvia: LLU, p. 57–62.

MATERIĀLI UN METODES

Promocijas darba izstrāde veikta uz trīs pētījumu pamata:

- pirmajā pētījumā analizētas gaļas šķirņu un to krustojumu liellopu skaita izmaiņas, kaušanas un eksporta apjoms, liemeņu kvalitāte;
- otrajā pētījumā analizēti Aberdin Angus (AB), Herefordas (HE), Limuzīnas un Šarolē (SA) šķirņu bulļi un teļu nobarošanas rezultāti un liemeņu kvalitāte;
- trešajā pētījumā analizēta AB, HE, LI un SA šķirnes bulļi un teļu gaļas pH vērtība un AB, HE un LI šķirnes bulļi gaļas ķīmiskais sastāvs.

Gaļas šķirņu un to krustojumu liellopu skaita izmaiņas, kaušanas un eksporta apjoms, liemeņu kvalitāte (pirmais pētījums)

Pētījumā izmantota Lauksaimniecības Datu centra (LDC) datu bāzē laikā no 01.01.2017. līdz 01.01.2022. gadam reģistrētā informācija par:

- Latvijā audzēto gaļas šķirņu un to krustojumu liellopu skaitu;
- Latvijā nokauto un no valsts eksportēto gaļas šķirņu un to krustojumu liellopu skaitu, dzimumu un vecumu;

- Latvijā nokauto gaļas šķirņu un to krustojumu liellopu liemeņu kvalitāti.

Latvijā audzēto gaļas šķirņu un to krustojumu liellopu skaits fiksēts uz katra pētījuma gada 1. janvāri, bet Latvijā nokauto un eksportēto liellopu skaits fiksēts katra pētījuma gada ietvaros.

Iegūtie dati grupēti atbilstoši liellopu piederībai šķirnei vai krustojumam, dzimuma grupai un vecumam. Tīršķirnes grupā apkopotas 7 šķirnes, mazskaitlīgās šķirnes apvienotas un apzīmētās kā Citas šķirnes (CŠ). Kaušanas un eksporta tendenču analīze atkarībā no liellopu vecuma veikta pa vecuma grupām.

Pētījumā no 60411 nokautajiem liellopiem analizēti 44430 kautuvēs novērtēto liemeņu klasifikācijas rezultāti, veikta to kopējā datu analīze, kā arī liemeņu kvalitātes analīze pa šķirnēm, dzimumiem un vecuma grupām.

Herefordas, Aberdinangus, Limuzīnas un Šarolē liellopu nobarošanas rezultāti un liemeņu kvalitāte (otrais pētījums)

Pētījumam izmantoti Baltic Grassland Beef (BGB) zīmola ietvaros nobarotu un Lietuvā nokauto AB, HE, LI un SA tīršķirnes bulļi un teļi nobarošanas un liemeņu kvalitātes vērtējuma rezultāti. Analīzē iekļauti Latvijā plašāk audzēto gaļas šķirņu liellopi – AB, HE, LI un SA ar asinību 100% un vecuma amplitūdu no 366 līdz 907 dienām.

Pētīto pazīmju ietekmējošie faktori, gradāciju klases un iekļauto dzīvnieku skaits atspoguļoti 1. tabulā.

1. tabula / *Table 1*

Pētīto pazīmju ietekmējošie faktori, gradāciju klases un iekļauto dzīvnieku skaits / *Factors affecting the studied traits, gradation classes and the number of animals included*

Faktori / <i>Factors</i>	Gradāciju klases / <i>Gradation classes</i>	Raksturojums / <i>Characteristics</i>	Dzīvnieku skaits gradāciju klasēs / <i>Number of cattle in gradation classes</i>
Šķirne / <i>Breed</i>	4	1 – AB 2 – HE 3 – LI 4 – SA	1 – 62 2 – 67 3 – 312 4 – 137
Dzimums / <i>Sex</i>	2	1 – bullis / <i>bull</i> 2 – tele / <i>heifer</i>	1 – 240 2 – 338

AB – Aberdinangus, HE – Herefordas, LI – Limuzīnas, SA – Šarolē / AB – *Aberdeen Angus*, HE – *Hereford*, LI – *Limouzin*, SA – *Charolais*

Dati aprēķiniem:

- piederība šķirnei, asinība, dzimšanas datums par Latvijā nobarotajiem liellopiem iegūti no LDC datu bāzes, par Lietuvā nobarotajiem liellopiem iegūti no Lietuvas liellopu gaļas audzētāju asociācijas datu bāzes;
- kaušanas datums, dzīvmasa, silta liemeņa masa, liemeņu kvalitātes vērtēšanas rezultāti iegūti no kautuves “Agaras”.

Aprēķināti sekojoši nobarošanas rezultātus raksturojoši rādītāji: vecums pirms kaušanas, dzīvmasas pieaugums diennaktī, liemeņa masas pieaugums diennaktī, kautiznākums, atdzesēta liemeņa masa.

Liellopu liemeņu muskuļaudu attīstības apzīmēšanai izmantoti EUROP burti ar sekojošu nozīmi: E – teicami (skaitliskais apzīmējums – 5), U – ļoti labi (4), R – labi (3), O – vidēji labi (2), P – vāji (1) attīstīta muskulatūra. Taukaudu attīstības vērtējums apzīmēts ar skaitļiem no 1 līdz 4, kur 1 – ļoti zems, 2 – zems, 3 – vidējs, 4 – augsts. Šajā pētījumā nebija liemeņi, kuri būtu novērtēti ar S (izcila) muskuļaudu attīstības klasi un 5 (ļoti augsta) taukaudu attīstības klasi.

Kā liellopu nobarošanas ekonomiskie rādītāji izvēlēti: ieņēmumi par liemeni un ieņēmumi vienā mūža dienā. Ieņēmumi par liemeni aprēķināti, reizinot iegūto atdzesēta liemeņa masu ar aprēķināto cenu par liemeņa kg, bet ieņēmumi vienā mūža dienā aprēķināti ieņēmumus par vienu liemeni izdalot ar mūža ilgumu dienās. Ieņēmumu aprēķināšanai izmantotas zīmola BGB cenu lapas.

Liellopu nobarošanas, liemeņu kvalitātes un ekonomiskā aprēķina rezultātu izvērtēšanai un salīdzināšanai, izmantota ranžēšanas sistēma četru punktu skalā atsevišķi pa šķirnēm atkarībā no dzimuma. Lielākais punktu skaits 4 piešķirts šķirnei, kas konkrētajā pazīmē sasniegusi labāko rezultātu, bet 1 piešķirts šķirnei ar konkrētajā pazīmē sasniegto sliktāko rezultātu.

Liellopu gaļas kvalitāte un ķīmiskais sastāvs (trešais pētījums)

Promocijas darba trešajā pētījumā liellopu gaļas kvalitātes raksturošanai izmantota gaļas pH vērtība, kas noteikta 24 h pēc liellopu nokaušanas (pH_{24h}). Liellopu gaļas ķīmiskā sastāva izvērtēšanai izmantoti tādi rādītāji kā mitrums, tauki, olbaltumvielas, pelni, holesterīns, dzelzs un nepiesātinātās taukskābes.

Liellopu gaļas pH

Liellopu gaļas pH analīze veikta, izmantojot Baltic Grassland Beef (BGB) zīmola ietvaros nobarotu un Lietuvā nokauto AB, HE, LI un SA tīršķirnes buļļu un teļu gaļas pH mērījumu rezultātus. pH Mērījumi veikti 24 stundas pēc liellopu nokaušanas atdzesēta liemeņa garajā muskulī (*longissimus dorsi*), izmantojot pH metru ProfiLine pH 3310.

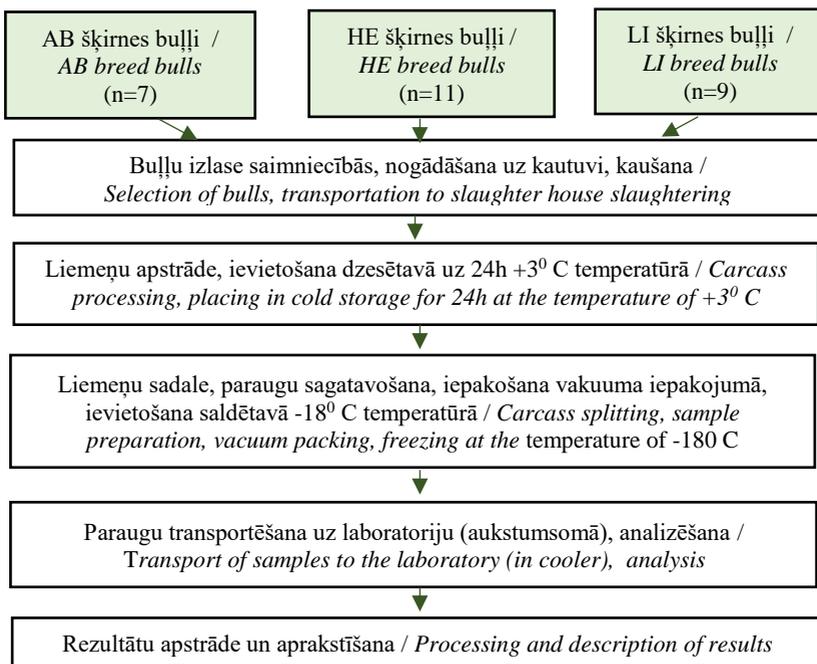
Par pamatu pH vērtību sadalījumam izmantoti kautuves “Agaras” klasifikācijas pamatprincipi kvalitātes gaļas ieguvei:

- pH ≤ 5.39 (PSE – Pale Soft Exudative; mīksta un ūdeņaina gaļa) – pārāk maza vērtība;
- pH 5.40 līdz 5.80 – vēlamā vērtība;
- pH ≥ 5.81 (DFD – Dark Firm Dry; tumša, cieta un sausa) – pārāk liela vērtība.

Pētījumā izmantoti 240 buļļu un 338 teļu *longissimus dorsi* muskulī veikto pH mērījumu rezultāti. Iegūtie rezultāti analizēti pa pētījumā izmantotajām šķirnēm un dzimumiem.

Angus, Herefordas un Limuzīnas šķirnes buļļu *longissimus dorsi* muskuļa ķīmiskā sastāva analīze

Liellopu gaļas ķīmiskā sastāva noteikšanai kā pētījuma materiāls izmantoti BGB zīmolā nobaroto un kautuvē Agaras 2018. un 2019. gadā kauto AB, HE un LI šķirnes buļļu muguras garā muskuļa (*longissimus dorsi*) 1 kg smagi paraugi. Pētījumam izmantoti tīršķirnes buļļi, kuru dzīvmasa pirms aušanas bija vismaz 490 kg. Pētījuma realizācijas shēma norādīta 1. attēlā. Izanalizēti 27 paraugi.



1. att. Trešā pētījuma īstenošanas shēma / Fig. 1. Scheme of third study

Paraugi analizēti Pārtikas drošības, dzīvnieku veselības un vides zinātniskā institūta "BIOR" laboratorijā (BIOR). Informācija par analizētajiem ķīmiskā sastāva rādītājiem un izmantotajām laboratorijas metodēm apkopota 2. tabulā.

Izmantotās BIOR laboratorijas metodes nesniedza iespēju noteikt taukskābju precīzu daudzumu paraugiem, kuros tas bija mazāk par 0.10 g, tāpēc rezultātos tas izteikts kā <0.10 g. Aprēķinos izmantotas tās taukskābes, kuru koncentrācija vismaz 1 paraugā bija ne mazāk kā 0.10 g.

2. tabula / Table 2

Gaļas paraugos noteiktie ķīmiskā sastāva rādītāji, izmantotās laboratorijas metodes /
Indicators of chemical composition determined in meat, used laboratory methods

Rādītāji / Indicators	Laboratorijas metode / Laboratory method
Mitrums, % / Moisture, %	LVS ISO 1442:1997
Kopējais tauku saturs, % / Fat content, %	LVS ISO 1443:1973
Olbaltumvielas, % / Protein, %	LVS ISO 937:1978
Pelnu saturs, % / Ash, %	ISO 936:1998
Holesterīns, mg 100 g ⁻¹ / Cholesterol, mg 100 g ⁻¹	BIOR-T-012-132-2011
Dzelzs, mg kg ⁻¹ / Iron, mg kg ⁻¹	BIOR-T-012-148-2013
Nepiesātinātās taukskābes / Unsaturated fatty acids, g 100g ⁻¹	BIOR-T-012-131-2011

Datu matemātiskā apstrāde

Pētījumos iegūto datu analīzei izmantota aprakstošā statistika (vidējais aritmētiskais un standartklūda). Lai noskaidrotu faktoru šķirne un dzimums ietekmi un to mijiedarbību, pielietots daudzfaktoru lineārais modelis GLM (*General linear model*), izmantojot divfaktoru dispersijas analīzi.

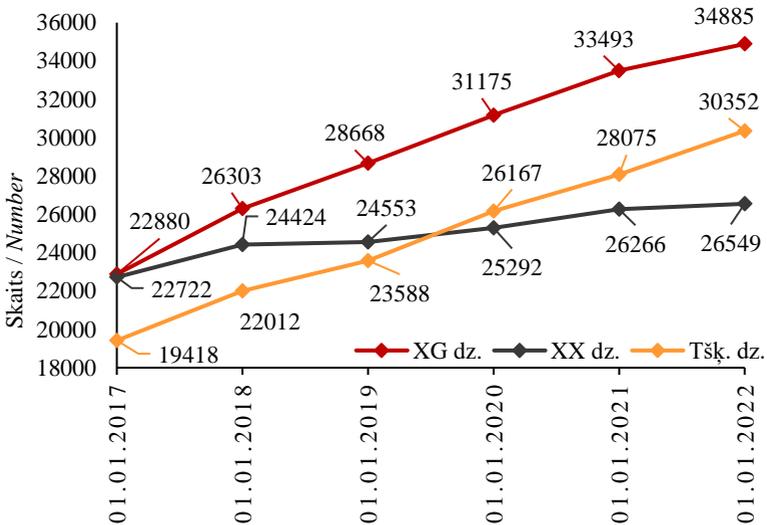
Starpības starp gradāciju klasēm noteiktas ar Tūkija testu (*Tukey test*) pie 95% būtiskuma līmeņa ($p < 0.05$). Starpību būtiskuma apzīmēšanai izmantoti latīņu alfabēta burti a, b, c un d. Ja starpība nebija būtiska, burti netika izmantoti.

Datu apstrādei izmantotas programmas IBM SPSS Statistics 22.0, attēli veidoti ar MS Office programmas Excel 2021 palīdzību.

REZULTĀTI UN DISKUSIJA

1. Gaļas šķirņu liellopu un to krustojumu audzēšanas, kaušanas un eksporta rezultātu analīze, liemeņu kvalitātes izvērtējums (pirmā pētījuma rezultāti)

Gaļas šķirņu un to krustojumu liellopu skaita izmaiņas. Gaļas liellopu skaits Latvijā pētījuma gados palielinājās gan tīršķirnes, gan krustojumu grupās (2. att.). Straujāk palielinās gan tīršķirnes, gan krustojumu liellopu skaits ar vienas šķirnes asinību 75.00–99.99% (XG), sasniedzot 2022. gada 1. janvārī attiecīgi 30352 un 34885. Salīdzinot ar 2017. gada 1. janvāri, tīršķirnes grupā liellopu skaits palielinājās par 10934 un XG grupā par 12005 liellopiem, palielinājums attiecīgi 56.3% un 52.5%.



2. att. Tīršķirnes un krustojumu liellopu skaita izmaiņas Latvijas ganāmpulkos

Fig. 2. *Changes in the number of pure breed and crossbreed beef cattle in Latvian herds*

XG dz. – ganāmpulkos esošie krustojumu liellopi ar vienas šķirnes asinību 75.00–99.99% / XG dz. – crossbreed cattle with percentage of beef breed 75.00–99.99%; XX dz. – ganāmpulkos esošie krustojumu liellopi ar vienas šķirnes asinību 50.00–74.99% / XX dz. – crossbreed cattle with percentage of beef breed 50.00–74.99%; Tšķ. dz. - ganāmpulkos esošie liellopi ar vienas šķirnes asinību 100% / Tšķ. dz. – pure breed cattle with percentage of beef breed 100%

Krustojumu liellopu ar vienas šķirnes asinību 50.00–74.99% (XX) skaita izmaiņas pa gadiem ir nelielas, no 22722 liellopiem 2017. gada 1. janvārī līdz 26549 liellopiem 2022. gada 1. janvārī, palielinājums 3827 dzīvnieki jeb 16.8%.

No tīršķirnes liellopiem Latvijas ganāmpulkos vairāk audzē Kontinentālā tipa SA un LI šķirnes liellopus, 2017. gada 1. janvārī kopējā tīršķirnes struktūrā tie bija 67% (56% SA un 11% LI), bet 2022. gada 1. janvārī jau 72% (58% SA un 14% LI). Nākamās vairāk Latvijas ganāmpulkos audzētās ir Britu tipa Aberdinangus (AB) un Herefordas (HE) šķirnes – 2017. gada 1. janvārī kopējā tīršķirnes populācijā HE šķirnes liellopi bija 13% un AB 9%. Kaut gan Britu tipa šķirņu liellopu skaits pētījuma periodā palielinājās, kopējā tīršķirnes struktūrā AB šķirnes īpatsvars palika nemainīgs, bet HE šķirnes liellopu īpatsvars pat samazinājās (2022. gada 1. janvārī AB šķirne bija 9% un HE arī bija 9%), kas izskaidrojams ar SA un LI šķirnes liellopu skaita straujo palielinājumu – 63% palielinājums SA šķirnē un 99% LI šķirnē. Pētījuma periodā AB šķirnes liellopu skaits palielinājās par 50%, bet HE šķirnes liellopu skaits par 15%.

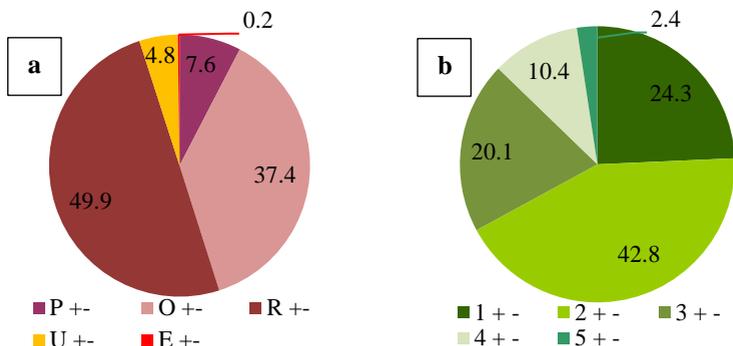
Kautuvēs Latvijā nokauto un no valsts eksportēto liellopu skaits. Periodā no 2017. līdz 2021. gadam Latvijas kautuvēs nokauti 60411 liellopi, bet eksportēti 113680 liellopi. Eksportēto liellopu bija 1.9 reizes vairāk. Lielākā skaitā kauti un arī eksportēti XG un XX krustojumu liellopi. Lielākais nokauto liellopu skaits ir ar apzīmējumu XX (29059 liellopi vai 48.2%), bet XG grupā tie ir 22147 liellopi, vai 36.7%. Savukārt vairāk eksportēti ir liellopi ar XG apzīmējumu (50194 liellopi vai 44.2%), bet XX grupas liellopu eksports ir 33.8% (38421 liellopi).

Analizējot nokauto liellopu piederību kādai no gaļas tipa šķirnēm, noskaidrots, ka lielākā skaitā ir kauti SA šķirnes liellopi – 4819, ievērojami mazāk HE – 1294 un LI – 1237. Lielāko eksporta apjomu tīršķirnes grupā veido SA – 16925, LI – 2779 un AB – 2331 liellopi.

Kautuvēs Latvijā nokauto un no valsts eksportēto gaļas šķirņu un to krustojumu liellopu dzimums un vecums. Visās dzimuma grupās, izņemot govīs, eksporta apjoms bija lielāks par Latvijā kauto liellopu skaitu. Buļļu eksporta apjoms bija 3.6 reizes, bet teļu 2.4 reizes lielāks. Vērši kauti un eksportēti nelielā skaitā, kauti 316, bet eksportēti 536, starpība 1.8 reizes. Kautuvēs pētījuma periodā bija realizēti dažāda vecuma liellopi. Jaunākās realizētas teles – vid. 574±2.6 dienas, bet vecākās bija zīdītājgovīs, vidējais vecums 2587±7.8 dienas vai 7 gadi. Visu dzimumu liellopi eksportēti jaunāki kā kautuvēs Latvijā nokautie. Buļļi eksportēti 246 dienu vecumā, bet teles 298 dienu vecumā, tas skaidrojams ar to, ka eksporta mērķis ir nobarošana citās valstīs.

Lielākais kauto liellopu īpatsvars bija vecuma grupā ≥908 dienām – 27342 liellopi jeb 45.3% no kopējā kauto liellopu skaita, bet lielākais eksportēto liellopu īpatsvars bija vecuma grupā līdz 365 dienām – 101344 liellopi jeb 89.1% no kopējā eksportēto liellopu skaita.

Latvijā nokauto gaļas šķirņu un to krustojumu liellopu liemeņu kvalitāte. Liemeņi bija novērtēti ar muskuļaudu attīstības klasēm no E līdz P, bet S klases vērtējums nebija piešķirts (2. att. a variants). Lielākā skaitā liemeņi novērtēti ar labu muskuļaudu attīstības klasi, saņemot R, R+ un R- vērtējumu, kopā 49.9%. Liemeņu taukaudu attīstība vairumā gadījumu novērtēta kā zema (tauku klase 2, ar + un -) vai ļoti zema (tauku klase 1, ar + un -), attiecīgi 42.8% un 24.3% (2. att. b variants).



3. att. Liemeņu sadalījums pa muskuļaudu (a) un taukaudu (b) attīstības klasēm un apakšklasēm, %

Fig. 3. Distribution of carcasses by conformation (a) and fat (b) score divided into classes and subclasses, %

Buļļu un vēršu liemeņi lielākā skaitā bija ar labi līdz teicami attīstītiem muskuļaudiem, attiecīgi 59.8% un 62.8% liemeņu ieguva R, U un E klases ar apakšklasēm vērtējumu. Teļu un govju liemeņi labu līdz teicamu muskuļaudu attīstības vērtējumu saņēma 50.4% un 54.2% gadījumos, tomēr, salīdzinot ar buļļiem un vēršiem, lielākā skaitā to liemeņi bija ieguvuši arī vidēji labu un vāju muskuļaudu attīstības vērtējumu – klases O un P ar apakšklasēm.

Buļļu liemeņi bija ar zemāko taukaudu attīstības vērtējumu – 90.1% gadījumā tie bija ieguvuši 1. un 2. taukaudu attīstības klasi (40.3% tauku klase 1, 49.8% tauku klase 2 ar apakšklasēm) un tikai 9.9% liemeņi bija novērtēti ar 3. un augstāku tauku klasi. Govju liemeņi bija ar lielāko taukaudu attīstību, 46% gadījumos liemeņi bija ar vidēju līdz pat ļoti lielu taukaudu attīstību, iegūstot vērtējumu no 3. līdz 5. (ar + un -) tauku klasei, bet 54% gadījumos bija ar zemu un ļoti zemu taukaudu attīstības vērtējumu.

Vairāk nekā puse no novērtētajiem tādu šķirņu kā AB, HE, LI, SA, SI un XG krustojumu liellopu liemeņiem bija ieguvuši labu līdz pat izcilu (R, U, E ar + un -) muskuļaudu attīstības novērtējuma klasi. Lielākā daļa novērtēto liemeņu visās šķirnēs bija ar ļoti zemu un zemu taukaudu attīstības vērtējumu (tauku klase 1 un 2 ar + un -).

Ar labu, ļoti labu un teicamu muskuļaudu attīstības vērtējumu lielākā skaitā liemeņu bija vecuma grupā virs 907 dienām (R – 56.1%, U – 5.4%, E – 0.3%), savukārt vecuma grupā līdz vienam gadam, šādi liemeņi bija mazāk (R – 35.8%, U – 1.1%, E – 0.04%). Palielinoties liellopu vecumam pirms kaušanas, palielinājās arī liemeņu taukaidu attīstības pakāpe. Vairāk nekā puse līdz viena gada vecumam nokauto liellopu liemeņi bija novērtēti ar 1. tauku klasi (56.2%), savukārt vecuma grupā no 366–907 dienām 1. tauku klases vērtējumu bija saņēmuši 29.0%, bet virs 907 dienu vecumam tikai 18.1% liemeņu.

2. Nobarošanas rezultāti un liemeņu kvalitāte (otrā pētījuma rezultāti)

Nobarošanas rezultāti un liemeņu kvalitāte nosaka cenu, ko saņem audzētājs par kaušanai realizētu liellopu, ietekmējot saimniecības kopējo rentabilitāti. Nobarošanas efektivitātes palielināšanā svarīgi apzināties faktoru ietekmi, lai spētu sasniegt vēlamo rezultātu pieejamo resursu robežās.

Pētīto faktoru ietekme un mijiedarbība. Liellopu šķirnei konstatēta būtiska ietekme uz darbā analizētajiem nobarošanas rezultātiem un liemeņu kvalitāti raksturojošām pazīmēm (3. tab.).

3. tabula / Table 3

Pētīto faktoru un to mijiedarbības ietekme uz liellopu nobarošanas rezultātiem un liemeņu kvalitāti / Influence of the studied factors and their interaction on the results of cattle fattening and the quality of carcasses

Pazīmes / Traits	Šķirne / Breed	Dzimums / Sex	Šķirne x Dzimums / Breed x Sex
	P vērtība / P value		
Vecums pirms kaušanas, dienas / Age before slaughter, days	<0.001	<0.001	<0.001
Dzīvmasa pirms kaušanas, kg / Live weight before slaughter, kg	<0.001	0.003	0.577
Dzīvmasas pieaugums, g dn ⁻¹ / Daily liveweight gain, g dn ⁻¹	<0.001	<0.001	<0.001
Atzesēta liemeņa masa, kg / Cold carcass weight, kg	<0.001	0.133	<0.001
Liemeņa masas pieaugums, g dn ⁻¹ / Daily carcass gain, g dn ⁻¹	<0.001	<0.001	<0.001

3. tabulas turpinājums / Table 3 continued

Pazīmes / Traits	Šķirne / Breed	Dzimums / Sex	Šķirne x Dzimums / Breed x Sex
	P vērtība / P value		
Kautiznākums, % / Dressing percentage, %	<0.001	0.275	<0.001
Muskuļaudu attīstības vērtējums, punkti / Conformation score, points	<0.001	0.299	<0.001
Taukaudu attīstības vērtējums, punkti / Fat score, points	<0.001	<0.001	0.616

p<0.05 – būtiska ietekme; p>0.05 – nav ietekmes / p<0.05 – significant influence; p>0.05 – no influence

Aberdinangus, Herefordas, Limuzīnas un Šarolē šķirņu teļu un buļļu nobarošanas rezultāti. LI šķirnes buļļi kauti būtiski jaunāki, starpība ar HE šķirni 173 dienas, ar AB šķirni 78 dienas, bet ar SA šķirni 59 dienas (p<0.05), tie sasniedza būtiski lielāku liemeņa masas pieaugumu un kautiznākumu (4. tab.).

4. tabula / Table 4

Buļļu nobarošanas rezultāti atkarībā šķirnes / Bull fattening results depending on breed

Pazīmes / Traits	Šķirne / Breed			
	AB	HE	LI	SA
Vecums pirms kaušanas, dienas / Age before slaughter, days	571 ±15.6 ^a	667 ±9.6 ^b	493 ±7.2 ^c	552 ±23.7 ^a
Dzīvmasa pirms kaušanas, kg / Live weight before slaughter, kg	528.5 ±5.2	527.5 ±3.4	512.1 ±4.1	523.1 ±10.3
Dzīvmasas pieaugums, g dn ⁻¹ / Daily liveweight gain, g dn ⁻¹	891 ±29.1 ^a	744 ±10.8 ^b	980 ±15.1 ^c	922 ±43.9 ^{ac}
Atdzesēta liemeņa masa, kg / Cold carcass weight, kg	293.4 ±4.3 ^a	266.8 ±2.2 ^b	293.9 ±3.1 ^a	289.0 ±5.8 ^a
Liemeņa masas pieaugums, g dn ⁻¹ / Daily carcass gain, g dn ⁻¹	503 ±16.1 ^a	382 ±5.3 ^b	577 ±9.7 ^c	523 ±25.6 ^a
Kautiznākums, % / Dressing percentage, %	55.5 ±0.6 ^a	50.6 ±0.6 ^b	57.4 ±0.3 ^c	55.3 ±0.3 ^a

^{a,b,c} – būtiskas atšķirības starp šķirnēm, p<0.05 / ^{a,b,c} – significant differences between breeds, p<0.05; AB – Aberdinangus, HE – Herefordas, LI – Limuzīnas, SA – Šarolē / AB – Aberdeen Angus, HE – Hereford, LI – Limousin, SA – Charolais

Lai gan no LI šķirnes buļļiem iegūta arī lielāka atdzesēta liemeņa masa – 293.9±3.1 kg, tomēr būtiski tā atšķirās tikai ar HE šķirnes buļļiem, starpība 27.1 kg.

LI un HE šķirņu teles kaušanas brīdī bija būtiski jaunākas nekā AB un SA šķirņu teles, bet to liemeņa masas pieaugums diennaktī bija būtiski lielāks (5. tab.). Lielāka liemeņa masa iegūta no LI šķirnes telēm, starpība ar AB šķirni 39 kg, ar HE šķirni 17 kg, bet mazākā tā bija ar SA šķirni – 9.9 kg. Līdzīgi kā buļļu grupā, arī teļu grupā būtiski lielāku kautiznākumu sasniedza LI šķirnes teles – 57.4±0.3% (p<0.05).

5. tabula / Table 5

**Teļu nobarošanas rezultāti atkarībā no šķirnes /
Heifer fattening results depending on breed**

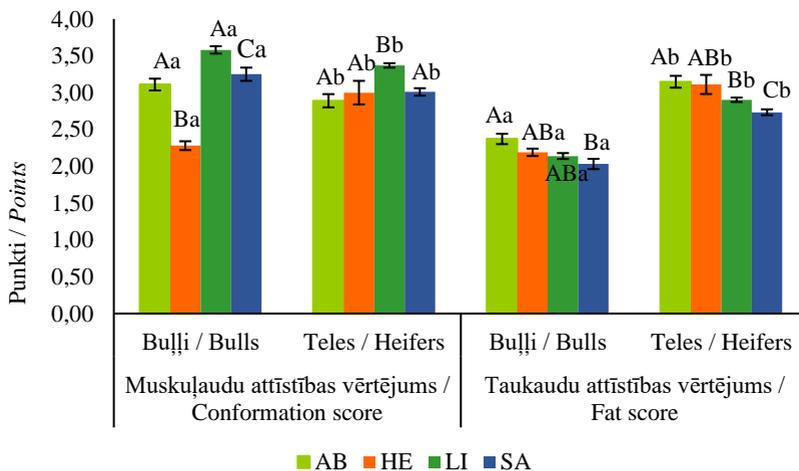
Pazīmes / Traits	Šķirne / Breed			
	AB	HE	LI	SA
Vecums pirms kaušanas, dienas / Age before slaughter, days	653 ±12.4 ^a	540 ±32.8 ^b	580 ±7.1 ^b	639 ±11.5 ^a
Dzīvmasa pirms kaušanas, kg / Live weight before slaughter, kg	508.2 ±4.8 ^{ab}	512.4 ±13.6 ^{ab}	504.5 ±2.6 ^a	519.0 ±3.8 ^b
Dzīvmasas pieaugums, g dn ⁻¹ / Daily liveweight gain, g dn ⁻¹	736 ±15.0 ^a	919 ±73.6 ^b	830 ±10.1 ^b	780 ±13.6 ^a
Atdzesēta liemeņa masa, kg / Cold carcass weight, kg	250.5 ±3.9 ^a	272.5 ±8.7 ^{abc}	289.5 ±1.9 ^b	279.6 ±2.4 ^c
Liemeņa masas pieaugums, g dn ⁻¹ / Daily carcass gain, g dn ⁻¹	368 ±9.7 ^a	497 ±40.5 ^{bd}	487 ±6.3 ^{cb}	429 ±7.8 ^d
Kautiznākums, % / Dressing percentage, %	49.3 ±0.7 ^a	53.1 ±0.5 ^a	57.4 ±0.3 ^b	53.9 ±0.3 ^c

^{a, b, c, d} – būtiskas atšķirības starp šķirnēm, p<0.05 / ^{a, b, c, d} – significant differences between breeds, p<0.05; AB – Aberdinangus, HE – Herefordas, LI – Limuzīnas, SA – Šarolē / AB – Aberdeen Angus, HE – Hereford, LI – Limousin, SA – Charolais

Liemeņu kvalitāte. Kontinentālā tipa (SA un LI) šķirņu liellopu liemeņi bija ar lielāku muskuļaudu attīstības pakāpi nekā Britu tipa šķirnēm (AB un HE), bet Britu tipa šķirņu liellopu liemeņi bija novērtēti ar augstāku punktu skaitu liemeņu taukaudu attīstības ziņā. Muskuļaudu un taukaudu attīstības tendence bija izteikta atkarībā no šķirņu grupas, neatkarīgi no dzimuma (4. att.).

LI šķirnes buļļu un teļu liemeņu muskuļaudu attīstības vērtējums ir būtiski lielāks, salīdzinot ar citām šķirnēm. Buļļu grupā HE šķirnes liellopu liemeņi ir ar būtiski zemāku vērtējumu – 2.28±0.06 punkti, starpība ar AB šķirni 0.47 punkti, ar LI šķirni 1.3 punkti, bet ar SA šķirni 0.97 punkti (p<0.05). Teļu grupā AB, HE un SA šķirņu muskuļaudu attīstības vērtējums ir līdzīgs, bez būtiskām atšķirībām.

Lielāka taukaidu attīstība bija AB šķirnes, bet mazākā SA šķirnes liellopu liemeņiem. Buļļu grupā AB šķirnes vērtējums bija par 0.34 punktiem ($p < 0.05$) lielāks nekā SA šķirnei, bet teļu grupa starpība bija lielāka – 0.42 punkti ($p < 0.05$). Salīdzinot liemeņu taukaidu attīstību atkarībā no dzimuma, iegūtie rezultāti liecina, ka buļļu liemeņi visās šķirnēs bija ar būtiski zemāku vērtējumu nekā telēm. AB šķirnes teļu liemeņu taukaidu attīstības vērtējums bija par 0.78 punktiem ($p < 0.05$) lielāks nekā buļļiem, HE šķirnei starpība 0.92 punkti ($p < 0.05$), LI šķirnei 0.76 ($p < 0.05$), bet SA šķirnei 0.70 punkti ($p < 0.05$).



4. att. Liellopu liemeņu muskuļaudu un taukaidu attīstības vērtējums

Fig. 4. Cattle carcasses conformation and fat score

^{A,B,C,D} – būtiskas atšķirības starp šķirnēm pa dzimumiem, $p < 0.05$ / ^{A,B,C,D} – significant differences between breeds by sexes, $p < 0.05$; ^{a,b} – atšķirības starp dzimumiem pa šķirnēm, $p < 0.05$ / ^{a,b} – significant differences between sexes by breeds, $p < 0.05$; AB – Aberdinangus, HE – Herefordas, LI – Limuzīnas, SA – Šarolē / AB – Aberdeen Angus, HE – Hereford, LI – Limousin, SA – Charolais

Liellopu realizācijas ieņēmumu analīze. Ieņēmumi par liemeņiem veido būtisku sadaļu liellopu nobarošanas efektivitātes izvērtēšanā. Tie veidojas atkarībā no liemeņa masas un liemeņa muskuļaudu un taukaidu attīstības. Pastāv atšķirības starp uzņēmumiem attiecībā uz nepieciešamo liemeņa masu un liemeņa kvalitāti, kas atspoguļojas uzņēmumu cenu lāpās.

Promocijas darbā analizēts ieņēmumu apjoms par vienu liemeņiem un, ņemot vērā, ka liellopi realizēti atšķirīgā vecumā, analizēts arī ieņēmumu apjoms vienā mūža dienā, jo katra izaudzēšanas diena rada izmaksas, kas rezultātā ietekmē peļņas daļu, ko iegūst liellopu audzētājs.

Dzimums un šķirne būtiski ietekmēja liellopu realizācijas ieņēmumus (6. tab.). Lielāki ieņēmumi par viena liemeņa realizāciju iegūti no telēm – 1163.19±9.76 EUR (starpība 43.79 EUR), bet ieņēmumi vienā izaudzēšanas dienā lielāki bija no bulļu realizācijas – vid. 2.11±0.04 EUR (starpība 0.12 EUR dienā), bulļi kaušanai realizēti 48 dienas agrāk kā teles.

Salīdzinot ieņēmumus pa dzimumu grupām pētītajām šķirnēm, redzams, ka lielāki ieņēmumi gan bulļu, gan teļu grupā iegūti no LI šķirnes liellopiem.

6. tabula / Table 6

**Dažādu dzimumu un šķirņu liellopu liemeņu realizācijas ieņēmumi /
Revenue from the sale of cattle carcasses of different sexes and breeds**

Dzimums / Sex	Šķirne / Breed	Ieņēmumi par 1 liemeni, EUR / Revenue per 1 carcass, EUR	Ieņēmumi 1 mūža dienā, EUR / Revenue per 1 life day, EUR
Bullis / Bull	AB	1150.78±18.43 ^a	2.07±0.07 ^a
	HE	1000.93±14.79 ^b	1.51±0.02 ^b
	LI	1164.73±14.51^a	2.41±0.04^c
	SA	1136.89±31.00 ^a	2.18±0.13 ^{ac}
	Vidēji bulļiem / Average for bulls	1119.40±10.63 ^A	2.12±0.04 ^B
	P vērtība šķirne / P value breed	<0.001	<0.001
Tele / Heifer	AB	920.25±36.44 ^a	1.42±0.06 ^a
	HE	1095.00±54.82 ^{ac}	2.10±0.19 ^{bc}
	LI	1212.37±11.48^d	2.15±0.03^b
	SA	1139.70±14.92 ^{bc}	1.84±0.04 ^c
	Vidēji telēm / Average for heifers	1163.19±9.76 ^B	1.99±0.03 ^B
	P vērtība šķirne / P value breed	<0.001	<0.001
P vērtība dzimums / P value sex		0.001	0.011

^{a,b,c,d} – būtiskas atšķirības starp šķirnēm katrā dzimumu grupā, $p < 0.05$ / ^{a,b,c,d} – significant differences between breeds in each sex group, $p < 0.05$; ^{A,B} – būtiskas atšķirības starp dzimumiem, $p < 0.05$ / ^{A,B} – significant differences between sexes, $p < 0.05$; AB – Aberdinangus, HE – Herefordas, LI – Limuzīnas / AB – Aberdeen Angus, HE – Hereford, LI – Limousin, SA – Charolais

Liellopu nobarošanas, liemeņu kvalitātes un ieņēmums izvērtējums šķirņu salīdzināšanai. Liellopu nobarošanas efektivitātes izvērtēšana jāveic kompleksi, iekļaujot visas analizētās pazīmes, lai nodrošinātu objektīvu šķirņu salīdzināšanu un secinājumu izdarīšanu, tādēļ promocijas darbā analizēto

liellopu nobarošanas, liemeņu kvalitātes un ekonomiskā aprēķina rezultāti ranžēti četru punktu skalā atsevišķi pa šķirnēm atkarībā no dzimuma (7. tab.).

Buļļu grupā labāko kopvērtējumu ieguva LI šķirne - 35 punkti, starpība ar AB šķirni 8 punkti, ar SA šķirni 11 punkti un ar HE šķirni 20 punkti. LI šķirnes buļļi bija sasnieguši labākus rezultātus lielākajā daļā izvērtēto pazīmju, izņemot vecumu pirms kaušanas un taukaidu attīstības vērtējumu, kur lielāku punktu skaitu ieguva AB šķirnes buļļi.

Līdzīgi kā buļļu grupā, arī teļu grupā, labāko kopvērtējumu ieguva LI šķirne – 29 punkti, starpība ar HE šķirni 3 punkti, ar SA šķirni 7 punkti un ar AB šķirni 18 punkti.

Buļļu grupā HE šķirne ieguva mazāko kopvērtējumu, kas ir 15 punkti, bet teļu grupā HE šķirnei otrs augstākais kopvērtējuma rezultāts – 29 punkti. Atšķirības HE šķirnes rezultātu ranžējumā atkarībā no dzimuma varētu būt saistītas gan ar izteikti ekstensīviem buļļu nobarošanas apstākļiem, gan ar teļu mazo skaitu grupā, izpaužoties atsevišķu dzīvnieku ģenētiskajam potenciālam.

7. tabula / Table 7

**Nobarošanas rezultātu, liemeņu kvalitātes un ieņēmumu vērtējums /
Assessment of fattening results, carcass quality and revenue**

Pazīme / Trait	Buļļi / Bulls				Teles / Heifers			
	AB	HE	LI	SA	AB	HE	LI	SA
Nobarošanas pazīmju vērtējums, punkti / Fattening traits assessment, points	16	9	21	15	7	19	18	16
Liemeņu kvalitātes pazīmju vērtējums, punkti / Carcasses quality traits assessment, points	6	4	6	4	5	5	6	4
Ekonomisko pazīmju vērtējums, punkti / Economical traits assessment, points	5	2	8	5	2	5	8	5
Vērtējuma kopsūma, punkti / Total assessment, points	27	15	35	24	14	29	32	25

AB – Aberdinangus, HE – Herefordas, LI – Limuzīnas, SA – Šarolē / AB – Aberdeen Angus, HE – Hereford, LI – Limousin, SA – Charolais

3. Liellopu gaļas kvalitāte – pH un ķīmiskais sastāvs (trešā pētījuma rezultāti)

Promocijas darba trešajā pētījumā kā gaļas kvalitātes kritērijs analizēta gaļas pH vērtība, bet gaļas ķīmiskā sastāva izvērtējums veikts, nosakot mitrumu, taukus, olbaltumvielas, pelnus, holesterīnu, dzelzi un nepiesātinātās taukskābes, kurām veltīta īpaša uzmanība.

Liellopu gaļas pH_{24h}. Liellopu dzimumam un šķirnei bija būtiska ietekme uz gaļas pH (8. tab.), bulļu gaļā pH vērtība bija būtiski lielāka (5.92 ± 0.02) kā teļu gaļā (5.67 ± 0.01), starpība 0.27 ($p < 0.05$).

8. tabula / Table 8

**Liellopu gaļas pH_{24h} vērtības pa dzimumiem un šķirnēm /
Beef pH_{24h} value depending on sex and breed**

Dzimums / Sex	Vid. grupā / Average	Šķirne / Breed				P vērtība dzimums / P value sex	P vērtība šķirne / P value breed
		AB	HE	LI	SA		
Buļļi / Bulls (n=240)	5.92 ±0.02^A	6.07 ±0.07^a	5.83 ±0.03 ^b	5.92 ±0.04 ^{ab}	5.89 ±0.06 ^{ab}	<0.001	0.005
Teles / Heifers (n=338)	5.67 ±0.01 ^B	5.68 ±0.05 ^a	5.72 ±0.07	5.65 ±0.01	5.70 ±0.01 ^b		

^{A,B} – būtiskas atšķirības starp dzimumiem, $p < 0.05$ / ^{A,B} – significant differences between sexes, $p < 0.05$; ^{a,b} – būtiskas atšķirības starp šķirnēm, $p < 0.05$ / ^{a,b} – significant differences between breeds, $p < 0.05$; AB – Aberdinangus, HE – Herefordas, LI – Limuzīnas / AB – Aberdeen Angus, HE – Hereford, LI – Limousin, SA – Charolais

Salīdzinot gaļas pH_{24h} vērtību pa šķirnēm katrā dzimumu grupā noskaidrots, ka lielākā pH_{24h} vērtība bija AB šķirnes bulļu gaļā – 6.07 ± 0.07 , bet mazākā tā bija HE šķirnes bulļu gaļā – 5.83 ± 0.03 ($p < 0.05$). Ņemot vērā, ka pH_{24h} vērtība visu pētījumā iekļauto šķirņu teļu gaļā bija normas robežās (no 5.65 ± 0.01 LI šķirnei līdz 5.72 ± 0.07 HE šķirnei) bez būtiskām atšķirībām, var secināt, ka dzimumam bija izšķirošā nozīme gaļas pH vērtībai.

Angus, Herefordas un Limuzīnas šķirnes bulļu longissimus dorsi muskuļa ķīmiskais sastāvs. Lielāks mitruma ($72.0 \pm 1.0\%$), olbaltumvielu ($23.0 \pm 0.2\%$), pelnu ($1.1 \pm 0.0\%$) un holesterīna (56.7 ± 6.6 mg 100 g⁻¹) saturs iegūts LI šķirnes bulļu, bet lielāks kopējo tauku ($6.6 \pm 1.2\%$) un dzelzs saturs (13.1 ± 0.6 mg) AB šķirnes bulļu longissimus dorsi muskuļu paraugos (9. tab.).

**Pētījumā iekļauto buļļu *longissimus dorsi* muskuļa ķīmiskais sastāvs /
Chemical composition of the *longissimus dorsi* muscle of the bulls included
in the study**

Rādītāji / Indicators	Šķirne / Breed		
	AB (n=7)	HE (n=11)	LI (n=9)
Mitrums, % / Moisture, %	71.3±0.8	71.2±0.4	72.0±1.0
Kopējais tauku saturs, % / Fat content, %	6.6±1.2	6.5±0.5	4.7±1.1
Olbaltumvielas, % / Protein, %	22.0±0.4 ^a	22.0±0.3 ^a	23.0±0.2^b
Pelnu saturs, % / Ash, %	1.0±0.0	1.0±0.0	1.1±0.0
Holesterīns, mg 100 g ⁻¹ / Cholesterol, mg 100 g ⁻¹	52.1±3.2	52.8±2.0	56.7±6.6
Dzelzs, mg kg ⁻¹ / Iron, mg kg ⁻¹	13.1±0.6	13.0±0.6	10.5±1.1

^{a,b} – būtiskas atšķirības starp šķirnēm, $p < 0.05$ / ^{a,b} – significant differences between breeds, $p < 0.05$; AB – Aberdinangus, HE – Herefordas, LI – Limuzīnas / AB – Aberdeen Angus, HE – Hereford, LI – Limousin, SA – Charolais

Būtiskas atšķirības starp šķirnēm bija olbaltumvielu saturam, LI šķirnes buļļu gaļā olbaltumvielu saturs bija būtiski lielāks ($p < 0.05$).

Nepiesātinātās taukskābes Aberdinangus, Herefordas un Limuzīnas šķirnes buļļu *longissimus dorsi* muskulī. Nepiesātinātās taukskābes (UFA) piedalās organisma vielmaiņu procesos, nodrošinot normālu augšanu un reprodukciju, tām ir liela loma neaizvietoājamo taukskābju nodrošināšanā.

Promocijas darba pētījumā iegūtās UFA norādītas 10. tabulā. Augstāks kopējais UFA saturs bija LI šķirnes buļļu gaļā – 49.72±1.22 g 100g⁻¹, kas ir par 3.05 g ($p < 0.05$) vairāk kā HE un par 0.65 g vairāk kā AB šķirnes buļļu gaļā.

10. tabula / Table 10

**Nepiesātinātās taukskābes AB, HE un LI šķirnes buļļu
longissimus dorsi muskulī, g 100 g⁻¹ /
Unsaturated fatty acids in the *longissimus dorsi* muscle of AB, HE and
LI bulls, g 100 g⁻¹**

Taukskābes / Fatty acids	AB (n=7)	HE (n=11)	LI (n=9)
C14:1	0.67±0.09	0.68±0.06	0.78±0.05
C15:1	0.23±0.03	0.45±0.05	0.40±0.00
C16:1 n9c	3.86±0.43	3.71±0.22	4.24±0.22
C17:1	0.77±0.02 ^a	0.85±0.02^b	0.77±0.02 ^a

10. tabulas turpinājums / Table 10 continued

Taukskābes / Fatty acids	AB (n=7)	HE (n=11)	LI (n=9)
C18:1n9t	0.33±0.06	1.07±0.34	1.11±0.36
C18:1n9c	37.61±1.08	34.40±0.61	34.63±0.55
C20:1	0.15±0.03	0.46±0.16	0.56±0.19
C20:2	0.10±0.00	0.10±0.00	0.10±0.00
C22:1n9	<0.01	0.10±0.00	0.10±0.00
C24:1	0.10±0.00	0.10±0.00	0.10±0.00
C18:2n6c	3.16±0.35^a	1.97±0.18 ^b	3.21±0.78^a
C18:2n6t	0.24±0.02	0.43±0.10	0.46±0.10
C18:3n3; ALA	1.20±0.16	0.95±0.08	1.12±0.21
C18:3n6	<0.01	0.20±0.00	0.20±0.00
C20:3n3	<0.01	0.20±0.07	0.62±0.22
C20:3n6	0.12±0.02	0.10±0.00	0.18±0.04
C20:4n6	0.37±0.12	0.23±0.04	<0.01
C20:5n3; EPA	0.15±0.03	0.10±0.00	<0.01
C22:6n3; DHA	<0.01	0.13±0.02	0.14±0.02
C22:2n6	<0.01	<0.01	0.34±0.10
∑UFA	49.07±1.13^a	46.67±0.87 ^b	49.72±1.22^a
∑MUFA	43.83±1.58	42.43±1.00	42.83±1.09
∑PUFA	5.24±0.68	4.24±0.28	6.90±1.21
∑n-6	3.89±0.49	2.91±0.22	4.70±0.79
∑n-3	1.35±0.19	1.34±0.08	2.20±0.42
n-6/n-3	2.88±0.15	2.17±0.15	2.14±0.22

^{a,b} – būtiskas atšķirības starp šķirnēm, $p < 0.05$ / ^{a,b} – significant differences between breeds, $p < 0.05$; AB – Aberdinangus, HE – Herefordas, LI – Limuzīnas / AB – Aberdeen Angus, HE – Hereford, LI – Limousin, SA – Charolais

Ir noskaidrots, ka liellopu gaļā mononepiesātinātās taukskābes (MUFA) ir lielākā daudzumā kā polinepiesātinātās taukskābes (PUFA). Līdzīgi rezultāti iegūti arī promocijas darba pētījumā. Lielāks MUFA daudzums bija AB, bet PUFA LI šķirnes bulļu gaļā. Tas vērojams gan omega 3 (n-3), gan omega 6 (n-6) taukskābju daudzumā.

Taukskābju n-6 un n-3 attiecība, kas ir būtisks rādītājs gaļā esošo taukskābju ietekmes izvērtēšanai uz cilvēku veselību, atkarīga no kopējā abu taukskābju satura gaļā. Optimālas n-6 un n-3 attiecības (max. 4:1) nodrošināšanai gaļā, liellopu nobarošanā jāiekļauj pēc iespējas lielāks zāles lopbarības īpatsvars, samazinot graudaugu izēdināšanu. Promocijas darba pētījumā visu šķirņu bulļu gaļā aprēķinātā n-6 un n-3 attiecība bija vēlamajās robežās un ir iekļaujama patērētāju ēdienkartē vērtīgo n-3 un n-6 nodrošināšanai. Mazāka n-6 un n-3 attiecība ir LI šķirnes bulļu gaļā – 2.14±0.22, bet lielāka – AB šķirnes bulļu gaļā (2.88±0.15).

SECINĀJUMI

1. Latvijā audzēto gaļas šķirņu un to krustojumu liellopu skaits laika periodā no 2017. līdz 2022. gadam pakāpeniski palielinājās, straujāks liellopu skaita palielinājums bija Limuzīnas un Šarolē šķirnēs, attiecīgi par 99% un 63%. (*1. tēze*).
2. Eksporta apjoms pētījuma periodā bija 1.9 reizes lielāks par kautuvēs Latvijā nokauto liellopu skaitu. Lielāko eksporta daļu jeb 63.8% veidoja bulļi, no kuriem 68.1% eksportēti vecumā līdz 365 dienām, kas saistīts ar eksporta tirgus pieprasījumu. Kautuvēm Latvijā vairāk realizētas zīdītājgovis – 40.4% no kopējā nokauto liellopu skaita. (*2. tēze*).
3. Kautuvēs Latvijā nokauto liellopu liemeņu muskuļaudu attīstība lielākajā daļā gadījumu bija laba un vidēja (R un O klase ar +/-), bet taukaudu attīstība bija zema un ļoti zema (klase 2 un 1 ar +/-). Ar lielāku muskuļaudu attīstību novērtēti bulļi un vēršu liemeņi, bet govju liemeņi bija ar lielāku taukaudu attīstību. (*2. tēze*).
4. Liellopu šķirne būtiski ietekmēja visas pētītās nobarošanas un liemeņu kvalitātes pazīmes, bet dzimuma ietekme iegūta uz vecumu un dzīvmasa pirms kaušanas, dzīvmasas un liemeņa masas pieaugums diennaktī un taukaudu attīstības vērtējumu. Analizētie faktori būtiski ietekmēja ieņēmumus par liemeni un ieņēmumus vienā mūža dienā. (*3. tēze*).
5. Limuzīnas šķirnes bulļi un teles sasniedza labākos nobarošanas, liemeņu kvalitātes un ieņēmumu kopvērtējuma rezultātus – atbilstoši ranžēšanas sistēmai bulļi ieguva 35 punktus, bet teles 32 punktus. Limuzīnas šķirnes bulļi kauti 493±7.2 dienu vecumā, to atdzesēta liemeņa masa bija 293.9±3.1 kg, ieņēmumi par liemeni 1164.73±14.51 EUR un ieņēmumi mūža dienā 2.41±0.04 EUR. Limuzīnas šķirnes teles realizētas 580±7.1 dienu vecumā, to atdzesēta liemeņa masa bija 289.5±1.9 kg, ieņēmumi par liemeni 1212.37±11.48 EUR un ieņēmumi mūža dienā 2.15±0.03 EUR. (*3. tēze*).
6. Liellopu liemeņu kvalitātes pazīmju vērtējuma rezultāti norāda uz Britu un Kontinentālā tipa šķirņu izteiktām atšķirībām muskuļaudu un taukaudu attīstībā. Kontinentālā tipa Limuzīnas un Šarolē šķirnes ieguva lielāku punktu skaitu muskuļaudu attīstības vērtējumā bet Britu tipa šķirnes (Aberdinangus un Herefordas) taukaudu attīstības vērtējumā abu dzimumu grupās. Liellopu audzētājiem jāpievērš uzmanība šai tendencei, izvēloties liellopu realizācijas virzienu – realizācija kautuvēm vai gaļas tiešā tirdzniecība. (*3. tēze*).
7. Teļu gaļa, vadoties pēc pH vidējās vērtības, bija kvalitatīvāka (pH_{24h} vid. 5.67±0.01) nekā bulļu gaļa (pH_{24h} vid. 5.92±0.02). Visu šķirņu teļu gaļas pH bija optimālajās robežās, augstāko pH vērtību sasniedzot Herefordas šķirnes

teļu gaļā – vid. 5.72 ± 0.07 , bet zemākā pH vērtība iegūta Limuzīnas šķirnes teļu gaļā, vid. 5.65 ± 0.01 . (4. tēze)

8. Ķīmiskais sastāvs Aberdinangus, Herefordas un Limuzīnas šķirņu bulļu gaļas paraugos bija līdzīgs, izņemot olbaltumvielu saturu, kas Limuzīnas šķirnes bulļu gaļā bija būtiski lielāks nekā Herefordas un Aberdinangus šķirnēm, starpība 1% ($p < 0.05$). (5. tēze)
9. Lielāks kopējais nepiesātināto taukskābju daudzums bija Limuzīnas šķirnes bulļu gaļā. Omega 6 un omega 3 taukskābju attiecība visu šķirņu bulļu gaļā bija vēlamajās robežās un nepārsniedza 4. Liellopu gaļa iekļaujama patērētāju ēdienkartē neaizvietojamu taukskābju nodrošināšanai, pozitīvi ietekmējot uztura kopējo omega 6 un omega 3 attiecību. (5. tēze).
10. Promocijas darbā izvirzītā hipotēze apstiprināta attiecībā uz Aberdinangus, Herefordas, Limuzīnas un Šarolē šķirņu liellopu piemērotību nobarošanai Latvijas apstākļos, nodrošinot kvalitatīvus liemeņus, bet attiecībā uz gaļas kvalitāti tā apstiprināta tikai daļēji, jo visu pētījumā iekļauto šķirņu bulļu gaļas pH vidējā vērtība bija virs optimālās robežās.

PRIEKŠLIKUMI NOZARES KONKURĒTSPĒJAS PAAUGSTINĀŠANAI

1. Iegūtie rezultāti par gaļas liellopu realizācijas avotiem norāda uz nozares atkarību no dzīvju liellopu eksporta, īpaši līdz viena gada vecumam, kas ilgtermiņā var radīt draudus nozares dzīvotspējai, samazinoties eksporta iespējām. Nozares stabilitātes un risku diversifikācijas nolūkā Latvijā jāveicina liellopu gaļas produkcijas ražošana ar pievienoto vērtību, palielinot nozares ieņēmumu daļu vietējā tirgū.
2. Nozares stabilitātes nodrošināšanai jāveic regulārs tirgus un patērētāju vajadzību izvērtējums, kas nodrošinās skaidru vadlīniju izstrādi liellopu gaļas ražotājiem.
3. Jāveic mērķtiecīga un regulāra iedzīvotāju izglītošana un informēšana par Latvijā ražotas liellopu gaļas uzturvērtību un ražošanas apstākļiem, akcentējot nozares ilgtspēju un labvēlīgo ietekmi uz vidi, tai skaitā bioloģisko daudzveidību.
4. Liellopu nobarošanas rezultātu un liemeņu kvalitātes uzlabošanai, kā arī ekonomiski pamatotas gaļas ražošanai Latvijā ieteicams izvēlēties Limuzīnas šķirni.

PATEICĪBAS

Izsaku pateicību maniem bijušajiem kolēģiem no SIA “Baltic Vianco Trading”, UAB “Baltic Vianco Prekyba”, OŪ “Baltic Vianco Trading” un “Vianco AG” par iespēju izziņāt liellopu nobarošanas un gaļas ražošanas specifiku. Darbs ar Baltic Vianco pārstāvētā zīmola “Baltic Grassland Beef” attīstību, sniedza man ideju promocijas darba tēmai, nodrošināja nepieciešamo datu ieguvu un manu klātesamību šajā procesā.

Liels paldies kautuvei UAB “Agaras” par atsaucību liemeņu kvalitātes vērtēšanas procesa izskaidrošanā un gaļas paraugu sagatavošanā projekta “Gaļas šķirņu un to krustojumu jaunlopu piemērotība nobarošanai ar zāles lopbarību” realizācijai.

Pateicība arī Lauksaimniecības Datu centra speciālistam Laurim Vēriņam par savlaicīgu aprēķiniem nepieciešamo datu sagatavošanu un skaidrojumu sniegšanu.

Pateicība par iespēju piedalīties LLU programmas „Zinātniskās kapacitātes stiprināšana LLU” zinātniskā projekta Nr. 3.2.-8/57 „Gaļas šķirņu un to krustojumu jaunlopu piemērotība nobarošanai ar zāles lopbarību” realizācijā, kas deva iespēju veikt liellopu gaļas ķīmiskā sastāva analīzes. Tāpat paldies ESF projektam Nr. 8.2.2.0/20/I/001 “LLU pāreja uz jauno doktorantūras finansēšanas modeli”.

Liels paldies LBTU Dzīvnieku zinātņu institūta kolēģiem, kuri atrada laiku izskatīt manu darbu, komentēja un izteica priekšlikumu darba uzlabošanai.

Paldies manai ģimenei – īpaši dēlam, un draugiem, kas neatlaidīgi sekoja līdzī darba rakstīšanas progresam un ar jautājumu: “Kad būs gatavs”, neļāva atslābt un motivēja turpināt.

INTRODUCTION

The development of the beef cattle sector in Latvia can be assessed as positive. This has been influenced not only by agro-climatic and environmental conditions, national and EU policy decisions, but also by the active role of entrepreneurs in developing exports and creating credibility among cattle farmers. The number of beef breed suckler cows in Latvia has increased rapidly over the last decade, which can be explained by the continued state support policy and the successful development of the Beef Cattle Auction House, which ensures the interest of foreign buyers in Latvian-born suckler calves and has, consequently, become a reliable and stable partner for cattle breeders.

The Covid-19 pandemic has adjusted the trends in the sector, resulting in a decrease of beef carcasses exports to the EU and third countries in the second half of 2020⁵, as well as a decrease in exports of heifers for fattening. During Covid-19, demand for meat in the HoReCa (hotels, restaurants and catering) sector fell, while direct meat supplies to households increased, supporting the implementation of the "Farm to Fork" strategy. This period was actively exploited by beef producers, who were selling their products directly, thus increasing the interest of the Latvian population in locally produced beef and developing a culture of eating beef. The Beef Cattle Auction House, taking advantage of the opportunities provided by the Internet, has shifted its activities to conducting auctions remotely. Remote auctions proved to be a successful format that is still in use to date.

In light of the European Green Deal, the agricultural sector as a whole faces major changes in the future. The climate is changing, the prices for all types of inputs are rising, incentives to switch to renewable energy sources are provided. There will be an increasing demand for environmentally and nature-friendly solutions in food production to help maintain and to increase biodiversity. There is scientific evidence that the development of the global cattle sector has a significant impact on climate and environmental change. Approximately 14.5% of total greenhouse gas (GHG) emissions come from cattle production (Gerber et al., 2013). Beef cattle production accounts for 41% of total GHG emissions from cattle farming and has a major impact on land degradation and deforestation (De Vries et al., 2015). To reduce emissions and negative environmental impacts, less intensive cattle farming and land cultivation technologies are being sought for feed, meat and milk production (Havlika et al., 2014).

Beef cattle farming is suitable for farming that is based on the principles of organic farming by using areas, which are unsuitable for grain or vegetable

⁵ *Lauksaimniecības gada ziņojums par 2021. gadu.* (Annual Agriculture Report for 2021) From: Ministry of Agriculture. [Online] [Accessed on 15 January 2022]. Available at: <https://www.zm.gov.lv/lv/media/4617/download?attachment>

production (low fertility, difficult access for machinery), for meat production, as well as successfully integrates natural grasslands into this management model, which has a positive impact on the implementation of the EU Biodiversity Strategy for 2030. In 2021, the area of organically certified UAA (agricultural land) was 304,000 ha or 13.31% of the total UAA in the country, while 129,124 ha or 5.65% of the total UAA was permanent grassland⁶.

Given Latvia's economic situation as well as environmental and nature conservation related issues, as well as the impact of GHG emissions on the climate, Latvia needs to promote extensive cattle fattening with the use of our country's renewable resource - grasslands. A team of researchers have concluded that a long grazing period is possible in Latvia, which is one of the measures for the mitigation of climate change. Demand for beef produced in a sustainable way that minimises environmental impacts and ensures animal welfare and health is increasing. Consumers prefer beef produced by using organic rather than conventional farming methods, while organic beef produced from cattle fattened on grass fodder is preferred to organic beef from cattle fattened on compound feed or cereals (García-Torres et al., 2016). The use of grass fodder in beef production and the inclusion of grazing in the fattening process reduces the direct competition of cattle with resources used for food production (feed no food) and is associated with a reduction in environmental pollution (Chassot, 2008a).

Latvia should to promote value-added beef production, while reducing the sector's dependence on export markets and increasing its share in domestic market revenues. Beef production should be carried out in accordance with the guidelines of the Farm to Fork Strategy⁷ of the European Green Deal and the EU Biodiversity Strategy for 2030⁸, ensuring high quality and sustainable production.

Latvia should promote value-added beef production while reducing the sector's dependence on export markets and increasing its share in domestic market revenues. Beef production should align with the European Green Deal's Farm to Fork Strategy and the EU Biodiversity Strategy for 2030, ensuring high-quality and sustainable production.

⁶ *Bioloģiski ražots marmorēts steiks*. Noslēguma atskaite, projekta nr. 18-00-A01612-000016, vadītāja Dz. Kreišmane. (Organically produced marbled steak. Final report, project no. 18-00-A01612-000016, Manager Dz. Kreišmane.)

⁷ *Farm to Fork strategy*. From: Official Website of the European Union. [Online] [Accessed on 16 January 2023]. Available at: https://food.ec.europa.eu/system/files/2020-05/f2f_action-plan_2020_strategy-info_en.pdf

⁸ *European Union Biodiversity Strategy for 2030*. From: Official Website of the European Union. [Online] [Accessed 16 January 2023]. https://environment.ec.europa.eu/strategy/biodiversity-strategy-2030_enf

Product quality cannot be defined in a single way, as it depends on the source of sales or demand criteria, but in general product quality is interpreted as a set of characteristics that determines its conformity to set requirements (Dictionary of Science and Technology, 2001).

There has been only limited research on fattening of beef cattle in Latvia to date, there is a lack of research on the selection of breeds for fattening and the most economically viable fattening models, therefore beef cattle farmers, who choose to fatten weaned suckler calves often have to experiment themselves (Lujāne et al., 2013). Many foreign scientists have studied the differences in growth, fattening and carcass quality of beef cattle breeds (Polach et al., 2004; Barton et al., 2006; Hollo et al., 2012; Pesonen et al., 2012; Pesonen et al., 2013a; Jukna et al., 2017), however, the results of these studies cannot be fully applied to Latvian conditions. The information summarised in this paper and the analysis of the results presented here will serve as a tool for beef cattle producers and the industry professionals in producing high quality beef carcasses and meat, thus contributing to the competitiveness and efficiency of the industry.

Work hypothesis – Aberdeen Angus, Hereford, Limousin, and Charolais cattle are suitable for fattening under Latvian conditions, ensuring the production of high-quality carcasses and meat.

Thesis to be defended

1. The number of purebred and crossbred beef cattle in Latvia has increased steadily between 2017 and 2022, mainly due to the increase in the proportion of Continental breeds (Charolais and Limousin) and crossbreeds.
2. Most purebred and crossbred beef cattle born in Latvia are exported alive abroad, mainly – up to one year of age. Suckler cows make up the majority of beef cattle slaughtered in Latvian slaughterhouses. The carcasses of beef cattle slaughtered in Latvia are characterized by good muscularity but low fat deposition.
3. Breed and sex have a significant impact on the fattening performance of cattle, the quality of carcasses and the revenue from carcass sales in general.
4. The quality of beef, based on pH measurements, is influenced by breed and sex.
5. The chemical composition of bull meat varies between breeds, with an optimal omega-6 to omega-3 fatty acid ratio.

The **aim of the thesis is to** analyse the situation of the beef cattle sector in Latvia, to explain the influence of cattle breed and sex on fattening results and carcass quality, and to determine the chemical composition of beef.

Research tasks

1. To analyse the development of the beef cattle sector based on changes in the number of cattle in Latvian herds.
2. To determine the number of cattle slaughtered in slaughterhouses in Latvia and exported live from the country, and evaluate the quality of carcasses from cattle slaughtered in Latvian slaughterhouses.
3. To analyse and explain the impact of breed and sex on cattle fattening results and carcass quality.
4. To calculate the revenue from the sales of cattle carcasses depending on the breed and sex.
5. To assess the effect of the sex and breed of cattle on meat pH.
6. To analyse the chemical composition of bull meat, focusing on unsaturated omega-6 and omega-3 fatty acids.

Topicality of the scientific work. The number of beef breeds and crossbred cattle is increasing in Latvia, the development of the sector is supported by suitable agro-climatic conditions and the possibility to farm areas unsuitable for intensive farming, as well as export opportunities of weaned suckler calves. The development of the beef cattle sector in Latvia is assessed as positive, based solely on the increase in the number of cattle, without considering the sources of sales and future risks. To increase the competitiveness of the sector and reduce dependence on export, promotion of environmentally friendly fattening of cattle in Latvia needs to be implemented with the aim to enable production of high quality carcasses and beef to be offered to consumers in Latvia and abroad. The results obtained in this doctoral thesis are relevant for beef cattle producers, livestock specialists, agricultural policy makers and consumers by providing an insight into the market situation, enabling to understand the influence of various factors on cattle fattening performance, carcass quality and meat pH, as well as the chemical composition of beef. The implementation of the results into practice will contribute to the development and competitiveness of the sector.

The research for the doctoral thesis was partially funded within the framework of two projects

1. Research programme of the Latvia University of Life Sciences and Technologies "Strengthening the science capacity of Latvia University of Life Sciences and Technologies" under scientific project No. 3.2.-8/57 "Suitability of Beef Breeds and Their Crossbreeds for Fattening with Grass Forage".
2. European Social Fund project No. 8.2.2.0/20/1/001 "LLU Transition to a new funding model of doctoral studies".

Approbation of Thesis results

Five publications based on the research results have been indexed in the Scopus and/or Web of Science databases. Five additional publications and ten theses have been published in proceedings of seminars and conferences. A total of five oral presentations and four poster presentations have been delivered at conferences and scientific seminars. Two reports were presented at seminars organized by the Latvian Rural Advisory and Training Centre and the Farmers' Parliament for beef cattle farmers.

Publications indexed in Scopus and/or Web of Science databases

1. Muižniece I., Kairiša D. (2021). Slaughter results, meat chemical composition and pH of Aberdinangus, Hereford and Limousin bulls. *Rural Sustainability Research*, Vol. 46(341), p. 14–21. DOI:10.2478/plua-2021-0013.
2. Muižniece I., Kairiša D. (2020). Effect of sex and age on beef cattle meat pH. *Agricultural Science and Practice*, Vol. 7(2), p. 55.–60. DOI: 10.15407/agrisp7.02.055.
3. Muižniece I., Kairiša D. (2017). Fattening and slaughter results analysis of Hereford breed bulls born in different seasons. In: *Rural Development 2017: Bioeconomy Challenges. Annual 8th international scientific conference proceedings*, Kaunas, Lithuania: Aleksandras Stulginskis University, p. 375–380. DOI: 10.15544/RD.2017.198.
4. Muižniece I., Kairiša D. (2017). Slaughter Results Analysis of grass-fed beef cattle. In: “Research for rural development 2017”, Annual 23rd international scientific conference proceedings, Vol. 2, Jelgava, Latvia: LLU, p. 62–66. DOI: 10.22616/rtd.23.2017.050.
5. Muižniece I., Kairiša D. (2016). Different beef breed cattle fattening results analysis. In: “Research for rural development”, Annual 22nd international scientific conference proceedings, Vol. 1, Jelgava, Latvia: LLU, p. 57–62.

MATERIALS AND METHODS

The development of the doctoral thesis is based on three studies:

- The first study analysed changes in the number of beef breed and their crossbreed cattle, volumes of slaughtering and exports, and the quality of carcasses;
- The second study analysed the fattening performance and carcass quality of Aberdeen Angus (AB), Hereford (HE), Limousin (LI) and Charolais (SA) bulls and heifers;

- The third study analysed the pH value of the meat of AB, HE, LI and SA bulls and heifers and the chemical composition of the meat of AB, HE and LI bulls.

Changes in the number of purebred and crossbred beef cattle, volumes of slaughtering and exports, and the quality of carcasses (first study)

The study uses information registered in the database of the Agricultural Data Centre (ADC) between 01.01.2017 and 01.01.2022 regarding:

- the number of pure breed and crossbreed beef cattle in Latvia;
- the number, sex and age of pure breed and crossbreed beef cattle slaughtered in Latvia and exported;
- the carcass quality of pure breed and crossbreed beef cattle slaughtered in Latvia.

The number of pure breed and crossbreed beef cattle is recorded on 1 January of each year of the study, while the number of cattle slaughtered in Latvia and exported is recorded for each year of the study.

The obtained data are grouped by belonging to the pure breed or crossbreed, sex and age. The pure breed group contains 7 breeds, the minor breeds are grouped together and designated as Other Breeds (OB). Analysis of slaughtering and export trends by age of cattle was carried out by age group.

The study analysed the results of the classification of 44430 carcasses that were evaluated at slaughterhouses out of the total of 60411 slaughtered cattle, the analysis of the overall data was performed, and carcass quality was also analysed by breed, sex and age group.

Fattening performance and carcass quality of Hereford, Aberdeen Angus, Limousin and Charolais cattle (second study)

The study was based on the results of fattening and carcass quality evaluation of purebred bulls and heifers of AB, HE, LI and SA bred and slaughtered in Lithuania under the Baltic Grassland Beef (BGB) brand. The analysis included cattle of the most widely bred breeds of beef cattle in Latvia - AB, HE, LI and SA with 100% purity and age range from 366 to 907 days.

The factors that affect the studied characteristics, the gradation classes and the number of included animals are shown in Table 1.

Data for calculations:

- breed, parity, date of birth for cattle fattened in Latvia were obtained from the ADC database, the respective data regarding cattle fattened in Lithuania were obtained from the Lithuanian Cattle Breeders Association database;

- date of slaughter, live weight, warm carcass weight, carcass quality results were obtained from the “Agaras” slaughterhouse.

The following fattening performance parameters were calculated: age before slaughter, live weight gain per day, carcass weight gain per day, dressing percentage, cold carcass weight.

Carcasses for conformation and fatness are graded according to the EUROP classification. Conformation classes: E – excellent (numerical designation – 1) U – very good (2), R – good (3), O – fair (4), P – poor (5) muscle development. Fat classes of carcasses range from 1 to 5, where 1 – low, 2 – slight, 3 – average, 4 – high 5 – very high.

The following parameters were evaluated as economic indicators of cattle fattening: revenue per carcass and revenue per life day. Revenue per carcass was calculated by multiplying the obtained mass of a cold carcass by the estimated price per kg of carcass, and revenue per life day was calculated by dividing the revenue per carcass by the life expectancy in days. The BGB brand price sheets were used to calculate the revenue.

To evaluate and compare the results of cattle fattening, carcass quality and economic calculations, a ranking system on a four-point scale was used separately by breed and depending on sex. The highest score of 4 was awarded to the breed with the best result for the particular parameter and 1 was awarded to the variety with the poorest result for the parameter.

Quality and chemical composition of beef (third study)

In the third study of the doctoral thesis, the pH value of the beef was determined 24 h after slaughter ($\text{pH}_{24\text{h}}$) to characterise the quality. Parameters like moisture, fat, protein, ash, cholesterol, iron and unsaturated fatty acids were used to evaluate the chemical composition of beef.

pH of beef

The pH analysis of beef was carried out by using the results of pH measurements of purebred AB, HE, LI and SA bulls and heifers fattened within the Baltic Grassland Beef (BGB) brand standards and slaughtered in Lithuania. pH measurements were carried out 24 hours after slaughtering, in the *longissimus dorsi* muscle of the cold carcass by using a pH meter ProfiLine pH 3310.

The basic principles of the Agaras slaughterhouse classification for production of high quality meat were used as the basis for the pH value distribution:

- $\text{pH} \leq 5.39$ (PSE – Pale Soft Exudative) – too low value;
- $\text{pH} 5.40$ to 5.80 – the preferred value;
- $\text{pH} \geq 5.81$ (DFD – Dark Firm Dry) – too high value.

The study uses pH measurements from the *longissimus dorsi* muscle of 240 bulls and 338 heifers. The results were analysed by the breed used in the study and by sex.

Analysis of the chemical composition of the *longissimus dorsi* muscle of Angus, Hereford and Limousin bulls

To determine the chemical composition of the beef, 1 kg samples of *longissimus dorsi* muscle from bulls of the AB, HE and LI breeds fattened under the BGB brand standards and slaughtered at “Agaras” slaughter house in 2018 and 2019 were used as study material. Purebred bulls with a live weight before slaughter of at least 490 kg were used for the study.

27 samples were analysed. The flowchart of study implementation is provided in Figure 1.

The samples were analysed at the laboratory of the Scientific Institute of Food Safety, Animal Health and the Environment "BIOR" (BIOR). Table 2 summarises the information on chemical composition parameters analysed and the laboratory methods used.

The methods used by BIOR laboratory methods failed to ensure the determination of the exact amount of fatty acids in samples containing less than 0.10 g thereof, therefore, the results are expressed as <0.10 g. The fatty acids with the concentration of at least 0.10 g in at least 1 sample were used in the calculations.

Statistical data processing

Descriptive statistics (arithmetic mean and standard error) used to analyse the data obtained in the study. A general linear model (GLM) was used to investigate the effect of breed and sex as factors and interaction thereof. The differences between the gradation classes were determined with the help of *Tukey test* at 95% significance level ($p < 0.05$). The Latin alphabet letters a, b, c and d were used to indicate the significance of the differences. If the difference was insignificant, the letters were not used.

IBM SPSS Statistics 22.0 and MS Office Excel 2021 were used for data processing, and images were created with the use of MS Office Excel 2021.

RESULTS AND DISCUSSION

1. Analysis of the results of beef cattle number, slaughtering, export, and carcass quality (results of the first study)

The changes in the number of purebred and crossbred beef cattle. The number of beef cattle in Latvia has increased during the years of the study across both groups of purebred and crossbreed cattle (Fig. 2). The number of purebred and crossbreed cattle with percentage of beef breed 75.00–99.99% (XG) is increasing more rapidly, reaching 30352 and 34885 animals respectively on 1 January 2022. Compared to 1 January 2017, the number of cattle in the purebred group increased by 10934 animals and in the XG group by 12005 animals, which is an increase of 56.3% and 52.5% respectively.

The year to year changes in the number of crossbred cattle with percentage of breed 50.00–74.99% (XX) are less pronounced, growing from 22722 animals on 1 January 2017 to 26549 animals on 1 January 2022, an increase of 3827 animals or 16.8%.

Among purebred cattle, the Continental breeds – SA and LI are more common in Latvian herds, accounting for 67% of the total purebred structure on 1 January 2017 (56% SA and 11% LI) and 72% on 1 January 2022 (58% SA and 14% LI). The next most numerous breeds in Latvian herds are British type Aberdeen Angus (AB) and Hereford (HE) – on 1 January 2017, 13% of the total purebred population was HE and 9% AB. Although the number of British-type cattle breeds has increased over the study period, the proportion of AB cattle in the overall purebred structure remained stable, while the proportion of HE cattle even decreased (on 1 January 2022, AB accounted for 9% and HE also – 9% of purebred cattle), which was due to the sharp increase in the numbers of SA and LI breed cattle with 63% increase in SA and 99% increase in LI. During the study period, the number of AB cattle increased by 50% and the number of HE cattle by 15%.

Number of beef cattle slaughtered at slaughterhouses in Latvia and exported from the country. In the period from 2017 to 2021, the number of cattle slaughtered at the slaughterhouses in Latvia were 60411, while the number of animals exported reached 113680. The number of exported cattle was 1.9 times higher. Most of the cattle slaughtered and exported were XG and XX cross-breeds. The highest number of slaughtered cattle belonged to XX group (29059 or 48.2%), while 22147 or 36.7% were animals of XG group. However, exports of cattle with XG designation is higher (50194 cattle or 44.2%), while exports of Group XX cattle amounts to 33.8% (38421 animals).

When analysing the cattle slaughtered according to meat type, it was found that SA breed cattle were slaughtered in the highest number – 4819, followed by significantly lower numbers of HE breed – 1294 and LI – 1237. SA breed

accounts for the largest exports in the purebred group with – 16925, followed by LI – 2779 and AB – 2331 cattle.

The sex and age of purebred and crossbred beef cattle slaughtered at the slaughterhouses of Latvia and exported from country. For all sex groups except cows, exports were higher than the number of cattle slaughtered in Latvia. Exports of bulls were 3.6 times higher and that of heifers 2.4 times higher. Steers were slaughtered and exported in small numbers; 316 were slaughtered and 536 exported, a difference of 1.8 times. During the study period, slaughterhouses marketed cattle of different ages. Heifers were sold younger – at the mean age of 574 ± 2.6 days, while the oldest cattle sold were suckler cows – mean age 2587 ± 7.8 days or 7 years. Cattle of all sexes are exported younger than those slaughtered at the slaughterhouses in Latvia. Bulls were exported at 246 days of age and heifers at 298 days of age, which is due to the fact that the purpose of exports is fattening in other countries.

The highest proportion of slaughtered cattle belonged to the age group of ≥ 908 days with 27342 cattle or 45.3% of the total number of slaughtered cattle, while the highest proportion of exported cattle was in the age group of up to 365 days – 101344 cattle or 89.1% of the total number of exported cattle.

The carcass quality of purebred and crossbred beef cattle slaughtered in Latvia. The carcasses were scored using muscle development classification from E to P, but no S class rating was granted (Fig. 3a). Most carcasses were graded as having good muscle development class, with R, R+ and R- grades granted to 49.9% of total carcasses. The carcass fat development was mostly assessed as slight (fat class 2, including + and - subclasses) or low (fat class 1, including + and - subclasses), with 42.8% and 24.3% of carcasses in each rating class, respectively (Fig. 3b).

Bull and steer carcasses mostly had good to excellent development of muscle tissue, with 59.8% and 62.8% of carcasses respectively graded R, U and E, including subclasses. Carcasses of heifers and cows received good to excellent conformation scores in 50.4% and 54.2% of cases respectively, however, compared to bulls and steers, a higher proportion of carcasses also received fair to poor muscle development scores – grades O and P, including subclasses.

Bull carcasses had the lowest fat scores, with 90.1% of carcasses having fat classes of 1 and 2 (40.3% fat class 1 and 49.8% fat class 2, including subclasses) and only 9.9% of carcasses were graded as class 3 and above. The carcasses of the cows had the highest fat scores – 46% of carcasses had average to very high fatness with a fat class score of 3 to 5 (including + and - subclasses) and 54% of carcasses had fair and low fat scores.

More than one half of the carcasses of AB, HE, LI, SA, SI and XG were evaluated as having good to excellent (R, U, E including + and - subclasses) conformation score. The most evaluated carcasses in all breeds had low and fair fat scores (fat class 1 and 2, including + and - subclasses).

Most carcasses with good, very good and excellent muscle development belonged to the age group of over 907 days (R – 56.1%, U – 5.4%, E – 0.3%), while, in the age group up to one year, the number of such carcasses was lower (R – 35.8%, U – 1.1%, E – 0.04%). As the age of cattle prior to slaughtering increased, the degree of fat development of the carcasses increased as well. More than half of the carcasses of cattle slaughtered before one year of age were classified as fat class 1 (56.2%), meanwhile, in the age group of 366 to 907 days, 29.0% were classified as fat class 1, and only 18.1% of carcasses over 907 days of age were placed in the same class.

2. Fattening performance and carcass quality (results of the second study)

Fattening results and carcass quality determine the price a producer receives for a cattle sold for slaughtering, thus affecting the overall profitability of the farm. In order to increase the efficiency of fattening, it is important to be aware of the influence of the factors in question to be able to achieve the desired result with the use of the available resources.

The impact and interaction of the studied factors. Cattle breed had a significant effect on the fattening performance and carcass quality parameters that were addressed in the study (Table 3). Sex had a significant effect on age ($p<0.001$) and live weight ($p=0.003$) before slaughter, live weight ($p<0.001$) gain and carcass weight ($p<0.001$) gain per day and adipose tissue development score ($p<0.001$), but no significant effect on cold carcass weight, dressing percentage and conformation score was demonstrated ($p=0.133$, $p=0.275$, $p=0.299$, respectively).

The effect of the interaction between cattle breed and sex was observed for all studied parameters, however, it was not confirmed for live weight before slaughter and fat score.

Fattening performance for heifers and bulls of Aberdeen Angus, Hereford, Limousin and Charolais breeds. LI breed bulls were slaughtered significantly younger, the difference with HE breed was 173 days, AB – 78 days and SA – 59 days ($p<0.05$), they achieved significantly higher carcass weight gain and dressing percentage (Table 4). Although the cold carcass weight obtained from LI bulls was also higher, amounting to 293.9 ± 3.1 kg, only the HE bulls differed from them significantly, with a difference of 27.1 kg.

LI and HE breed heifers were significantly younger at the moment of slaughtering than AB and SA breed heifers, but their daily carcass weight gain was significantly higher (Table 5).

The highest carcass weights were obtained from heifers of the LI breed, the difference with the AB breed was 39 kg, that with the HE breed – 17 kg, and the lowest difference was registered with the SA breed – 9.9 kg. Like in the bull

group, the heifer group of LI breed had a significantly higher dressing percentage of $57.4 \pm 0.3\%$ ($p < 0.05$).

Carcass quality. The carcasses of Continental type (SA and LI) breeds had a higher degree of conformation than British type (AB and HE) breeds, regardless of their sex (Fig. 4). The conformation score of the carcasses of LI bulls and heifers is significantly higher compared to other breeds. In the bull group, the HE breed carcasses scored significantly lower – 2.28 ± 0.06 points, which amounts to 0.47 points difference compared to the AB breed, 1.3 points difference with the LI breed and 0.97 points difference with the SA breed ($p < 0.05$). In the heifer group, the conformation scores of AB, HE and SA breeds are similar, with minor differences.

Analysis of cattle sales revenue. Revenue for carcasses form an important part in the assessment of fattening efficiency. They are formed depending on carcass cold weight and the conformation and fat score. There are differences between companies in the assessment of carcass weight and carcass quality requirement, which are reflected in the price lists of the companies.

The doctoral thesis analyses the revenue per carcass and, given that cattle are marketed at different ages, also the revenue per day of life, as each day of breeding generates costs that ultimately affect the profit share of the cattle farmer.

Sex and breed had a significant effect on the sales revenues of cattle (Table 6). Heifers generated more revenue per carcass – EUR 1163.19 ± 9.76 (the difference was EUR 43.79), while sales of bulls generated more revenue per day of breeding – an average of EUR 2.11 ± 0.04 (the difference of EUR 0.12 per day), since bulls were slaughtered 48 days earlier than heifers.

The comparison of the revenue by sex group for the studied breeds demonstrates that revenues generated by LI breed cattle were higher for both bulls and heifers.

Evaluation of cattle fattening, carcass quality and revenues for the comparison of breeds. The evaluation of the fattening efficiency of cattle should be complex, including all analysed parameters, in order to ensure objective comparison of breeds and drawing conclusions, therefore the results of cattle fattening, carcass quality and economic calculation analysed in the doctoral thesis were ranked on a four–point scale separately by breeds and sex (Table 7).

In the bull group, the best overall score was obtained by the LI breed – 35 points, the difference with the AB breed was 8 points, the difference with the SA breed – 11 points and with the HE breed – 20 points. LI breed bulls reached better results in most of the evaluated parameters, except for age at slaughter and adipose tissue development assessment, where AB breed bulls scored higher.

As in the bull group, the best overall score in the heifer group was obtained by the LI breed – 29 points, the difference with the HE breed was 3 points, the difference with the SA breed – 7 points and with the AB breed – 18 points.

In the bull group, the HE breed had the lowest overall score of 15 points, while in the heifer group the HE breed had the second highest overall score of 29 points. The differences in the HE breed result ranking by sex could be due to both the highly extensive fattening conditions of bulls and the small number of heifers in the group, which may enable the expression of the genetic potential of individual animals to affect the result.

3. Quality of beef – pH and chemical composition (results of the third study)

The third study of the doctoral thesis analysed the pH value of meat as a quality criterion, while the chemical composition of meat was evaluated in terms of moisture, fat, protein, ash, cholesterol, iron and unsaturated fatty acids, which received special attention.

pH_{24h} of beef. Sex and breed had a significant effect on meat pH_{24h} (Table 8), with significantly higher pH values in bull meat (5.92 ± 0.02) than in heifer meat (5.67 ± 0.01), a difference of 0.27 ($p<0.05$).

Comparison of pH_{24h} values of meat by breed in each sex group demonstrated that the highest pH_{24h} value was in the group of AB bulls – 6.07 ± 0.07 , while the lowest in the meat of HE bulls – 5.83 ± 0.03 ($p<0.05$). Considering that the pH_{24h} values in the meat of heifers of all breeds included in the study were within the preferred range (from 5.65 ± 0.01 for LI breed to 5.72 ± 0.07 for HE breed) without significant differences, it can be concluded that sex had a decisive importance in the pH value of the meat.

Chemical composition of the *longissimus dorsi* muscle of Angus, Hereford and Limousin bulls. Higher content of moisture ($72.0\pm 1.0\%$), protein ($23.0\pm 0.2\%$), ash ($1.1\pm 0.0\%$) and cholesterol (56.7 ± 6.6 mg 100 g⁻¹) was obtained in the bulls of LI breed, while higher content of total fat ($6.6\pm 1.2\%$) and iron (13.1 ± 0.6 mg) – from AB breed bulls (Table 9). There were significant differences between breeds in terms of protein content, with significantly higher protein content in meat of the LI breed ($p<0.05$).

Unsaturated fatty acids in the *longissimus dorsi* muscle of Angus, Hereford and Limousin bulls. Unsaturated fatty acids (UFAs) are involved in the metabolic processes of the body, ensuring normal growth and reproduction, and play an important role in providing essential fatty acids.

The UFAs obtained in the study of the doctoral thesis are indicated in Table 10. The highest total content of UFAs was detected in the meat of LI breed bulls – 49.72 ± 1.22 g 100 g⁻¹, which is by 3.05 g ($p<0.05$) more than in HE breed and by 0.65 g more than in the meat of AB bulls.

Beef has been shown to contain higher levels of monounsaturated fatty acids (MUFAs) than polyunsaturated fatty acids (PUFAs). Similar results were obtained in the study of the doctoral thesis. MUFA content was higher in AB

breed bulls, while PUFA – in LI bulls. This is observed the content of both omega-3 (n-3) and omega-6 (n-6) fatty acids.

The ratio of n-6 to n-3 fatty acids, which is an important indicator for assessing the impact of fatty acids in meat on human health, depends on the total content of both fatty acids in meat. To ensure an optimal ratio of n-6 to n-3 (max. 4:1) in meat, the fattening of cattle should include as much grass fodder as possible, while reducing cereals. The n-6 to n-3 ratios calculated in the study of the doctoral thesis for all bull breeds were within the preferable range and should be included in consumer diets to provide valuable n-3 and n-6 fatty acids. The ratio of n-6 to n-3 was lower in the meat of LI breed bulls (2.14 ± 0.22) and higher in the meat of AB bulls (2.88 ± 0.15).

CONCLUSIONS

1. The number of pure breed and their crossbreed beef cattle increased steadily between 2017 and 2022, with the Limousin and Charolais breeds demonstrating the fastest increase – by 99% and 63% respectively. (*Thesis 1*).
2. Exports during the period of the study was 1.9 times higher than the number of cattle slaughtered at slaughterhouses in Latvian. Most of exports or 63.8%, were bulls, 68.1% of which were exported at the age of up to 365 days due to export market demand. Suckler cows account for the most cattle sales to slaughterhouses in Latvia – 40.4% of the total number of slaughtered cattle. (*Thesis 2*).
3. In most cases, the muscle development of beef cattle carcasses slaughtered in Latvia was good to average (class R and O, including + and - subclasses), while the degree of fatness was slight to low (class 2 and 1, including + and - subclasses). Bull and steer carcasses rated higher in terms of the development of muscles, while heifer carcasses were characterised by higher degree of fat tissue development. (*Thesis 2*).
4. Cattle breed had a significant effect on all studied properties of fattening and carcass quality, while the effect of sex was confirmed regarding the parameters of age and live weight before slaughter, live weight and carcass weight gain per day and carcass fat scores. The analysed factors had a significant impact on the revenue per carcass and revenue per day of life. (*Thesis 3*).
5. Limousin breed bulls and heifers achieved the best overall results in fattening, carcass quality and revenues, receiving 35 points for bulls and 32 points for heifers according to the ranking system. Limousin breed bulls were slaughtered at the age of 493 ± 7.2 days, had a cold carcass weight of 293.9 ± 3.1 kg, the revenue for a carcass was EUR 1164.73 ± 14.51 and the

revenue per day of life – EUR 2.41±0.04. Limousin breed heifers were sold at the age of 580±7.1 days, had a cold carcass weight of 289.5±1.9 kg, the revenue for a carcass was EUR 1212.37±11.48 and the revenue per day of life – EUR 2.15±0.03. (*Thesis 3*).

6. The results of the evaluation of the carcass quality parameters show marked differences between British and Continental breeds in terms of the development of muscle tissue and adipose tissue. Continental Limousin and Charolais type breeds scored higher in conformation, while British type breeds (Aberdeen Angus and Hereford) scored higher in fat development in both sex groups. Cattle farmers should pay attention to this trend when choosing the direction of marketing their cattle – either to slaughterhouses or direct beef trade. (*Thesis 3*).
7. Heifer meat was of better quality in terms of the average pH value (pH_{24h} avg. 5.67±0.01) than bull meat (pH_{24h} avg. 5.92 ± 0.02). The pH of heifer meat of all breeds was within the optimum range, reaching the highest pH value in Hereford breed heifers – avg. 5.72±0.07, and the lowest pH value in Limousin breed heifer meat – avg. 5.65 ± 0.01. (*Thesis 4*).
8. The chemical composition of the bull meat of Aberdeen angus, Hereford and Limousin breeds was similar, except for the protein content, which was significantly higher in Limousin breed bull meat than in the meat of Hereford and Aberdeen Angus, with the difference of 1% (p<0.05). (*Thesis 5*).
9. The Limousin breed bulls had a higher content of total unsaturated fatty acids. The ratio of omega-6 to omega-3 fatty acids in the bull meat of all breeds was within the preferable range and did not exceed 4. Beef should be included in the diets of consumers to provide essential fatty acids, thus, having a positive impact on the overall dietary ratio of omega-6 to omega-3. (*Thesis 5*).
10. The hypothesis put forward in the doctoral thesis was confirmed with regard to the suitability of Aberdeen Angus, Hereford, Limousin and Charolais cattle breeds for fattening in Latvian conditions and provision of quality carcasses, however, it was only partially confirmed as regards meat quality, because the average pH₂₄ value of bull meat of all breeds included in the study was above the optimum range.

PROPOSALS FOR INCREASING THE COMPETITIVENESS OF THE SECTOR

1. The results on the sources of beef cattle sales indicate the sector's dependence on the export of live cattle, especially those under one year of age. In the long term, this could pose a threat to the industry's viability if export opportunities decline. To ensure the stability of the sector and diversify risks, Latvia should promote the production of value-added beef, increasing the sector's share of revenue in the domestic market.
2. Regular evaluation of the market and consumer needs is necessary to maintain the stability of the sector, providing clear guidelines for beef producers.
3. Targeted and ongoing education and information for the population about the nutritional value and production conditions of Latvian beef is required, highlighting the industry's sustainability and its positive impact on the environment, including biodiversity.
4. To improve fattening outcomes, carcass quality, and economically viable beef production in Latvia, the Limousin breed is recommended.

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to thank my former colleagues from SIA Baltic Vianco Trading, UAB Baltic Vianco Prekyba, OŪ Baltic Vianco Trading and Vianco AG for the opportunity to learn about the specific nature of cattle fattening and meat production. Work with the development of the Baltic Grassland Beef brand represented by Baltic Vianco, gave me the idea for the topic of my doctoral thesis, provided me with the necessary data and ensured my presence in the process.

Many thanks to UAB Agaras slaughterhouse for their support in explaining the carcass quality assessment process and preparing the meat samples for the implementation fo the project "Suitability of young animals of beef breeds and cross-breeds for fattening with grass fodder".

Thanks also to Lauris Vēriņš, a specialist of the Agricultural Data Centre, for timely preparation of the data required for the calculations and for explanations provided.

Acknowledgements for the opportunity to participate in the scientific project No 3.2.-8/57 "Suitability of young animals of beef breeds and cross-breeds for fattening with grass fodder" of the programme "Strengthening of scientific capacity of the Agricultural University of Latvia", which made the analysis of the chemical composition of beef possible. Thanks also to ESF project No 8.2.2.0/20/I/001 "Transition of LLU to the new doctoral funding model".

Many thanks to my colleagues at the Institute of Animal Sciences of the Latvia University of Life Sciences and Technologies (LBTU), who took the time to review my work, commented on it and made suggestions for improvement.

Thanks to my family – especially my son and friends, who persistently followed the progress of the writing and with questions: "When is it going to be ready", kept me on my toes and motivated me to keep going!