



LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE
LATVIA UNIVERSITY OF AGRICULTURE

PĀRTIKAS TEHNOLOĢIJAS FAKULTĀTE
FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY

Laima Šiliņa
Mg. sc. ing.

**STALTBRIEŽU GAĻAS PĀRSTRĀDES PRODUKTU
KVALITĀTES IZVĒRTĒJUMS**

***QUALITY EVALUATION OF RED DEER MEAT
PROCESSING PRODUCTS***

Promocijas darba kopsavilkums
inženierzinātņu doktora zinātniskā grāda iegūšanai
pārtikas zinātnes nozarē

*Summary of promotion work for acquiring
the Doctor's degree of Engineering Sciences
in sector of Food Sciences*

Jelgava
2014

Promocijas darba vadītāja /

Scientific supervisor:

Doc., *Dr. sc. ing. Ilze Grāmatiņa*

Promocijas darba konsultante /

Scientific advisor:

Asoc. prof., *Dr. sc. ing. Tatjana Rakčejeva*

Oficiālie recenzenti / *Official reviewers:*

- prof., *Dr. habil. sc. ing. Imants Atis Skrupskis* – Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Pārtikas tehnoloģijas fakultāte, Latvija / *Latvia University of Agriculture, Faculty of Food Technology, Latvia,*
- *Dr. sc. ing. Jānis Zutis* – SIA “Gaļas un piena rūpniecības inženiercentrs”, direktors / *Director of Ltd “Gaļas un piena rūpniecības inženiercentrs”,*
- *Dr. sc. ing. Kristīne Jacino* – AS „Putnu fabrika Ķekava” ražošanas departamenta direktore / *Director of processing department of Ltd “Putnu fabrika Ķekava”.*

Darba izstrāde un noformēšana veikta ar ESF projekta “Atbalsts LLU doktora studiju īstenošanai”, vienošanās Nr. 2009/0180/1DP/1.1.2.1.2/09/PIA/VIAA/017 un Valsts pētījumu programmas „Vietējo resursu (zemes dzīļu, meža, pārtikas un transporta) ilgtspējīga izmantošana – jauni produkti un tehnoloģijas (NatRes)” (2010-2013) projekta Nr. 3 „Vietējo lauksaimniecības resursu ilgtspējīga izmantošana paaugstinātas uzturvērtības pārtikas produktu izstrādei (PĀRTIKA)” atbalstu / *PhD thesis has been developed with the financial support of the ESF grant “Support for the Implementation of LLU doctoral studies”, contract No. 2009/0180/1DP/1.1.2.1.2/09/PIA/VIAA/017 and the State Research Programme “Sustainable Use of Local Resources (Earth, Food, and Transport) – New Products and Technologies (NatRes)” (2010-2013), Project No 3 “Sustainable Use of Local Agricultural Resources for Development of High Nutritive Value Food Products (Food)”.*



Promocijas darba aizstāvēšana notiks LLU Pārtikas zinātnes nozares promocijas padomes atklātajā sēdē 2014. gada 25. augustā plkst. 10.00 Jelgavā, Lielajā ielā 2, Pārtikas tehnoloģijas fakultātē, 145. auditorijā.

The defence of the PhD thesis will be held in an open session of the Promotion Board of Food Science of Latvia University of Agriculture will be held on August 25, 2014, at 10.00 a.m. in Room 145, Latvia University of Agriculture, Lielā iela 2, Jelgava.

Ar promocijas darbu un kopsavilkumu var iepazīties LLU Fundamentālajā bibliotēkā, Lielajā ielā 2, Jelgavā, LV–3001, un <http://llufb.llu.lv>.

Atsaukmes sūtīt Pārtikas zinātnes nozares promocijas padomes sekretārei LLU Pārtikas Tehnoloģijas fakultātes docentei *Dr. sc. ing. I. Beitānei*, Lielā iela 2, Jelgava, LV–3001, vai ilze.beitane@llu.lv.

The PhD thesis is available for the review at the Research Library of Latvia University of Agriculture, Lielā iela 2, Jelgava and <http://llufb.llu.lv>.

*References are welcome to be sent to **I. Beitāne**, Dr. sc. ing., the Secretary of the Promotion Board in sector of Food Science at Latvia University of Agriculture, Faculty of Food Technology, Liela iela 2, Jelgava, LV–3001, Latvia, ilze.beitane@llu.lv.*

SATURS

Pētījuma aktualitāte	4
Darba mērķis, uzdevumi, novitāte, zinātniskais un tautsaimnieciskais nozīmīgums	5
Zinātniskā darba aprobācija.....	6
Materiāli un metodes.....	8
Pētījumu rezultāti un diskusija	13
Atdzesētas gaļas ķīmiskā sastāva un fizikālo rādītāju izvērtējums.....	13
Atdzesētas gaļas kvalitātes rādītāju dinamika uzglabāšanas laikā.....	16
Gaļas marināžu receptūru izveide.....	18
Marinētas gaļas kvalitātes rādītāju izvērtējums	20
Marinētas gaļas kvalitātes integrētais novērtējums	23
Gaļas kaltēšana mikroviļņu-vakuuma kaltē	24
Secinājumi.....	29

CONTENT

Topicality of the research	30
Aim, tasks, novelty, and scientific significance of the research	31
Approbation of the research	32
Materials and methods	32
Research results and discussion	35
Evaluation of chemical composition and physical parameters of chilled meat	35
Dynamics of chilled meat quality parameters during storage.....	37
Development of meat marinade recipes	39
Evaluation of marinated meat quality parameters	39
Integrated evaluation of marinated meat quality	41
Meat drying in a microwave-vacuum drier	42
Conclusions	46

PĒTĪJUMA AKTUALITĀTE

Staltbrīežu gaļa ir diētisks produkts ar augstu bioloģisko vērtību. Staltbrīežu gaļai ir mazāka enerģētiskā vērtība, tajā ir mazāk kaloriju, tai ir zemāks holesterīna līmenis un tauku saturs nekā liellopu gaļai, cūkgaļai vai jēra gaļai (Wiklund *et al.*, 2010). Pēdējos gados pieprasījums pēc gaļas ar zemu tauku saturu strauji palielinās. Ņemot vērā to, ka staltbrīežu gaļas ražošanas apjomi ir daudz mazāki nekā cūkas un vistas gaļai, šo dzīvnieku barībai nepievieno ģenētiski modificētas uzturvielas, līdz ar to staltbrīežu gaļa ir ekoloģiski tīrāks un kvalitatīvāks produkts (Hoffman, Wiklund, 2006). Jāatzīmē, ka gaļa ir produkts, kas ātri bojājas un kam ir salīdzinoši īss derīguma termiņš. Tāpēc gaļas saldēšana un marinēšana ir biežāk izmantotie paņēmieni, kā pagarināt tās uzglabāšanas laiku. Tradicionāli gaļa tiek marinēta, iemērcot un izturot to šķīdumā ar zemu pH, augstu sāls koncentrāciju, sorbātiem, benzoātiem un dažādām garšvielām, lai tā kļūtu maigāka un uzlabotos tās garša, lai pagarinātu tās uzglabāšanas laiku, kā arī samazinātu patogēno mikroorganismu attīstības iespējas (Pathania *et al.*, 2010). Gaļas kaltēšana kā viens no pārtikas konservēšanas veidiem bija zināma jau senajām civilizācijām. Gaļa tika sadalīta šaurās strēmelēs vai saplucināta un tad kaltēta saulē, vējā vai izmantojot uguni (Church *et al.*, 2013). Mūsdienu sabiedrībā kaltēta gaļa ir iecienīta ukoda.

Zinātniskajā literatūrā minēts, ka gaļu un tās pārstrādes produktus bojājošos faktorus var ierobežot, produktus iepakojot gāzu necaurlaidīgos materiālos un aizsarggāzu vidē, kas bagātināta ar CO₂ (Jakobsen, Bertelsen, 2004; Smiddy *et al.*, 2002; Jeremiah, 2001). Šādos apstākļos nevēlamā mikroflora tiek nomākta. Ja mikroorganismu augšana ir kavēta, samazinās arī to izraisītās produktu bojāšanās iespējas. Pirms aizsarggāzu ievadīšanas iepakojumā ne vienmēr ir iespējams nodrošināt 100% gaisa aizvadīšanu no iepakojuma, un rezultātā iepakojumā paliek 1,0 līdz 1,5% skābekļa pārpalikuma (Gibis, Rieblinger, 2011). Tāpēc iepakojumā pirms hermetizēšanas ievieto skābekļa absorbentu, nodrošinot pilnīgu skābekļa aizvadīšanu.

Pieejamajā zinātniskajā literatūrā gandrīz nav datu par Latvijā veiktajiem pētījumiem, kas saistīti ar staltbrīežu gaļas lietojumu pārstrādes produktu ražošanā, kā arī aizsarggāzu vides un aktīvā iepakojuma ietekmi uz staltbrīežu gaļas un tās pārstrādes produktu kvalitāti uzglabāšanas laikā.

Pamatojoties uz līdzīgiem dzīvnieku audzēšanas un turēšanas apstākļiem, kā arī ķīmiskā sastāva līdzību, pētījumos izmantota nebrīvē audzētu staltbrīežu gaļa un kā kontrole iegūto rezultātu salīdzināšanai un datu interpretācijai bioloģiskajā lauksaimniecībā audzētu liellopu gaļa. Nebrīvē staltbrīeži tiek audzēti ārpus to dabiskās dzīves vides un turēti ierobežotā platībā, bioloģiskajā lauksaimniecībā liellopi tiek audzēti brīvo ganību sistēmā brīvā dabā un nodrošināti ar bioloģisko barību.

Promocijas darba pētījumu **objekts** ir Latvijā nebrīvē audzētu staltbrīežu garākais jostas muskulis (*Musculus longissimus lumborum*).

Apkopojot zinātniskajā literatūrā pieejamo informāciju, ir izvirzīta **promocijas darba hipotēze**: Latvijā nebrīvē audzētu staltbrīežu gaļas kvalitāte dažādos

pārstrādes procesos un uzglabāšanas laikā aizsarggāzu vidē un to kombinējot ar aktīvo iepakojumu būtiski nemainās.

Promocijas darba hipotēzi pierāda ar **aizstāvamām tēzēm**:

- atdzesētas nebrīvē audzētu staltbriežu gaļas ķīmiskais sastāvs un fizikālie rādītāji būtiski neatšķiras no bioloģiskajā lauksaimniecībā audzētu liellopu gaļas kvalitātes rādītājiem;
- atdzesētas staltbriežu gaļas derīguma termiņu var pagarināt hermētiskā iepakojumā aizsarggāzu vidē un to kombinējot ar aktīvo iepakojumu;
- marinādes sastāvam un vides sastāvam iepakojumā ir būtiska nozīme staltbriežu gaļas kvalitātes saglabāšanā;
- mikroviļņu-vakuuma kaltē kaltētas staltbriežu gaļas bioloģiskā vērtība uzglabāšanas laikā būtiski nemainās.

Promocijas darba mērķis – pētīt Latvijā nebrīvē audzētu staltbriežu gaļas kvalitāti dažādos pārstrādes procesos un uzglabāšanas laikā aizsarggāzu vidē un to kombinējot ar aktīvo iepakojumu.

Darba mērķa sasniegšanai izvirzīti šādi **uzdevumi**:

- noteikt Latvijā nebrīvē audzētu staltbriežu gaļas fizikālos, ķīmiskos un mikrobioloģiskos rādītājus;
- pētīt atdzesētas staltbriežu gaļas fizikālo, ķīmisko un mikrobioloģisko rādītāju izmaiņas uzglabāšanas laikā aizsarggāzu vidē un to kombinējot ar aktīvo iepakojumu, nosakot tās derīguma termiņu;
- meklēt risinājumu staltbriežu gaļas izmantošanai pārstrādes produktu ražošanā;
- pētīt staltbriežu gaļas pārstrādes produktu fizikālo, ķīmisko un mikrobioloģisko rādītāju izmaiņas uzglabāšanas laikā aizsarggāzu vidē un to kombinējot ar aktīvo iepakojumu, nosakot to derīguma termiņu;
- izstrādāt optimālo kaltēšanas režīmu staltbriežu gaļas apstrādei mikroviļņu-vakuuma kaltē;
- pētīt kaltētas staltbriežu gaļas kvalitātes rādītājus uzglabāšanas laikā vakuumpakojumā, nosakot tās derīguma termiņu.

Promocijas darba **novitāte un zinātniskais nozīmīgums** – meklēts risinājums staltbriežu gaļas izmantošanai pārstrādes produktu ražošanā, kvalitātes un bioloģiskās vērtības saglabāšanai.

Promocijas darba **tautsaimnieciskā nozīme** – izvērtējot dažādu staltbriežu gaļas sagatavošanas metožu un citu pārtikas izejvielu izmantošanu produkcijas sortimenta paplašināšanai:

- izveidotas marināžu receptūras staltbriežu gaļas marinēšanai un noteikts marinētas gaļas derīguma termiņš;
- izstrādāts kaltēšanas režīms marinētas staltbriežu gaļas apstrādei mikroviļņu-vakuuma kaltē, maksimāli saglabājot gatavā produkta bioloģisko vērtību.

ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA

Pētījumu rezultāti apkopoti un publicēti desmit recenzējamās zinātniskajās rakstu krājumos angļu valodā; divas publikācijas datubāzē SCOPUS.

Publikācijas / *Publications* – 10

1. Gramatina I., Silina L., Skudra L., Rakcejeva T. (2014) Dried Venison Physical and Microbiological Parameters Changes during Storage. **In:** *Proceedings of Baltic Conference on Food Science and Technology “Food for consumer well-being”, “FoodBalt-2014”* (ISSN 2255-9809), Jelgava, Latvia, pp. 37-41.
2. Silina L., Gramatina I., Dukalska L., Skudra L., Rakcejeva T., Klava D., Blija A. (2013) Quality Changes of Venison Marinated in Red Wine Marinade during Storage. **In:** *World Academy of Science, Engineering and Technology* (ISSN 2010-3778), Issue 81, Italy, Rome, pp. 1124-1128.
3. Gramatina I., Silina L., Rakcejeva T. (2013) Evaluation of Packaging Conditions Influence on the Content of Amino Acids of Marinated Venison. **In:** *World Academy of Science, Engineering and Technology* (ISSN 2010-3778), Issue 81, Italy, Rome, pp. 1120-1123.
4. Silina L., Gramatina I., Rakcejeva T., Muižniece-Brasava S. (2013) Effect of Packaging Conditions on the Physically-chemical Parameters of Pickled Venison during Storage. *Journal of International Scientific Publications: Materials, Methods & Technologies*, Vol. 7, Part 2, pp. 17-24 (elektroniskā formātā: <http://www.scientific-publications.net>).
5. Gramatina I., Silina L., Rakcejeva T. (2013) Influence of Packaging Conditions on the Content of Amino Acids of Pickled Venison. *Journal of International Scientific Publications: Agriculture & Food*, Vol. 1, Part 1, pp. 187-195 (elektroniskā formātā: <http://www.scientific-publications.net>).
6. Šiliņa L., Grāmatiņa I. (2012) Influence of Packaging Conditions on the Quality of Pickled Venison. **In:** *Research for Rural Development 2012: Proceedings of Annual 18th International Scientific Conference*, Latvia, Jelgava, Vol. 1, pp. 171-175 (SCOPUS).
7. Silina L., Gramatina I., Rakcejeva T., Muižniece-Brasava S. (2012) Colour and Tenderness Changes of Marinated Venison during Storage. *Chemine Technologija*, 3 (61), pp. 50-53 (elektroniskā formātā: <http://www.chemtech.ktu.lt/index.php/Chem>).
8. Silina L., Gramatina I., Rakcejeva T., Ungure E., Radenkovs V. (2012) Influence of Packaging Conditions on the Physically-chemical Parameters of Venison Pickled in Mayonnaise Marinade. *Journal of International Scientific Publications: Materials, Methods and Technologies*, Vol. 6, Part 2, pp. 17-24 (elektroniskā formātā: <http://www.scientific-publications.net>).
9. Gramatina I., Rakcejeva T., Silina L., Jemeljanovs A. (2011) Comparison of Venison and Beef Chemical Composition. **In:** *Proceedings of the 57th International Congress of Meat Science and Technology*, Belgium, Ghent, pp. 1-4.

10. Šiliņa L., Grāmatiņa I. (2011) Sensory Evaluation of Roasted Marinated Venison. **In: Research for Rural Development 2011: Proceedings of Annual 17th International Scientific Conference**, Latvia, Jelgava, Vol. 1, pp. 112-118 (SCOPUS).

Par rezultātiem ziņots deviņās starptautiskajās zinātniskajās konferencēs, simpozijos un kongresā Beļģijā, Bulgārijā, Itālijā, Latvijā un Lietuvā.

Referāti un stenda referāti / Oral and poster presentation – 10

1. The 9th Baltic Conference on Food Science and Technology “Food for consumer well-being” “FoodBalt-2014”, Jelgava, Latvija. **STENDA REFERĀTS / POSTER PRESENTATION** Dried Venison Physical and Microbiological Parameters Changes during Storage. Gramatina I., Silina L., Skudra L., Rakcejeva T. (May 8-9, 2014).
2. ICAFS 2013: International Conference on Agrotechnology and Food Science, Italy, Rome. **REFERĀTS / ORAL PRESENTATION** Quality Changes of Venison Marinated in Red Wine Marinade during Storage. Silina L., Gramatina I., Dukalska L., Rakcejeva T., Klava D., Blija A. **REFERĀTS / ORAL PRESENTATION** Evaluation of Packaging Conditions Influence on the Content of Amino Acids of Marinated Venison. Gramatina I., Silina L., Rakcejeva T. (September 26-27, 2013).
3. The 15th International Symposium MATERIALS, METHODS & TECHNOLOGIES (MMT Symposium), Sunny Beach, Bulgaria. **STENDA REFERĀTS / POSTER PRESENTATION** Effect of Packaging Conditions on the Physically-chemical Parameters of Pickled Venison during Storage. Silina L., Gramatina I., Rakcejeva T., Muizniece-Brasava S. (June 10-14, 2013).
4. The 1st International Symposium Agriculture&Food, Elenite, Bulgaria. **STENDA REFERĀTS / POSTER PRESENTATION** Influence of Packaging Conditions on the Content of Amino Acids of Pickled Venison. Gramatina I., Silina L., Rakcejeva T. (June 3-6, 2013).
5. The 14th International Symposium MATERIALS, METHODS & TECHNOLOGIES (MMT Symposium), Sunny Beach, Bulgaria. **STENDA REFERĀTS / POSTER PRESENTATION** Influence of Packaging Conditions on the Physically-chemical Parameters of Venison Pickled in Mayonnaise Marinade. Silina L., Gramatina I., Rakcejeva T., Ungure E., Radenkovs V. (June 11-15, 2012).
6. The 7th Baltic Conference on Food Science and Technology “Foodbalt–2012”, Kaunas, Lithuania. **STENDA REFERĀTS / POSTER PRESENTATION** Colour and Tenderness Changes of Marinated Venison during Storage. Silina L., Gramatina I., Rakcejeva T. (May 17-18, 2012).
7. Annual 18th International Conference “Research for Rural Development 2012”, Jelgava, Latvia. **REFERĀTS / ORAL PRESENTATION** Influence of Packaging Conditions on the Physically-chemical Parameters of Venison Pickled in Vinegar Marinade. Šiliņa L., Grāmatiņa I. (May 16-18, 2012).

8. The 57th International Congress of Meat Science and Technology, Ghent, Belgium. **STENDA REFERĀTS / POSTER PRESENTATION** Comparison of Venison and Beef Chemical Composition. Gramatina I., Rakcejeva T., Silina L., Jemeljanovs A. (August 7-12, 2011).
9. Annual 17th International Conference "Research for Rural Development 2011", Jelgava, Latvia. **REFERĀTS / ORAL PRESENTATION** Sensory Evaluation of Roasted Marinated Venison. Šiliņa L., Grāmatiņa I. (May 18-20, 2011).

Piedalīšanās izstādēs / Participation at exhibitions – 2

1. Starptautiskā izstāde „Rīga Food 2012”, Rīga, Latvija. **STENDA REFERĀTS / POSTER PRESENTATION** Marinētas briežu gaļas fizikāli ķīmisko rādītāju izmaiņas uzglabāšanas laikā. Šiliņa L., Grāmatiņa I., Rakcejeva T. (5.-8. septembris, 2012).
2. Starptautiskā izstāde „Rīga Food 2011”, Rīga, Latvija. **REFERĀTS / ORAL PRESENTATION** Iepakotas briežu gaļas derīguma termiņš. Šiliņa L., Grāmatiņa I., Dukaļska L., Rakcejeva T., Kļava D., Blija A. (7.-10. septembris, 2011).

MATERIĀLI UN METODEDES

Pētījumu norises vietas

Pētījumi veikti no 2010. līdz 2014. gadam Latvijas Lauksaimniecības universitātes Pārtikas tehnoloģijas fakultātes laboratorijās:

- iepakojuma materiālu īpašību izpētes laboratorijā analizēta gaļas krāsa, sīkstums un pH, kā arī veikta gaļas paraugu marinēšana un iepakošana;
- piena un gaļas produktu tehnoloģijas laboratorijā noteikts mitruma saturs gaļā;
- olbaltumvielu un tauku saturs gaļā noteikts profesora Pētera Delles pārtikas produktu tehnoloģijas laboratorijā;
- mikrobioloģijas zinātniskajā laboratorijā noteikts kopējais mezofili aeroobo un fakultatīvi anaerobo mikroorganismu (MAFAM), *Enterobacteriaceae* dzimtas baktēriju, proteolītisko baktēriju un pienskābes baktēriju KVV skaits;
- pārtikas produktu sensorās novērtēšanas laboratorijā novērtēta staltbriežu gaļas produktu patikšanas pakāpe.

Latvijas Lauksaimniecības universitātes Biotehnoloģijas un veterinārmedicīnas zinātniskā institūta „Sīgra” laboratorijās analizēts aminoskābju un taukskābju kvalitatīvais un kvantitatīvais sastāvs, noteikts vara, dzelzs, mangāna, cinka un holesterīna saturs gaļas paraugos.

Pētījumā izmantotie materiāli

Staltbriežu gaļa – iegūta ZS „Saulstari 1” (Siguldas novads, Mores pagasts) no nebrīvē audzētiem staltbriežiem (*Cervus elaphus*).

Kā kontrole iegūto rezultātu salīdzināšanai un datu interpretācijai pētījumā tika izmantota liellopu gaļa – iegūta SIA „Margret” (Jēkabpils novads, Zāses pagasts) no bioloģiskajā lauksaimniecībā audzētiem liellopiem (*Bos primigenius taurus*).

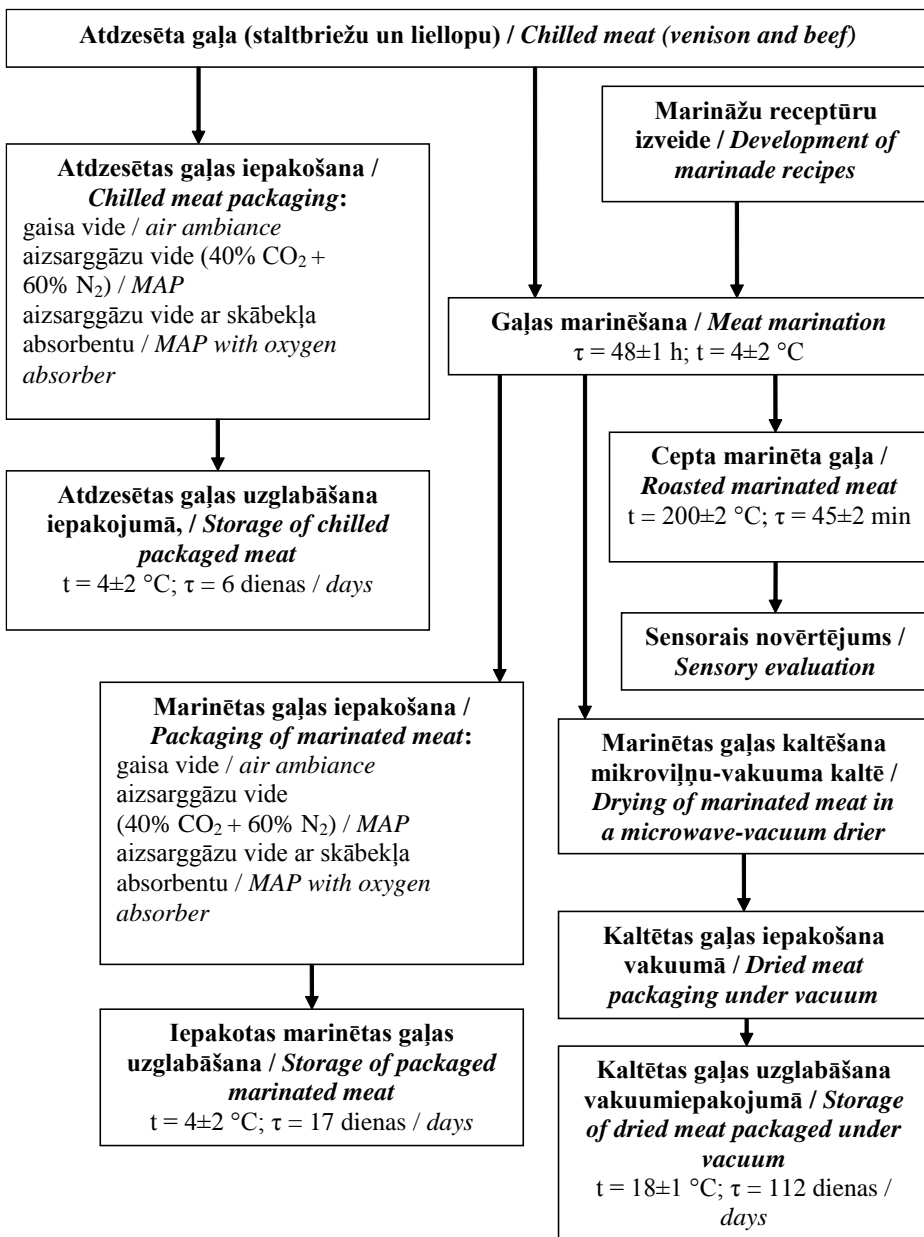
Eksperimentos izmantoti atdzesētas gaļas paraugi no staltbriežu un liellopu garākā jostas muskuļa (*Musculus longissimus lumborum*).

Nozīmīgs faktors ir staltbriežu, kā arī liellopu audzēšana to dabiskajā dzīves vidē un minimāls kontakts ar cilvēku. Atšķiras arī ēdināšanas faktori no tradicionālās lopkopības, īpaši bioloģiskajā lauksaimniecībā audzēto un medībām paredzēto dzīvnieku ēdināšanā. Tas saistīts ar to, ka šie dzīvnieki audzēti lielās iezogotās teritorijās, kas ietver gan meža, gan pļavas teritorijas. Dzīvnieki piebaroti tikai ziemas periodā.

Staltbrieži gaļas ieguvei nošauti to dabiskajos apstākļos, iepriekš nesatraucot dzīvniekus ar to ķeršanu un pārvietošanu. Tālāk veikta kautķermeņa pirmapstrāde uz vietas saimniecībā un kautķermeņa aizvešana uz sertificētu kautuvi tālākai apstrādei, sadalei un atdzesēšanai. Savukārt liellopi gaļas ieguvei noķerti un aizvesti uz sertificētu kautuvi, kur veikta to nokaušana un kautķermeņa pirmapstrāde, apstrāde, sadale un atdzesēšana. Dzīvnieku vidējais vecums ir 2 gadi.

Marināžu izejvielu raksturojums: sarkanvīns (alk. 14% tilp., satur sulfītus); majonēze (saulespuķu eļļa, dzeramais ūdens, olu pulveris, cukurs, olu dzeltenuma pulveris, sausais piens, pārtikas sāls, sinepju pulveris, skābuma regulētāji); tomātu mērce (tomātu biezenis (58%), ūdens, cukurs, pārtikas sāls, pārveidota kartupeļu ciete, skābuma regulētājs, konservanti, garšvielas); galda etiķis 9%; garšvielu maisījums šašlikam (sāls, sīpoli, saldā paprika, pētersīļi, baziliks, melnie pipari, rozmarīns); melnie pipari; sāls; terijaki mērce (cukurs, sojas mērce, ūdens, fruktozes sīrups, etiķis, modificēta kukurūzas ciete, sāls (2,1%), konservants, krāsviela); saldskābā mērce (ūdens, cukurs, etiķis, ananasu gabaliņi, modificēta ciete, maltodekstrīns, jodēts sāls, paprika, garšvielas, karijs, aromatizētāji, biezinātājs, skābuma regulētājs); tako mērce (tomātu biezenis, tomāti (36%), sīpoli, čili, modificēta kukurūzas ciete, etiķis, sāls (1,3%), ķiploki, citas garšvielas; sojas mērce (sojas pupiņu ekstrakts (26%), ūdens, sāls, cukurs, kviešu milti); amerikāņu BBQ mērce ar dūmu aromātu (tomātu biezenis, cukurs, brūnais cukurs, etiķis, hikorija dūmu aromātviela (2,9%), sinepes, sāls (1,7%), biezinātājs, ķiploki, citas garšvielas, skābuma regulētājs, krāsviela); sezama eļļa; ķiploki; ķiploku sāls (sāls (80%), ķiploku pulveris); tabasco sarkano piparu mērce (etiķis, sarkanie pipari, sāls); nātrija monofosfāts (E339).

Pētījuma shēma parādīta 1. attēlā.



1. att. Pētījuma shēma /
Fig. 1. Scheme of the research

Kvalitātes rādītāju noteikšanas metodes

- **Olbaltumvielu saturs** noteikts, izmantojot Kjeldāla metodi (LVS ISO 937:1978), ar *Kjeltec 2100* (FOSS, Zviedrija).
- **Aminoskābju saturs** noteikts ar augstas izšķirtspējas šķidrums hromatogrāfu *Waters Alliance 2695/3100MS/2998FD* (Waters Corporation, ASV) atbilstīgi LVS EN ISO 13903:2005 standartam.
- **Tauku saturs** noteikts atbilstīgi LVS ISO 1443:1973 standartam. Tauku satura noteikšanai izmanto *SoxCap™ 2047* iekārtu kombinācijā ar *Soxtec* ekstrakcijas iekārtu (FOSS, Zviedrija).
- **Taukskābju saturs (%)** noteikts ar šķidrums hromatogrāfu *Waters Alliance 2695/3100MS/2998FD* (Waters Corporation, ASV) saskaņā ar *Aldai et al.* (2006) metodi.
- **Holesterīna saturs** noteikts, izmantojot Blura kolorimetrisko metodi ar spektrometru.
- **Vara, dzelzs, mangāna, cinka saturs noteikšana** veikta, izmantojot atomabsorbcijas spektrometrijas metodi LVS EN ISO 6869:2002.
- **Mitruma saturs** noteikšana veikta atbilstīgi LVS ISO 1442:1997 standartam.
- **pH** noteikts atbilstīgi LVS ISO 2917:2004 standartam.
- **Krāsas noteikšana.** Gaļas krāsa noteikta, izmantojot krāsu analizatoru – kolorimetru *Color Tec PCM/PSM* (Accuracy Microsensors Inc., ASV).
- **Gaļas sīkstums** noteikts, izmantojot *TA.XT.Plus Texture Analyser* (Stable Microsystems, AK).
- **Paraugu sagatavošana mikrobioloģiskajai testēšanai** veikta atbilstoši standarta metodei LVS EN ISO 6887-2:2004 „Pārtikas un dzīvnieku barības mikrobioloģija – testēšanas paraugu, sākotnējās suspensijas un decimālšķīdumu sagatavošana mikrobioloģiskajām pārbaudēm – 2. daļa: Īpaši noteikumi, kā sagatavot gaļu un gaļas izstrādājumus”.
- **Mezofili aerobo un fakultatīvi anaerobo mikroorganismu (MAFAM) skaits** noteikts atbilstīgi LVS EN ISO 4833:2003 standartam „Pārtikas un dzīvnieku barības mikrobioloģija. Mikroorganismu skaitīšanas horizontālā metode pie +30 °C” un LVS EN ISO 4833-1:2014 standartam „Pārtikas ķēdes mikrobioloģija. Mikroorganismu skaitīšanas horizontālā metode. 1. daļa: Koloniju skaitīšana ar aplietas plātnes metodi pie 30 °C temperatūras (ISO 4833-1:2013)”, lietojot NA barotni (Ref. Nr. 01–140), inkubējot 30 °C 72 h.
- ***Enterobacteriaceae* dzimtas baktēriju skaits** noteikts atbilstīgi LVS ISO 21528-2:2004 standartam, lietojot VRBD barotni (Ref. Nr. 01–295), inkubējot 37 °C 24 h.
- **Pienskābes baktēriju skaits** noteikts atbilstīgi ISO 9332:2003 standarta metodei, lietojot MRS agara barotni (Ref. Nr. 01–135), inkubējot 37 °C 72 h.
- **Proteolītisko baktēriju skaits** noteikts, lietojot vājpiena agara barotni, inkubējot 30 °C 48 h.

Kvalitātes rādītāju noteikšana pētījuma posmos

Staltbriežu un liellopu gaļai noteiktie kvalitātes rādītāji dažādos pētījuma posmos ir apkopoti 1. tabulā.

1. tabula / *Table 1*

Staltbriežu un liellopu gaļai noteiktie kvalitātes rādītāji dažādos pētījuma posmos / *Determination of vension and beef quality parameters at different stages of the research*

Rādītāji / <i>Parameters</i>	Pētījuma posmi / <i>Stages of research</i>					
	Atdzesēta gaļa / <i>Chilled meat</i>	Atdzesētas gaļas uzglabāšana / <i>Chilled meat storage</i>	Marinēta gaļa / <i>Marinated meat</i>	Marinētas gaļas uzglabāšana / <i>Marinated meat storage</i>	Kaltēta gaļa / <i>Dried meat</i>	Kaltētas gaļas uzglabāšana / <i>Dried meat storage</i>
Olbaltumvielu saturs / <i>Protein content, g 100 g⁻¹ sausnas / in DW</i>	+	+	+	+	+	+
Aminoskābju saturs / <i>Amino acid content, g 100 g⁻¹ sausnas / in DW</i>	+	-	+	+	-	-
Tauku saturs / <i>Fat content, g 100 g⁻¹ sausnas / in DW</i>	+	+	+	+	+	+
Taukskābju saturs / <i>Fatty acid content, %</i>	+	-	-	-	-	-
Holesterīna saturs / <i>Cholesterol content, mg 100 g⁻¹</i>	+	-	-	-	-	-
Minerālvielas / <i>Minerals, mg kg⁻¹</i>	+	-	-	-	-	-
Mitruma saturs / <i>Moisture content, %</i>	+	+	+	+	+	+
pH	+	+	+	+	+	+
Krāsa (L*, a*, b*) / <i>Colour</i>	+	+	+	+	+	+
Sīkstums / <i>Tenderness, N</i>	+	+	+	+	+	+
MAFAM skaits / <i>TPC, lg KVV g⁻¹ / cfu log₁₀</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Enterobacteriaceae</i> dzimtas bakt. skaits / <i>Total count of Enterobacteriaceae bacteria, KVV g⁻¹ / cfu</i>	+	+	+	+	-	-
Proteolītisko bakt. skaits / <i>Total count of proteolytic bacteria, KVV g⁻¹ / cfu</i>	+	-	+	+	-	-
Pienskābes bakt. skaits / <i>Total count of lactic acid bacteria, lg KVV g⁻¹ / cfu log₁₀</i>	+	+	-	-	+	+

Rezultātu matemātiskā apstrāde

Analīžu rezultāti apstrādāti, izmantojot SPSS programmas SPSS 14 paketi un Microsoft Excel for Windows 7.0. Datu matemātiskā apstrāde veikta ar matemātiskās statistikas metodēm. Iegūtajiem rezultātiem aprēķināti šādi rādītāji: vidējais

aritmētiskais, standartnovirze. Datu interpretācijai izmantota vienfaktora dispersijas analīze (ANOVA) (Arhipova, Bāliņa, 2006). p vērtība raksturo iegūto datu būtiskuma līmeni ($p > 0,05$ – dati būtiski neatšķiras, $p \leq 0,05$ – dati būtiski atšķiras).

Sensorā vērtējuma datu analīzei izmanto vienfaktora dispersijas analīzi un Tjūkija testu. Izmantojot Tjūkija testu, noskaidro, kā paraugi ir sakārtoti patikšanas ziņā.

Integrētā novērtējuma principi

Integrētā novērtējuma princips (Мартынов, 1987) lietots, lai novērtētu pētītās gaļas (staltbriežu un liellopu) kvalitāti uzglabāšanas laikā četrās marinādēs trīs dažādos iepakojuma veidos (gaisa vide, aizsarggāzu vide un aizsarggāzu vide kombinācijā ar skābekļa absorbentu). Integrētajā novērtējumā staltbriežu un liellopu gaļas kvalitāti ietekmējošās un analizētās pazīmes sadalītas trīs grupās: ķīmiskā sastāva, fizikālo pazīmju un mikrobioloģiskie rādītāji. Mikrobioloģisko rādītāju grupai tika piešķirts augstākais pazīmes ieguldījuma koeficients ($\omega_i=0,5$), jo mikroorganismu skaits gaļā būtiski ietekmē tās kvalitāti un nosaka uzglabāšanas ilgumu. Mikrobioloģisko rādītāju grupas iekšienē MAFAM skaitam piešķirts augstākais pazīmes ieguldījuma koeficients ($\omega_i=0,55$), jo MAFAM skaits gaļā norāda, vai tā ir mikrobiāli droša. Ķīmiskā sastāva rādītāju grupai pazīmes ieguldījuma koeficients ir $\omega_i=0,35$. Šīs grupas iekšienē augstākais ieguldījuma koeficients piešķirts ($\omega_i=0,35$) olbaltumvielu saturam. Fizikālo rādītāju grupai piešķirtais pazīmes ieguldījuma koeficients ir $\omega_i=0,15$, un šīs grupas iekšienē augstākais ieguldījuma koeficients ($\omega_i=0,35$) piešķirts pH, jo gaļas pH būtiski ietekmē mikroorganismu attīstību.

PĒTĪJUMU REZULTĀTI UN DISKUSIJA

Atzdesētas gaļas ķīmiskā sastāva un fizikālo rādītāju izvērtējums

Lai pierādītu promocijas darba aizstāvamo tēzi, proti, atzdesētas nebrīvē audzētu staltbriežu gaļas ķīmiskais sastāvs un fizikālie rādītāji būtiski neatšķiras no bioloģiskajā lauksaimniecībā audzētu liellopu gaļas kvalitātes rādītājiem, veikts vispusīgs eksperimentāli iegūto atzdesētas gaļas ķīmisko un fizikālo rādītāju izvērtējums.

Eksperimentāli ir noteikts, ka mitruma saturs, pH, olbaltumvielu saturs, kopējais pētījumā noteikto aminoskābju saturs, vara, dzelzs un mangāna saturs, kā arī krāsas komponentes L^* vērtība un sīkstums pētītajos gaļas paraugos savstarpēji būtiski neatšķiras ($p > 0,05$). Staltbriežu gaļā, salīdzinot ar liellopu gaļu, ir būtiski augstāks pētījumā noteikto neaizstājamo aminoskābju un polinepiesātināto taukskābju saturs, attiecīgi par 18,26% un 79,70%, kā arī augstāka krāsas komponentes a^* vērtība un cinka saturs.

Aminoskābju saturs. Pētījumā noteikto aminoskābju kopējais saturs staltbriežu gaļā ir 21,75 g 100 g⁻¹ sausas, liellopu gaļā – 19,24 g 100 g⁻¹ sausas (2. tabula).

**Pētījumā noteikto aminoskābju saturs gaļā, g 100 g⁻¹ saunas /
Content of amino acids in meat determined in the research, g 100 g⁻¹ in DW**

Aminoskābes / Amino acids	Aminoskābju saturs / Content of amino acids	
	Staltbriežu gaļa / Venison	Liellopu gaļa / Beef
Valīns / Val*	1.24±0.29	1.13±0.59
Leicīns / Leu*	2.51±1.44	1.90±1.13
Izoleicīns / Ile*	1.30±0.22	1.03±0.88
Fenilalanīns / Phe*	1.23±0.19	0.93±0.15
Lizīns / Lys*	2.23±0.15	1.86±1.46
Arginīns / Arg	0.79±0.36	1.42±0.57
Histidīns / His	0.91±1.47	0.78±0.72
Asparagīnskābe / Asp	1.28±0.59	1.12±2.04
Serīns / Ser	0.65±2.70	0.58±0.11
Glutamīnskābe / Glu	3.57±1.84	3.16±0.49
Glicīns / Gly	0.99±0.54	0.91±0.43
Treonīns / Thr*	0.97±0.42	0.86±1.01
Alanīns / Ala	1.43±0.95	1.27±1.21
Prolīns / Pro	1.00±0.85	0.90±0.06
Tirozīns / Tyr	0.99±0.03	0.83±0.47
Metionīns / Met*	0.67±0.11	0.56±0.33
Kopā / Total	21.75	19.24
Neaizstājamo aminoskābju summa / Sum of essential amino acids	10.15	8.27

* neaizstājamās aminoskābes / essential amino acids

Izriet, ka pētījumā noteikto aminoskābju kopējais saturs staltbriežu gaļā ir par 11,54% augstāks nekā liellopu gaļā. Neaizstājamās aminoskābes gaļā nosaka no tās ražoto pārtikas produktu bioloģisko vērtību. Tā staltbriežu gaļā ir konstatēts augstāks (par 18,62%) pētījumā noteikto neaizstājamo aminoskābju – valīna, leicīna, izoleicīna, fenilalanīna, lizīna, treonīna un metionīna – saturs, salīdzinot ar pētījumā noteikto neaizstājamo aminoskābju saturu liellopu gaļā.

Taukskābju saturs. Staltbriežu gaļā no taukskābēm dominē linolskābe, palmitīnskābe, stearīnskābe un oleīnskābe. Augstāks oleīnskābes, palmitīnskābes un stearīnskābes saturs atrasts liellopu gaļā (3. tabula). Iegūtie rezultāti skaidrojami ar to, ka liellopu gaļā ir augstāks kopējais tauku saturs, līdz ar to arī augstāks piesātināto un mononepiesātināto taukskābju saturs, jo piesātinātās taukskābes veido 35–49% kopējā taukskābju satura, savukārt mononepiesātinātās – 24,3–47% kopējā taukskābju satura gaļā (Proškina *u.c.*, 2013a). Polinepiesātināto (n-3 un n-6) taukskābju saturs analizējamā staltbriežu gaļā ir būtiski ($p=0,003$) augstāks nekā liellopu gaļā. Piemēram, α -linolēnskābes saturs staltbriežu gaļā ir 4,06%, bet liellopu gaļā – 1,25%. Taču linolskābes saturs staltbriežu gaļā ir 5,17 reizes augstāks nekā liellopu gaļā, kas attiecīgi ir 17,11% un 3,31%. Atšķirības iegūtajos rezultātos skaidrojamas galvenokārt ar dzīvnieku audzēšanas reģionu un apstākļiem, atšķirīgu ēdināšanu un turēšanas apstākļiem. Taukskābju saturu gaļā varētu ietekmēt arī

barības ķīmiskais sastāvs. Eļļas augu piedeva dzīvnieku barībā varētu sekmēt polinepiesātināto taukskābju satura palielinājumu gaļā (Proškina *u.c.*, 2013a).

3. tabula / Table 3

**Pētījumā noteikto taukskābju saturs gaļā, % /
Composition of fatty acids in meat determined in the research, %**

Taukskābes / Fatty acids	Taukskābju saturs / Content of fatty acids	
	Staltbriežu gaļa / Venison	Liellopu gaļa / Beef
Miristīnskābe / Myristic acid C14:0	2.80±0.75	3.62±0.56
Miristoleīnskābe / Myristoleic acid C14:1	0.72±1.14	0.57±0.84
Pentadekānskābe / Pentadecanoic acid C15:0	0.36±0.03	0.43±0.04
Pentadecēnskābe / Pentadecenoic acid C15:1	0.70±0.12	0.91±1.13
Palmitīnskābe / Palmitic acid C16:0	16.83±1.59	26.52±2.01
Palmitoleīnskābe / Palmitoleic acid C16:1	2.29±0.89	2.45±0.54
Margarīnskābe / Margaric acid C17:0	0.68±0.02	1.40±0.26
Heptadecēnskābe / Heptadecenoic acid C17:1	0.21±0.12	0.60±0.11
Stearīnskābe / Stearic acid C18:0	16.19±0.59	19.51±0.87
Oleīnskābe / Oleic acid C18:1 cis n-9	13.93±1.16	26.62±3.03
Elaidīnskābe / Elaidic acid C18:1 trans n-9	3.04±1.01	3.16±0.22
Linolskābe / Linoleic acid* C18:2 cis n-6	17.11±3.01	3.31±0.49
Trans-oktadekadiēnskābe / Octadecadienoic acid* C 18:2 trans n-6 (CLA)	0.43±0.02	0.48±0.01
α-linolēnskābe / α-linolenic acid* C18:3 n-3	4.06±0.15	1.25±0.03
cis-8,11,14-eikozatriēnskābe / Eicosatrienoic acid* C 20:3 n-6	6.85±0.23	0.91±0.15
Eikozapentaēnskābe / Eicosapentaenoic acid* C20:5 n-3	2.24±0.48	0.28±0.52

* polinepiesātinātās taukskābes / polyunsaturated fatty acids

Minerālvielu saturs. Cinka saturs nebrīvē audzētu staltbriežu gaļā ir par 91,68% augstāks nekā liellopu gaļā, kas ir būtiski ($p=0,001$). Jāatzīmē, ka minerālvielu saturs gaļā atkarīgs no dzīvnieku vecuma, barības un turēšanas apstākļiem, kā arī audzēšanas zonas ģeogrāfiskā novietojuma (Proškina *u.c.*, 2013a).

Staltbriežu gaļas krāsas komponentes a* vērtība ir vidēji 8,44±2,83, liellopu gaļas – 5,84±2,49. Tā kā mioglobīns ir galvenā olbaltumviela, kas gaļai piedod sarkano krāsu, tad šīs atšķirības skaidrojamas ar to, ka staltbriežu gaļā ir augstāks mioglobīna saturs nekā liellopu gaļā.

Jāatzīmē, ka staltbriežu gaļā, salīdzinot ar liellopu gaļu, ir būtiski zemāks tauku (par 41,08%) un holesterīna (par 44,68%) saturs, kā arī krāsas komponentes b* vērtība.

Tauku saturs. Eksperimentāli ir atrastas būtiskas atšķirības ($p=0,002$) starp staltbriežu un liellopu gaļas tauku saturu. Staltbriežu gaļā tauku saturs ir 5,21±0,40 g 100 g⁻¹ sausnas (1,26% – produktā), liellopu gaļā – 1,80% produktā jeb 7,35±0,31 g 100 g⁻¹ sausnas. Atšķirības gaļas tauku saturā ir skaidrojamas ar atšķirībām dzīvnieku piebarojumā, jo pētītie gaļas paraugi iegūti no dzīvniekiem,

kas audzēti divās dažādās saimniecībās. Gaļas tauku saturs visām dzīvnieku sugām ir atkarīgs no dzīvnieku vecuma un uzņemtās barības (Proškina *u.c.*, 2013a).

Holesterīna saturs. Staltbriežu gaļā holesterīna saturs ir $41,96 \pm 2,46$ mg 100g^{-1} sausas, kas ir būtiski zemāks ($p=0,003$) nekā liellopu gaļā – $60,71 \pm 4,14$ mg 100g^{-1} sausas, un tas ir līdzīgi literatūrā publicētajām atziņām, proti, liellopu gaļā holesterīna saturs ir $54,6\text{--}62$ mg 100g^{-1} (Leheska *et al.*, 2008). Holesterīns ir sastopams gan taukaudos, gan muskuļaudos un citos orgānos. Tā daudzums dažādu dzīvnieku sugu gaļā ir atšķirīgs (Proškina *u.c.*, 2013a). Iespējams, atšķirības holesterīna saturā saistītas ar atšķirīgo taukaudu un muskuļaudu daudzumu staltbriežu un liellopu gaļā.

Krāsas komponentes b^* vērtība staltbriežu gaļā ir $7,84 \pm 9,34$, liellopu gaļā – $16,42 \pm 5,66$.

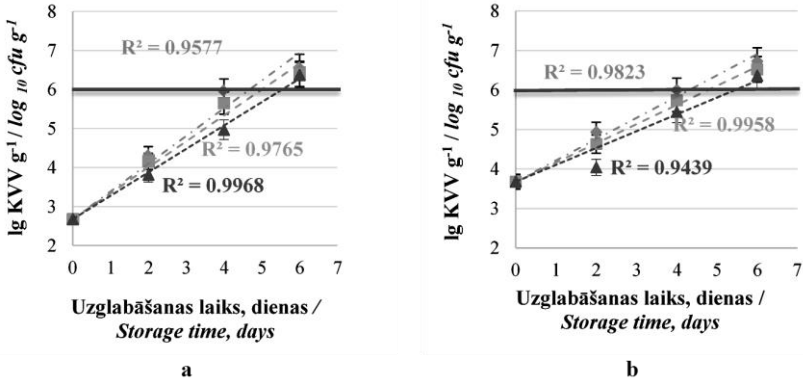
Atzdesētas gaļas kvalitātes rādītāju dinamika uzglabāšanas laikā

Lai pierādītu promocijas darba aizstāvamo tēzi, proti, atzdesētas gaļas derīguma termiņu var pagarināt hermētiskā iepakojumā aizsarggāzu vidē un to kombinējot ar aktīvo iepakojumu, eksperimentāli veikts vispusīgs atzdesētas gaļas fizikālo, ķīmisko un mikrobioloģisko rādītāju izvērtējums uzglabāšanas laikā minētajos iepakojuma veidos.

Eksperimentāli noteikts, ka atzdesētas gaļas, iepakotas gaisa vidē, aizsarggāzu vidē (40% CO_2 un 60% N_2) un to kombinējot ar skābekļa absorbentu, uzglabājot aukstuma kamerā 4 ± 2 °C, derīguma termiņš ir 4 dienas, uz ko norāda galvenokārt mikrobioloģisko rādītāju un gaļas pH izmaiņas.

Mikrobioloģiskie rādītāji. Mikrobioloģiskie rādītāji (MAFAM, *Enterobacteriaceae* dzimtas un pienskābes baktēriju kopskaits) atzdesētas staltbriežu un liellopu gaļas paraugos noteikti pirms uzglabāšanas 0. dienā un 2., 4. un 6. uzglabāšanas dienā.

Maksimāli pieļaujamais mikroorganismu skaits pieņemts saskaņā ar Krievijas sanitāri epidemioloģisko normatīvo aktu „Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов, СанПиН 2.3.2.1078–01” (01.07.2002.) prasībām – 5×10^6 KVV g^{-1} , kas, veicot gaļas mikrobioloģiskās analīzes, uzskatīts par kritisko robežvērtību. Atzdesētas staltbriežu un liellopu gaļas MAFAM skaits pirms uzglabāšanas ir attiecīgi $2,68$ lg KVV g^{-1} un $3,68$ lg KVV g^{-1} (2. att.). Gaļas kvalitāte ir atkarīga no dzīvnieku veselības stāvokļa pirms kaušanas, kaušanas procesa tehniskā izpildījuma, higiēnisko noteikumu izpildes kautuvē un kautproduktu transportēšanas apstākļiem. Tehnoloģisko un higiēnas noteikumu izpildē ir pieļaujama atkāpe, jo gan liemenis, gan arī sadalīta gaļa tirdzniecības vietās pakļauti paaugstinātai kontaminācijai ar cilvēku veselībai bīstamiem mikroorganismiem (Jemeljanovs *u.c.*, 2006; Jemeljanovs, 2002). Eksperimentāli ir noteikts, ka MAFAM skaits analizētajos staltbriežu un liellopu gaļas paraugos uzglabāšanas laikā būtiski ($p=0,019$ un $p=0,006$) palielinājās visos iepakojumos.



2. att. MAFAM skaita dinamika atdzesētā staltbriežu (a) un liellopu (b) gaļā uzglabāšanas laikā /

Fig. 2. The TPC dynamics in chilled venison (a) and beef (b) during storage

◆ - gaisa vidē / air ambient; ■ - CO₂ 40%+N₂ 60%; ▲ - CO₂ 40%+N₂ 60% (ar skābekļa absorbentu / with oxygen absorber); — pieļaujamā MAFAM robeža 5×10⁶ KVV g⁻¹ / admissible level of TPC 5×10⁶ cfu g⁻¹

Gaisa vidē iepakotajos staltbriežu gaļas paraugos MAFAM skaits pēc četrus dienu uzglabāšanas palielinājās līdz 5,97 lg KVV g⁻¹, savukārt liellopu gaļas paraugos – līdz 6,00 lg KVV g⁻¹. Aizsarggāzu vidē iepakotajos staltbriežu un liellopu gaļas paraugos MAFAM skaits pēc četrus dienu uzglabāšanas palielinājās attiecīgi līdz 5,65 lg KVV g⁻¹ un līdz 5,74 lg KVV g⁻¹. Savukārt pēc četrus dienu uzglabāšanas aizsarggāzu vidē, kas kombinēta ar skābekļa absorbentu, iepakotajos staltbriežu gaļas paraugos MAFAM skaits palielinājās līdz 4,97 lg KVV g⁻¹, liellopu gaļas paraugos – līdz 5,44 lg KVV g⁻¹. Iepakojuma vide mikroorganisma skaita palielinājumu būtiski neietekmē (p=0,308 un p=0,131), tomēr jāatzīmē, ka lēnāks MAFAM skaita palielinājums noteikts gaļas paraugos, kas iepakoti aizsarggāzu vidē kombinācijā ar skābekļa absorbentu. Pēc sešu dienu uzglabāšanas MAFAM skaits staltbriežu un liellopu gaļas paraugos pārsniedza pieļaujamo robežvērtību visos iepakojumos. Tādējādi pētījumos izmantotā atdzesētā staltbriežu un liellopu gaļa, kas iepakota gaisa vidē, aizsarggāzu vidē un aizsarggāzu vidē, kas kombinēta ar skābekļa absorbentu, mikrobiāli droša ir četras dienas. *Enterobacteriaceae* dzimtas baktēriju skaits atdzesētās staltbriežu un liellopu gaļas paraugos ir attiecīgi 49 KVV g⁻¹ un 379 KVV g⁻¹. Eiropas Komisijas Regula (EK) Nr. 2073/2005 par pārtikas produktu mikrobioloģiskajiem kritērijiem nosaka, ka gaļas pusfabrikātiem *Escherichia coli* skaita robežvērtība ir 500 (n=5, c=2) KVV g⁻¹, kas šajā pētījumā tika uzskatīta par kritisko robežvērtību. *Escherichia coli* pieder *Enterobacteriaceae* dzimtai, kurā ietilpst arī citas baktērijas, kas ietekmē gaļas kvalitāti, pētījumā tiek izcelta šīs baktēriju dzimtas darbība kopumā. Uzglabāšanas laikā

Enterobacteriaceae dzimtas baktēriju skaits atdzesētas gaļas paraugos nepārsniedza pieļaujamo kritisko robežvērtību nevienā no iepakojumiem.

Pienskābes baktēriju skaits atdzesētas staltbriežu gaļas paraugos ir 2,05 lg KVV g⁻¹, liellopu gaļas paraugos – 2,75 lg KVV g⁻¹. Iespējams, pienskābes baktērijas dzīvnieku organismā ir nokļuvušas no apkārtējās vides vai kaušanas instrumentiem. Tādējādi, dzīvniekus kaujot, pienskābes baktērijas caur zarnu traktu var nokļūt arī muskuļaudos. Uzglabāšanas laikā pienskābes baktēriju skaits staltbriežu (p=0,007) un liellopu (p=0,041) gaļas paraugos būtiski palielinās, tomēr iepakojuma vide šo palielināšanos neietekmē (p=0,185 un p=0,284). Pētījumos ir noteikts, ka atdzesētas staltbriežu un liellopu gaļas paraugu pH ir attiecīgi 5,98±0,05 un 5,59±0,02. Staltbriežu (p=0,571) un liellopu (p=0,500) gaļas paraugu pH izmaiņas iepakojuma vide būtiski neietekmē, tomēr uzglabāšanas laikā staltbriežu (p=0,001) un liellopu (p=0,017) gaļas paraugu pH būtiski samazinās. Šādi rezultāti skaidrojami ar pienskābes baktēriju skaita palielināšanos (p<0,05), kas ietekmē pH pazemināšanos (Gokoglu *et al.*, 2011; Fernandez-Lopez *et al.*, 2008). Gaisa vidē iepakotu staltbriežu gaļas paraugu pH pēc četrus dienu uzglabāšanas samazinājās līdz 5,23±0,04, iepakojumā aizsarggāzu vidē to kombinējot ar skābekļa absorbentu – līdz 5,18±0,05 un 5,18±0,01; liellopu gaļas paraugos pēc četrus dienu uzglabāšanas gaisa vidē pH samazinājās līdz 5,34±0,01, aizsarggāzu vidē – līdz 5,33±0,01, aizsarggāzu vidē, kas kombinēta ar skābekļa absorbentu, – līdz 5,22±0,01. Eksperimentu gaitā ir konstatēts, ka izvēlētais iepakojums būtiski neietekmē gaļas mitruma, sīkstuma, krāsas, kā arī olbaltumvielu un tauku satura izmaiņas uzglabāšanas laikā. Tādējādi promocijas darbā izvirzītā tēze, proti, atdzesētas gaļas derīguma termiņu var pagarināt hermētiskā iepakojumā aizsarggāzu vidē un to kombinējot ar aktīvo iepakojumu, nav apstiprinājies.

Gaļas marināžu receptūru izveide

Eksperimentāli, lai paplašinātu staltbriežu gaļas produkcijas sortimentu, tika izveidoti četri marināžu veidi staltbriežu gaļas marinēšanai (4. tabula).

4. tabula / Table 4

Marināžu receptūras, kg 10 kg⁻¹ gaļas / Recipes of marinades, kg 10 kg⁻¹ of meat

Marinādes veids / Type of marinade	Parauga numurs / Number of sample	Marinādes sastāvs / Composition of marinades
Sarkanvīna / Red wine (A)	1 A	Sarkanvīns / red wine (1.20 kg), ķiploks / garlic (0.33 kg), sāls / salt (0.10 kg), melnie pipari / black pepper (0.02 kg)
	2 A	Sarkanvīns / red wine (1.20 kg), sīpoli / onion (0.73 kg), mārrutki / horseradish (0.32 kg), garšvielu maisījums šašlikam* / spice mix for grilled meat* (0.12 kg), sāls / salt (0.10 kg)
	3 A	Sarkanvīns / red wine (1.20 kg), sīpoli / onion (0.73 kg), majonēze / mayonnaise (0.67 kg), sinepes / mustard (0.33 kg), ķiploki / garlic (0.33 kg), sāls / salt (0.10 kg), melnie pipari / black pepper (0.02 kg)

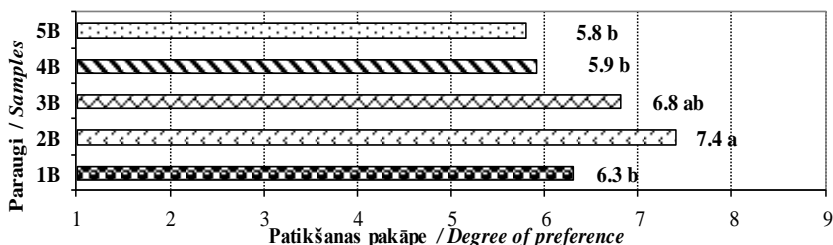
4. tabulas turpinājums / Table 4 continued

Sarkanvīna / Red wine (A)	4 A	Sarkanvīns / <i>red wine</i> (1.20 kg), medus / <i>honey</i> (0.80 kg), sāls / <i>salt</i> (0.10 kg), melnie pipari / <i>black pepper</i> (0.04 kg), kadiķogas / <i>juniper berries</i> (0.01 kg), timiāns / <i>thyme</i> (0.01 kg)
	5 A	Sarkanvīns / <i>red wine</i> (0.64 kg), sīpoli / <i>onion</i> (0.45 kg), etiķis / <i>vinegar</i> (0.27 kg), ķiploki / <i>garlic</i> (0.17 kg), sāls / <i>salt</i> (0.10 kg), garšvielu maisījums šašlikam* / <i>spice mix for grilled meat*</i> (0.07 kg)
Majonēzes / Mayonnaise (B)	1 B	Majonēze / <i>mayonnaise</i> (1.48 kg), sāls / <i>salt</i> (0.09 kg), melnie pipari / <i>black pepper</i> (0.03 kg)
	2 B	Majonēze / <i>mayonnaise</i> (1.48 kg), garšvielu maisījums šašlikam* / <i>spice mix for grilled meat*</i> (0.12 kg)
	3 B	Majonēze / <i>mayonnaise</i> (1.48 kg), sinepes / <i>mustard</i> (0.39 kg), sāls / <i>salt</i> (0.09 kg)
	4 B	Majonēze / <i>mayonnaise</i> (1.48 kg), sāls / <i>salt</i> (0.09 kg), timiāns / <i>thyme</i> (0.07 kg), melnie pipari / <i>blackpepper</i> (0.04 kg), kadiķogas / <i>juniper berries</i> (0.01 kg)
	5 B	Majonēze / <i>mayonnaise</i> (1.48 kg), ķiploki / <i>garlic</i> (0.22 kg), sāls / <i>salt</i> (0.09 kg), paprikas pulveris / <i>powder of red sweet pepper</i> (0.03 kg), melnie pipari / <i>black pepper</i> (0.01 kg)
Tomātu mērce / Tomato sauce (C)	1 C	Tomātu mērce / <i>tomato sauce</i> (2.58 kg), citroni / <i>lemon</i> (1.01 kg), sāls / <i>salt</i> (0.09 kg), etiķis / <i>vinegar</i> (0.08 kg), melnie pipari / <i>black pepper</i> (0.03 kg)
	2 C	Tomātu mērce / <i>tomato sauce</i> (2.61 kg), ķiploki / <i>garlic</i> (0.29 kg), sāls / <i>salt</i> (0.09 kg), melnie pipari / <i>black pepper</i> (0.01 kg)
	3 C	Tomātu mērce / <i>tomato sauce</i> (1.34 kg), majonēze / <i>mayonnaise</i> (1.29 kg), sīpoli / <i>onion</i> (0.70 kg), ķiploki / <i>garlic</i> (0.23 kg), sāls / <i>salt</i> (0.09 kg), melnie pipari / <i>black pepper</i> (0.01 kg)
	4 C	Tomātu mērce / <i>tomato sauce</i> (2.58 kg), sāls / <i>salt</i> (0.09 kg), timiāns / <i>thyme</i> (0.02 kg), melnie pipari / <i>black pepper</i> (0.01 kg), kadiķogas / <i>juniper berries</i> (0.01 kg)
	5 C	Tomātu mērce / <i>tomato sauce</i> (2.58 kg), citroni / <i>lemon</i> (1.03 kg), garšvielu maisījums šašlikam* / <i>spice mix for grilled meat*</i> (0.12 kg), sāls / <i>salt</i> (0.09 kg)
Etiķa / Vinegar (D)	1 D	Etiķis / <i>vinegar</i> (1.20 kg), sīpoli / <i>onion</i> (1.18 kg), citroni / <i>lemon</i> (0.97 kg), sāls / <i>salt</i> (0.09 kg)
	2 D	Etiķis / <i>vinegar</i> (1.20 kg), sīpoli / <i>onion</i> (1.18 kg), ķiploki / <i>garlic</i> (0.26 kg), sāls / <i>salt</i> (0.09 kg), melnie pipari / <i>black pepper</i> (0.01 kg)
	3 D	Etiķis / <i>vinegar</i> (1.20 kg), sīpoli / <i>onion</i> (1.18 kg), sāls / <i>salt</i> (0.09 kg), timiāns / <i>thyme</i> (0.02 kg), melnie pipari / <i>black pepper</i> (0.01 kg), kadiķogas / <i>juniper berries</i> (0.01 kg)
	4 D	Etiķis / <i>vinegar</i> (1.23 kg), sīpoli / <i>onion</i> (1.18 kg), sāls / <i>salt</i> (0.09 kg), paprikas pulveris / <i>powder of red sweet paprika</i> (0.04 kg), melnie pipari / <i>black pepper</i> (0.01 kg)
	5 D	Etiķis / <i>vinegar</i> (1.20 kg), tomātu mērce / <i>tomato sauce</i> (1.16 kg), majonēze / <i>mayonnaise</i> (1.09 kg), citroni / <i>lemon</i> (1.06 kg), garšvielu maisījums šašlikam* / <i>spice mix for grilled meat*</i> (0.12 kg)

* garšvielu maisījums šašlikam – sastāvdaļas: sāls, sīpoli, saldā paprika, pētersīļi, baziliks, melnie pipari, rozmarīns / *spice mix for grilled meat – ingredients: salt, onion, red sweet pepper, parsley, basil, black pepper, rosemary*

Katram marinādes veidam papildus izveidoti pieci varianti. Lai turpmākajiem pētījumiem no katra marinādes veida izvēlētos vienu variantu, izmantojot

emocionālo metožu hēdonisko skalu, noteica katra parauga patikšanas pakāpi. Marināžu receptūras, kg 10 kg⁻¹ gaļas, apkopotas 4. tabulā.



3. att. Staltbriežu gaļas majonēzes marinādē patikšanas pakāpe /
Fig. 3. The degree of preference of venison in mayonnaise marinade

Apkopojojot vērtētāju izteiktos komentārus un piezīmes, turpmākajiem pētījumiem izvēlētas marinādes 5A (sastāvs: sarkanvīns, sīpoli, etiķis, ķiploki, garšvielu maisījums šašlikam (sastāvdaļas: sāls, sīpoli, saldā paprika, pētersīļi, baziliks, melnie pipari, rozmarīns) un sāls), 2B (sastāvs: majonēze un garšvielu maisījums šašlikam), 5C (sastāvs: tomātu mērce, citroni, garšvielu maisījums šašlikam un sāls) un 5D (sastāvs: etiķis, tomātu mērce, majonēze, citroni, garšvielu maisījums šašlikam). Staltbriežu gaļas majonēzes marinādē patikšanas pakāpe attēlota 3. attēlā.

Marinētas gaļas kvalitātes rādītāju izvērtējums

Promocijas darbā aizstāvamā tēze ir: marinādes sastāvam un vides sastāvam iepakojumā ir būtiska nozīme staltbriežu gaļas kvalitātes saglabāšanā.

5. tabula / Table 5

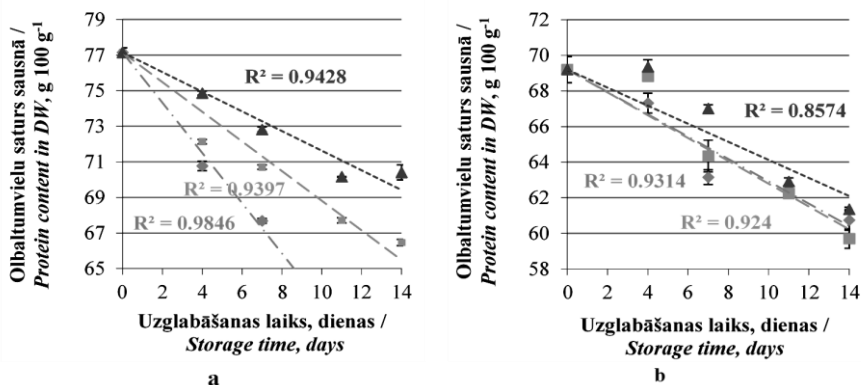
Ieteicamais marinētas gaļas derīguma termiņš /
The recommended shelf life of marinated meat

Marinādes veids / Type of marinade	Iepakošanas tehnoloģija / Packaging technology					
	Gaisa vide / Air ambiance		Aizsarggāzu vide (40% CO ₂ + 60% N ₂) / MAP		Aizsarggāzu vide kombinācijā ar skābekļa absorbentu / MAP with oxygen absorber	
	Staltbriežu gaļa / Venison	Liellopu gaļa / Beef	Staltbriežu gaļa / Venison	Liellopu gaļa / Beef	Staltbriežu gaļa / Venison	Liellopu gaļa / Beef
Uzglabāšanas laiks, dienas / Storage time, days						
Sarkanvīna / Red wine	11	11	14	14	14	14
Majonēzes / Mayonnaise	7	14	14	14	14	14
Tomātu mērces / Tomato sauce	7	11	14	11	14	14
Etiķa / Vinegar	11	11	11	11	11	11

Lai to pierādītu, ir veikts vispusīgs dažādi marinētas staltbriežu gaļas fizikālo, ķīmisko un mikrobioloģisko rādītāju izvērtējums pirms marinēšanas, pēc marinēšanas un uzglabāšanas laikā gaisa vidē, aizsarggāzu vidē un aizsarggāzu vidē kombinācijā ar skābekļa absorbentu. Noteikti jāatzīmē, ka sākotnējais staltbriežu gaļas mikrobioloģiskais kontaminācijas līmenis ietekmē marinētas gaļas derīguma termiņu. Eksperimentāli noteiktais 4 ± 2 °C uzglabātas marinētas staltbriežu un liellopu gaļas ieteicamais derīguma termiņš redzams 5. tabulā.

Olbaltumvielu un mitruma saturs, kā arī sīkstums uzglabāšanas laikā samazinājās visās četrās marinādēs marinētajos staltbriežu un liellopu gaļas paraugos, un, lai arī iepakojuma vide šīs izmaiņas būtiski neietekmē, tomēr lēnāk minēto rādītāju izmaiņas notiek gaļas paraugos, kas iepakoti aizsarggāzu vidē kombinācijā ar skābekļa absorbentu.

Olbaltumvielu saturs. Piemēram, pēc marinēšanas majonēzes marinādē staltbriežu un liellopu gaļas paraugos olbaltumvielu saturs samazinājās attiecīgi par 16,42% un 22,66%, kas ir būtiski ($p=0,000$ un $p=0,000$). Eksperimentāli ir noteikts, ka olbaltumvielu saturs analizējamos gaļas paraugos (4. att.) uzglabāšanas laikā samazinājās ($p<0,05$). Gaļas marinēšanai izmantotās marinādes galvenā sastāvdaļa – majonēze – būtiski palielina ($p<0,05$) tauku saturu gaļā, līdz ar to palielinās arī kopējais sausnas saturs, kas rezultātā dod proporcionāli mazāku olbaltumvielu saturu.



4. att. Olbaltumvielu satura dinamika staltbriežu (a) un liellopu (b) gaļā majonēzes marinādē uzglabāšanas laikā /

Fig. 4. The dynamics of protein content in venison (a) and beef (b) in mayonnaise marinade during storage

◆ - gaisa vidē / air ambience; ■ - CO₂ 40%+N₂ 60%; ▲ - CO₂ 40%+N₂ 60% (ar skābekļa absorbentu) / with oxygen absorber

Pēc septiņām uzglabāšanas dienām gaisa vidē olbaltumvielu saturs marinētā staltbriežu gaļā izmainījās par 12,26%, marinētā liellopu gaļā pēc 14 uzglabāšanas dienām par 12,21%, kas ir ļoti līdzīgi. Uzglabājot marinētas gaļas paraugus

aizsarggāzu vidē, pēc 14 uzglabāšanas dienām olbaltumvielu saturs izmainījās par 13,84%, liellopu gaļā par 13,71% ($p=0,000$; $p=0,000$). Uzglabājot marinētas gaļas paraugus aizsarggāzu vidē kombinācijā ar skābekļa absorbentu, pēc 14 dienām olbaltumvielu saturs marinētas staltbriežu gaļas paraugos izmainījās par 8,75%, kas nav būtiski ($p=0,989$), liellopu gaļā par 11,33% ($p=0,000$). Olbaltumvielu satura izmaiņas marinētas gaļas paraugos iepakojuma vide būtiski neietekmē ($p=0,672$ un $p=0,837$), tomēr lēnākas olbaltumvielu satura izmaiņas konstatētas gaļas paraugos, kas iepakoti aizsarggāzu vidē kombinācijā ar skābekļa absorbentu.

Mitruma saturs. Mitruma saturs produktā nosaka tā noturību uzglabāšanas laikā – palielinoties mitrumam, intensīvāk norit oksidēšanās procesi, izveidojas labvēlīgi apstākļi mikroorganismu attīstībai. Ūdens saturs gaļas muskuļaudos ir apgriezti proporcionāls pārējo uzturvielu saturam. Jo lielāks ir ūdens saturs muskuļaudos, jo attiecīgi mazāku masas daļu veido pārējās uzturvielas – olbaltumvielas, tauki, ogļhidrāti un minerālvielas. Daļa muskuļaudos esošā ūdens ir saistīta ar olbaltumvielām, ogļhidrātiem un lipīdiem (Feiner, 2006).

Atdzesētas staltbriežu un liellopu gaļas mitruma saturs ir attiecīgi $75,80\pm 0,41\%$ un $75,50\pm 0,63\%$. Piemēram, pēc marinēšanas sarkanvīna marinādē marinētu gaļas paraugu mitruma saturs samazinājās nebūtiski ($p=0,422$ un $p=0,975$). Veicot iegūto eksperimentālo datu matemātisko apstrādi, noteikts, ka pētījumos izmantotās iepakojuma vides būtiski neietekmēja ($p>0,05$) mitruma satura izmaiņas gaļas paraugos uzglabāšanas laikā. Pēc 11 uzglabāšanas dienām gaisa vidē mitruma saturs marinētā staltbriežu gaļā samazinājās no $75,04\pm 0,41\%$ līdz $73,81\pm 0,11\%$ ($p=0,849$), liellopu gaļā – no $69,05\pm 0,40\%$ līdz $68,12\pm 0,07\%$ ($p=0,803$). Aizsarggāzu vidē 14 dienu uzglabāšanas laikā marinētā staltbriežu gaļā mitruma saturs samazinājās līdz $74,17\pm 0,12\%$ ($p=0,733$), liellopu gaļā līdz $67,88\pm 0,10\%$ ($p=0,847$). Mitruma saturs staltbriežu gaļā, iepakotā aizsarggāzu vidē kombinācijā ar skābekļa absorbentu, samazinājās līdz $74,33\pm 0,85\%$ ($p=0,299$), liellopu gaļā līdz $68,10\pm 0,14\%$ ($p=0,756$). Mitruma satura samazināšanās gaļas paraugos uzglabāšanas laikā skaidrojama ar gaļas ūdens saistīšanas spēju, kas atkarīga no olbaltumvielās esošo hidrofilo grupu skaita, kas saista ūdeni. Jo lielāka starpība starp vides pH un gaļas olbaltumvielu izoelektrisko punktu (pH 5,2–5,4), jo augstāka ir gaļas ūdens saistīšanas spēja (Лисицын *и др.*, 2008). pH marinētas gaļas paraugos uzglabāšanas laikā (5,20–5,25 staltbriežu gaļai; 4,98–5,21 liellopu gaļai) tuvojās gaļas olbaltumvielu izoelektriskajam punktam, kad gaļas ūdens saistīšanas spēja ir viszemākā.

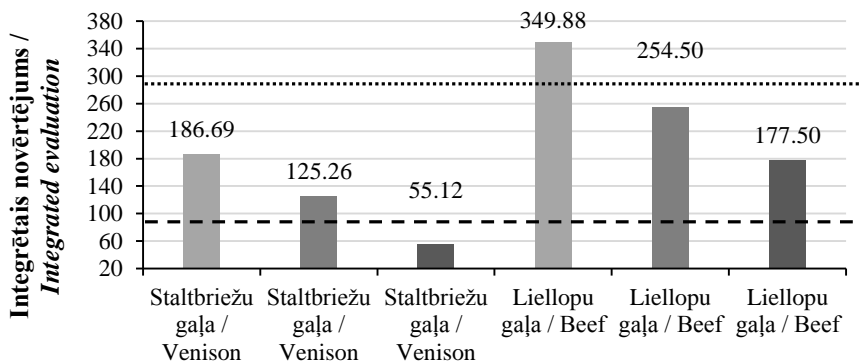
Pēc, piemēram, marinēšanas etiķa marinādē staltbriežu un liellopu gaļas paraugu **sīkstums** samazinājās, proti, tie kļuva mīkstāki ($p=0,099$; $p=0,061$), jo zems pH (etiķa marinādes pH ir $3,30\pm 0,01$) veicina gaļas saistaudu sadalīšanos. Uzglabāšanas laikā marinētas gaļas sīkstums turpināja samazināties ($p>0,05$), tomēr izmantotā iepakojuma vide to būtiski neietekmēja ($p>0,05$). Marinētas staltbriežu gaļas sīkstums 11 dienu uzglabāšanas laikā gaisa vidē samazinājās no $41,21\pm 7,18$ N līdz $35,85\pm 3,66$ N (par 13,01%), aizsarggāzu vidē – līdz $35,09\pm 6,27$ N (par 14,85%), aizsarggāzu vidē kombinācijā ar skābekļa absorbentu – līdz $34,65\pm 5,74$ N (par 15,92%). Pēc 11 dienu uzglabāšanas gaisa vidē

iepakotas marinētas liellopu gaļas sīkstums samazinājās no $44,42 \pm 5,68$ N līdz $38,32 \pm 9,44$ N (par 13,73%), aizsarggāzu vidē – līdz $38,02 \pm 7,58$ N (par 14,41%), aizsarggāzu vidē kombinācijā ar skābekļa absorbentu – līdz $37,93 \pm 8,05$ N (par 14,61%). Optimālais pH katepsīnu aktivitātei ir 3,5–5,0. Analizētajos gaļas paraugos pH ir 4,41–4,79 (staltbriežu gaļa) un 4,26–4,41 (liellopu gaļa). Katepsīni katalizē olbaltumvielu proteolīzi (noārdīšanos), un rezultātā gaļa kļūst mīkstāka (Zochowska-Kujawska *et al.*, 2012; Burke, Monahan, 2003).

Uzglabāšanas laikā marinētas gaļas paraugos pētījumā noteiktais kopējais un neaizstājamo aminoskābju saturs, tauku saturs, pH un krāsas komponentes L* vērtība būtiski nemainās ($p > 0,05$), savukārt krāsas komponentes a* vērtība būtiski atšķiras gaisa vidē un aizsarggāzu vidē un to kombinējot ar skābekļa absorbentu iepakotajos gaļas paraugos.

Marinētas gaļas kvalitātes integrētais novērtējums

Lai novērtētu pētījumā izmantotās staltbriežu un liellopu gaļas kvalitāti uzglabāšanas laikā četrās marinādēs trīs dažādos iepakojuma veidos – gaisa vide, aizsarggāzu vide un aizsarggāzu vide kombinācijā ar skābekļa absorbentu –, veikts integrētais novērtējums, pamatojoties uz gaļas olbaltumvielu, aminoskābju, tauku un mitruma saturu, pH, krāsas komponentu L*, a* b* vērtību, sīkstumu un mikrobioloģiskajiem rādītājiem (MAFAM, *Enterobacteriaceae* dzimtas baktēriju un proteolītisko baktēriju skaitu). Staltbriežu un liellopu gaļas kvalitātes rādītāji salīdzināti uzglabāšanas laika sākumā un beigās.



5. att. Staltbriežu un liellopu gaļas etiķa marinādē integrētā novērtējuma rezultāti /

Fig. 5. The results of integrated evaluation of venison and beef in vinegar marinade

■ gaisa vide / air ambiance ■ CO₂ 40%+N₂ 60%
 ■ CO₂ 40%+N₂ 60% (ar skābekļa absorbentu / with oxygen absorber)
 - - - $IT_{vid-s} = 89,26$ $IT_{vid+s} = 293,73$

Integrētā novērtējuma (IT) vērtība raksturo gaļas kvalitātes rādītāju vērtējuma novirzes no optimālajām vērtībām, tāpēc mazākā IT vērtība atbilst mazākajām gaļas kvalitātes rādītāju izmaiņām uzglabāšanas laikā.

Mazākā IT vērtība norāda, ka uzglabāšanas laikā kvalitātes rādītāji nav būtiski mainījušies staltbriežu gaļas paraugos, kas iepakoti aizsarggāzu vidē kombinācijā ar skābekļa absorbentu (55,12), savukārt liellopu gaļas kvalitāte uzglabāšanas laikā gaisa vidē ir būtiski pasliktinājusies (349,88), kā piemērs tiek apskatīts staltbriežu un liellopu gaļas etiķa marinādē integrētais novērtējums (5. att.).

Izvērtējot pētījumā izmantotās gaļas kvalitāti uzglabāšanas laikā četrās marinādēs trīs dažādos iepakojuma veidos – gaisa vidē, aizsarggāzu vidē un aizsarggāzu vidē kombinācijā ar skābekļa absorbentu –, noteikts, ka marinētas staltbriežu gaļas kvalitāti uzglabāšanas laikā vislabāk iespējams saglabāt, iepakojot to aizsarggāzu vidē kombinācijā ar skābekļa absorbentu, savukārt marinētas liellopu gaļas kvalitāti uzglabāšanas laikā nav iespējams saglabāt nemainīgu nevienā no iepakojuma vidēm.

Gaļas kaltēšana mikroviļņu-vakuuma kaltē

Kaltēšanas parametru izvēle gaļas apstrādei mikroviļņu-vakuuma kaltē. Gaļas kaltēšana ir viens no senākajiem cilvēcei zināmajiem pārtikas konservēšanas veidiem (Bowser *et al.*, 2009), un turpmākajiem pētījumiem tā tika izvēlēta kā metode, kas ļautu izstrādāt jaunu produktu uzkodai ar pagarinātu derīguma termiņu.

6. tabula / Table 6

Marinādes receptūra kaltētai gaļai, kg 10 kg⁻¹ gaļas / Recipe of marinade for dry meat, kg 10 kg⁻¹ of meat

Marinādes veids / Type of marinade	Marinādes sastāvs / Composition of marinades
Marināde kaltētai gaļai bez nātrija monofosfāta / Marinade for dried meat without sodium monophosphate	Terijaki mērce / teriyaki sauce (1.14 kg), saldskābā mērce / sweet and sour sauce (0.36 kg), tako mērce / taco sauce (0.21 kg), sojas mērce / soy sauce (0.15 kg), amerikāņu BBQ mērce ar dūmu aromātu / American BBQ sauce hickory (0.15 kg), sezama eļļa / sesame oil (0.07 kg), ķiploks / garlic (0.06 kg), ķiploku sāls / garlic salt (0.04 kg), tabasco sarkano piparu mērce / tabasco red pepper sauce (33 pilieni / drops)
Marināde kaltētai gaļai ar nātrija monofosfātu / Marinade for dried meat with sodium monophosphate	Terijaki mērce / teriyaki sauce (1.14 kg), saldskābā mērce / sweet and sour sauce (0.36 kg), tako mērce / taco sauce (0.21 kg), sojas mērce / soy sauce (0.15 kg), amerikāņu BBQ mērce ar dūmu aromātu / American BBQ sauce hickory (0.15 kg), sezama eļļa / sesame oil (0.07 kg), ķiploks / garlic (0.06 kg), nātrija monofosfāts / sodium monophosphate (0.03 kg), ķiploku sāls / garlic salt (0.01 kg), tabasco sarkano piparu mērce / tabasco red pepper sauce (33 pilieni / drops)

Ekspierimentu sākumposmā gaļas marinēšanai pirms kaltēšanas izmantotas četras iepriekš izveidotās marinādes (sarkanvīna, majonēzes, tomātu mērces un etiķa). Sākot marinētas gaļas kaltēšanas ekspierimentu mikroviļņu-vakuuma kaltē, konstatēts, ka šīs marinādes nav piemērotas, jo marinādes konsistence ir pārāk šķidra un gaļas gabali salīp. Zinātniskajā literatūrā minēts (Ingham *et al.*, 2006; Choi *et al.*, 2008; Borowski *et al.*, 2009; Dierschke *et al.*, 2010), ka gaļas

marinēšanai pirms kaltēšanas biežāk izmanto terijaki mērci, sojas mērci, kīplokus u.c., tāpēc tika izveidota jauna marinādes receptūra (skatīt 6. tabulu).

Papildus, lai uzlabotu gaļas struktūrmehāniskās īpašības pēc kaltēšanas, proti, saglabātu to mīkstu, marinādei pievienoja nātrija monofosfātu (1,2% kopējā marinādes daudzuma). Gaļas marinādēm bez nātrija monofosfāta un ar to pēc sagatavošanas noteikts pH, kas ir attiecīgi $4,04 \pm 0,01$ un $5,41 \pm 0,06$.

Eksperimentāli ir pētīti trīs marinētas gaļas kaltēšanas režīmi mikroviļņu-vakuuma kaltē *MUSSON-I*, pamatojoties uz maksimālās un minimālās mikroviļņu enerģijas izmantošanas iespējām (7. tabula). Katrā režīmā kaltēšanas kamerā ievieto $\sim 2,5$ kg marinētas gaļas.

7. tabula / Table 7

**Kaltēšanas režīmu tehnoloģiskie parametri /
Technological parameters of drying regimes**

Parametri / Parameters	Kaltēšanas režīms / Drying regime		
	1.	2.	3.
Kopējais kaltēšanas ilgums, min / Total drying time, min	34.21	32.24	32.12
1. posms / Stage 1	4 magnetroni / 4 magnetrons 882 kJ	4 magnetroni / 4 magnetrons 1050 kJ	4 magnetroni / 4 magnetrons 1134 kJ
2. posms / Stage 2	3 magnetroni / 3 magnetrons 798 kJ	3 magnetroni / 3 magnetrons 840 kJ	3 magnetroni / 3 magnetrons 966 kJ
3. posms / Stage 3	2 magnetroni / 2 magnetrons 798 kJ	2 magnetroni / 2 magnetrons 546 kJ	2 magnetroni / 2 magnetrons 504 kJ
4. posms / Stage 4	1 magnetron / 1 magnetron 420 KJ	1 magnetron / 1 magnetron 420 KJ	1 magnetron / 1 magnetron 378 KJ
Kopējais pievadītās enerģijas daudzums / Total amount of energy	2898 kJ	2856 kJ	2982 kJ

Analizējot pētāmos kaltēšanas režīmus, proti, pievadītās enerģijas daudzumu, noteikts, ka ekonomiskāks ir 2. kaltēšanas režīms, kurā patērētās enerģijas daudzums ir par $\sim 2\%$ mazāks, nekā kaltējot gaļu 1. režīmā, un par $\sim 4\%$ mazāks, nekā kaltējot gaļu 3. režīmā.

Jāatzīmē, ka pievadītās enerģijas daudzums ir atkarīgs no kaltējamā materiāla masas kamerā vienā darba ciklā, proti, jo vairāk gaļas ievieto kamerā, jo vairāk mikroviļņu enerģijas būs jāpievada un ilgāks kaltēšanas laiks būs nepieciešams.

Kaltētas gaļas kvalitātes rādītāju dinamika uzglabāšanas laikā. Lai pierādītu promocijas darba aizstājamo tēzi, proti, mikroviļņu-vakuuma kaltē kaltētas staltbriežu gaļas bioloģiskā vērtība uzglabāšanas laikā būtiski nemainās, veikts vispusīgs fizikālo, ķīmisko un mikrobioloģisko rādītāju izvērtējums gaļai, kas 4 mēnešus uzglabāta vakuumpakojumā polimēra plēves (PA/PE) maisīņos ar barjerīpašībām 18 ± 1 °C tumsā. Kaltētas staltbriežu gaļas paraugu bez nātrija monofosfāta un ar to mitruma saturs ir attiecīgi $25,08 \pm 0,66\%$ un $34,78 \pm 0,60\%$,

savukārt kaltētas liellopu gaļas paraugu bez nātrija monofosfāta un ar to mitruma saturs ir attiecīgi $24,80 \pm 0,47\%$ un $33,16 \pm 0,10\%$.

Eksperimentāli noteikts, ka vakuumpakojumā polimēra plēves (PA/PE) maisīnos ar barjerīpašībām iepakotas un 18 ± 1 °C tumsā uzglabātas kaltētas staltbriežu un liellopu gaļas ar nātrija monofosfātu derīguma termiņš ir 91 diena, bez nātrija monofosfāta – 112 dienas. Kā jau minēts, analizēto produktu uzglabāšanas laiku ietekmē mitruma saturs pēc kaltēšanas, kas ir augstāks marinētas gaļas paraugos ar nātrija monofosfātu.

Kaltētas staltbriežu un liellopu gaļas paraugos pH, olbaltumvielu, tauku un mitruma saturs uzglabāšanas laikā būtiski nemainās, salīdzinot ar tikko kaltētas gaļas fizikāli ķīmiskajiem rādītājiem. Būtiski izmainījusies gaļas krāsa un sīkstums.

Krāsas komponentes L^* vērtība marinētai gaļai ar nātrija monofosfātu ir augstāka nekā gaļai bez nātrija monofosfāta, tomēr atšķirības nav būtiskas ($p > 0,05$). Marinētas staltbriežu gaļas bez nātrija monofosfāta krāsas komponentes L^* vērtība ir $30,66 \pm 1,60$, ar nātrija monofosfātu – $31,37 \pm 2,05$. Marinētas liellopu gaļas bez nātrija monofosfāta krāsas komponentes L^* vērtība ir $31,56 \pm 2,23$, ar nātrija monofosfātu – $33,13 \pm 2,71$. Kā minēts zinātniskajā literatūrā, fosfātu izmantošanas rezultātā palielinās gaļas pH vērtība (Sheard, Tali, 2004; Murphy, Zerby, 2004). Optimālais pH stabilizē arī gaļas krāsu. Sarkano krāsu gaļai piešķir tajā esošais mioglobīns, bet jau pēc dažu stundu saskares ar gaisu vai termiskās apstrādes laikā gaļa kļūst brūna vai pelēki brūna, jo izveidojas metmioglobīns. Stabilizējot gaļas krāsu, tiek novērsta metmioglobīna veidošanās. Pēc kaltēšanas gaļas krāsas komponentes L^* vērtība būtiski nemainās ($p > 0,05$), tomēr tā samazinās – gaļa kļūst tumšāka, kas galvenokārt skaidrojams ar mitruma izvadīšanu no produkta starpšūnu telpām, kas veicina gaļas melnēšanu. Pretēji rezultāti iegūti, pētot krāsas komponentes L^* vērtības izmaiņas uzglabāšanas laikā, proti – tā palielinās, kas skaidrojams ar iespējamo iepakojuma materiālu nelielo mitruma caurlaidību, kā rezultātā gaļas mitruma saturs palielinās ($p > 0,05$) un krāsa kļūst nedaudz gaišāka. Veicot iegūto eksperimentālo datu matemātisko apstrādi, noteiktas būtiskas atšķirības ($p < 0,05$) pētāmās krāsas komponentes vērtībā kaltētas gaļas paraugos bez nātrija monofosfāta un ar nātrija monofosfātu, tos uzglabājot ilgāku laiku. No iegūtajiem rezultātiem var secināt, ka nātrija monofosfāts stabilizē kaltētas gaļas paraugu krāsu, kas nav novērojams paraugos bez nātrija monofosfāta.

Krāsas komponentes a^* vērtība marinētai gaļai bez nātrija monofosfāta ir zemāka nekā marinētai gaļai ar nātrija monofosfātu, bet atšķirības nav būtiskas ($p > 0,05$). Marinētas staltbriežu gaļas bez nātrija monofosfāta a^* vērtība ir $5,03 \pm 2,67$, ar nātrija monofosfātu – $6,93 \pm 2,71$. Marinētas liellopu gaļas bez nātrija monofosfāta a^* vērtība ir $5,75 \pm 3,81$, ar nātrija monofosfātu – $6,32 \pm 1,48$.

Pēc kaltēšanas marinētas staltbriežu gaļas paraugos bez nātrija monofosfāta un ar to krāsas komponentes a^* vērtība palielinājās attiecīgi par $37,05\%$ un $17,99\%$, kas ir būtiski ($p = 0,024$; $p = 0,047$); savukārt marinētas liellopu gaļas paraugu krāsas komponentes a^* vērtība palielinājās attiecīgi par $10,44\%$ un $15,28\%$, kas arī ir būtiski ($p = 0,004$; $p = 0,045$). Eksperimentāli atrastās izmaiņas skaidrojamas ar

mitruma satura izmaiņām pēc kaltēšanas – samazinoties gaļas mitruma saturam, gaļa kļūst tumšāka un sarkanāka.

Kaltētas staltbriežu gaļas bez nātrija monofosfāta krāsas komponentes vērtība a^* pēc 112 uzglabāšanas dienām samazinājās par 30,54% (kas ir būtiski $p=0,001$), savukārt kaltētas staltbriežu gaļas ar nātrija monofosfātu a^* vērtība pēc 91 uzglabāšanas dienas samazinājās par 27,10%, kas arī ir būtiski ($p=0,000$). Kaltētas liellopu gaļas bez nātrija fosfāta krāsas komponentes a^* vērtība uzglabāšanas laikā samazinājās par 47,98% (kas ir būtiski $p=0,000$), savukārt kaltētas liellopu gaļas ar nātrija monofosfātu – par 33,91%, kas arī ir būtiski ($p=0,007$). Krāsas komponentes a^* vērtības samazināšanos var skaidrot ar metmioglobīna veidošanos uzglabāšanas laikā.

Marinētas staltbriežu gaļas bez nātrija monofosfāta krāsas komponentes b^* vērtība ir $15,77 \pm 5,96$, ar nātrija monofosfātu – $14,79 \pm 7,10$. Marinētas liellopu gaļas bez nātrija monofosfāta krāsas komponentes b^* vērtība ir $22,74 \pm 4,21$, ar nātrija monofosfātu – $20,89 \pm 7,88$. Būtiskas atšķirības krāsas komponentes b^* vērtībā marinētas gaļas paraugos bez nātrija monofosfāta un ar to konstatētas netika ($p > 0,05$).

Pēc kaltēšanas marinētas staltbriežu gaļas paraugos bez nātrija monofosfāta un ar to krāsas komponentes b^* vērtība būtiski samazinājās par 60,75% un 65,99% ($p=0,006$; $p=0,021$), tomēr būtiski neatšķiras starp paraugiem bez nātrija monofosfāta un ar nātrija monofosfātu ($p > 0,05$). Savukārt pēc kaltēšanas marinētas liellopu gaļas paraugos bez nātrija monofosfāta un ar to krāsas komponentes b^* vērtība samazinājās par 48,01% un 45,14%, kas arī ir būtiski ($p=0,012$; $p=0,006$). Tā kaltētas staltbriežu gaļas bez nātrija monofosfāta krāsas komponentes b^* vērtība ir $6,19 \pm 7,30$, ar nātrija monofosfātu – $5,03 \pm 4,64$, savukārt pēc kaltēšanas liellopu gaļas bez nātrija monofosfāta krāsas komponentes b^* vērtība ir $11,81 \pm 6,29$, ar nātrija monofosfātu – $11,46 \pm 6,57$.

Uzglabāšanas laikā kaltētas staltbriežu gaļas krāsas komponentes b^* vērtība būtiski samazinājās – par 26,98% paraugos bez nātrija monofosfāta ($p=0,000$) un par 20,87% paraugos ar nātrija monofosfātu ($p=0,009$), kā arī atšķiras starp gaļas paraugiem bez nātrija monofosfāta un ar to ($p < 0,05$). Kaltētas liellopu gaļas krāsas komponentes b^* vērtība uzglabāšanas laikā, lai arī būtiski samazinājās – par 36,58% paraugos bez nātrija monofosfāta ($p=0,001$) un par 33,68% paraugos ($p=0,001$) ar nātrija monofosfātu –, starp gaļas paraugiem bez nātrija monofosfāta un ar to būtiski neatšķiras ($p > 0,05$). Kaltētas gaļas paraugos ar nātrija monofosfātu krāsas komponentes b^* vērtība ir zemāka nekā gaļas paraugos bez nātrija monofosfāta, jo arī marinētas gaļas ar nātrija monofosfātu b^* vērtība ir zemāka.

Gaļas sīkstums. Eksperimentāli ir noteikts, ka ar nātrija monofosfātu marinēta gaļa ir mīkstāka nekā gaļa, kas marinēta bez nātrija monofosfāta ($p < 0,05$). Pētījumos noteikts, ka marinētas staltbriežu gaļas bez nātrija monofosfāta sīkstums ir $23,42 \pm 6,72$ N, ar nātrija monofosfātu – $16,20 \pm 1,13$ N. Savukārt marinētas liellopu gaļas bez nātrija monofosfāta sīkstums ir $25,50 \pm 4,65$ N, ar nātrija monofosfātu – $17,15 \pm 2,04$ N.

Pēc kaltēšanas gaļas sīkstums būtiski palielinājās ($p < 0,05$), jo samazinājās mitruma saturs, un rezultātā izmainījās gaļas struktūrmehāniskās īpašības. Kaltētas staltbriežu gaļas bez nātrija fosfāta sīkstums palielinājās līdz $120,77 \pm 7,71$ N, ar nātrija fosfātu – līdz $95,33 \pm 9,46$ N. Kaltētas liellopu gaļas bez nātrija fosfāta sīkstums ir $131,22 \pm 8,07$ N, ar nātrija fosfātu – $109,82 \pm 6,16$ N.

Pētījumos ir noteikts, ka uzglabāšanas laikā gaļas sīkstums būtiski palielinājās ($p < 0,05$) gan paraugos bez nātrija monofosfāta, gan paraugos ar nātrija monofosfātu. Tomēr gaļas paraugi ar nātrija monofosfātu ir mīkstāki ($p > 0,05$).

Eksperimentāli ir noteikts, ka ar nātrija monofosfātu ir iespējams nodrošināt kaltētas gaļas krāsu un struktūrmehāniskās īpašības uzglabāšanas laikā. Tādējādi promocijas darbā izvirzītā aizstāvamā tēze, proti – mikroviļņu-vakuuma kaltē kaltētas staltbriežu gaļas bioloģiskā vērtība uzglabāšanas laikā būtiski nemainās, ir pierādīta.

SECINĀJUMI

1. Latvijā nebrīvē audzētu staltbriežu gaļas bioloģiskā vērtība ir augstāka nekā bioloģiskajā lauksaimniecībā audzētu liellopu gaļas bioloģiskā vērtība, bet nav būtiskas atšķirības ($p>0,05$) mitruma, olbaltumvielu, pētījumā noteikto aminoskābju kopējā, vara, dzelzs un mangāna saturā, pH vērtībā un sīkstumā. Nebrīvē audzētu staltbriežu gaļā ir augstāks pētījumā noteikto neaizstājamo aminoskābju (par 18,52%), polinepiesātināto taukskābju (par 79,70%) un cinka (par 91,68%), bet zemāks tauku (par 41,08%) un holesterīna saturs (par 44,69%).
2. Atdzesēta staltbriežu gaļa iepakojumā gaisa vidē, aizsarggāzu vidē (40% CO₂ un 60% N₂) un to kombinējot ar skābekļa absorbentu, uzglabājot 4±2 °C, ir mikrobiāli droša 4 dienas.
3. Lai paplašinātu staltbriežu gaļas izmantošanu pārstrādes produktu ražošanā, eksperimentāli izveidotas četras marinādes staltbriežu gaļas marinēšanai: sarkanvīna, majonēzes, tomātu mērces un etiķa.
4. Pētījumā noteikts, ka marinētas staltbriežu gaļas pārstrādes produktu derīguma termiņš 4±2 °C ir:
 - sarkanvīna marinādē – 11 dienas (gaisa vidē) un 14 dienas (aizsarggāzu vidē un to kombinējot ar skābekļa absorbentu);
 - majonēzes un tomātu mērces marinādē – 7 dienas gaisa vidē, 14 dienas aizsarggāzu vidē un to kombinējot ar skābekļa absorbentu;
 - etiķa marinādē – 11 dienas gaisa vidē, aizsarggāzu vidē un to kombinējot ar skābekļa absorbentu.
5. Marinētas staltbriežu gaļas kvalitāti uzglabāšanas laikā vislabāk iespējams saglabāt, iepakojot to aizsarggāzu vidē kombinācijā ar skābekļa absorbentu.
6. Staltbriežu gaļas (2,5±0,1 kg) optimālie kaltēšanas parametri mikroviļņu-vakuuma kaltē ir: temperatūra – 36±2 °C, darba spiediens kaltes kamerā – 7,5/9,3 kPa, tvertnes rotācijas ātrums – 6 apgr. min⁻¹, kopējais pievadītās enerģijas daudzums – 2856 kJ, kaltēšanas ilgums – 32,24 minūtes.
7. Mikroviļņu-vakuuma kaltē kaltētas staltbriežu gaļas bioloģiskā vērtība, to uzglabājot ar nātrija monofosfātu 91 dienu un bez nātrija monofosfāta – 112 dienas vakuumā polimēra plēves (PE/PE) maisiņos 18±1 °C tumsā, būtiski nemainās.
8. Pētījumā iegūtie dati apstiprina izvirzīto hipotēzi – Latvijā nebrīvē audzētu staltbriežu gaļas kvalitāte dažādos pārstrādes procesos un uzglabāšanas laikā aizsarggāzu vidē un to kombinējot ar aktīvo iepakojumu būtiski nemainās.

TOPICALITY OF THE RESEARCH

Venison from red deer is a dietary product with high biological value. Venison from red deer has lower energetic value; it is lower in calories, cholesterol and fat content compared with beef, pork or mutton (Wiklund *et al.*, 2010). In recent years, consumer demand for low-fat meat has gained an increasing popularity. Deer feed contains no genetically modified nutrients, since the production volumes of venison from red deer are much lower than pork and poultry, thus, venison is ecologically cleaner and more qualitative product (Hoffman, Wiklund, 2006). It should be noted that meat is a product likely to spoil faster and it has a relatively short shelf-life. Therefore, meat freezing and marinating are the most frequently applied methods enhancing its storage time. Traditionally, meat is marinated by soaking and injecting it into a solution with low pH value, high concentration of salt, sorbates, benzoates, and various spices to improve meat tenderness and taste, and to extend its shelf-life as well as to inhibit the morbidic microbial growth (Pathania *et al.*, 2010). Already ancient civilisations were familiar with drying of meat as one of the types of food preservation. Jerky was made by slicing meat into narrow strips or tearing meat, and then drying in the sun, wind, or using the fire (Church *et al.*, 2013). Nowadays, dried meat is a popular snack.

Scientific literature indicates that the packaging of products in hermetically sealed bags under modified atmosphere enriched with CO₂ may limit factors perishing meat and its processing products (Jakobsen, Bertelsen, 2004; Smiddy *et al.*, 2002; Jeremiah, 2001). Hence, unacceptable microflora is suppressed on such conditions. Perishing of products may be reduced by preventing the growth of microorganisms. However, the MAP technologies do not always completely remove oxygen (100%) from the packaging, thus, it contains between 1.0 and 1.5% of oxygen residues (Gibis, Rieblinger, 2011). Therefore, prior to sealing, oxygen absorber is inserted into the packaging to ensure the complete oxygen removal.

The available scientific literature provides almost no data on the research done in Latvia in relation with the use of venison in production of processed products as well as the impact of modified atmosphere and active packaging on the quality parameters of venison and venison processing products during storage.

Based on similar animal breeding and keeping conditions as well as similarity in the chemical composition, meat from farmed red deer (venison) is used for the research purposes, while meat from biologically farmed cattle (beef) is used as control sample for comparison of the obtained results and data interpretation. Farmed red deer are raised outside their natural habitat environment and they are kept in a fenced area, while cattle bred in unconventional agriculture are raised in the system of free grazing in an open air and they receive organic food.

Object of the PhD thesis is longest lumbar muscle (*Musculus longissimus lumborum*) of red deer (venison) farmed in Latvia.

After summarising the information available in scientific literature **hypothesis of the PhD thesis** was set as follows – the quality of meat from red deer farmed in

Latvia does not significantly change during various processings and storage under the MAP and combined with oxygen absorber.

The research hypothesis was verified with the **thesis** to be defended:

- chemical composition and physical parameters of chilled meat from farmed red deer do not significantly differ from the quality parameters of meat from biologically farmed cattle;
- the shelf-life of chilled venison can be extended in sealed modified atmosphere packaging combined with oxygen absorber;
- the composition of marinade and ambiance in packaging play a significant role in preservation of venison quality;
- the biological value of venison dried in a microwave-vacuum drier does not significantly change during storage.

The research **aim** is to investigate the quality of meat from red deer farmed in Latvia in various processings and during storage in modified atmosphere and combined with active packaging.

The following **tasks** have been advanced to achieve the set aim:

- to determine physical, chemical, and microbiological parameters of meat from red deer farmed in Latvia;
- to investigate the changes in physical, chemical, and microbiological parameters of chilled venison during storage in modified atmosphere and combined with active packaging by determining its shelf-life;
- to find solutions for the use of venison in production of processed products;
- to study the changes in physical, chemical, and microbiological parameters of processed venison products during storage in modified atmosphere and combined with active packaging by determining its shelf-life;
- to develop the optimum drying regime for venison processing in a microwave-vacuum drier;
- to investigate dried venison quality parameters during storage under vacuum packaging by determining its shelf-life.

Novelty and scientific significance of the PhD thesis – searched solution for the use of venison in the production of processed products and the maintenance of meat quality and biological value.

Economic significance of the research – after evaluating the application of different venison preparing methods and other food raw materials for the enlargement of production assortment:

- venison processing products are developed and their shelf-life is defined;
- drying regime for processing marinated venison in a microwave-vacuum drier, maximally maintaining the biological value of a ready product is developed.

APPROBATION OF THE RESEARCH

The research results are summarised and published in ten peer-reviewed scientific journals and proceedings in English; two publications are indexed in the database SCOPUS (list on pages 6 and 7).

The research results have been presented at nine international conferences, symposiums and a congress in Belgium, Bulgaria, Italy, Latvia, and Lithuania (list on pages 7 and 8).

Participation in exhibitions: the research results have been presented at the annual international food exhibition “Riga Food 2011, 2012” (page 8).

MATERIALS AND METHODS

Research places

The research has been done in the laboratories of the Faculty of Food Technology, Latvia University of Agriculture between 2010 and 2014:

- colour, tenderness and pH values were analysed, and meat samples were marinated and packaged in the Packaging Material Quality Testing Laboratory;
- moisture content in meat was determined in the Technology Laboratory of Milk and Meat Products;
- contents of protein and fat in meat were determined in the Technology Laboratory of Food Products of Prof. Pēteris Delle;
- total plate count (TPC), the *Enterobacteriaceae* bacteria count, proteolytic bacteria count, and lactic acid bacteria count were determined in the Scientific Laboratory of Microbiology;
- degree of preference of venison products was determined in the Food Sensory Evaluation Laboratory.

Qualitative and quantitative composition of amino acids and fatty acids was analysed and the content of copper, iron, manganese, zinc, and cholesterol in the meat samples was determined in the laboratories of the Research Institute of Biotechnology and Veterinary Medicine “Sigra” of Latvia University of Agriculture.

Materials used in the research

Venison – was obtained from farmed red deer (*Cervus elaphus*) raised on a farm “Saulstari 1” (More parish, Sigulda county).

Beef – was obtained from organically farmed cattle (*Bos primigenius taurus*) raised in “Margret” Ltd (Zasa parish, Jēkabpils county) and used as control for comparison of the obtained results and data interpretation.

Chilled meat samples from the longest lumbar muscle (*Musculus longissimus lumborum*) of red deer and cattle were used in experiments.

Breeding of red deer and cattle in their natural habitat and minimal contact with human is a significant factor. Feeding factors differ from conventional animal

husbandry, especially in feeding organically farmed game animals, since these animals are farmed in large fenced territories covering both forests and meadows. Animals receive additional fodder only in winter.

Red deer for obtaining meat are shot in their natural habitat without previous perturbing them by catching and displacing. The carcass is pre-processed right on the farm and afterwards it is transported to a certified slaughterhouse for further processing, cutting, and chilling. Cattle, in turn, for obtaining meat are caught and transported to a certified slaughterhouse where they are slaughtered and their carcasses are pre-processed, processed, cut, and chilled. The average age of animals is two years.

Description of marinade ingredients: red wine (14% alc. vol., contains sulphites); mayonnaise (sunflower-seed oil, drinking water, egg powder, sugar, egg yolk powder, dry milk, common salt, dry mustard, acidity regulators); tomato sauce (tomato puree (58%), water, sugar, salt, modified starch, acidity regulator, preservatives, spices); table vinegar 9%; spice mix for grilled meat (salt, onion, red sweet pepper, parsley, basil, black pepper, rosemary); black pepper; salt; teriyaki sauce (sugar, soya sauce, water, fructose syrup, vinegar, modified corn starch, salt (2.1%), preservatives, food colouring); sweet and sour sauce (water, sugar, vinegar, pieces of pineapple, modified starch, maltodextrin, iodised salt, paprika, spices, curry, flavourings, thickener, acidity regulator); taco sauce (tomato puree, tomatoes (36%), onion, chilli, modified corn starch, vinegar, salt (1.3%), garlic, other spices); soy sauce (soya bean extract (26%), water, salt sugar, wheat flour); American BBQ sauce hickory (tomato puree, sugar, brown sugar, vinegar, hickory smoke flavouring (2.9%), mustard, salt (1.7%), thickener, garlic, other spices, acidity regulator, food colouring); sesame oil; garlic; garlic salt (salt (80%), garlic powder); tabasco red pepper sauce (vinegar, red pepper, salt); sodium monophosphate (E339).

The research scheme is shown in Figure 1.

Methods for the determination of quality parameters

- **Protein content** was determined under the Kjeldahl method (LVS ISO 937:1978) by means of *Kjeltec 2100* (FOSS, Sweden).
- **Content of amino acids** was determined by the high performance liquid chromatography *Waters Alliance 2695/3100MS/2998FD* (Waters Corporation, USA) under the standard LVS EN ISO 13903:2005.
- **Fat content** was determined under the standard LVS ISO 1443:1973. The determination of fat content is done by means of *SoxCapTM 2047* equipment in combination with *Soxtec* extraction system (FOSS, Sweden).
- **Content of fatty acids (%)** was determined by the high performance liquid chromatography *Waters Alliance 2695/3100MS/2998FD* (Waters Corporation, USA) under the *Aldai et al.* (2006) method.
- **Cholesterol content** was determined by means of the Bloor colorimetric method with a spectrometer.

- **Content of copper, iron, manganese, and zinc** was determined under the atomic absorption spectrometry method LVS EN ISO 6869:2002.
- **Moisture content** was determined under the standard LVS ISO 1442:1997.
- **pH value** was determined under the standard LVS ISO 2917:2004.
- **Determination of colour.** Meat colour was determined by means of colour analyser – colorimeter *Color Tec PCM/PSM* (Accuracy Microsensors Inc., USA).
- **Tenderness of meat** was determined by means of *TA.XT.Plus Texture Analyser* (Stable Microsystems, UK).
- **Preparation of samples for microbiological testing** was done under the standard method LVS EN ISO 6887-2:2004 “Microbiology of Food and Animal Feeding Stuffs - Preparation of Test Samples, Initial Suspension and Decimal Dilutions for Microbiological Examination - Part 2: Specific Rules for the Preparation of Meat and Meat Products”
- **Total plate count (TPC)** was determined under the standard LVS EN ISO 4833:2003 – “Microbiology of Food and Animal Feeding Stuffs - Horizontal Method for the Enumeration of Microorganisms - Colony-count Technique at 30 Degrees C” and the standard LVS EN ISO 4833-1:2014 “Microbiology of the Food Chain - Horizontal Method for the Enumeration of Microorganisms - Part 1: Colony Count at 30 Degrees C by the Pour Plate Technique (ISO 4833-1:2013) using MRS agar (Ref. No 01–140), incubating it at 30 °C for 72 h.
- **Count of the *Enterobacteriaceae* bacteria** was determined under the standard LVS ISO 21528-2:2004 using VRBD agar (Ref. No 01–295), incubating it at 37 °C for 24 h.
- **Count of lactic acid bacteria** was determined under the standard method ISO 9332:2003 using MRS agar (Ref. No 01–135) and incubating it at 37 °C for 72 h.
- **Count of proteolytic bacteria** was determined using skim milk agar and incubating it at 30 °C for 48 h.

Determination of quality parameters at the research stages

The quality parameters of venison and beef determined at different research stages are summarised in Table 1.

Mathematical processing of results

The results of analyses were processed using *SPSS* software *SPSS 14* package and *Microsoft Excel for Windows 7.0*. Data mathematical processing was performed using mathematic statistical methods. The following indexes were calculated for the obtained results: mean and standard deviation. Single factor analysis of variance (ANOVA) (Arhipova, Bălița, 2006) was used for data interpretation. The *p-value* characterises the significance level of the obtained data ($p > 0.05$ – data have no significant difference, $p \leq 0.05$ – data have significant difference).

Single factor analysis of variance and the Tukey's test were used for data analysis of sensory evaluation. The Tukey's test shows the range of samples compliant with preference.

Principles of integrated evaluation

The principle of integrated evaluation (Мартынов, 1987) is applied to evaluate the quality of studied meat (venison and beef) during its storage in four types of marinades in three different types of packaging (air ambience, modified atmosphere, and modified atmosphere in combination with oxygen absorber). The integrated evaluation divides parameters affecting the quality of venison and beef and analysed in the research into three groups: chemical composition, physical parameters, and microbiological parameters. The highest contribution coefficient ($\omega_i=0.5$) was attributed to the group of microbiological parameters, since the count of microorganisms in meat significantly affects its quality and determines the shelf-life. The highest contribution coefficient ($\omega_i=0.55$) is attributed to the total plate count within the group of microbiological parameters, since the total plate count in meat defines the microbiological safety of meat. The contribution coefficient for the group of chemical composition indicators is $\omega_i=0.35$. The highest contribution coefficient ($\omega_i=0.35$) within this group is attributed to the content of proteins. The contribution coefficient attributed to the group of physical parameters is $\omega_i=0.15$, and the highest contribution coefficient ($\omega_i=0.35$) within this group is attributed to the pH value, since it significantly affects the development of microorganisms.

RESEARCH RESULTS AND DISCUSSION

Evaluation of chemical composition and physical parameters of chilled meat

A comprehensive evaluation of experimentally obtained chemical and physical parameters of chilled meat was performed to verify the research thesis to be defended, namely, the chemical composition and physical parameters of chilled meat from farmed red deer do not significantly differ from the quality parameters of meat from biologically farmed cattle.

No significant differences ($p>0.05$) are found experimentally between the studied meat samples in such physically-chemical parameters as the content of moisture, pH values, and protein and the content of total amino acids determined in the research, and the content of copper, iron, and manganese as well as the value of colour parameter L^* and tenderness. The content of essential amino acids and polyunsaturated fatty acids determined in the research is significantly higher in venison compared with beef - by 18.26% and 79.70% respectively. The same refers to the value of colour parameter a^* and the content of zinc compared with beef.

Content of amino acids. The content of total amino acids in venison as determined in the research is 21.75 g 100 g⁻¹ in dry weight, while it is 19.24 g 100 g⁻¹ in dry weight in beef (Table 2).

This means that the content of total amino acids determined in the research is by 11.54% higher in venison compared with beef. Essential amino acids in meat determine the biological value of meat products. Hence, higher content of essential amino acids – valine, leucine, isoleucine, phenylalanine, lysine, threonine, and methionine – determined in the research is found in venison (by 18.62%) compared with the content of essential amino acids determined in the research in beef.

Content of fatty acids. Linoleic acid, palmitic acid, stearic acid, and oleic acid are the governing fatty acids in venison. Higher content of oleic acid, palmitic acid, and stearic acid is found in beef (Table 3). Higher content of total fatty acids in beef explain the obtained results, thus, beef has also higher content of saturated and monounsaturated fatty acids, since saturated fatty acids account for 35-49% of total fatty acids content, while monounsaturated fatty acids account for 24.3-47% of total fatty acids content in meat (Proškina *et al.*, 2013a). The content of polyunsaturated (n-3 and n-6) fatty acids in the analysed venison is significantly higher ($p=0.003$) compared with beef. For example, the content of α -linoleic acid in venison is 4.06%, while it is 1.25% in beef. However, the content of linoleic acid in venison is 5.17 times higher than in beef, which is 17.11% and 3.31% respectively. The region and conditions for animal breeding, different feeding, and well-being conditions mainly explain the differences in the obtained results. The chemical composition of fodder might also influence the content of fatty acids in meat. Oilseed additives in fodder might promote the increase of the content of polyunsaturated fatty acids in meat (Proškina *et al.*, 2013a) (Table 3).

Content of mineral nutrients. The content of zinc in meat from farmed red deer is by 91.68% higher compared with beef, which shows a significant difference ($p=0.001$). It shall be noted that the content of mineral nutrients in meat depends on the age, feed, and well-being conditions of animals as well as the geographical placement of breeding area (Proškina *et al.*, 2013a).

The value of **colour** parameter a^* is 8.44 ± 2.83 in venison and 5.84 ± 2.49 in beef on average. The higher content of myoglobin in venison compared with beef explains these differences, as myoglobin is the main protein providing red colour to meat.

It should be noted that venison has significantly lower content of fat (by 41.08%) and cholesterol (by 44.68%) as well as the value of colour parameter b^* compared with beef.

Fat content. Experimentally, significant differences were detected between the content of fat in venison and beef ($p=0.002$). The content of fat is 5.21 ± 0.40 g 100 g⁻¹ in dry weight (1.26% – in a product) in venison, while it is 1.80% in a product or 7.35 ± 0.31 g 100 g⁻¹ in dry weight in beef. Additives in fodder explain the differences in the content of fat in meat, since the studied meat samples were obtained from animals raised on two different farms. The content of fat in meat for all animal breeds depends on the age and feed of animals (Proškina *et al.*, 2013a).

Cholesterol content. The content of cholesterol is $41.96 \pm 2.46 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ in dry weight in venison, which is significantly lower ($p=0.003$) compared with beef – $60.71 \pm 4.14 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ in dry weight, and it complies with the findings provided in literature, namely, the content of cholesterol in beef is $54.6\text{--}62 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ (Leheska *et al.*, 2008). Cholesterol is found both in fatty tissues and muscle tissues as well as in other organs. The content of cholesterol differs in meat by different animal breeds (Proškina *et al.*, 2013a). Probably, differences in cholesterol content relate with different amount of fatty and muscle tissues in venison and beef.

The value of **colour** parameter b^* is 7.84 ± 9.34 in venison and 16.42 ± 5.66 in beef.

Dynamics of chilled meat quality parameters during storage

A comprehensive evaluation of experimentally obtained physically-chemical and microbiological parameters of chilled meat during storage in the mentioned types of packaging was performed to verify the research thesis to be defended, namely, the shelf-life of chilled venison can be extended in sealed modified atmosphere packaging combined with oxygen absorber.

The shelf-life of chilled meat packaged in air ambiance and modified atmosphere (MAP) - 40% CO_2 and 60% N_2 - combining it with oxygen absorber, and stored at a temperature of $4 \pm 2^\circ\text{C}$ is four days as basically demonstrated by the microbiological and pH data.

Microbiological parameters. Microbiological parameters (TPC, the *Enterobacteriaceae* bacteria count, and lactic acid bacteria count) in the meat samples of chilled venison and beef were determined prior to the storage on 0 day and the 2nd, 4th, and 6th days of storage.

Maximally admissible count of microorganisms is assumed consistent with the requirements prescribed by the sanitary-epidemiological regulatory enactment of Russia “Hygienic Requirements for Safety and Nutritional Value of Foods” (1 July 2002) – $5 \times 10^6 \text{ CFU g}^{-1}$, which is considered a critical limit value when performing microbiological analysis of meat. The TPC for chilled venison and beef before storage is $2.68 \text{ lg CFU g}^{-1}$ and $3.68 \text{ lg CFU g}^{-1}$ respectively (Figure 2). Meat quality depends on the state of health of animals before slaughtering, technical performance of slaughtering, observance of hygienic requirements in the slaughtering house, and transporting conditions of carcasses. The compliance of technological and hygienic requirements permit derogations, since both the carcass and cut meat in sales places are subject to an increased contamination with microorganisms dangerous to human health (Jemeljanovs *et al.*, 2006; Jemeljanovs, 2002). It was experimentally determined that the TPC in the analysed samples of venison and beef significantly increased ($p=0.019$ and $p=0.006$) during storage in all types of packaging.

The TPC in venison samples packaged in air ambiance after storage for four days increased to $5.97 \text{ lg CFU g}^{-1}$, while in beef samples – to $6.00 \text{ lg CFU g}^{-1}$. The TPC in venison and beef samples packaged under modified atmosphere after storage for

four days increased to 5.65 lg CFU g⁻¹ and 5.74 lg CFU g⁻¹ respectively. Though, the TPC in venison samples packaged under modified atmosphere combined with oxygen absorber after storage for four days increased to 4.97 lg CFU g⁻¹, while in beef samples – to 5.44 lg CFU g⁻¹. The packaging conditions have no significant (p=0.308 and p=0.131) effect on the increase of microorganisms; however, it should be noted that slower increase in the TPC was detected in meat samples packaged under modified atmosphere combined with oxygen absorber. After storage for six days, the TPC in venison and beef samples exceeded the admissible limit value in all types of packaging. Therefore, chilled venison and beef used in the research packaged in air ambiance, under modified atmosphere, and under modified atmosphere combined with oxygen absorber is microbially safe for four days. The *Enterobacteriaceae* bacteria count in chilled venison and beef samples is 49 CFU g⁻¹ and 379 CFU g⁻¹ respectively. The Commission Regulation (EC) No 2073/2005 on Microbiological Criteria for Foodstuffs prescribes that the limit of the *Escherichia coli* count for meat preparations is 500 (n=5, c=2) CFU g⁻¹, which is considered as critical limit value in this research. The *Escherichia coli* belong to the *Enterobacteriaceae* group of bacteria which encompasses also other bacteria affecting meat quality. The research singles out the activity of this group of bacteria in general. The *Enterobacteriaceae* bacteria count in chilled meat samples did not exceed the admissible limit value during storage in any type of packaging. The lactic acid bacteria count in chilled venison samples is 2.05 lg CFU g⁻¹, while it is 2.75 lg CFU g⁻¹ in beef samples. It is probable that the lactic acid bacteria have penetrated into the organisms of animals from the environment or slaughtering tools. Therefore, lactic acid bacteria through the intestinal canal can penetrate into muscle tissues during slaughtering. No significant increase in the lactic acid bacteria count in venison (p=0.007) and beef (p=0.041) samples was detected during storage; however, packaging conditions have no impact on this increase (p=0.185 and p=0.284).

The research indicates that the pH value in chilled venison and beef samples is 5.98±0.05 and 5.59±0.02 respectively. Packaging conditions have no significant impact on the pH value changes in venison (p=0.571) and beef (p=0.500) samples; however, the pH value significantly decreases in venison (p=0.001) and beef (p=0.017) samples during storage. The growth of lactic acid bacteria count (p<0.05) causing the decrease of pH value (Gokoglu *et al.*, 2011; Fernandez-Lopez *et al.*, 2008) explain these results. The pH value in venison samples packaged in air ambiance and stored for four days decreased to 5.23±0.04, packaged under modified atmosphere and modified atmosphere combined with oxygen absorber – to 5.18±0.05 and 5.18±0.01 respectively. The pH value in beef samples packaged in air ambiance and stored for four days decreased to 5.34±0.01, under modified atmosphere – to 5.33±0.01, and under modified atmosphere combined with oxygen absorber – to 5.22±0.01.

The present experiments do not detect a significant impact of the applied packaging conditions on the changes in the content of moisture, tenderness, and

colour as well as the content of protein and fat in the analysed meat samples during storage. Therefore, the research thesis – it is possible to prolong the shelf-life of chilled meat by using of MAP and active packaging – was not proved.

Development of meat marinade recipes

Experimentally, four types of marinade for venison marinating were developed to enlarge the assortment of venison products (Table 4).

In addition, five versions were developed for each type of marinade. The hedonic scale was used to determine the degree of preference of samples and to choose only one version of each type of marinade for further experiments. Meat marinade recipes for 10 kg⁻¹ of meat are summarised in Table 4.

The marinades 5A (composition: red wine, onion, vinegar, garlic, spice mix for grilled meat (ingredients: salt, onion, sweet pepper, parsley, basil, black pepper, rosemary), and salt), 2B (composition: mayonnaise and spice mix for grilled meat), 5C (composition: tomato sauce, lemon, spice mix for grilled meat and salt), and 5D (composition: vinegar, tomato sauce, mayonnaise, lemon and spice mix for grilled meat) were selected for further experiments after the summary of the comments and remarks made by panellists. The degree of preference of venison in mayonnaise marinade is shown in Figure 3.

Evaluation of marinated meat quality parameters

The research thesis to be defended is: the composition of marinade and ambiance in packaging play a significant role in preservation of venison quality.

A comprehensive evaluation of physically-chemical and microbiological parameters of venison marinated in different marinades was performed before marinating, after marinating, and during storage in air ambiance, under modified atmosphere, and modified atmosphere combined with oxygen absorber to verify the research thesis. It should be certainly mentioned that the initial level of microbiological contamination of venison affects the shelf-life of marinated meat. The experimentally estimated and recommended shelf-life of marinated venison and beef stored at a temperature of 4±2°C is summarised in Table 5.

The content of protein and moisture as well as the tenderness of marinated venison and beef samples decreased in all four marinades during storage. Although, the packaging conditions have no significant effect on these changes, slower changes occurred in the samples of meat packaged under MAP in combination with oxygen absorber.

Protein content. For example, the content of proteins decreased in venison and beef samples by 16.42% and 22.66% respectively after meat marinating in mayonnaise marinade, which is a significant difference ($p=0.000$ and $p=0.000$). It was experimentally detected that the content of proteins in the analysed meat samples (Figure 4) decreased ($p<0.05$) during storage. The main ingredient – mayonnaise – of the marinade used for meat marinating significantly increases ($p<0.05$) the content of fat in meat, thus, increasing the total content of dry

weight and lowering the content of proteins. The content of proteins in marinated venison changed by 12.26% after storage for seven days in air ambience and it changed by 12.21% in marinated beef after storage for fourteen days. Both results are very similar. After storing marinated meat samples under modified atmosphere for 14 days, the content of proteins changed by 13.84% in venison and by 13.71% in beef ($p=0.000$; $p=0.000$). Storing marinated meat samples under MAP in combination with oxygen absorber, after 14 days the content of proteins changed by 8.75% in marinated venison samples, which is not a significant difference ($p=0.989$), while it changed by 11.33% in beef ($p=0.000$).

The packaging conditions have no significant effect ($p=0.672$ and $p=0.837$) on the changes in protein content in marinated meat samples; though, slower changes in the content of proteins occurred in meat samples packaged under MAP in combination with oxygen absorber.

Moisture content. The content of moisture in a product determines its stability during storage – oxidation occurs and favourable conditions promoting the growth of microorganisms develop with more intense increase of moisture. The content of water in the muscle tissues of meat is conversely proportional to the content of other nutrients. The larger the water content in muscle tissues, the smaller part of mass is formed by other nutrients – proteins, fat, carbohydrates, and mineral nutrients. Part of water found in muscle tissues is associated with proteins, carbohydrates, and lipids (Feiner, 2006).

Moisture content in chilled venison and beef is $75.80\pm 0.41\%$ and $75.50\pm 0.63\%$ respectively. For example, the decrease in the moisture content in marinated meat samples was insignificant ($p=0.422$ and $p=0.975$) after marinating meat in red wine marinade. Mathematical processing of experimental data allowed determining that the packaging conditions used in the research had no significant ($p>0.05$) impact on the changes in moisture content in meat samples during storage. After 11 days of storage in air ambience the moisture content in venison decreased from $75.04\pm 0.41\%$ to $73.81\pm 0.11\%$ ($p=0.849$) and in beef - from $69.05\pm 0.40\%$ to $68.12\pm 0.07\%$ ($p=0.803$). After 14 days of storage under modified atmosphere the moisture content in marinated venison decreased to $74.17\pm 0.12\%$ ($p=0.733$), in beef - to $67.88\pm 0.10\%$ ($p=0.847$). The moisture content in venison packaged under MAP in combination with oxygen absorber decreased to $74.33\pm 0.85\%$ ($p=0.299$), in beef – to $68.10\pm 0.14\%$ ($p=0.756$). Meat capacity to bind water, which depends on the number of hydrophilic groups existent in proteins, explains the decrease of moisture content in meat samples during storage. The larger the difference between the pH value of the ambience and the isoelectric point of meat proteins (pH 5.2-5.4), the higher is the meat capacity to bind water (Лисицын *и др.*, 2008). The pH value in marinated meat samples during storage (5.20-5.25 for venison; 4.98-5.21 for beef) approaches the isoelectric point of meat proteins when meat has the lowest capacity to bind water.

After, for example, marinating in vinegar marinade **tenderness** of venison and beef decreased, namely, meat became softer ($p=0.099$; $p=0.061$), since low pH (pH

of vinegar marinade is 3.30 ± 0.01) enhances the degradation of connective tissues. Tenderness of marinated meat continues to decrease ($p>0.05$) during storage; however, the applied packaging conditions have no significant effect on it ($p>0.05$). Tenderness of marinated venison during storage for 11 days in air ambience decreased from 41.21 ± 7.18 N to 35.85 ± 3.66 N (by 13.01%), under modified atmosphere – to 35.09 ± 6.27 N (by 14.85%), and under MAP in combination with oxygen absorber – to 34.65 ± 5.74 N (by 15.92%). After storage for 11 days tenderness of marinated beef packaged in air ambience decreased from 44.42 ± 5.68 N to 38.32 ± 9.44 N (by 13.73%), under modified atmosphere – to 38.02 ± 7.58 N (by 14.41%), and under MAP in combination with oxygen absorber – to 37.93 ± 8.05 N (by 14.61%). The optimum pH for the activity of cathepsins is 3.5-5.0. The pH value in the analysed meat samples is 4.41-4.79 (venison) and 4.26-4.41 (beef). Cathepsins catalyse the proteolysis (degradation) of proteins, as a result, meat becomes softer (Zochowska-Kujawska *et al.*, 2012; Burke, Monahan, 2003).

The content of total and essential amino acids, fats, pH, and the value of colour parameter L^* of marinated meat samples determined in the research do not change significantly ($p>0.05$) during storage, while the value of colour parameter a^* significantly differs among the meat samples packaged in air ambience and under MAP in combination with oxygen absorber.

Integrated evaluation of marinated meat quality

The integrated evaluation based on the content of proteins, amino acids, fat, and moisture in meat, the value of pH and colour components L^* , a^* , b^* as well as tenderness and microbiological parameters (TPC, the *Enterobacteriaceae* bacteria count, and proteolytic bacteria count) was performed to evaluate the quality of meat used in this research – venison and beef – in four types of marinades and on three different packaging conditions (air ambience, modified atmosphere, and modified atmosphere combined with oxygen absorber) during storage. Venison and beef quality parameters were compared at the beginning and the end of storage.

The integrated evaluation (IT) value characterises deviations of meat quality parameters from the optimum values, thus, the lowest IT value corresponds to the smallest changes in meat quality parameters during storage.

The smallest IT value indicates that the quality parameters in venison packaged under MAP in combination with oxygen absorber have not changed significantly during storage (55.12), while the quality of beef packaged in air ambience has significantly deteriorated (349.88). The integrated evaluation of venison and beef marinated in vinegar marinade is shown as example (Figure 5).

The evaluation of the quality of meat used in this research – venison and beef – in four types of marinades and on three different packaging conditions (air ambience, modified atmosphere, and modified atmosphere combined with oxygen absorber) during storage allowed detecting that the quality of marinated venison can be preserved during storage in the modified atmosphere packaging combined with

oxygen absorber, while it is impossible to preserve a constant quality of marinated beef during storage on any of the packaging conditions.

Meat drying in a microwave-vacuum drier

Evaluation of parameters for meat processing in a microwave-vacuum drier. Meat drying is one of the oldest types of food preservation known to the human society (Bowser *et al.*, 2009), and it was chosen for further research as method allowing development of a new product for snacks with extended shelf-life.

Initially, four types of marinades - red wine, mayonnaise, tomato sauce, and vinegar - were used for meat marinating before drying. Unsuitability of the chosen marinades was established when starting the experiments in a microwave-vacuum drier. The consistency of marinades was too liquid and meat pieces stuck together. Scientific literature (Ingham *et al.*, 2006; Choi *et al.*, 2008; Borowski *et al.*, 2009; Dierschke *et al.*, 2010) indicates that teriyaki sauce, soy sauce, garlic etc. are most frequently used for meat marinating before drying, thus, a new marinade recipe was developed (Table 6).

In addition, sodium monophosphate was added in the marinade (1.2% of total marinade volume) to improve the structure-mechanic properties of meat after drying, namely, to preserve meat soft. The pH value was determined for meat marinades with and without sodium monophosphate and after preparation of marinade; the pH value was 5.41 ± 0.06 and 4.04 ± 0.01 respectively.

Three regimes for drying marinated meat in a microwave-vacuum drier MUSSON-1 based of the maximum and minimum microwave energy options were studied experimentally (Table 7). The amount of meat in each drying regime equalled to ~ 2.5 kg.

The analysis of the drying regimes, namely, the energy supply, allows concluding that the second drying regime with the supplied amount of energy is by $\sim 2\%$ less compared with the first drying regime and by $\sim 4\%$ less compared with third drying regime.

It should be noted that the amount of supplied energy depends on the mass of product to be dried in a chamber per one working cycle, namely, larger amount of meat placed into the chamber requires more microwave energy to be supplied and longer drying period.

The dynamics of quality parameters of dried meat during storage. A comprehensive evaluation of physically-chemical and microbiological parameters for meat packaged in vacuum pouches made of polymer film (PA/PE) with barrier properties and stored at a temperature of $18 \pm 1^\circ\text{C}$ in a dark place for four months was performed to verify the research thesis, namely, the biological value of venison dried in a microwave-vacuum drier does not significantly change during storage. The moisture content in the sample of dried venison without sodium monophosphate and with sodium monophosphate is $25.08 \pm 0.66\%$ and $34.78 \pm 0.60\%$ respectively, while the moisture content in the sample of dried beef without sodium monophosphate and with sodium monophosphate is $24.80 \pm 0.47\%$ and $33.16 \pm 0.10\%$ respectively.

Experimentally, it was ascertained that the shelf-life of dried venison and beef packaged in vacuum pouches made of polymer film (PA/PE) with barrier properties and stored at a temperature of $18\pm 1^{\circ}\text{C}$ in a dark place is 91 days with sodium monophosphate and 112 days - without sodium monophosphate. As it was already mentioned, the moisture content after drying being higher in the samples of meat with sodium monophosphate affects the storage time of the analysed products.

No significant differences in the content of pH values, protein, fat, and moisture were detected when analysing dried meat samples during storage and comparing them with the physically-chemical parameters of just dried meat. However, significant differences were detected in meat colour and tenderness.

The value of **colour** component L^* for marinated meat with sodium monophosphate is higher compared with meat without sodium monophosphate; however, differences are not significant ($p>0.05$). The value of colour component L^* for marinated venison without sodium monophosphate is 30.66 ± 1.60 and it is 31.37 ± 2.05 with sodium monophosphate. The value of colour component L^* for marinated beef without sodium monophosphate is 31.56 ± 2.23 and it is 33.13 ± 2.71 with sodium monophosphate. According to the scientific literature, the pH value of meat increases due to the use of phosphates (Sheard, Tali, 2004; Murphy, Zerby, 2004). The optimum pH also stabilises meat colour. Myoglobin existent in meat enhances red colour to meat, while after some hours in the air or during thermal processing meat becomes brown or gray-brown due to the formation of metmyoglobin. The formation of metmyoglobin is averted by stabilising the colour of meat. After drying, the value of colour component L^* for meat does not change significantly ($p>0.05$); although, it decreases – meat becomes darker, which is mainly due to water removal from the product intercellular spaces which enhances darkening of meat. The adverse results were obtained by studying the changes in the value of colour component L^* during storage, namely, – it increases, which can be explained by the possible low moisture permeability of packaging materials. As a result, the moisture content of meat increases ($p>0.05$) and the colour of meat becomes slightly lighter. Mathematical processing of experimental data allowed detecting significant differences ($p<0.05$) in the value of studied colour component in the samples of dried meat with and without sodium monophosphate during meat storage for longer period. The obtained results lead to the conclusion that sodium monophosphate stabilises the colour of dried meat samples, which cannot be observed in the samples without sodium monophosphate.

The value of **colour** component a^* for marinated meat without sodium monophosphate is lower compared with meat with sodium monophosphate; however, differences are not significant ($p>0.05$). The value of colour component a^* for marinated venison without sodium monophosphate is 5.03 ± 2.67 and it is 6.93 ± 2.71 with sodium monophosphate. The value of colour component a^* for marinated beef without sodium monophosphate is 5.75 ± 3.81 and it is 6.32 ± 1.48 with sodium monophosphate.

After drying, the value of colour component a^* in the samples of marinated venison with and without sodium monophosphate increased by 17.99% and 37.05% respectively, which is a significant increase ($p=0.047$; $p=0.024$); while the value of colour component a^* in the samples of marinated beef increased by 15.28% and 10.44%, which is also a significant increase ($p=0.045$; $p=0.004$). Experimentally detected changes may be explained by the changes in the moisture content in meat after drying – meat becomes darker and redder due to the decrease in the moisture content in meat.

The value of colour component a^* of dried venison without sodium monophosphate decreased by 30.54% (which is a significant difference $p=0.001$) after storage for 112 days, while the value of colour component a^* of dried venison with sodium monophosphate decreased by 27.10%, which is also a significant difference ($p=0.000$), after storage for 91 days. The value of colour component a^* of dried beef without sodium monophosphate decreased by 47.98% (which is a significant difference $p=0.000$) during storage, while the value of colour component a^* of dried beef with sodium monophosphate decreased by 33.91%, which is also a significant difference ($p=0.007$). The formation of metmyoglobin during storage explains the decrease in the value of colour component a^* .

The value of colour component b^* of dried venison without sodium monophosphate is 15.77 ± 5.96 and it is 14.79 ± 7.10 with sodium monophosphate. The value of colour component b^* of dried beef without sodium monophosphate is 22.74 ± 4.21 and it is 20.89 ± 7.88 with sodium monophosphate. No significant differences ($p>0.05$) were detected in the value of colour component b^* in the samples of marinated meat with and without sodium monophosphate.

After drying, the value of colour component b^* in the samples of marinated venison with and without sodium monophosphate significantly decreased by 65.99% and 60.75% ($p=0.021$; $p=0.006$); however, no significant differences were detected between the samples without sodium monophosphate and with sodium monophosphate ($p>0.05$). After drying, the value of colour component b^* in the samples of marinated beef, in turn, with and without sodium monophosphate decreased by 45.14% and 48.01%, which is a significant difference ($p=0.006$; $p=0.012$). Therefore, the value of colour component b^* of dried venison without sodium monophosphate is 6.19 ± 7.30 and it is 5.03 ± 4.64 with sodium monophosphate, while after drying the value of colour component b^* of beef without sodium monophosphate is 11.81 ± 6.29 and it is 11.46 ± 6.57 with sodium monophosphate.

The value of colour component b^* of dried venison significantly decreases during storage – by 26.98% in the samples without sodium monophosphate ($p=0.000$) and by 20.87% in the samples with sodium monophosphate ($p=0.009$) as well as there is a difference between the samples of meat with and without sodium monophosphate ($p<0.05$). Although, the value of colour component b^* of dried beef significantly decreased during storage – by 36.58% in the samples without sodium monophosphate ($p=0.001$) and by 33.68% in the samples ($p=0.001$) with sodium

monophosphate, there is no a significant difference between the samples of meat with and without sodium monophosphate ($p>0.05$). The value of colour component b^* in the samples of dried meat with sodium monophosphate is lower compared with the samples of meat without sodium monophosphate, since the value b^* is lower also in the samples of marinated meat with sodium monophosphate.

Tenderness of meat. It is experimentally detected that meat marinated with sodium monophosphate is softer compared with meat marinated without sodium monophosphate ($p<0.05$). The research detected that the tenderness of venison marinated without sodium monophosphate was 23.42 ± 6.72 N and it was 16.20 ± 1.13 N with sodium monophosphate. The tenderness of beef, in turn, marinated without sodium monophosphate is 25.50 ± 4.65 N and it is 17.15 ± 2.04 N with sodium monophosphate.

Tenderness of meat significantly ($p<0.05$) increased after drying due to the decrease of the moisture content, as a result causing changes in the structure-mechanic properties of meat. Tenderness of dried venison without sodium monophosphate increased to 120.77 ± 7.71 N and to 95.33 ± 9.46 N with sodium monophosphate. Tenderness of dried beef without sodium monophosphate is 131.22 ± 8.07 N and it is 109.82 ± 6.16 N with sodium monophosphate.

The research detected that tenderness of meat significantly increased ($p<0.05$) during storage both in the samples without sodium monophosphate and in the samples with sodium monophosphate. However, the samples of meat with sodium monophosphate are softer ($p>0.05$).

During experiments it was proved that it was possible to ensure the stability of dried meat colour and its structure mechanical properties by adding sodium monophosphate in the marinade. Therefore, the PhD thesis is proved, namely, the biological value of dried venison does not change significantly during storage after being dried in a microwave-vacuum drier.

CONCLUSIONS

1. The biological value of meat from red deer farmed in Latvia is higher compared with the biological value of organically farmed reared beef. There are no significant differences ($p>0.05$) found in the content of moisture and protein as well as in the content of total amino acids, copper, iron, and manganese determined in the research. Higher content of essential amino acids (by 18.52%), polyunsaturated fatty acids (by 79.70%), and zinc (by 91.68%), and lower content of fat (by 41.08%) and cholesterol (by 44.69%) determined in the research were found in meat from red deer farmed in Latvia.
2. The shelf -life of chilled venison packaged in air ambiance under 40% CO₂ and 60% N₂ MAP in combination with oxygen absorber and stored at a temperature of 4 ± 2 °C is 4 days.
3. Experimentally, four types of marinade for marinating venison – red wine, mayonnaise, tomato sauce, and vinegar – were developed to extend the use of venison processed products.
4. The research determined that the shelf-life of venison processed products stored at a temperature of 4 ± 2 °C was:
 - in “red wine marinade” – 11 days (packaged in air ambiance) and 14 days (packaged under MAP and combined with oxygen absorber);
 - in “mayonnaise and tomato sauce marinades” – 7 days packaged in air ambiance, and 14 days - packaged under MAP and combined with oxygen absorber;
 - in “vinegar marinade” – 11 days irrespective of packaging ambiance.
5. The quality of marinated venison during storage may be preserved in the modified atmosphere packaging combined with oxygen absorber.
6. Optimum parameters for venison (2.5 ± 0.1 kg) drying in a microwave-vacuum drier are as follows: temperature – 36 ± 2 °C, working pressure in the chamber – 7.5/9.3 kPa, total number of revolutions – 6 min^{-1} , amount of supplied energy – 2856 kJ, and drying time – 32.24 min.
7. The biological value of venison dried in a microwave-vacuum drier and packaged in vacuum polymer film (PA/PE) bags and stored at a temperature of 18 ± 1 °C in a dark place does not significantly change during meat storage (with sodium monophosphate – 91 days, without sodium monophosphate – 112 days).
8. The data obtained in the research prove the hypothesis – the quality of meat from red deer farmed in Latvia does not significantly change during various processings and storage under the MAP and combined with oxygen absorber.