

LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTES
LATVIA UNIVERSITY OF AGRICULTURE

PĀRTIKAS TEHNOLOGIJAS FAKULTĀTE
FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY

Vita Levkāne
Mg. sc. ing.

**AUGSTA RISKA PĀRTIKAS PRODUKTU KVALITĀTES
IZVĒTĒJUMS SOUS VIDE IEPAKOJUMĀ**

**THE QUALITY EVALUATION OF HIGH RISK FOOD
PRODUCTS IN SOUS VIDE PACKAGING**

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 Science*

Jelgava, 2011

Promocijas darba vadītāja / Scientific supervisor:	<i>Doc., Dr. sc. ing.</i> Sandra Muižniece-Brasava
Promocijas darba konsultante / Scientific adviser:	<i>Prof., Dr. habil. sc. ing.</i> Lija Dukalška

Oficiālie recenzenti / Official reviewers:

Prof., Dr. habil. sc. ing. Imants Atis Skrupskis (Latvijas Lauksaimniecības universitāte / Latvia University of Agriculture)

Doc., Dr. biol. Silvija Strikauska (Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Agronomisko analīžu zinātniskā laboratorija, vadītāja / Latvia University of Agriculture, Head of the Analytical Laboratory for Agronomy Research)

Dr. sc. ing. Jānis Zutis (SIA „Gaļas un piena rūpniecības inžiniercentrs”, direktors, „Latvijas gaļas ražotāju un gaļas pārstrādātāju asociācija”, izpilddirektors / Director of Ltd Meat and Dairy Engineering Center”, President of „Association of Meat Producers and Meat Processors”)

Darba izstrāde un noformēšana veikta ar ESF granta atbalstu. / Doctoral thesis has been worked out by financial support of ESF programme.



Promocijas darba aizstāvēšana notiks LLU Pārtikas zinātnes nozares promocijas padomes atklātajā sēdē 2011. gada 15. jūnijā plkst 11:00 145. auditorijā Pārtikas tehnoloģijas fakultātē, Lielā ielā 2, Jelgavā.

The defence of the thesis in open session of the Promotion Board of Food Science will be held on June 15, 2011, at 11. a. m. in auditorium 145, at the Faculty of Food Technology of LLU, Liela iela 2, Jelgava.

Ar promocijas darbu un kopsavilkumu var iepazīties LLU Fundamentālajā bibliotēkā Lielā ielā 2, Jelgavā, LV-3001, un internetā (pieejams: <http://llufb.llu.lv/llu-theses.htm>). Atsauksmes sūtīt Pārtikas zinātnes nozares promocijas padomes sekretārei LLU Pārtikas tehnoloģijas fakultātes docentei *Dr. phys. L. Markevičai* (Liela iela 2, Jelgava, LV-3001, e-pasts: lilija.markevica@llu.lv).

The thesis is available at the Fundamental Library of the Latvia University of Agriculture, Liela iela 2, Jelgava LV-3001, and on the web site: <http://llufb.llu.lv/llu-theses.htm>. References are welcome to send to *Dr. phys. L. Markevica*, the Secretary of the Promotion Board in sector of Food Science at LLU, Faculty of Food Technology, Lielā iela 2, Jelgava, LV-3001, Latvia or e-mail: lilija.markevica@llu.lv.

SATURS

PĒTĪJUMA AKTUALITĀTE	4
ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA	6
MATERIĀLI UN METODES.....	10
PĒTĪJUMA REZULTĀTI UN DISKUSIJA	16
1. Salātu ar gaļu un majonēzi iepakošanas tehnoloģiju salīdzinājums.....	17
2. Salātu ar gaļu un majonēzi fizikālie parametri uzglabāšanas laikā	26
3. Salātu ar gaļu un majonēzi ķīmiskie parametri uzglabāšanas laikā	32
4. Uzglabāšanas temperatūras ietekme uz salātu mikrobioloģisko kvalitāti uzglabāšanas laikā <i>Sous vide</i> iepakojumā	33
5. Salātu ar majonēzi <i>Sous vide</i> iepakojumā sensorais novērtējums	35
6. Matemātiskā modeļa izstrāde salātu ar gaļu un majonēzi termiskās apstrādes režīmu aprēķināšanai <i>Sous vide</i> iepakojumā	35
SECINĀJUMI	39

CONTENT

TOPICALITY OF THE RESEARCH.....	41
APPROBATION OF THE RESEARCH WORK	43
MATERIALS AND METHODS	44
RESULTS AND DISCUSSION.....	49
1. The Comparison of the Packaging Technologies for the Mayonnaise-based Salads with Meat.....	50
2. Physical Parameters of the Mayonnaise-based Salad with Meat during the Storage Time	54
3. Chemical Parameters of the Mayonnaise-based Salad with Meat during the Storage Time	58
4. The Influence of the Storage Temperature on the Microbiological Quality of the Salads in <i>Sous vide</i> Packaging during the Storage Time ..	58
5. Sensory Evaluation of the Mayonnaise-based Salad in <i>Sous vide</i> packaging.....	59
6. Development of Mathematical Model for Calculation of Cooking Regimes of <i>Sous vide</i> Packaged Mayonnaise-based Salad with Meat....	60
CONCLUSION	62

PĒTĪJUMA AKTUALITĀTE

Salāti ar majonēzi ir ātrbojīgs produkts, kas pieder pie augsta riska pārtikas, kas raksturota kā patogēno un nosacīti patogēno mikroorganismu augšanu veicinošs pārtikas produkts, kas pirms lietošanas uzturā nav pakļauts termiskai vai citai veida apstrādei (Atdzesētu, rūpnieciski ražotu gatavo produktu labas higiēnas un ražošanas prakses vadlīnijas, 2006).

Informācijas avotos salāti ar majonēzi pirmo reizi minēti 1860. gadā, to oriģinālo receptūru izstrādājis franču šefpavārs *Lucien Olivier*, kurš darbojās Maskavā (Krievijā), tālaika populārākajā restorānā „Hermitage”. „Olivjē salāti” (kuru sastāvā ietilpst vārīti kartupeļi, gaļa, vārīti un svaigi dārzeņi, majonēze) ātri ieguva popularitāti un kļuva par restorāna ēdienu kartes neatņemamu sastāvdalju (<http://millionmenu.ru/lib/article.php?id=843&l=1>). Mūsdienās salāti ir pieejami ne tikai sabiedriskās ēdināšanas uzņēmumos, bet ir nopērkami arī mazumtirdzniecībā.

Eiropā dažāda veida salātus ar majonēzi visvairāk patērē Ziemeļvalstīs, bet dienvidu valstīs galvenokārt lieto svaigu dārzeņu un lapu salātu maisijumus, sastopami svaigu un/vai vārītu dārzeņu salāti ar majonēzi. Latvijā vairāku veidu rūpnieciski ražotu salātu ar majonēzi iegāde tirdzniecībā kļuvusi populāra pēdējos desmit gados. Salātu ar majonēzi pieprasījumu ir veicinājis dzīves ritma straujais pieaugums, līdz ar to cilvēki kļuvuši aizņemtāki un vairāk laika velta galvenokārt karjerai, aktīvam dzīvesveidam, mazāk ēdienai pagatavošanai ikdienā, mājas apstākļos (http://www.lango.lv/lvaktualitates/jaunumi/pirmais_gatavo_un_atri_pagatavojamo_partikas_produkta_nozares_petijums/).

Latvijā salīdzinājumā ar Baltijas valstīm – Igauniju un Lietuvu, ir lielākais salātu ar majonēzi patēriņš, kā arī visplašākais gatavo un ātri pagatavojamo ēdienu sortiments. Patērētāju attieksme pret gataviem un ātri pagatavojamiem produktiem ir mainījusies no pilnīga nolieguma līdz uzskatam, ka šie produkti ļauj ietaupīt tik dārgo laiku.

Diemžēl salātiem ar majonēzi, kurus iespējams iegādāties Latvijā mazumtirdzniecībā, ir ūss realizācijas termiņš – sveramiem salātiem līdz 24 stundām, bet iepakojumā – līdz desmit dienām. Precīzi to nosaka katrā uzņēmumā individuāli, ievērojot ražošanas tehnoloģijas un mikrobioloģisko novērtējumu. Šobrīd tirgotāji pieprasa nodrošināt produktu derīguma termiņus nevis dažu stundu, bet gan vairāku dienu vai pat nedēļu garumā, savukārt patērētājs vēlas saņemt garšīgu, kvalitatīvu un drošu pārtiku bez konservantiem.

Mūsdienās visplašāk lietotās metodes pārtikas produktu uzglabāšanas laika pagarināšanai bez konservantiem ir iepakojums vakuumā un aizsargāzū vidē vai viens no perspektīvākajiem veidiem – *Sous vide* iepakošanas tehnoloģija. Izmantojot šīs metodes, iespējams pagarināt produktu uzglabāšanas laiku līdz pat vairākām nedēļām, saglabājot nemainīgu kvalitāti un vienlaikus paaugstinot

tā rentabilitāti ražošanas uzņēmumā (Chen et al., 2003; Fernandez et al., 2009; Gok et al., 2008; Wang et al., 2004).

Tā kā salātu ar majonēzi patēriņa apjoms strauji pieauga, zinātnieki pievērš pastiprinātu uzmanību to kvalitātes pētījumiem. Zinātniskie pētījumi galvenokārt ir saistīti ar salātu mikrobioloģiskā piesārņojuma analīzi un tā novēršanas iespējām (Cobo Molinos et al., 2009; Hwang, Tamplin, 2005; Hwang, Marmer, 2007; Isonhood et al., 2006; Little et al., 2007; Valero et al., 2007; Uyttendaele et al., 2009).

Latvijā šādu padzīlinātu, izvērstu pētījumu par salātu ar majonēzi kvalitāti uzglabāšanas laikā pašlaik nav, bet līdzšinējie galvenokārt veltīti tirgus izpētei un patērētāju pieprasījuma analīzei, kā arī svaigu dārzenu salātu bez majonēzes kvalitātes izpētei.

Vērtējot un analizējot zinātniskajā literatūrā un elektronisko resursu avotos pieejamo informāciju par salātiem ar majonēzi kā ātrbojīgu produktu un pamatojoties uz zinātniski pētnieciskās literatūras datu analīzi par *Sous vide* iepakošanas tehnoloģijas ietekmi uz gaļas un gaļas produktu, augļu, dārzenu un jūras produktu uzglabāšanas laiku, promocijas darbā izvirzīta **hipotēze** – salātu ar gaļu un majonēzi termiskā apstrāde *Sous vide* iepakojumā var ievērojami pagarināt to uzglabāšanas laiku.

Promocijas darba pētījuma **objekts** ir augsta riska pārtikas produkts – salāti ar gaļu un majonēzi.

Promocijas darba **mērķis** – izstrādāt tehnoloģiskos režīmus Latvijā ražotu salātu ar gaļu un majonēzi uzglabāšanas laika pagarināšanai *Sous vide* iepakojumā.

Darba mērķa sasniegšanai ir izvirzīti šādi **uzdevumi**:

- analizēt tradicionālo iepakošanas tehnoloģiju gaisa vidē, vakuumā un aizsarggāzā vidē ietekmi uz salātu mikrobioloģiskajiem rādītājiem uzglabāšanas laikā;
- pētīt *Sous vide* iepakošanas tehnoloģijas piemērotību salātu realizācijas termiņa pagarināšanai:
 - pamatot termiskās apstrādes režīma izvēli;
 - salīdzināt dažādu termiskās apstrādes procesu ietekmi uz salātu kvalitāti;
 - vērtēt dažādu faktoru ietekmi uz salātu mikrobioloģisko kvalitāti;
- pārbaudīt nātrija laktāta (*Purasal*) ietekmi uz salātu mikrobioloģiskajiem rādītājiem uzglabāšanas laikā;
- vērtēt biodegradējamo polimēru materiālu ietekmi uz salātu kvalitāti uzglabāšanas laikā;
- noteikt salātu fizikālķīmiskos rādītājus uzglabāšanas laikā;
- veikt salātu sensoro novērtējumu uzglabāšanas laikā *Sous vide* iepakojumā;
- izstrādāt matemātisko modeli salātu termiskās apstrādes režīmu aprēķinam *Sous vide* iepakojumā.

Promocijas darba novitāte un zinātniskais nozīmīgums.

1. Pirmo reizi izstrādāti tehnoloģiskie režīmi salātu ar gaļu un majonēzi realizācijas termiņa pagarināšanai *Sous vide* iepakojumā, nodrošinot produkta kvalitāti līdz 52 uzglabāšanas dienām.
2. Izstrādāti zinātniski pamatoti paņemieni salātu ar gaļu un majonēzi *Sous vide* iepakojumā termiskajai apstrādei ūdens vannā un gaisa/tvaika vidē konvekcijas krāsnī, tos apstiprina divi Latvijas Republikas patenti.

Promocijas darba tautsaimnieciskā nozīmība.

1. *Sous vide* iepakošanas tehnoloģijas ieviešana ražošanā samazinās salātu ar majonēzi zudumus, kas šobrīd rodas tirdzniecībā ūso realizācijas termiņu dēļ.
2. *Sous vide* iepakošanas tehnoloģija nodrošina ievērojami pagarinātu produkcijas realizācijas laiku (līdz 52 dienām), saglabājot produkta kvalitāti.
3. *Sous vide* iepakošanas tehnoloģijas ieviešana Latvijā sniegs iespējas salātu ražotājiem eksportēt produkciju uz jauniem realizācijas tirgiem.

ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA

Par rezultātiem ziņots 18 starptautiskās zinātniskās konferencēs un kongresos Latvijā, Čehijā, Grieķijā, Itālijā, Japānā, Lietuvā, Polijā un Spānijā, Starptautiskajā pārtikas izstādē „Riga Food 2007, 2008, 2009, 2010” un izstādē „Ražots Latvijā 2010”.

1. **Levkane V.**, Muizniece-Brasava S., Dukalska L. (2010) The Shelf Life of *Sous vide* Packaged Ready-to-Eat Salad with Meat in Mayonnaise. FoodInnova 2010 International Conference. Spain, Valencia, 25–29 October (stenda referāts / poster presentation).
2. **Levkane V.**, Muizniece-Brasava S., Dukalska L. (2010) *Sous vide* Packaging Technology for the Product Shelf Life Extension (for Mayonnaise-based Salad). International Food Exhibition „Riga Food 2010”. Latvia, Riga, 10 September (mutiskais referāts / oral presentation).
3. **Levkane V.**, Muizniece-Brasava S., Dukalska L. (2010) *Sous vide* Packaging Technology Application for Salad with Meat in Mayonnaise Shelf Life Extension. Conference World Academy of Science, Engineering and Technology 2010. Japan, Tokyo, 26–28 May (mutiskais referāts / oral presentation).
4. **Levkāne V.**, Muižniece-Brasava S., Dukālska L. (2010) *Sous vide* Packaging Technology Application for Salad with Meat in Mayonnaise. Scientific Practical Conference „Augstskolu pētnieciskais potenciāls – reģionālās attīstības veicināšanai”. Latvia, Jelgava, 6 May (stenda referāts/ poster presentation).

5. **Levkane V.**, Muizniece-Brasava S., Straumite E., Dukalska L. (2010) *Sous vide* Packaging Technology Influence on the Quality of Salad with Meat in Mayonnaise during the Storage Time. Exhibiton “Ražots Latvijā 2010”. Latvia, Riga, 25–27 March (stenda referāts / poster presentation).
6. **Levkane V.**, Muizniece-Brasava S., Straumite E., Dukalska L. (2009) Sensory Evaluation of *Sous Vide* – Processed Salad with Meat in Mayonnaise during the Storage Time. IV International Conference Quality and Safety in Food Production Chain. Poland, Wroclaw, 24–25 September (mutiskais referāts / oral presentation).
7. **Levkane V.**, Muizniece-Brasava S., Straumite E., Dukalska L. (2009) Sensory Evaluation of *Sous Vide* – Processed Salad with Meat in Mayonnaise during the Storage Time. International Food Exhibition „Riga Food 2009”. Latvia, Riga, 9–12 September (stenda referāts / poster presentation).
8. **Levkane V.**, Muizniece-Brasava S. (2009) Inhibition of Microbial Growth in Meat Salad in Mayonnaise by Different Packaging Technologies. Research for Rural Development. Latvia, Jelgava, 20–22 May (mutiskais referāts / oral presentation).
9. **Levkane V.**, Muizniece-Brasava S., Dukalska L. (2009) Popularity of Ready-to-Eat Food – Salad with Mayonnaise in the Local Market. 4th Baltic Conference on Food Science and Technology, Foodbalt-2009. Lithuania, Kaunas, 12–13 May (mutiskais referāts / oral presentation).
10. **Levkane V.**, Muizniece-Brasava S., Dukalska L. (2008) Influence of Biodegradable Packaging Materials on the Quality of Meat Salad in Mayonnaise. The 49th International Scientific Conference of Riga Technical University. Latvia, Riga, 13–14 October (mutiskais referāts / oral presentation).
11. **Levkane V.**, Muizniece-Brasava S., Dukalska L. (2008) Pasteurization Effect to Quality of Salad with Meat in Mayonnaise. Seminar „Development of Innovative products” International Food Exhibition „Riga Food 2008”. Latvia, Riga, 5 September (mutiskais referāts / oral presentation).
12. **Levkane V.**, Muizniece-Brasava S., Straumite E., Dukalska L. (2008) *Purasal Powder Opti Form* Influence on Consumer’s Liking Degree of Meat Containing Salad in Mayonnaise. International Food Exhibition „Riga Food 2008”. Latvia, Riga, 3–7 September (stenda referāts / poster presentation).
13. **Levkane V.**, Muizniece-Brasava S., Dukalska L. (2008) Investigation of the *Purasal Powder Opti Form* Influence on Consumer’s Liking Degree of Meat Containing Salad in Mayonnaise, 18th International Congress of Chemical and Process Engineering „CHISA 2008”. Chezch Republic, Prague, 24–28 (stenda referāts / poster presentation).

14. **Levkane V.**, Muizniece-Brasava S., Dukalska L. (2008) Pasteurization Effect to Quality of Salad with Meat in Mayonnaise. 3rd Baltic Conference on Food Science and Technology FoodBalt-2008. Latvia, Jelgava, 17–18 April (mutiskais referāts / oral presentation).
15. Muizniece-Brasava S., **Levkane V.**, Dukalska L. Strautniece E. (2007) Influence of Packaging Technologies on the Quality of Meat Salad in Mayonnaise. CIGR Section VI 3rd International Symposium. Italy, Naples, 24–26 September (stenda referāts / poster presentation).
16. Galoburda R., **Levkane V.**, Muizniece-Brasava S., Dukalska L. (2007) Influence of Packaging Technologies on Oxidative Processes in Meat Salad with Mayonnaise. CIGR Section VI 3rd International Symposium. Italy, Naples, 24–26 September (stenda referāts / poster presentation).
17. **Levkane V.**, Muizniece-Brasava S., Dukalska L. (2007) Quality evaluation of Salad with Meat in Mayonnaise during the Storage Time. International Food Exhibiton „Riga Food 2007”. Latvia, Riga, 5–7 September (stenda referāts / poster presentation).
18. Muizniece-Brasava S., **Levkane V.**, Dukalska L. (2007) Influence of Packaging Technologies on the Shelf Life of Meat Salad in Mayonnaise. 5th International Congress of Food Technology. Greece, Thessaloniki, 9–11 March (stenda referāts / poster presentation).

Pētījuma rezultāti apkopoti un publicēti desmit recenzējamos zinātniskos izdevumos, un apstiprināti divi Latvijas Republikas patenti.

1. **Levkane V.**, Muizniece-Brasava S., Dukalska L., Iljins U. (2010) Influence of Cooking Parameters on Survival of Microorganisms in *Sous Vide* Packaged Salad with Meat in Mayonnaise. In: *Proceedings of the Latvia University of Agriculture*, ISSN 1407–4427, 25 (320), p. 78–88.
2. **Levkane V.**, Muizniece-Brasava S., Dukalska L. (2010) The Shelf Life of *Sous vide* Packaged Ready-to-Eat Salad with Meat in Mayonnaise. In: *FoodInnova 2010 International Conference on Food Innovation Proceedings*. Spain, Valencia, p. 1–4 (elektroniskā formātā / CD format).
3. **Levkane V.**, Muizniece-Brasava S., Dukalska L. (2010) *Sous vide* Packaging Technology Application for Salad with Meat in Mayonnaise Shelf Life Extension. In: *World Academy of Science, Engineering and Technology Proceedings*, 65. Japan, Tokyo, p. 987–991.
4. **Levkane V.**, Muizniece-Brasava S., Straumite E., Dukalska L. (2009) Sensory Evaluation of *Sous Vide* – Processed Salad with Meat in Mayonnaise during the Storage Time. In: *IV International Conference Quality and Safety in Food Production Chain Proceedings, New Concepts in Food Evaluation Nutraceuticals – Analyses – Consumer*. Poland, Wroclaw, p. 133–142.
5. **Levkane V.**, Muizniece-Brasava S. (2009) Inhibition of Microbial Growth in Meat Salad in Mayonnaise by Different Packaging Technologies. In:

Proceedings of the Conference Research for Rural Development 2009.
Latvia, Jelgava, p. 127–134.

6. **Levkane V.**, Muizniece-Brasava S., Dukalska L. (2009) Popularity of Ready-to-Eat Food – Salad with Mayonnaise in the Local Market. In: *Cheminé Technologia*, ISSN 1392–1231, 3 (52). Lithunania, Kaunas, p. 85–89.
 7. **Levkane V.**, Muizniece-Brasava S., Dukalska L. (2008) Investigation of the Purasal Powder Opti Form Influence on Consumer's Liking Degree of Meat Containing Salad in Mayonnaise. In: *Proceedings of the 18th International Congress of Chemical and Process Engineering "CHISA 2008"*. Checzh Republic, Prague, p. 1–9 (elektroniskā formātā / CD format).
 8. **Levkane V.**, Muizniece-Brasava S., Dukalska L. (2008) Pasteurization Effect to Quality of Salad with Meat in Mayonnaise. In: *Conference Proceedings FoodBalt 2008*. Latvia, Jelgava, p. 69–73.
 9. Muizniece-Brasava S., **Levkane V.**, Dukalska L. (2007) Influence of Packaging Technologies on the Quality of Meat Salad in Mayonnaise. In: *CIGR Section VI 3rd International Symposium on Food and Agricultural Products: Processing and Innovations*. Italy, Naples, p. 1–14 (elektroniskā formātā / CD format).
 10. Muizniece-Brasava S., **Levkane V.**, Dukalska L. (2007) Influence of Packaging Technologies on the Shelf Life of Meat Salad in Mayonnaise. In: *5th International Congress of Food Technology Proceedings Addendum*. Greece, Thessaloniki, (3), p. 744–752 (elektroniskā formātā / CD format).
- Latvijas Republikas patenti:**
11. LR patents Nr.14025. **V. Levkāne**, V. Levkāne, L. Dukaļska, S. Muižniece-Brasava (2010) Dažādu produktu jauktu salātu ar majonēzi uzglabāšanas laika pagarināšanas iespēju paņēmiens, *Latvijas Republikas Patentu Valdes Oficiālais Vēstnesis, Patenti un preču zīmes (The Official Gazette of the Patent Office of the Republic of Latvia „Patenti un preču zīmes”)*, Nr. 1., p. 34.
 12. LR patents Nr.13702. L. Dukaļska, S. Muižniece-Brasava, **V. Levkāne**. (2008) Salātu ar gaļu un majonēzi uzglabāšanas laika pagarināšanas iespēju paņēmiens, *Latvijas Republikas Patentu Valdes Oficiālais Vēstnesis, Patenti un preču zīmes (The Official Gazette of the Patent Office of the Republic of Latvia „Patenti un preču zīmes”)*, Nr. 8., p. 951.

MATERIĀLI UN METODES

Pētījumu laiks un vieta

Pētījumi veikti laika posmā no 2007. līdz 2010. gadam šādās iestādēs:

- Latvijas Lauksaimniecības universitātes Pārtikas tehnoloģijas katedras Iepakoju materiālu īpašbu izpētes laboratorijā;
- LLU Pārtikas tehnoloģijas katedras Sensors analīžu laboratorijā;
- SIA „Pārtikas higiēnas laboratorijas *Auctoritas*” mikrobioloģijas laboratorijā;
- „VSL Pārtikas grupa” (SIA) ražošanas laboratorijā;
- Pārtikas drošības, dzīvnieku veselības un vides zinātniskā institūtā „BIOR”, Pārtikas un vides izmeklējumu laboratorijā;
- Starptautiskajā pārtikas izstādē „Riga Food 2009” un izstādē „Ražots Latvijā 2010”;
- Itālijā, Pomēcijā (*Pomezia Romā*), „Ecocontrol” S. r. l. („Ecocontrol” SIA) mikrobioloģijas laboratorijā;
- Beļģijā, Gentē, Gentes universitātē, Bioinžinierzinātņu laboratorijā.

Pētījumā izmantotie materiāli

Pētāmais objekts – salāti ar gaļu un majonēzi, kas ražoti „VSL Pārtikas grupa” (SIA).

Salātu ar gaļu un majonēzi ražošanai izmantotās izejvielas: kartupelji, marinēti gurķi (pH 3,83), Provansas majonēze (pH 4,58), kas ražota SIA „SPILVA”, liellopu gaļa, olas, vārāmais sāls (LV US 01310005) un melnie maltie pipari (izejvielas iegādātas vietējā komercsistēmā).

100 g produkta satur:

- uzturvērtība – olbaltumvielas 6,7 g; oglīhidrāti 7,3 g; tauki 14,8 g;
- enerģētiskā vērtība: 791 kJ / 189 kcal.

Pētījumu struktūra

Vērtēta trīs tradicionālo iepakošanas tehnoloģiju – gaisa, vakuuma un aizsarggāzu maiņuma vides – ietekme uz salātu ar majonēzi kvalitāti uzglabāšanas laikā. Kā alternatīvs risinājums pētīta salātu kvalitāte un iespējamais uzglabāšanas laiks, piemērojot vienu no jaunākajām tehnoloģijām – *Sous vide* iepakojumu, paraugi termiski apstrādāti ūdens vannā – *Sous vide* (1) un konvekcijas krāsnī gaisa/tvaika vidē – *Sous vide* (2).

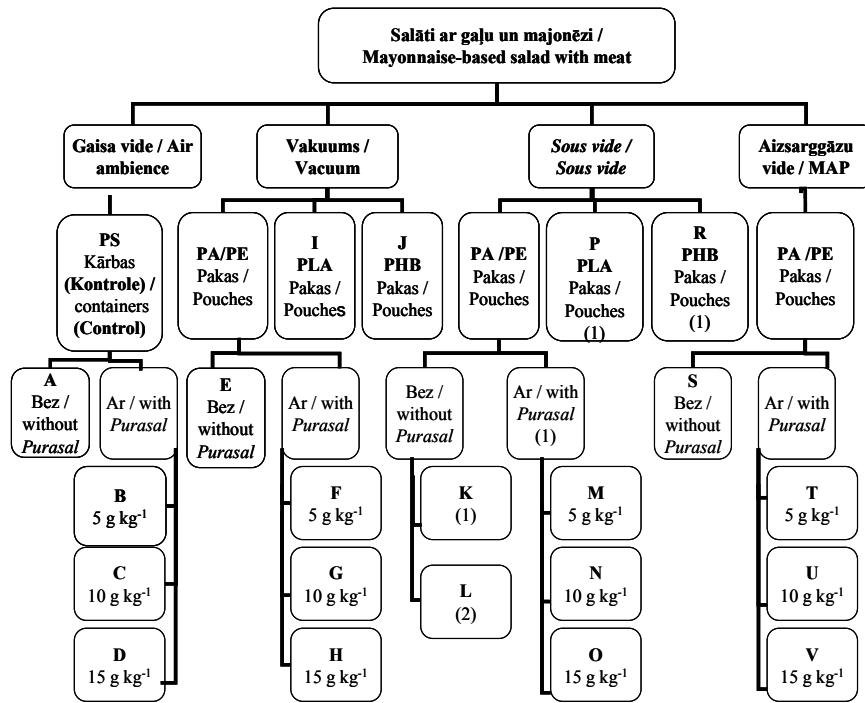
Lietoti četri iepakojuma materiāli: Polistirols (PS), Poliamīds / Polietilēns (PA/PE), Polilaktīds (PLA) un plastificēts Poli-β-hidroksibutirāts (PHB). Analizēto paraugu apkopojuma shēma redzama 1. attēlā.

Atsevišķos iepakojumos lietots konservants – uz pienskābes bāzes ražots kristālimks nātrijs laktāts (E 325) *Purasal Powder Opti Form*, kas iegādāts

firmā *Andrea Gallo di Luigi S. r. l.*, Itālijā. *Purasal* pievienots trīs dažādos daudzumos: 5, 10, 15 g kg⁻¹. *Purasal* eksperimentos lietots arī kā sāls aizstājējs.

Salātu masa katrā iepakojuma paraugā – 200±1 g.

Kontroles paraugs – salāti ar gaļu un majonēzi bez konservējošām vielām patēriņtajie iepakojumā gaisa vidē PS kārbās ar vāku.



**1. att. Dažādos iepakojumos analizēto salātu paraugu apkopojuma shēma
Fig. 1 The summarisation scheme of analyzed salad samples in the different packaging**

Iepakojums gaisa vidē. Salātu tradicionālais iepakojums tirdzniecībā šobrīd ir gaisa vidē hermētiski nenoslēgtās PS kārbās ar vāku (100 × 80 × 25 mm; biezums 30±3 µm).

Iepakojums vakuumā. Salātus iepako laminēta konvencionālā polimēra PA/PE (200 × 300 mm; biezums 20/45±2 µm), kā arī biodgeradējamo polimēru PLA (200 × 300 mm; biezums 40±2 µm) un plastificēta PHB (200 × 300 mm; biezums 75±2 µm) plēves pakās. Iepakojumi hermētiski aizkausēti kameras tipa vakuumiepakošanas iekārtā *MULTIVAC C300*.

Iepakojums aizsarggāzu vidē. Salātus iepako laminēta konvencionālā

polimēra PA/PE (200×300 mm; $20/45\pm 2$ μm) plēves pakās. Pārtikas iepakojumam lietotās aizsarggāzes – oglekļa dioksīdu CO₂ (E 290) un slāpekli N₂ (E 941) – piegādā SIA „AGA”. Izmantots gāzu maišījums: 40% CO₂ un 60% N₂. Iepakojumi hermētiski aizkausēti kameras tipa iepakošanas iekārtā *MULTIVAC C300*. CO₂ un O₂ koncentrācija (%) iepakojuma brīvajā telpā virs produkta noteikta pēc firmas *Witt* standarta metodes ar gāzu analizatoru „*OXYBABY*” ECO O₂/CO₂ pēc salātu iepakošanas un 1., 3., 7., 10., 15., 18. un 25 uzglabāšanas dienā.

Sous vide iepakošanas tehnoloģija. Salātus iepako laminēta konvencionāla polimēra PA/PE (200×300 mm; biezums $20/45\pm 2$ μm) un biodegradējamo polimēru PLA (200×300 mm; biezums 40 ± 2 μm) un plastificēta PHB (200×300 mm; biezums 75 ± 2 μm) plēves pakās. *Sous vide* iepakošanas tehnoloģijas būtība: salātus ar gaļu un majonēzi iepilda pakās, no iepakojuma izvada gaisu, radot vakuumu, pakas termiski aizkausē kameras tipa iekārtā *MULTIVAC C300*, pēc tam atbilstošā temperatūrā termiski apstrādā ūdens vannā (1) vai konvekcijas krāsnī gaisa/tvaika vidē (2), strauji atdzesē un uzglabā $+4,0\pm 0,5$ °C temperatūrā. **Paraugu termiskā apstrāde ūdens vannā (1)** *Cliffton Food Range*, kurā eksperimenti veikti trīs dažādos sildošās vides režīmos $t_v = +(60,0, 65,0 \text{ un } 70,0)\pm 0,5$ °C temperatūrā, kurai atbilst produkta temperatūra iepakojuma vidusdaļā $t_p = +(58,0, 63,0, 68,0)\pm 2,0$ °C. Tehnoloģija izstrādāta LLU, Pārtikas tehnoloģijas katedrā un „VSL Pārtikas grupa” (SIA) (LR patents Nr. 13702, 2008). **Paraugu termiskā apstrāde konvekcijas krāsnī gaisa/tvaika vidē (2)** *FCV10E*, *Tecninox* ar *Moist heat* metodi, kurā termiskās apstrādes laikā tiek uzturēts 100% gaisa relatīvais mitrums un konstanta sildošās vides temperatūra $t_v = +(60, 65 \text{ un } 70)\pm 0,5$ °C, kam atbilst produkta temperatūra iepakojuma vidusdaļā $t_p = +(58, 63, 68)\pm 2$ °C. Tehnoloģija izstrādāta uzņēmumā „VSL Pārtikas grupa” (SIA) un LLU, Pārtikas tehnoloģijas katedrā (LR patents Nr. 14025, 2010).

Paraugu uzglabāšana

Paraugi uzglabāti aukstumkamerā *Comercial Freezer/Cooler „Elcold”* fluorescējošas gaismas *OSRAM Lumilux De Luxe* ietekmē (100–800 lx) $+4,0\pm 0,5$ °C temperatūrā. Temperatūras režīmu produkta uzglabāšanas laikā aukstumkamerā reģistrē ar temperatūras datu uzkrājēju *MINIlog*, *Greisinger Electronic*. Uzglabāšanas laikā paraugus savstarpēji maina vietām, lai nodrošinātu vienmērīgu gaismas ietekmi uz paraugiem. Paraugu uzglabāšanas ilgums ir līdz 52 dienām. Paraugi analizēti sagatavošanas dienā un 1., 3., 7., 10., 15., 18., 25., 29., 42. un 52. uzglabāšanas dienā. Noteikti šādi salātu nozīmīgākie fizikālie un ķīmiskie rādītāji: krāsas intensitāte, pH, ūdens aktivitāte, masas zudumi, ūdens saturs, peroksīdskaitlis, lipīdu oksidācijas sekundārie produkti, kā arī mikrobioloģiskie rādītāji (*MAFAM*, *Staphylococcus aureus* un *Clostridium perfringens* koloniju veidojošo vienību skaits; *Listeria monocytogenes*, *Salmonella spp.* klātbūtne un mikroorganismu kultūru bioķīmiskā identifikācija) un sensorie rādītāji.

Pētījumā noteiktie rādītāji un lietotās metodes

Promocijas darbā noteiktie salātu ar gaļu un majonēzi fizikālkīmiskie rādītāji un analīžu metodes apkopotas 2. tabulā.

2. tabula / Table 2

Salātu ar gaļu un majonēzi paraugu analīzēm lietotās metodes
Analytical methods used for analysis of mayonnaise-based salad with meat

Nr. p. k. / No	Rādītāji / Indices	Metode , standarts, / Method, Standard,
1.	Krāsa / Colour	CIE $L^* a^* b^*$ sistēma / the system of CIE $L^* a^* b^*$
2.	pH	LVS ISO 1132:2001
3.	Ūdens aktivitāte (a_w) / Water activity (a_w)	ISO 21807:2004
4.	Masas zudumi, % / Mass losses, %	Svēršanas metode / Method of weighing
5.	Ūdens saturs, % / Moisture content, %	LVS ISO 1442 : 1997
6.	Peroksīdskaitlis, mmol kg ⁻¹ / Peroxide value, mmol kg ⁻¹	AOAC 965.33
7.	Lipīdu oksidācijas sekundārie produkti, mg kg ⁻¹ / Lipid oxidation secondary products, mg kg ⁻¹	ISO 9001, 1995. Vol. 5.3.
8.	Sarindošanas tests / Ranking test	ISO 8587:2006
9.	Sensorās īpašības / Sensory properties	ISO 4121:2003, ISO 6564:1985
10.	Hēdoniskā skala / Hedonic scale	Iegūtos rezultātus analizē statistiski ar t-testu / The finding results analyzed statistic with t-test
11.	Mezofili aerobo un fakultatīvi anaerobo mikroorganismu skaits (MAFAM) / Aerobic colony count (ACC)	LVS EN ISO 4833:2003
12.	<i>Listeria monocytogenes</i> klātbūtnē / <i>Listeria monocytogenes</i> presence	LVS EN ISO 11290- 1:1996/A1:2005
13.	<i>Salmonella spp.</i> klātbūtnē / <i>Salmonella spp.</i> presence	LVS EN ISO 6579:2003/ AC:2006

2. tabulas turpinājums / Table 2 continued

Nr. p. k. / No	Rādītāji / Indices	Metode , standarts, / Method, Standard,
14.	<i>Staphylococcus aureus</i> KVV / <i>Staphylococcus aureus</i> cfu	LVS EN ISO 6888-1:1999/ A1 2003
15.	<i>Clostridium perfringens</i> KVV / <i>Clostridium perfringens</i> cfu	LVS EN ISO 7937:2005

- **Mikroorganismu sugu identifikācijai** uz selektīva un/vai neselektīva agarā uzsētas vismaz piecas morfoloģiski atšķirīgas kolonijas, kuras vēlāk pārsētas uz neselektīvā agarā (*Nutrient agar*), lai iegūtu tūrkultūru. Izolēto kultūru bioķīmiskā identifikācija notika, izmantojot:
 - krāsošanu pēc *Gram* un mikroskopēšanu;
 - oksidāzes testu – uz filtrpapīra, kas samitrināts ar oksidāzes reaģentu, pārnes daļu mikroorganisma kolonijas, pēc 30 sekundēm zilā krāsa norāda uz pozitīvu reakciju;
 - katalāzes testu – koloniju suspendē 3% ūdeņraža peroksīda šķīdumā. Gāzes burbulišu klātbūtnē norāda uz katalāzes pozitīvu reakciju;
 - indola testu – ar sterili cilpu koloniju inokulē peptona ūdenī, inkubē +44 °C temperatūrā 48 stundas, pēc inkubēšanas pievieno Kovača reaģentu (indola pierādīšanai), samaisa un vēro krāsu maiņu. Sarkanā krāsa norāda uz indola klātbūtni;
 - koagulāzes testu – ar sterili cilpu koloniju ienes mēgenē ar liellopu sirds smadzeņu barotni (*Brain Heart Infusion Agar*), inkubē +37 °C temperatūrā 24 stundas. Aseptiski 0,1 ml kultūras pievieno 0,3 ml truša plazmai, inkubē +37 °C temperatūrā 24 stundas. Par pozitīvu koagulāzes reakciju uzskata, ja izveidotais receklis aizņem vairāk nekā pusī no barotnes tilpuma.

Izolēto mikroorganismu kultūru bioķīmisko īpašību noteikšanai lietota validēta *BD BBL Crystal Enteric/Nonfermenter ID Kit System* (*Becton, Dickinson and Company*, ASV) testsistēma. Izdalītās kolonijas ar cilpu inokulē testsistēmā un inkubē +37 °C temperatūrā 24 stundas. Identifikācijas sistēmā ir iekļauti vairāku substrātu fermentācijas, oksidācijas un hidrolīzes testi. Izolēto kultūru pierādīšana veikta, salīdzinot iegūtos rezultātus ar *BD BBL Crystal* datu bāzē esošajiem.

D-vērtību un Z-vērtību noteikšana un aprēķins.

Salātu *Sous vide* iepakojumā paraugos noteikts MAFAM KVV skaits (LVS ISO 4833:2003 metodes) dažādos termiskās apstrādes režīmos ūdens vannā (1) un konvekcijas krāsnī gaisa/tvaika vidē (2), ja sildošās vides temperatūra abos gadījumos ir: $t_v = +(50,0, 55,0, 60,0, 65,0, 70,0) \pm 0,5$ °C, kopīgais termiskās apstrādes ilgums katram paraugam – 80 minūtes.

Eksperimenta laikā ik pēc desmit minūtēm divus iepakojumus izņem no sildošās vides, un saskaņā ar ISO 6887 sērijas standartu prasībām paraugus 40 minūšu laikā strauji sasaldē -25°C temperatūrā un uzglabā -18°C temperatūrā 24 stundas. Pirms testēšanas sasaldētos paraugus atkausē istabas temperatūrā pusotras stundas laikā. Temperatūra t ($^{\circ}\text{C}$) un termiskās apstrādes ilgums (min) reģistrēts ar temperatūras un laika datu savācēju *USB TC-08 (Pico Technologist)*. Legūtie dati fiksēti datu apstrādes programmā *PicoLog*. Eksperiments atkārtots divos atkārtojumos. D-vērtības un Z-vērtības aprēķinātas analītiski pēc eksperimentos noteiktajiem rezultātiem.

Mikroorganismu termisko inaktivāciju raksturo to izdzīvošanas līkne, ko parasti atspoguļo ar pirmās kārtas kinētisko vienādojumu (1) (Drive, Bozeman, 1999; Garbutt, 1997; Teixeira, 1992).

$$\lg N = \lg N_0 - k\tau, \quad (1.)$$

kur:

- N_0 – MAFAM koloniju veidojošās vienības, KVV g^{-1} ;
- N – izdzīvojušo mikroorganismu kopskaitis pēc to samazināšanas par vienu kārtu KVV g^{-1} ;
- k – proporcionālītātes konstante jeb mikroorganismu bojāejas ātrums;
- τ – termiskās apstrādes laiks, min.

Mikroorganismu bojāejas ātrumu k var izteikt šādi

$$k = \frac{\lg N_0 - \lg N_\tau}{\tau} \quad (2.)$$

Ja D-vērtību izsaka kā laiku minūtēs (τ), lai sasniegtu mikroorganismu koncentrācijas samazināšanos par vienu kārtu no $\lg N_0$ līdz $\lg N_\tau$, tad no mikroorganismu bojāejas ātruma konstantes k izteiksmes var aprēķināt D-vērtību:

$$k = tg\alpha = \frac{1}{\tau} \quad \text{un} \quad D = \tau = \frac{1}{k}, \quad (3.)$$

kur: α – taisnes (5. vienādojums) slīpuma leņķis.

Z-vērtību ietekmē termiskās apstrādes temperatūra un to var izteikt ar logaritmisko sakarību $\lg D = f(t)$. Z-vērtība ir temperatūras diference Δt ($^{\circ}\text{C}$), par kādu jāpaaugstina sildošās vides temperatūra, lai samazinātu D-vērtību par vienu kārtu (sk. 4. vienādojumu). Šajā gadījumā D-vērtību jebkurā sildošās vides temperatūrā var aprēķināt pēc pirmās kārtas kinētiskā vienādojuma:

$$\lg D = -kt + C_0 \quad \text{un} \quad D = 10^{-kt+C_0}, \quad (4.)$$

kur:

- C_0 – konstante;
 k – D-vērtības samazināšanās ātrums, kuru raksturo taisnes slīpuma leņķis α ;
 t – sildošās vides temperatūra, °C

D-vērtības samazināšanās ātruma konstanti k var izteikt ar vienādojumu:

$$k = \operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{\Delta t} \quad \text{un} \quad Z = \Delta t = \frac{1}{k} \quad (5.)$$

Zinot D-vērtības un Z-vērtības, kā arī sākotnējo mikroorganismu skaitu (N_0), kas var būt mainīgs lielums, iespējams aprēķināt termiskās apstrādes ilgumu τ (min) jebkurā mikroorganismu letālajā temperatūrā t , lai iznīcinātu 99,99% no visas mikroorganismu populācijas (Drive, Bozeman, 1999; Garbutt, 1997; Teixeira, 1992).

Datu matemātiskā apstrāde. Analīžu rezultāti apstrādāti, izmantojot SPSS programmas SPSS 16 paketi, Microsoft Excel for Windows 7.0 un Fizz Forms – Sensory Analysis and Consumer Test Management Software programmas, p vērtība raksturo iegūto datu būtiskuma zemāko līmeni ($p > 0,05$ – dati būtiski neatšķiras, $p \leq 0,05$ – dati būtiski atšķiras). Dati apstrādāti ar matemātiskās statistikas metodēm. Iegūtajiem rezultātiem aprēķināta vidējā aritmētiskā vērtība un standartnovirze. Datu interpretācijai veikta vienfaktora un divfaktoru dispersijas analīze (ANOVA) ar atkārtojumiem (Arhipova, Bāliņa, 1999; Arhipova, Bāliņa, 2003; Field, 2005; Marques de Sa, 2007). Sensorā vērtējuma rezultāti analizēti ar statistiskajām metodēm: divfaktoru dispersijas analīzi, Tjūkija, Frīdmēna testu un t-testu (Casatura, Findaly, 2006).

PĒTĪJUMA REZULTĀTI UN DISKUSIJA

Pašlaik salātu ar galu un majonēzi realizācijas termiņš nehermētiskā iepakojumā gaisa vidē PS kārbās mazumtirdzniecībā ir četras dienas. Tas ir pārāk īss laiks, lai apmierinātu tirgotāju vajadzības, jo tie pieprasī ražot pārtikas produktus ar iespējami garāku realizācijas termiņu. Būtiski ir vērtēt produktu kvalitāti pēc PVD ieteiktajiem mikrobioloģiskajiem kritērijiem ($N_{max} \leq 10^5$ KVV g⁻¹, Marčenkova, 2010), kas salīdzinājumā ar pašlaik esošajās vadlīnijās minētajiem ($N_{max} \leq 10^7$ KVV g⁻¹) ir daudz stingrāki (Atdzesētu, rūpnieciski ražotu gatavo produktu labas higiēnas un ražošanas prakses vadlīnijas, 2006).

Lai sasniegtu promocijas darbā izvirzīto mērķi – izstrādāt tehnoloģiskos režīmus Latvijā ražotu salātu ar gaļu un majonēzi uzglabāšanas laika pagarināšanai *Sous vide* iepakojumā, analizēta dažu tradicionālo iepakošanas tehnoloģiju – gaisa vidē, vakuumā un aizsarggāzu vidē – ietekme uz realizācijas termiņu un uz salātu ar majonēzi kvalitāti uzglabāšanas laikā. Kā alternatīvs risinājums pētīta salātu kvalitāte un iespējamais uzglabāšanas laiks, piemērojot vienu no perspektīvākajām tehnoloģijām – *Sous vide* iepakojumu. Paraugu termiskā apstrāde veikta ūdens vannā (1) un konvekcijas krāsnī gaisa/tvaika vidē (2). Viens no būtiskākajiem kvalitāti raksturojošiem parametriem ir salātu mikrobioloģiskais piesārņojums un tā izmaiņas produkta uzglabāšanas laikā, kā arī fizikālie, ķīmiskie parametri un sensorais novērtējums.

1. Salātu ar gaļu un majonēzi iepakošanas tehnoloģiju salīdzinājums

Atdzesētu, rūpnieciski ražotu gatavo produktu nozare Latvijā pašlaik strauji attīstās un pilnveidojas. Vairākums gatavo produktu ir mikrobioloģiski ļoti jutīgi, to piesārņojumu ietekmē daudzi faktori: vide, kurā produkts tiek ražots, izejvielas, tehnoloģiskie procesi, iepakojums, loģistika un tirdzniecības vietas apstākļi. Mūsdienās ražotāji un zinātnieki arvien lielāku uzmanību pievērš produktu kvalitātei.

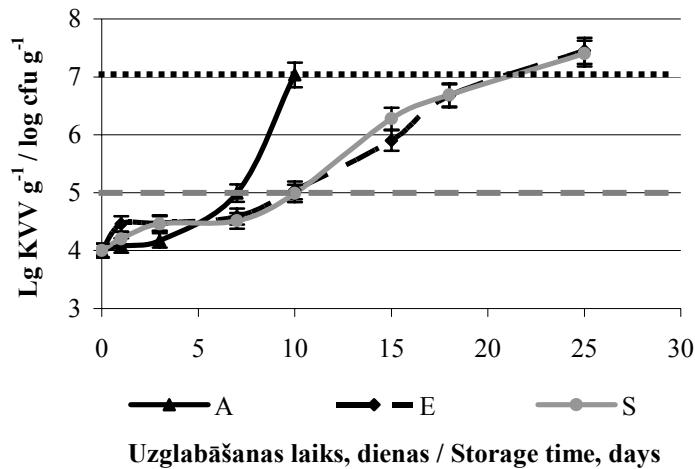
Pareizi izvēlēti iepakojuma materiāli un tehnoloģijas, kā arī lietotie konservanti ir ļoti būtiski faktori, kas produktu uzglabāšanas laikā var kavēt mikroorganismu attīstību.

Vakuuma un aizsarggāzu iepakojuma ietekme. Mezofili aerobo un fakultatīvi anaerobo mikroorganismu (MAFAM) koloniju veidojošo vienību (KVV) skaita dinamika salātu ar gaļu un majonēzi paraugos uzglabāšanas laikā $+4.0 \pm 0.5$ °C temperatūrā vakuuma un aizsarggāzu iepakojumā redzama 2. attēlā.

Vērtējot salātu mikrobioloģisko kvalitāti vakuuma un aizsarggāzu iepakojumā un kā kontroli iepakojumu gaisa vidē, redzams, ka pēc Pārtikas veterinārā dienesta (PWD) ieteiktajiem kritērijiem maksimāli pieļaujamā MAFAM robeža $N \leq 10^5$ KVV g⁻¹ tiek sasniegta pēc septiņām uzglabāšanas dienām gaisa vidē un desmit dienām vakuuma un aizsarggāzu iepakojumā.

Minētajā periodā netika novērota būtiska vakuuma un aizsarggāzu ietekmes atšķirība uz MAFAM attīstību ($p > 0,05$). MAFAM KVV skaits salātos N_0 tūlīt pēc pagatavošanas bija $1,00 \times 10^4$ KVV g⁻¹ ($N_0 < 10^5$ KVV g⁻¹), kas kontroles paraugā septiņu uzglabāšanas dienu laikā pieauga līdz 9.86×10^4 KVV g⁻¹ ($N < 10^5$ KVV g⁻¹), savukārt salātu paraugos vakuumiepakojumā PA/PE pakās (E paraugs) – līdz $1,10 \times 10^5$ KVV g⁻¹ un aizsarggāzu vidē PA/PE materiāla iepakojumā (S paraugs) – līdz 9.77×10^4 KVV g⁻¹ ($N < 10^5$ KVV g⁻¹), tātad MAFAM KVV skaits tuvojās

pieļaujamai maksimālai robežai desmit dienu uzglabāšanas laikā. Savukārt, visus salātu paraugus (A, E un S) vērtējot pēc MAFAM KVV atbilstoši pašreizējām vadlīnijām ($N < 10^7$ KVV g $^{-1}$), redzams, ka eksperimentos iegūtie dati ir būtiski atšķirīgi ($p \leq 0,05$).



2. att. MAFAM dinamika salātos vakuumā un aizsarg gāzu iepakojumā uzglabāšanas laikā

Fig. 2 ACC dynamics in vacuum and in MAP packed salads during the storage time

A – gaisa vide (kontrole), PS / air ambience (control), PS; E – vakuumā, PA/PE / vacuum PA/PE; S – aizsarggāzu vide, PA/PE / MAP, PA/PE

— pieļaujamā MAFAM robeža pēc PVD ieteiktajiem mikrobioloģiskās kvalitātes kritērijiem gataviem ēdieniem $< 10^5$ KVV g $^{-1}$ / admissible level of ACC, according to the FVD recomended criteria of microbiological quality for ready-to-eat food $< 10^5$ cfu g $^{-1}$

..... pieļaujamā MAFAM robeža atbilstoši pašreizējām vadlīnijām $< 10^7$ KVV g $^{-1}$ / admissible level of ACC $< 10^7$ cfu g $^{-1}$ according to the current guidelines

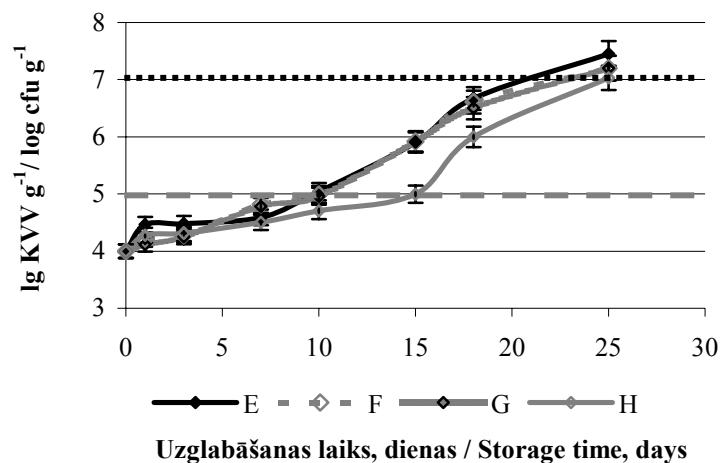
Kontroles paraugam iepakojumā gaisa vidē realizācijas termiņš ir līdz 10 dienām. Turpretim iepakojums vakuumā un aizsarggāzu vidē (E un S paraugs) būtiski ļauj pagarināt salātu realizācijas termiņu līdz 20–21 dienai.

Purasal ietekme uz salātu mikrobioloģisko kvalitāti iepakojumā gaisa vidē. Izvērtējot salātus iepakojumā gaisa vidē PS kārbās bez Purasal (kontrole, A paraugs) un ar dažāda daudzuma (5, 10, 15 g kg $^{-1}$) Purasal, kas uzglabāti $+4,0 \pm 0,5$ °C temperatūrā, gan pēc ieteiktajiem kritērijiem, gan arī atbilstoši esošajām vadlīnijām, starp paraugiem nav konstatēta MAFAM KVV būtiska

atšķirība ($p > 0,05$). Tomēr, pievienojot 10 un 15 g kg^{-1} *Purasal*, novērota uzglabāšanas laika pagarināšanās tendencē.

***Purasal* ietekme uz salātu mikrobioloģisko kvalitāti uzglabāšanas laikā vakuumiepakojumā.** MAFAM dinamika salātos vakuumiepakojumā PA/PE pakās, ja pievienojos konservants *Purasal* (5, 10, 15 g kg^{-1}) un paraugi uzglabātī +4,0±0,5 °C temperatūrā, redzama 3. attēlā.

Vērtējot salātus vakuumiepakojumā bez *Purasal* (kontrole, E paraugs) un ar dažāda daudzuma (5, 10, 15 g kg^{-1}) *Purasal* gan pēc PVD ieteiktajiem kritērijiem, gan arī atbilstoši pašreizējām vadlīnijām, konstatēts, ka *Purasal* daudzums atšķirīgi ietekmē MAFAM KVV attīstību uzglabāšanas laikā ($p = 0,001$).



3. att. *Purasal* ietekme uz MAFAM dinamiku salātos vakuumiepakojumā uzglabāšanas laikā

Fig. 3 The influence of *Purasal* on the ACC dynamics in the vacuum packed salads during the storage time

E – vakuums (kontrole), PA/PE / vacuum (control), PA/PE; F – vakuums, PA/PE + *Purasal* 5 g kg^{-1} / vacuum, PA/PE + *Purasal* 5 g kg^{-1} ; G – vakuums, PA/PE + *Purasal* 10 g kg^{-1} / vacuum, PA/PE + *Purasal* 10 g kg^{-1} ; H – vakuums, PA/PE + *Purasal* 15 g kg^{-1} / vacuum, PA/PE + *Purasal* 15 g kg^{-1}

— pieļaujamā MAFAM robeža pēc PVD ieteiktajiem mikrobioloģiskās kvalitātes kritērijiem gataviem ēdienu $< 10^5 \text{ KVV g}^{-1}$ / admissible level of ACC, according to the FVD recomended criteria of microbiological quality for ready-to-eat food $< 10^5 \text{ cfu g}^{-1}$

..... pieļaujamā MAFAM robeža atbilstoši pašreizējām vadlīnijām $< 10^7 \text{ KVV g}^{-1}$ / admissible level of ACC $< 10^7 \text{ cfu g}^{-1}$ according to the current guidelines

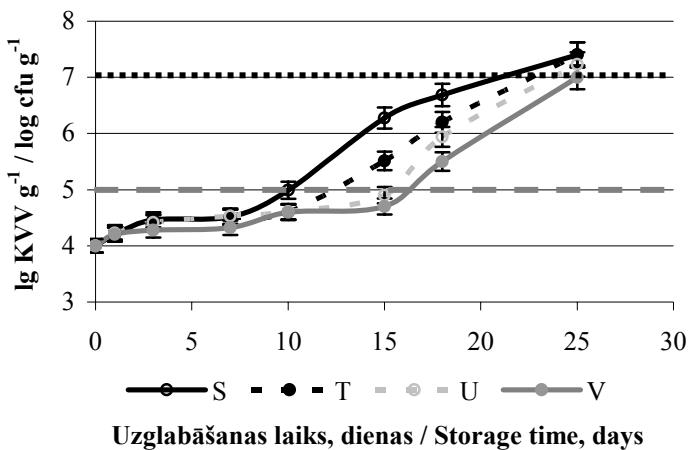
Pēc PVD ieteiktajiem kritērijiem, MAFAM KVV skaits salātos vakuumiepakojumā bez Purasal (E paraugs) un ar 5 g kg^{-1} (F paraugs) un 10 g kg^{-1} (G paraugs) Purasal savstarpēji būtiski neatšķiras, un maksimālo pieļaujamo MAFAM KVV skaitu $N \leq 10^5 \text{ KVV g}^{-1}$ tas sasniedz pēc 10 uzglabāšanas dienām. Tas nozīmē, ka minētais pievienotā Purasal daudzums nav apstiprinājis gaidīto rezultātu par ierobežotu mikroorganismu augšanu un pagarinātu realizācijas termiņu. MAFAM KVV skaits paraugos, kuriem pievienots 15 g kg^{-1} Purasal, ar varbūtību 95% būtiski atšķiras no mikroorganismu skaita iepriekš minētajos paraugos un maksimālais MAFAM KVV skaits tiek sasniegts tikai pēc 15 uzglabāšanas dienām, pagarinot realizācijas termiņu par 50%.

Atbilstoši pašreizējām vadlīnijām redzams, ka pievienotā Purasal daudzums būtiski ietekmē MAFAM KVV ($p = 0,021$) un līdz ar to uzglabāšanas laiku. Kontrolē (E paraugā) vakuumiepakojumā bez Purasal MAFAM maksimālo robežu ($N \leq 10^7 \text{ KVV g}^{-1}$) sasniedz pēc 18 uzglabāšanas dienām, bet, pievienojot 5 g kg^{-1} (F paraugs) un 10 g kg^{-1} (G paraugs) Purasal, – pēc 23 uzglabāšanas dienām, tātad realizācijas termiņš pagarinās par 28%, savukārt, pievienojot 15 g kg^{-1} Purasal (H paraugs), uzglabāšanas termiņš pagarinās pat līdz 24 dienām – par 33% (sk. 3. attēlu).

Purasal ietekme uz salātu mikrobioloģisko kvalitāti uzglabāšanas laikā aizsargāzu iepakojumā. Pievienotais Purasal ($5, 10, 15 \text{ g kg}^{-1}$) ietekmē MAFAM KVV augšanu salātos uzglabāšanas laikā iepakojumā aizsargāzu vidē. Konstatēts, ka Purasal daudzums, līdzīgi kā vakuumiepakojumā arī šajā gadījumā atšķirīgi ietekmē MAFAM KVV attīstību un atbilstoši uzglabāšanas laiku ($p \leq 0,05$) $+4,0 \pm 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūrā (sk. 4. attēlu).

Pēc ieteiktajiem kritērijiem, MAFAM KVV skaits paraugos – aizsargāzu iepakojumā bez Purasal (kontrole, S paraugs) un aizsargāzu vidē ar Purasal 5 g kg^{-1} (T paraugs), 10 g kg^{-1} (U paraugs) un 15 g kg^{-1} (V paraugs) – ar varbūtību 95% maksimāli pieļaujamo robežu 10^5 KVV g^{-1} sasniedz būtiski atšķirīgā laikā ($p = 0,003$). Kā redzams 4. attēlā, salātu kontroles paraugā aizsargāzu iepakojumā bez Purasal MAFAM KVV skaits jau pēc desmit uzglabāšanas dienām sasniedz 10^5 KVV g^{-1} . Tātad kontroles parauga realizācijas termiņš ir līdz desmit dienām. Pievienojot 5 g kg^{-1} Purasal, uzglabāšanas termiņš pagarinās līdz 12 dienām, pievienojot 10 g kg^{-1} Purasal – līdz 16 dienām, bet, ja Purasal pievieno 15 g kg^{-1} , tad realizācijas termiņu iespējams pagarināt pat līdz 17 dienām.

Savukārt atbilstoši pašreizējām vadlīnijām kontroles (S parauga) realizācijas termiņš var būt līdz 21 dienai, bet, pievienojot 5 g kg^{-1} Purasal (T paraugs) – līdz 22 dienām, pievienojot 10 g kg^{-1} Purasal (U paraugs) – līdz 23 dienām, bet, ja pievieno 15 g kg^{-1} Purasal, tad realizācijas termiņu iespējams pagarināt no 21 dienas bez Purasal līdz 24 dienām (V paraugs).



4. att. *Purasal* ietekme uz MAFAM dinamiku salātos aizsarggāzu iepakojumā uzglabāšanas laikā

Fig. 4. The influence of *Purasal* on the ACC dynamics in the modified atmosphere packed salads during the storage time

S – aizsarggāzu vide (kontrole), PA/PE / MAP (control), PA/PE ; T – aizsarggāzu vide, PA/PE *Purasal* + 5 g kg⁻¹ / MAP, PA/PE + *Purasal* 5 g kg⁻¹; U – aizsarggāzu vide, PA/PE *Purasal* +10 g kg⁻¹ / MAP, PA/PE + *Purasal* 10 g kg⁻¹; V – aizsarggāzu vide, PA/PE, *Purasal* + 15 g kg⁻¹/ MAP, PA/PE + *Purasal* 15 g kg⁻¹

— pieļaujamā MAFAM robeža pēc PVD ieteiktajiem mikrobioloģiskās kvalitātes kritērijiem gataviem ēdieniem < 10⁵ KVV g⁻¹ / admissible level of ACC, according to the FVD recomended criteria of microbiological quality for ready-to-eat food < 10⁵ cfu g⁻¹

..... pieļaujamā MAFAM robeža atbilstoši pašreizējām vadlīnijām < 10⁷ KVV g⁻¹ / admissible level of ACC < 10⁷ cfu g⁻¹ according to the current guidelines

Pētījuma laikā iegūtie rezultāti uzskatāmi pierāda, ka *Purasal* pievienošanai salātiem, salīdzinot ar kontroli aizsarggāzu iepakojumā bez *Purasal*, ir nozīme, bet tā nav būtiska uzglabāšanas laika pagarināšanai. Redzams, ka aizsarggāzu vide (sk. 4. attēlu), salīdzinot ar iepakojumu vakuumā (sk. 3. attēlu), pozitīvi ietekmē *Purasal* aizsardzības funkcijas un MAFAM attīstās lēnāk. Tātad, salātiem ar gaļu un majonēzi aizsarggāzu iepakojumā pievienojot konservervantu *Purasal*, iespējams pagarināt to realizācijas termiņu.

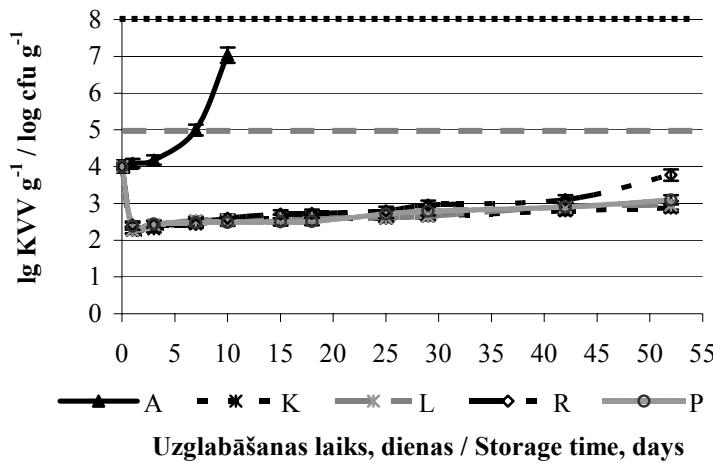
Sous vide iepakojuma tehnoloģijas izvēles pamatojums. Lai pierādītu promocijas darbā izvirzīto hipotēzi – termiskās apstrādes režīms *Sous vide* iepakojumā var ievērojami pagarināt salātu ar gaļu un majonēzi uzglabāšanas laiku, saglabājot kvalitāti, eksperimentu turpinājumā noteikti optimālie salātu ar

gaļu un majonēzi pasterizācijas un dzesēšanas režīmi *Sous vide* iepakojumā, pasterizācijas temperatūras ietekme uz MAFAM dinamiku salātos termiskās apstrādes procesā un uzglabāšanas laikā $+4,0 \pm 0,5$ °C temperatūrā, kā arī pētīta *Purasal* ietekme uz MAFAM dinamiku salātos *Sous vide* iepakojumā un prognozēts sasniedzamais uzglabāšanas laiks.

Termiskās apstrādes režīms ir individuāls katram produktam, iepakojuma veidam un produkta daudzumam iepakojumā. Pamatojoties uz informāciju zinātniskajā literatūrā par pasterizācijas režīmiem *Sous vide* iepakojumā, salātu termiskajai apstrādei *Sous vide* iepakojumā tika piemērots mērens sildošās vides temperatūras režīms: $+60,0 \pm 0,5$ °C, $+65,0 \pm 0,5$ °C un $+70,0 \pm 0,5$ °C. Salātus ar gaļu un majonēzi pasterizējot $+70,0 \pm 0,5$ °C temperatūrā, konstatēts, ka majonēze maina konsistenci. Līdz ar to secināts, ka salātus kā ekskluzīvu produktu nav ieteicams termiski apstrādāt temperatūrā, kas augstāka par $+65,0$ °C.

Pamatojoties uz eksperimentāli iegūtajiem pētījuma rezultātiem, LLU Pārtikas tehnoloģijas katedrā un ražošanas uzņēmumā „VSL Pārtikas grupa” (SIA) izstrādāta salātu ar majonēzi *Sous vide* iepakošanas tehnoloģija, ja termiskā apstrāde veikta ūdens vannā (LR patents Nr. 13702, 2008), kā arī uzņēmumā „VSL Pārtikas grupa” (SIA) un LLU, Pārtikas tehnoloģijas katedrā izstrādāta tehnoloģija, kas piemērota salātu ar gaļu un majonēzi ievērojamai uzglabāšanas laika pagarināšanai *Sous vide* iepakojumā ar termisko apstrādi konvekцийas krāsnī gaisa/tvaika vidē (LR patents Nr. 14025, 2010). Tehnoloģija pārbaudīta ražošanas apstākļos uz esošo tehnoloģisko iekārtu bāzes.

***Sous vide* iepakošanas tehnoloģijas ietekme uz MAFAM dinamiku salātos ar majonēzi uzglabāšanas laikā.** Salātu ar gaļu un majonēzi paraugos *Sous vide* iepakojumā konvencionālā (PA/PE) un biodegradējamo (PLA un PHB) materiālos iepakojumos noteikta MAFAM dinamika un iespējamais realizācijas termiņš, termiskās apstrādes procesu veicot pēc divām metodēm: ūdens vannā – *Sous vide* (1) un konvekцийas krāsnī gaisa/tvaika vidē – *Sous vide* (2) $+65,0 \pm 0,5$ °C temperatūrā. Paraugi tika uzglabāti aukstuma kamerā 52 dienas $+4,0 \pm 0,5$ °C temperatūrā (sk. 5. attēlu). MAFAM KVV skaits pirms termiskās apstrādes bija $1,00 \times 10^4$ KVV g⁻¹, pēc termiskās apstrādes KVV skaits samazinās līdz $1,58 \times 10^2$ KVV g⁻¹. Rezultāti savstarpēji salīdzināti ar kontroli (A paraugs) nehermētiskā iepakojumā PS kārbās gaisa vidē. Salīdzinot MAFAM rezultātus kontroles paraugā ar mikrobioloģisko piesārņojumu salātos ar termisko apstrādi ūdens vannā *Sous vide* (1) un konvekцийas krāsnī *Sous vide* (2) iepakojumā, konstatēts, ka gan pēc PVD ieteiktajiem kritērijiem, gan pēc pašreizējām vadlīnijām, pēc septiņām uzglabāšanas dienām paraugos ir būtiska MAFAM KVV skaita atšķirība ($p = 0,0007$).



5. att. MAFAM dinamika salātos *Sous vide* iepakojumā dažādos materiālos termiskās apstrādes procesā un uzglabāšanas laikā

Fig. 5 The ACC dynamics in *Sous vide* packed salads using various materials during the thermal process and the storage time

A – gaisa vide, (kontrole), PS / air ambience, (control), PS; K – *Sous vide* (1), PA/PE / *Sous vide* (1), PA/PE; L – *Sous vide* (2), PA/PE / *Sous vide* (2), PA/PE; P – *Sous vide* (1), PLA / *Sous vide* (1), PLA ; R – *Sous vide* (1), PHB / *Sous vide* (1), PHB

— pieļaujamā MAFAM robeža pēc PVD ieteiktajiem mikrobioloģiskās kvalitātes kritērijiem gataviem īdeniem $< 10^5$ KVV g^{-1} / admissible level of ACC, according to the FVD recomended criteria of microbiological quality for ready-to-eat food $< 10^5$ cfu g^{-1}

..... pieļaujamā MAFAM robeža atbilstoši pašreizējām vadlīnijām $< 10^7$ KVV g^{-1} / admissible level of ACC $< 10^7$ cfu g^{-1} according to the current guidelines

Savukārt, savstarpēji salīdzinot salātu paraugus dažādu materiālu iepakojumā: PA/PE materiālā ar divu veidu termisko apstrādi ūdens vannā *Sous vide* (1) (K paraugs) un konvekcijas krāsnī gaisa/tvaika vidē (2) (L paraugs), un biodegradējamos PLA (P paraugs) un PHB (R paraugs) materiālos ar termisko apstrādi ūdens vannā *Sous vide* (1), konstatēts, ka pēc septiņām uzglabāšanas dienām MAFAM KVV skaits salātos būtiski neatšķiras ($p = 0,318$). Pēc 52 uzglabāšanas dienām MAFAM KVV skaits R paraugā (PHB) *Sous vide* (1) iepakojumā būtiski atšķiras no KVV skaita K, L, P paraugos ($p = 0,003$). Eksperimentāli apstiprināts, ka salātus ar gaļu un majonēzi *Sous vide* iepakojumā visos pētītajos iepakojuma materiālos var uzglabāt līdz 52 dienām,

un šajā laikā MAFAM KVV skaits, uzglabājot $+4,0 \pm 0,5$ °C temperatūrā, nesasniedz maksimāli pieļauto robežu ($N < 10^5$ KVV g $^{-1}$).

Purasal ietekme uz salātu mikrobioloģisko kvalitāti *Sous vide* iepakojumā. Vērtējot salātus *Sous vide* (1) iepakojumā bez Purasal (kontrole) un ar dažāda daudzuma (5, 10, 15 g kg $^{-1}$) Purasal, kas uzglabāti $+4,0 \pm 0,5$ °C temperatūrā, konstatēts, ka MAFAM KVV skaits pēc 52 uzglabāšanas dienām kā pēc ieteiktajiem PVD kritērijiem, tā arī atbilstoši pašreizējām vadlīnijām savstarpēji būtiski atšķiras ($p = 0,02$). *Sous vide* iepakojumā konservanta Purasal daudzums (5, 10 g kg $^{-1}$) būtiski neietekmē MAFAM koloniju veidojošo vienību attīstību ($p > 0,05$), savukārt lielāks Purasal daudzums – 15 g kg $^{-1}$ – samazina MAFAM KVV attīstības intensitāti uzglabāšanas laikā.

Mikroorganismu identifikācija salātos ar gaļu un majonēzi. No salātiem ar gaļu un majonēzi gaisa vidē, vakuumā, aizsarggāzu vidē un *Sous vide* iepakojumā galvenokārt izdalītas gram(–) mikroorganismu kultūras. 10% gadījumu kultūras bioķīmiski nebija iespējams identificēt. Izteikti dominē *Acinetobacter* ģints baktērijas (*Acinetobacter lwofii*). Norādītie identifikācijas rezultāti ne tikai apliecinā mikroorganismu ģints klātbūtni, bet arī norāda uz dominanto sugu esamību.

Dažādu iepakošanas tehnoloģiju un materiālu ietekme uz salātu ar gaļu un majonēzi uzglabāšanas laiku. Dažādu iepakošanas tehnoloģiju un materiālu ietekmes salīdzinājums uz salātu ar gaļu un majonēzi uzglabāšanas laiku apkopots 3. tabulā.

3. tabula / Table 3

Dažādu iepakošanas tehnoloģiju un materiālu ietekme uz salātu ar

gaļu un majonēzi uzglabāšanas laiku

Influence of different packaging technologies and materials on the shelf life of mayonnaise-based salads with meat

Paraugs / Sample	Parauga raksturojums / characteristics of Sample	Uzglabāšanas laiks, dienas / Storage time, days							
		$N \leq 10^5$ KVV g $^{-1}$ $N \leq 10^5$ cfu g $^{-1}$				$N \leq 10^7$ KVV g $^{-1}$ $N \leq 10^7$ cfu g $^{-1}$			
		Gaisa vide / Air ambience	Vakuums / Vacuum	Aizsarggāzu vide / MAP	<i>Sous vide</i> / <i>Sous vide</i>	Gaisa vide / Air ambience	Vakuums / Vacuum	Aizsarggāzu vide / MAP	<i>Sous vide</i> / <i>Sous vide</i>
A	Kontrole, PS / control, PS	7±0,5	–	–	–	10±0,5	–	–	–
B	Purasal 5 g kg $^{-1}$, PS	7±0,5	–	–	–	10±0,5	–	–	–
C	Purasal 10 g kg $^{-1}$, PS	8±0,5	–	–	–	10±0,5	–	–	–

3. tabulas turpinājums / Table 3 continued

Paraugs / Sample	Parauga raksturojums / characteristics of Sample	Uzglabāšanas laiks, dienas / Storage time, days					
		$N \leq 10^5 \text{ KVV g}^{-1}$ $N \leq 10^5 \text{ cfu g}^{-1}$			$N \leq 10^7 \text{ KVV g}^{-1}$ $N \leq 10^7 \text{ cfu g}^{-1}$		
		Gaisa vide / Air ambience	Vakuums / Vacuum	Aizsargāgāzu vide / MAP	Sous vide / Sous vide	Gaisa vide / Air ambience	Vakuums / Vacuum
D	Purasal 15 g kg ⁻¹ , PS	8±0.5	—	—	—	10±0.5	—
E	PA/PE	—	10±0.5	—	—	—	20±1
I	PLA	—	10±0.5	—	—	—	22±1
J	PHB	—	10±0.5	—	—	—	22±1
F	Purasal 5 g kg ⁻¹ , PA/PE	—	10±0.5	—	—	—	23±1
G	Purasal 10 g kg ⁻¹ , PA/PE	—	10±0.5	—	—	—	23±1
H	Purasal 15 g kg ⁻¹ , PA/PE	—	15±0.5	—	—	—	24±1
S	PA/PE	—	—	10±1	—	—	21±1
T	Purasal 5 g kg ⁻¹ , PA/PE	—	—	12±1	—	—	23±1
U	Purasal 10 g kg ⁻¹ , PA/PE	—	—	16±1	—	—	24±1
V	Purasal 15 g kg ⁻¹ , PA/PE	—	—	17±1	—	—	24±1
K	(1)*, PA/PE	—	—	—	52±1	—	—
L	(2)*, PA/PE	—	—	—	52±1	—	—
M	(1)*, Purasal 5 g kg ⁻¹ , PA/PE	—	—	—	52±1	—	—
N	(1)*, Purasal 10 g kg ⁻¹ , PA/PE	—	—	—	52±1	—	—
O	(1)*, Purasal 15 g kg ⁻¹ , PA/PE	—	—	—	52±1	—	—
P	(1)*, PLA	—	—	—	52±1	—	—
R	(1)*, PHB	—	—	—	52±1	—	—

*Sous vide (1) – paraugi termiski apstrādāti ūdens vannā / Sous vide (1) – samples thermal treated in water bath; Sous vide (2) – konvekcijas krāsnī gaisa/tvaika vidē / Sous vide (2) – samples thermal treated in convection air/steam oven

2. Salātu ar gaļu un majonēzi fizikālie parametri uzglabāšanas laikā

Iepakojuma materiāls un tehnoloģija, kā arī konservanti ietekmē produktu kvalitāti, tai skaitā fizikālos parametrus uzglabāšanas laikā. Nozīmīgākie fizikālie parametri, kas raksturo salātu ar gaļu un majonēzi kvalitāti, ir krāsa, pH, ūdens aktivitāte, masas zudumi un ūdens saturs.

Iepakošanas tehnoloģiju, Purasal un uzglabāšanas laika ietekme uz salātu kopējo krāsu diferenci ΔE^* . Salātu kopējā krāsu difference ΔE^* noteikta paraugiem *Sous vide* iepakojumā un salīdzināta ar tās vērtību iepakojumos gaisa vidē, vakuumā un aizsarggāzu vidē pēc dažādiem uzglabāšanas laikiem $+4,0 \pm 0,5$ °C temperatūrā.

ΔE^* vērtība līdz septiņām uzglabāšanas dienām visiem pētītajiem paraugiem apzīmēta ar ΔE_{1*} , laika posmā no 7 līdz 25 dienām – ar ΔE_{2*} un no 25 līdz 52 dienām – ar ΔE_{3*} . Kopējā krāsu differences vērtība ΔE_{kop*} visā uzglabāšanas laikā no eksperimenta sākuma aprēķināta, summējot vērtības pa atsevišķiem uzglabāšanas posmiem (6. vienādojums):

$$\Delta E_{kop*} = \Delta E_{1*} + \Delta E_{2*} + \Delta E_{3*}, \quad (6.)$$

kur:

ΔE_{kop*} – kopējā krāsu difference no eksperimenta sākuma līdz uzglabāšanas beigām;

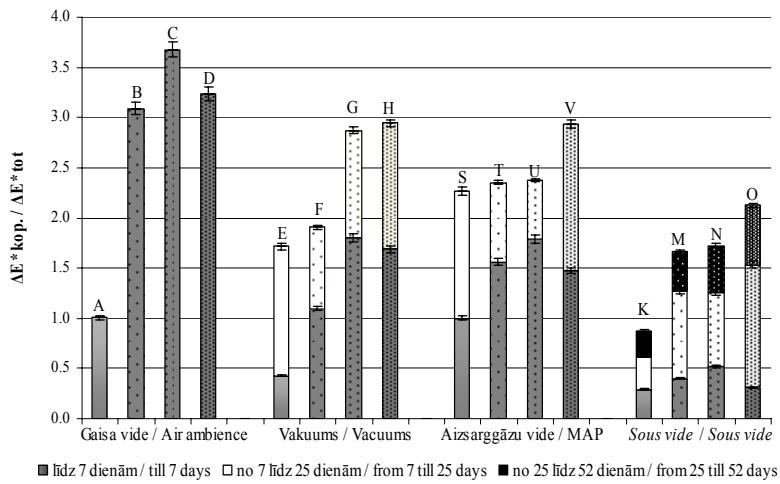
ΔE_{1*} – kopējā krāsu difference pēc septiņām uzglabāšanas dienām
 $\Delta E_{1*} = \Delta E_{kop1*}$;

ΔE_{2*} – kopējā krāsu difference laika posmā no septiņām līdz 25 uzglabāšanas dienām: $\Delta E_{kop2*} = \Delta E_{1*} + \Delta E_{2*}$;

ΔE_{3*} – kopējā krāsu differences vērtība laika posmā no 25 līdz 52 uzglabāšanas dienām: $\Delta E_{kop3*} = \Delta E_{1*} + \Delta E_{2*} + \Delta E_{3*}$.

Salātu kopējā krāsu difference ΔE_{kop*} uzglabāšanas laikā tradicionālajos iepakojumos (gaisā, vakuumā un aizsarggāzu vidē) un *Sous vide* iepakojumā ar un bez *Purasal* parādīta 6. attēlā.

ΔE^* pēc septiņām uzglabāšanas dienām paraugos gaisa vidē (kontrole, A paraugs), vakuumā (E paraugs), aizsarggāzu vidē (S paraugs) un *Sous vide* iepakojumā (K paraugs) ir būtiski atšķirīgi ($p \leq 0,05$). *Sous vide* un vakuumiepkojumā ir bezskābekļa vide, tāpēc ΔE^* vērtības ir maznozīmīgas un savstarpēji būtiski neatšķiras. Aizsarggāzu vidē ΔE^* vērtība ir divas reizes augstāka nekā vakuumiepkojumā, acīmredzot to ietekmē CO₂ klātbūtnē. *Sous vide* iepakojumā pēc 52 uzglabāšanas dienām salātu kopējā krāsu difference ΔE_{kop*} būtiski neatšķiras no ΔE^* vērtības iepakojumā gaisa vidē PS kārbās pēc septiņām uzglabāšanas dienām (kontrole, A paraugs).



6. att. Iepakošanas tehnoloģiju, Purasal un uzglabāšanas laika ietekme uz salātu kopējo krāsu diferenci ΔE^*_{kop} .

Fig. 6 The influence of the packaging technologies, of Purasal and of the storage time on the total colour difference ΔE^*_{tot} of salads

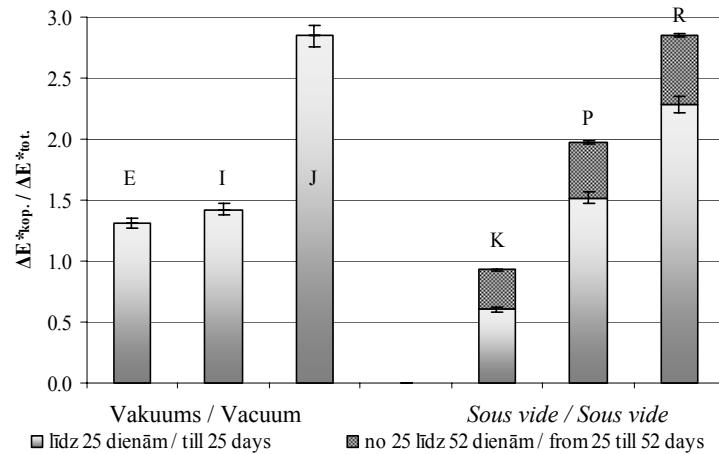
A – gaisa vide (kontrole), PS / Air ambience (control), PS; **B** – gaisa vide, PS + Purasal 5 g kg⁻¹ / air ambience, PS + Purasal 5 g kg⁻¹; **C** – gaisa vide, PS + Purasal 10 g kg⁻¹ / air ambience, PS + Purasal 10 g kg⁻¹; **D** – gaisa vide, PS + Purasal 15 g kg⁻¹ / air ambience, PS + Purasal 15 g kg⁻¹; **E** – vakuums, PA/PE / vacuum, PA/PE; **F** – vakuums, PA/PE + Purasal 5 g kg⁻¹ / vacuum PA/PE + Purasal 5 g kg⁻¹; **G** – vakuums, PA/PE + Purasal 10 g kg⁻¹ / vacuum PA/PE + Purasal 10 g kg⁻¹; **H** – vakuums, PA/PE + Purasal 15 g kg⁻¹ / vacuum PA/PE + Purasal 15 g kg⁻¹; **S** – aizsargāzu vide, PA/PE / MAP, PA/PE; **T** – aizsargāzu vide PA/PE + Purasal 5 g kg⁻¹ / MAP, PA/PE + Purasal 5 g kg⁻¹; **U** – aizsargāzu vide, PA/PE + Purasal 10 g kg⁻¹ / MAP, PA/PE + Purasal 10 g kg⁻¹; **V** – aizsargāzu vide, PA/PE + Purasal 15 g kg⁻¹ / MAP, PA/PE + Purasal 15 g kg⁻¹; **K** – *Sous vide* (1), PA/PE / *Sous vide* (1), PA/PE; **M** – *Sous vide* (1), PA/PE + Purasal 5 g kg⁻¹ / *Sous vide* (1), PA/PE + Purasal 5 g kg⁻¹; **N** – *Sous vide* (1), PA/PE + Purasal 10 g kg⁻¹ / *Sous vide* (1), PA/PE + Purasal 10 g kg⁻¹; **O** – *Sous vide* (1), PA/PE + Purasal 15 g kg⁻¹ / *Sous vide* (1), PA/PE + Purasal 15 g kg⁻¹

Eksperimentālai izvērtēta dažāda daudzuma Purasal, kā arī uzglabāšanas laika (septiņas, 25 un 52 dienas $+4,0 \pm 0,5$ °C temperatūrā) ietekme uz ΔE^* . Visiem paraugiem novērota kopīga ΔE^* vērtības izmaiņu tendence – iepakošanas tehnoloģija un pievienotā Purasal daudzums iespaido salātu krāsu un līdz ar to palielina ΔE^* vērtību (sk. 6. attēlu).

Pievienotā *Purasal* daudzums (5, 10, 15 g kg⁻¹) jau pēc septiņām uzglabāšanas dienām iepakojumā gaisa vidē (kontrole, A paraugs) būtiski palielina ΔE^* vērtību no 1,0 līdz 3,7 vienībām jeb 3,0–3,7 reizes. Acīmredzot to ietekmē *Purasal* un gaisā esošā skābekļa savstarpejā mijiedarbība. Līdzīga *Purasal* ietekme uz salātu krāsas izmaiņām vērojama arī vakuumiepakojumā, mazāk izteikta tā ir aizsarggāzu iepakojumā. *Sous vide* iepakojumā pēc septiņām uzglabāšanas dienām *Purasal* ietekme nav būtiska, bet, turpinot uzglabāšanu līdz 52 dienām, tā palielinās un ΔE^* vērtība pieaug divas trīs reizes, tomēr būtiski atšķiras no ΔE^* vērtības iepakojumā gaisā un aizsarggāzu vidē.

Tātad pētīto salātu paraugu krāsas kopējo diferenci (ΔE^*) uzglabāšanas laikā līdz septiņām, 25 un 52 dienām ietekmē gan iepakošanas tehnoloģija, gan pievienotā *Purasal* daudzums un paraugi būtiski atšķiras ($p \leq 0,05$). Vēlreiz apstiprinās *Sous vide* iepakošanas tehnoloģijas labvēlīgā ietekme uz salātu ar galu un majonēzi kvalitāti – uzglabāšanas laiks salātu krāsu būtiski neietekmē.

Biodegradējamo iepakojuma materiālu ietekme uz salātu kopējo krāsu diferenci ΔE^* . Biodegradējamie (PLA un PHB) iepakošanas materiāli būtiski ietekmē salātu krāsas izmaiņas kā vakuumā tā *Sous vide* iepakojumā ($p \leq 0,05$) (sk. 7. attēlu).



7. att. Biodegradējamo iepakojuma materiālu ietekme uz kopējo krāsu diferenci $\Delta E^*_{\text{kop.}}$ vakuumā un *Sous vide* iepakojumā uzglabāšanas laikā

Fig. 7 The influence of biodegradable materials on the $\Delta E^*_{\text{tot.}}$ of vacuum and *Sous vide* packed salads during the storage time

E – vakuums, PA/PE / vacuum, PA/PE; I – vakuums, PLA / vacuum, PLA; J – vakuums, PHB / vacuum, PHB; K – *Sous vide* (1), PA/PE / *Sous vide* (1), PA/PE; P – *Sous vide* (1), PLA / *Sous vide* (1), PLA; R – *Sous vide* (1), PHB / *Sous vide* (1), PHB

Vakuumā PA/PE iepakojumā ΔE^* vērtība pēc 25 uzglabāšanas dienām ir 1,4 vienības, bet PHB iepakojumā tā palielinājusies līdz 2,8 vienībām, t. i., divas reizes. *Sous vide* iepakojumā pēc 52 uzglabāšanas dienām ΔE^* vērtība PA/PE iepakojumā ir 0,9 vienības, bet PLA iepakojumā tā palielinājusies līdz 2,0 vienībām, PHB iepakojumā – līdz 2,8 vienībām.

Tātad novērota būtiska ($p \leq 0,05$) biodegradējamo iepakojuma materiālu ietekme uz produkta krāsas izmaiņām. Biodegradējamo materiālu vājās barjerīpašības būtiski ietekmē salātu kopējās krāsas izmaiņas, to veicina skābekļa migrācija no apkārtējās vides caur materiālu uz iepakoto produktu (Perez-Gago, Krochta, 2001).

Iepakosānas tehnoloģiju, Purasal un uzglabāšanas laika ietekme uz salātu pH diferenci. Salātu pH izmaiņas (ΔpH) noteiktas paraugiem *Sous vide* iepakojumā, un rezultāti salīdzināti ar pH izmaiņām iepakojumos gaisa vidē (kontrole, A paraugs), vakuumā un aizsarggāzu vidē pēc dažādiem uzglabāšanas laikiem $+4,0 \pm 0,5$ °C temperatūrā. Izvērtēta arī dažāda *Purasal* daudzuma (5, 10, 15 g kg⁻¹) ietekme uz salātu ΔpH gan *Sous vide*, gan gaisa, vakuumā un aizsarggāzu iepakojumā. Kopējā pH difference ΔpH_{kop} parādīta 8. attēlā, tā ietver starpību starp pH vērtību eksperimenta sākumā un pēc septiņām uzglabāšanas dienām (ΔpH_1), laika posmā no septiņām līdz 25 dienām (ΔpH_2) un no 25 līdz 52 dienām (ΔpH_3).

Kopējā pH difference ΔpH_{kop} aprēķināta visā uzglabāšanas laikā no eksperimenta sākuma, vērtības starp atsevišķiem uzglabāšanas posmiem summētas (sk. 7. vienādojumu).

$$\Delta pH_{kop} = \Delta pH_1 + \Delta pH_2 + \Delta pH_3, \quad (7.)$$

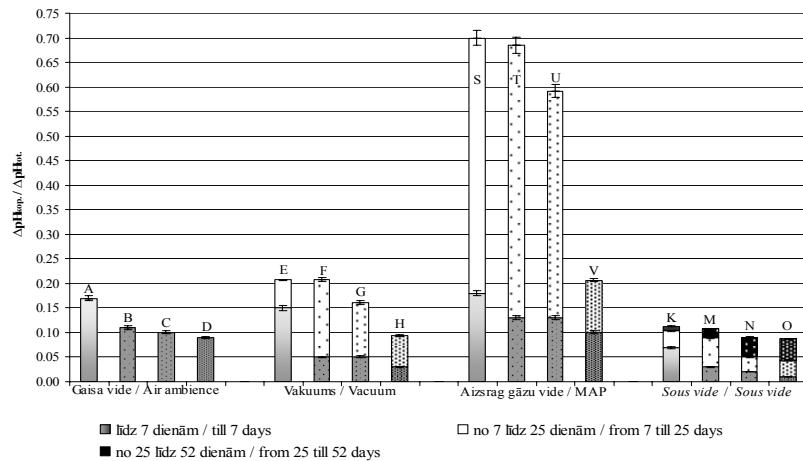
kur:

ΔpH_{kop} – kopējās pH izmaiņas uzglabāšanas laikā no eksperimenta sākuma līdz beigām;

ΔpH_1 – pH vērtību difference no eksperimenta sākuma līdz 7 uzglabāšanas dienām: $\Delta pH_{kop1} = \Delta pH_1$;

ΔpH_2 – pH vērtību izmaiņas laika posmā no 7 līdz 25 uzglabāšanas dienām:
 $\Delta pH_{kop2} = \Delta pH_1 + \Delta pH_2$;

ΔpH_3 – pH vērtību izmaiņas laika posmā no 25 līdz 52 uzglabāšanas dienām:
 $\Delta pH_{kop3} = \Delta pH_1 + \Delta pH_2 + \Delta pH_3$.



8.att. Iepakošanas tehnoloģiju, Purasal un uzglabāšanas laika ietekme uz salātu pH diferenci

Fig. 8 The influence of the packaging technologies, of Purasal and of the storage time on the difference of salads pH

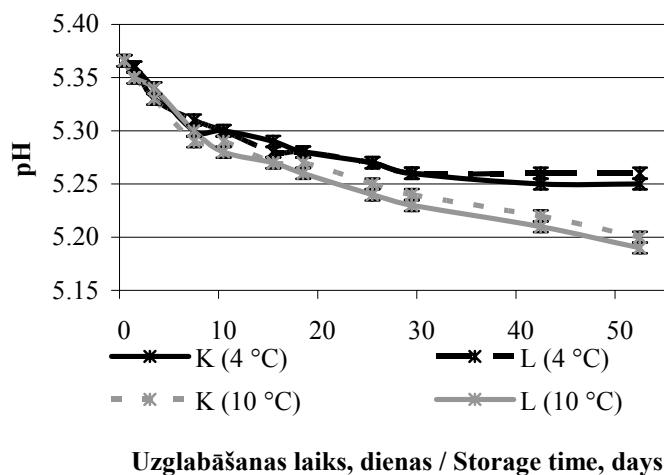
A – gaisa vide (kontrole), PS / air ambience (control), PS; B – gaisa vide, PS + Purasal 5 g kg⁻¹ / air ambience, PS + Purasal 5 g kg⁻¹; C – gaisa vide, PS + Purasal 10 g kg⁻¹ / air ambience, PS + Purasal 10 g kg⁻¹; D – gaisa vide, PS + Purasal 15 g kg⁻¹ / air ambience, PS + Purasal 15 g kg⁻¹; E – vakuums, PA/PE / vacuum, PA/PE; F – vakuums, PA/PE + Purasal 5 g kg⁻¹ / vacuum, PA/PE + Purasal 5 g kg⁻¹; G – vakuums, PA/PE + Purasal 10 g kg⁻¹ / vacuum, PA/PE + Purasal 10 g kg⁻¹; H – vakuums, PA/PE + Purasal 15 g kg⁻¹ / vacuum, PA/PE + Purasal 15 g kg⁻¹; S – aizsarggāžu vide, PA/PE / MAP, PA/PE; T – aizsarggāžu vide, PA/PE + Purasal 5 g kg⁻¹ / MAP, PA/PE + Purasal 5 g kg⁻¹; U – aizsarggāžu vide, PA/PE + Purasal 10 g kg⁻¹ / MAP, PA/PE + Purasal 10 g kg⁻¹; V – aizsarggāžu vide, PA/PE + Purasal 15 g kg⁻¹ / MAP, PA/PE + Purasal 15 g kg⁻¹; K – Sous vide (1), PA/PE / Sous vide (1), PA/PE; M – Sous vide (1), PA/PE + Purasal 5 g kg⁻¹ / Sous vide (1), PA/PE + Purasal 5 g kg⁻¹; N – Sous vide (1), PA/PE + Purasal 10 g kg⁻¹ / Sous vide (1), PA/PE + Purasal 10 g kg⁻¹; O – Sous vide (1), PA/PE + Purasal 15 g kg⁻¹ / Sous vide (1), PA/PE + Purasal 15 g kg⁻¹.

Pēc septiņām uzglabāšanas dienām salātu paraugiem visos iepakojumos novērota kopīga tendence pH izmaiņas – pievienotā Purasal daudzums relatīvi samazina $\Delta p\text{H}_1$ vērtību. Starp $\Delta p\text{H}_1$ vērtībām iepakojumā gaisa vidē, vakuumā un aizsarggāžu vidē bez konservanta līdz septiņām uzglabāšanas dienām būtiska atšķirība nav novērota, bet Sous vide iepakojumā $\Delta p\text{H}_1$ vērtība ir aptuveni divas reizes mazāka. Salātiem pievienotā Purasal daudzums (5, 10, 15 g kg⁻¹) relatīvi samazina $\Delta p\text{H}_1$ vērtību visos iepakojuma veidos. Pēc septiņām uzglabāšanas dienām Purasal atkarībā no pievienotā daudzuma, ir

samazinājis ΔpH_1 vērtību gan iepakojumā gaisa vidē, gan paraugos vakuma un aizsarggāzu iepakojumā, bet visvairāk ΔpH_1 diferenci *Purasal* samazina *Sous vide* iepakojumā, tātad absolūtā pH vērtība šajā iepakojumā izmaiņjusies vismazāk.

Salātiem iepakojumā aizsarggāzu vidē ar *Purasal* laika posmā no septiņām līdz 25 dienām novērotas vislielākās ΔpH_2 vērtību izmaiņas – absolūtā pH vērtība pazeminājusies par $0,6\text{--}0,7$ vienībām. Tas skaidrojams ar CO_2 šķīdību salātos, kam ir paaugstināts mitrums. Kā redzams 8. attēlā, vismazākais pH vērtību samazinājums – līdz 0,1 vienībai – novērojams *Sous vide* iepakojumā. Tādejādi, tas vēlreiz apstiprinās *Sous vide* tehnoloģijas labvēlīgā ietekme uz salātu ar gaļu un majonēzi kvalitāti to ilgstošas uzglabāšanas laikā.

Uzglabāšanas temperatūras ietekme uz pH dinamiku salātos *Sous vide* iepakojumā. Lai izvērtētu *Sous vide* iepakojanas tehnoloģijas priekšrocības, salātu paraugiem, kas termiski apstrādāti ūdens vannā *Sous vide* (1) un konvekcijas krāsnī gaisa/tvaika vidē *Sous vide* (2) noteikta pH dinamika divos uzglabāšanas režīmos: $+4,0\pm0,5$ °C temperatūrā K (4 °C), L (4 °C) paraugs un $+10,0\pm0,5$ °C temperatūrā K (10 °C), L (10 °C) paraugs (sk. 9. attēlu).



9. att. Uzglabāšanas temperatūras ietekme uz pH dinamiku salātos *Sous vide* iepakojumā

Fig. 9 The influence of storage temperature on the pH dynamics in *Sous vide* packed salads

K (4 °C) – *Sous vide* (1), PA/PE, $+4,0\pm0,5$ °C / *Sous vide* (1), PA/PE, $+4.0\pm0.5$ °C;
L (4 °C) – *Sous vide* (2), PA/PE, $+4,0\pm0,5$ °C / *Sous vide* (2), PA/PE, $+4.0\pm0.5$ °C;
K (10 °C) – *Sous vide* (1), PA/PE, $+10,0\pm0,5$ °C / *Sous vide* (1), PA/PE, $+10.0\pm0.5$ °C;
L (10 °C) – *Sous vide* (2), PA/PE, $+10,0\pm0,5$ °C / *Sous vide* (2), PA/PE, $+10.0\pm0.5$ °C

Salātu pH vērtības uzglabāšanas laikā $+4,0 \pm 0,5$ un $+10,0 \pm 0,5$ °C temperatūrā visos paraugos pakāpeniski samazinās. Paraugos, kas tiek uzglabāti $+4,0 \pm 0,5$ °C K (4 °C) un L (4 °C) temperatūrā, pH vērtība 52 uzglabāšanas dienās samazinās no 5,37 līdz 5,25–5,26. Lielākas pH izmaiņas novērotas paraugos, kas tiek uzglabāti $+10,0 \pm 0,5$ °C K (10 °C) un L (10 °C) temperatūrā – pēc 52 dienām pH vērtība samazinājusies no 5,37 līdz 5,19–5,20.

pH vērtība pēc 52 uzglabāšanas dienām salātu paraugos savstarpēji būtiski atšķiras ($p \leq 0,05$), uzglabājot tos $+4,0 \pm 0,5$ un $+10,0 \pm 0,5$ °C temperatūrā. Dažādās pH vērtību izmaiņas atšķirīgā temperatūras režīmā skaidrojamas ar novēroto MAFAM KVV skaita pieaugumu (sk. 10. attēlu).

Salātu ūdens aktivitāte (a_w) iepakojumā gaisa vidē, vakuuma, aizsarggāzu un *Sous vide* iepakojumā ir vienāda ar 0,996, *Purasal* pievienošana to nedaudz samazina: ar 5 g kg⁻¹ – a_w ir 0,996; ar 10 g kg⁻¹ – a_w ir 0,995; ar 15 g kg⁻¹ – a_w ir 0,993.

Salātu masas zudumi tradicionālā iepakojuma PS kārbās gaisa vidē pēc septiņām uzglabāšanas dienām ir 0,6%, pēc 25 uzglabāšanas dienām PA/PE iepakojumā vakuumā – 0,5%, aizsarggāzu iepakojumā – 0,6%, bet pēc 52 uzglabāšanas dienām *Sous vide* iepakojumā – 0,5%. Lielākie masas zudumi ir novēroti biodegradējamo PLA un PHB materiālu iepakojumos – vakuumā pēc 25 uzglabāšanas dienām 1,0% un *Sous vide* iepakojumā pēc 52 uzglabāšanas dienām – 5,0 līdz 5,3%.

Ūdens saturs pētitajos salātu paraugos ir samazinājies proporcionāli masas zudumiem: tradicionālā iepakojuma PS kārbās gaisa vidē uzglabājot līdz septiņām dienām – no 69,20 līdz 68,78%, bet, uzglabājot līdz 25 dienām PA/PE iepakojumā vakuumā – no 69,20 līdz 68,83% un aizsarggāzu vidē – 68,76%. Uzglabājot līdz 52 dienām *Sous vide* PA/PE iepakojumā – no 68,70 līdz 68,33%. Visvairāk ūdens saturs salātos samazinājies biodegradējamā PLA un PHB materiāla iepakojumos: vakuumā līdz 25 uzglabāšanas dienām – no 69,20 līdz 68,49% un *Sous vide* iepakojumā līdz 52 uzglabāšanas dienām – no 68,70 līdz 65,27% (PLA) un 65,04% (PHB) materiālā.

Masas zudumi PLA un PHB iepakojumā līdz 52 uzglabāšanas dienām, ir radušies ūdens tvaika migrācijas dēļ caur iepakojuma materiālu un ir proporcionāli ūdens satura samazinājumam salātu paraugos. Biodegradējamie PLA un PHB materiāli to vājo barjerīpašību dēļ nav piemēroti termiskai apstrādei un ilglaicīgai salātu uzglabāšanai.

3. Salātu ar gaļu un majonēzi ķīmiskie parametri uzglabāšanas laikā

Visu pētīto salātu paraugu peroksīdskaitlis nepārsniedz pieļaujamo normu un ir < 10 mmol kg⁻¹. Tradicionālā PS iepakojumā gaisa vidē septiņu dienu uzglabāšanas laikā salātu peroksīdskaitlis pieaug no 5,30 līdz 5,34 mmol kg⁻¹. Pēc 25 uzglabāšanas dienām vakuumiepkojumā PA/PE iepakojumā

peroksīdskaitlis pieaudzis no $5,30 \text{ mmol kg}^{-1}$ līdz $5,50 \text{ mmol kg}^{-1}$, bet aizsargāzū vidē – no $5,30 \text{ mmol kg}^{-1}$ līdz $5,53 \text{ mmol kg}^{-1}$, biodegradējamā PLA materiālā – līdz $5,52 \text{ mmol kg}^{-1}$ un biodegradējamā PHB materiālā – līdz $5,54 \text{ mmol kg}^{-1}$. Visu pētīto salātu paraugu peroksīdskaitlis *Sous vide* iepakojumā pēc 52 uzglabāšanas dienām pieaudzis no $5,30 \text{ mmol kg}^{-1}$ līdz $5,44 \text{ mmol kg}^{-1}$. *Purasal* (5, 10, 15 g kg^{-1}) pievienošana salātiem dažādos iepakojumos būtiski neietekmē ($p > 0,05$) pētīto salātu ar majonēzi peroksīdskaitli.

Lipīdu oksidācijas sekundārie produkti pentanāls, heksanāls, oktanāls un nonanāls salātos nav atrasti ne pirms fasēšanas, ne pēc uzglabāšanas.

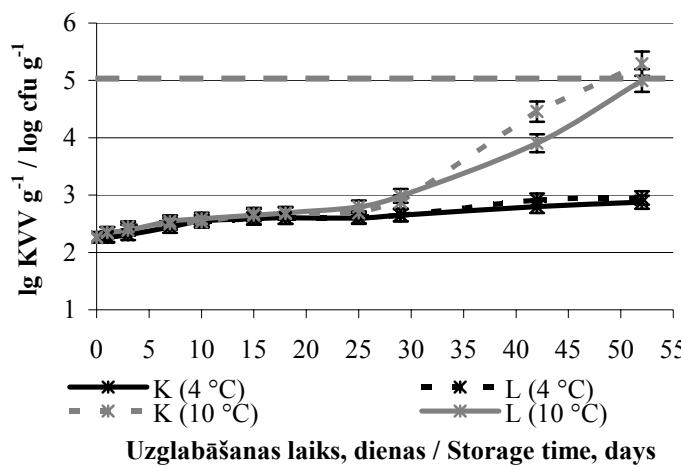
4. Uzglabāšanas temperatūras ietekme uz salātu mikrobioloģisko kvalitāti uzglabāšanas laikā *Sous vide* iepakojumā

Būtiski ir ievērot salātu ražošanas procesa tehnoloģiskos parametrus, bet ne mazāk svarīgs ir produkta dzīves cikls pēc ražošanas, kad iepakotais produkts nonāk loģistikas kēdē un to ietekmē vides temperatūras svārstības, kas būtiski var mainīt kvalitāti. Nozīmīgs faktors ir patērētāja rīcība pēc produkta iegādes, kad tas tiek uzglabāts mājas apstākļos (Hwang, 2010; Hwang, Marmer, 2007; Hwang, Tamplin; 2005). Tādēļ, lai pārliecinātos par produkta drošumu un kvalitāti uzglabāšanas un izplatīšanas laikā, salātu mikrobioloģiskā kvalitāte *Sous vide* iepakojumā analizēta dažādos uzglabāšanas temperatūras režīmos.

Eksperimenta laikā salāti *Sous vide* iepakojumā uzglabāti $+4,0 \pm 0,5$ un $+10,0 \pm 0,5$ °C temperatūrā, modelējot līdzīgus apstākļus, kādi ir tirdzniecības vitrīnās. Uzglabāšanas temperatūras ietekme uz MAFAM dinamiku salātos *Sous vide* iepakojumā parādīta 10. attēlā.

MAFAM KVV skaits salātu paraugos *Sous vide* (1) un *Sous vide* (2) iepakojumā $+4,0 \pm 0,5$ un $+10,0 \pm 0,5$ °C temperatūrā līdz 25 uzglabāšanas dienām savstarpēji būtiski neatšķiras ($p = 0,065$). Būtiskas izmaiņas ($p = 0,037$) novērotas jau 29 uzglabāšanas dienām, kad $+10,0 \pm 0,5$ °C temperatūrā MAFAM pieaudzis līdz $7,55 \times 10^2 \text{ KVV g}^{-1}$ K (10 °C) paraugā un līdz $9,66 \times 10^2 \text{ KVV g}^{-1}$ L (10 °C) paraugā, bet K (4 °C) un L (4 °C) paraugā MAFAM KVV skaits pieaudzis salīdzinoši mazāk – līdz $4,47 \times 10^2 \text{ KVV g}^{-1}$.

Salātus *Sous vide* iepakojumā uzglabājot $+10,0 \pm 0,5$ °C temperatūrā, pēc 29 dienām MAFAM KVV skaits sāk pieaugt straujāk un K (10 °C) paraugā jau pēc 49 dienām sasniegts maksimāli pieļaujamo MAFAM KVV skaits ($N = 10^5 \text{ KVV g}^{-1}$), savukārt L (10 °C) paraugā tas tiek sasniegts nedaudz vēlāk – pēc 52 uzglabāšanas dienām (MAFAM $9,91 \times 10^4 \text{ KVV g}^{-1}$).



**10. att. Uzglabāšanas temperatūras ietekme uz MAFAM dinamiku salātos
Sous vide iepakojumā**

**Fig. 10 The influence of the storage temperature on the ACC dynamics in
Sous vide packed salads**

K (4 °C) – Sous vide (1), PA/PE, +4,0±0,5 °C / Sous vide (1), PA/PE, +4.0±0.5 °C;
 L(4 °C) – Sous vide (2), PA/PE, +4,0±0,5 °C / Sous vide (2), PA/PE, +4.0±0.5 °C;
 K(10 °C) – Sous vide (1), PA/PE, +10,0±0,5 °C / Sous vide (2), PA/PE, +10.0±0.5 °C;
 L(10 °C) – Sous vide (2), PA/PE, +10,0±0,5 °C / Sous vide (2), PA/PE, +10.0±0.5 °C

— pieļaujamā MAFAM robeža pēc PVD ieteiktajiem mikrobioloģiskās kvalitātes kritērijiem gataviem ēdieniem $< 10^5$ KVV g⁻¹ / admissible level of ACC, according to the FVD recomended criteria of microbiological quality for ready-to-eat food $< 10^5$ cfu g⁻¹

Turpretim salātu paraugos *Sous vide* iepakojumā +4,0±0,5 °C temperatūrā pēc 52 uzglabāšanas dienām MAFAM KVV skaits K (4 °C) paraugā ir tikai $7,52 \times 10^2$ KVV g⁻¹ un L (4 °C) paraugā – $8,91 \times 10^2$ KVV g⁻¹, tātad pieļaujamā robeža ($N < 10^5$ KVV g⁻¹) vēl netiek sasniegta.

MAFAM KKV skaita pieaugumam salātos, uzglabājot dažādos temperatūras režīmos, ir redzama korelācija ar novēroto pH vērtību samazināšanos, un lielākas pH vērtības izmaiņas novērotas K (10 °C) un L (10 °C) paraugā, kas uzglabāti +10,0±0,5 °C temperatūrā – 52 uzglabāšanas dienu laikā pH vērtība samazinājusies no 5,37 līdz 5,19–5,20, bet +4,0±0,5 °C temperatūrā K (4 °C) un L (4 °C) paraugā – no 5,37 līdz 5,25–5,26 (sk. 9. attēlu).

Tātad temperatūra tirdzniecības vitrīnās un noliktavās būtiski ietekmē MAFAM KVV skaitu salātos tikai tad, ja tos uzglabā ilgstoši. Bet, ja

tirdzniecības vitrīnās salātus *Sous vide* iepakojumā paaugstinātā temperatūrā (+10 °C) uzglabās tikai dažas dienas, var prognozēt, ka to kvalitāte būtiski nemainīsies.

5. Salātu ar majonēzi *Sous vide* iepakojumā sensorais novērtējums

Pirms jauna produkta ieviešanas tirgū vai esošā pilnveides nepieciešams izpēti patēriņu vajadzības, noskaidrot viņu attieksmi un apmierinātību ar konkrēto produktu. Lai produktus veiksmīgi virzītu tirgū, ir svarīgi noskadrot to sensoros parametrus. Tāpēc ir ļoti būtiski novērtēt salātu ar gaļu un majonēzi sensorās īpašības *Sous vide* iepakojumā uzglabāšanas laikā, lai pamatotāk izanalizētu iespējamo optimālo realizācijas laiku. Vērtēta trīs dažādu salātu paraugu sensoro īpašību (smarža, smarža + garša, konsistence, krāsa, skābums un pēcgarša) intensitāte – svaigi pagatavotos salātos, *Sous vide* (1) iepakojumā un *Sous vide* (1) iepakojumā ar *Purasal* 10 g kg⁻¹. Apmācīti vērtētāji atzinuši, ka, salātus *Sous vide* iepakojumā uzglabājot 52 dienas, to sensorās īpašības (smarža, smarža + garša, konsistence, krāsa, skābums un pēcgarša) ir atšķirīgas salīdzinājumā ar svaigi pagatavotiem salātiem. Iegūtie rezultāti parādīja, ka salātiem ar gaļu un majonēzi *Sous vide* iepakojumā ir iespējams ne tikai pagarināt realizācijas laiku, bet arī saglabāt sensorās īpašības visā tā uzglabāšanas laikā, kas ir svarīgs nosacījums patēriņam.

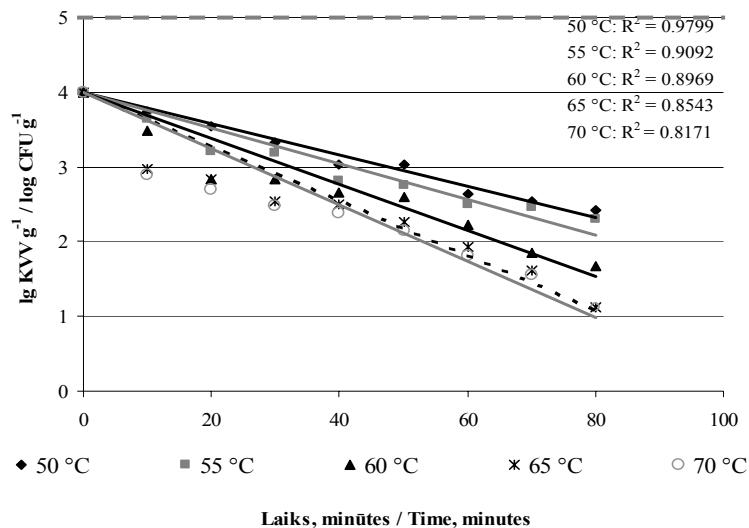
Lai vietējā tirdzniecības tīklā ieviestu zinātniski pamatoto un praktiski pārbaudīto produktu – salātus ar gaļu un majonēzi *Sous vide* iepakojumā, arī potenciālie pārtikas patēriņi iepazīstināti ar to izstādēs „Riga Food 2009” un „Ražots Latvijā 2010”. Izstādēs patēriņu vērtējumam tika piedāvāti divi salātu ar gaļu un majonēzi paraugi: svaigi gatavoti salāti un salāti *Sous vide* (2) iepakojumā, kas uzglabāti 29 dienas. Rezultāti parādīja, ka patikšanas ziņā nav būtiskas atšķirības starp abiem paraugiem un patēriņi tos novērtējuši vienlīdz labi. Vērtējums hēdoniskās skalas intervālā bija no 7,3 līdz 7,5 nozīmē: vidēji patīk – ļoti patīk.

Līdz ar to var secināt, ka eksperimentāli pārbaudītā *Sous vide* iepakošanas tehnoloģija – spēj ne tikai pagarināt salātu derīguma termiņu, bet arī uzglabāšanas laikā saglabāt produkta sensorās īpašības, un tas ir īpaši svarīgi, ja vēlas pagarināt uzglabāšanas laiku un saglabāt produkta kvalitāti.

6. Matemātiskā modeļa izstrāde salātu ar gaļu un majonēzi termiskās apstrādes režīmu aprēķināšanai *Sous vide* iepakojumā

D-vērtības aprēķināšana salātu termiskai apstrādei *Sous vide* iepakojumā. Lai aprēķinātu salātu ar gaļu un majonēzi *Sous vide* iepakojumā termiskās apstrādes ilgumu temperatūras intervālā no +50,0 līdz +70,0 °C, izstrādāts matemātiskais modelis un aprēķinātas D-vērtības un Z-vērtības.

D-vērtību ietekmē termiskās apstrādes temperatūra, un to raksturo baktēriju termiskās inaktivēšanas jeb izdzīvošanas līkne, kas parasti atbilst pirmās kārtas kinētiskajam vienādojumam, kuru var aprakstīt kā taisni puslogaritmiskajā koordinātu sistēmā jebkurā sildosās vides temperatūrā (sk. 1. vienādojumu 15. lpp). D-vērtība ir laiks minūtēs (τ), lai sasniegta mikroorganismu koncentrācijas samazināšanos par vienu kārtu no $\lg N_0$ līdz $\lg N$. D-vērtība raksturo laiku (min), kāds nepieciešams, lai noteiktā temperatūrā iznīcinātu dzīvās šūnas, bet Z-vērtība saistīta ar mikroorganismu izturību, ja termiskās apstrādes temperatūra tiek paaugstināta. Tādējādi, zinot Z-vērtību, iespējams aprēķināt ekvivalentu termiskā procesa ilgumu jebkurā sildosās vides temperatūrā. MAFAM dinamika kā $\lg N = f(\tau)$ salātos ar gaļu un majonēzi *Sous vide* iepakojumā termiskās apstrādes procesā piecos dažādos temperatūras režīmos ūdens vannā (1) attēlota 11. attēlā. Pēc eksperimentāli noteiktajiem rezultātiem aprēķinātas D-vērtības un apkopotas 4. tabulā.



11. att. MAFAM dinamika kā $\lg N = f(\tau)$ salātos *Sous vide* iepakojumā termiskās apstrādes procesā ūdens vannā (1)

Fig. 11 The ACC dynamics in *Sous vide* packaged salads during the thermal treatment process in a water bath like $\log N = f(\tau)$

— pieļaujamā MAFAM robeža pēc PVD ieteiktajiem mikrobioloģiskās kvalitātes kritērijiem gataviem ēdieniem $< 10^5 \text{ KVV g}^{-1}$ / admissible level of ACC, according to the FVD recomended criteria of microbiological quality for ready-to-eat food $< 10^5 \text{ cfu g}^{-1}$

Piemēram, ja termiskā apstrāde notiek ūdens vannā (1) $+70,0 \pm 0,5$ °C temperatūrā, D-vērtība D_{70} ir 26,53 minūtes (sk. 4. tabulu). Tas nozīmē, ka šajā temperatūrā mikroorganismu populācija samazinājusies par vienu kārtu. Ja mikroorganismu populācijā jāsamazina par divām kārtām, kopējais termiskās apstrādes laiks ir $2,00 \times 26,53 = 53,06$ minūtes. Turpretim, ja termiskā apstrāde tiek veikta zemākā temperatūrā, piemēram, $+50,0 \pm 0,5$ °C, D-vērtība ir augstāka (D_{50} ir 47,85 minūtes) un mikroorganismu populācijas samazināšanai par divām kārtām ir nepieciešams ilgāks laiks – $2,00 \times 47,85 = 95,70$ minūtes.

4. tabula / Table 4

**Salātu ar galu un majonēzi *Sous vide* iepakojumā termiskai apstrādei
ūdens vannā (1) aprēķinātās D-vērtības, minūtes**
**Calculation of D-values for thermal treatment of mayonnaise-based salad
with meat in a water bath, minutes**

Vides temperatūra, Ambient temp. (t _a), °C	Taisnes vienādojums $\lg N_\tau = \lg N_0 - k\tau$ / Equation of linear function $\log N_\tau = \log N_0 - k\tau$	Determinācijas koeficients, R ² / Determination coefficient, R ²	Ātruma konstante k, min ⁻¹ / Rate constant k, min ⁻¹ $k = \lg \alpha = \frac{1}{\tau}$	D-vērtība, minūtes / D-value, minutes $D = \tau = \frac{1}{k}$
50±0,5	\lg / \log $N_\tau = 3.9900 - 0.0209\tau$	R ² = 0.9799	0.0209	47.85
55±0,5	\lg / \log $N_\tau = 3.9900 - 0.0237\tau$	R ² = 0.9092	0.0237	42.19
60±0,5	\lg / \log $N_\tau = 3.9900 - 0.0307\tau$	R ² = 0.8969	0.0307	32.57
65±0,5	\lg / \log $N_\tau = 3.9900 - 0.0363\tau$	R ² = 0.8543	0.0363	27.55
70±0,5	\lg / \log $N_\tau = 3.9900 - 0.0377\tau$	R ² = 0.8171	0.0377	26.53

Eksperimentāli apstiprināts, ka D-vērtība kopējā MAFAM KVV skaita samazināšanai par vienu kārtu, termisko apstrādi veicot kā ūdens vannā *Sous vide* (1), tā konvekcijas krāsnī gaisa/tvaika vidē *Sous vide* (2) vienā un tajā pašā termiskās apstrādes vides temperatūrā, būtiski neatšķiras ($p > 0,05$).

Z-vērtības aprēķināšana salātu termiskās apstrādes procesam *Sous vide* iepakojumā. Z-vērtība termiskās apstrādes procesā ūdens vannā (1) noteikta grafiski pēc taisnes vienādojuma $\lg D = f(t)$ un parādīta 12. attēlā, tās aprēķināšanai izmantotas attiecīgajos temperatūras režīmos aprēķinātās D-vērtības, kas apkopotas 4. tabulā. D-vērtības attēlotas puslogaritmiskajā koordinātu sistēmā un izteiktas ar lineāru sakarību $\lg D = f(t)$, $R^2 = 0,9537$:

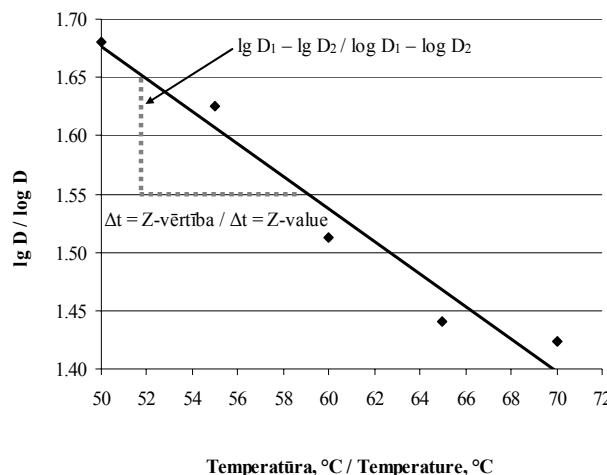
$$\lg D = -0,0139t + 2,3732 \quad (8.)$$

$$D = 10^{-0,0139t+2,3732}, \quad (9.)$$

kur:

- C_0 – konstante; $C_0 = 2,3732$;
- k – D-vērtības samazināšanas ātrums; $k = 0,0139$;
- t – sildošās vides temperatūra ūdens vannā, °C.

Z-vērtību var aprēķināt pēc 5. izteiksmes (sk. 16. lpp.):



12. att. MAFAM dinamika salātos *Sous vide* iepakojumā termiskās apstrādes procesā ūdens vannā (1) kā $\lg D = f(t)$

Fig. 12 The ACC dynamics in *Sous vide* packaged salads during the thermal treatment process in a water bath (1) like $\log D = f(t)$

Lai samazinātu D-vērtību termiskās apstrādes procesā ūdens vannā par vienu kārtu pēc 5 vienādojuma, aprēķinātā Z-vērtība ir +72,0 °C. Pētījumā pēc eksperimenta datiem aprēķinātās D-vērtības, ir robežas no 47,85 līdz 26,53 (sk. 4. tabulu), tādēļ šajā gadījumā Z-vērtība tiek attiecināta uz D-vērtības samazinājumu par 0,1 kārtu un procesu raksturojošā Z-vērtība ir +7,2 °C

(sk. 12. attēlu). Tātad, lai samazinātu D-vērtību par 0,1 kārtu, sildošās vides temperatūra būtu jāpaaugstina par $\Delta t = 7,2$ °C jeb no +51,8 līdz +59,0 °C (sk. 12. attēlu).

Ja salātu ar gaļu un majonēzi mikroorganismu termiskās bojāejas laiks ir noteikts, jebkuram ideālam termiskās apstrādes procesam var aprēķināt laika un temperatūras sakarības. Pēc 9. vienādojuma iespējams aprēķināt atbilstošās D-vērtības jebkurā sildošās vides temperatūras intervālā +50,0 līdz +70,0 °C konvekcijas krāsnī gaisa/tvaika vidē.

Piemēram, ja salātu termiskā apstrāde notiek ūdens vannā, kurā temperatūra ir +68,0 °C, tad pēc 9. vienādojuma ($\lg D = -0,0139t + 2,3732$) aprēķinātā D-vērtība ir $D_{68} = 26,79$ minūtes. Tātad, lai +68,0 °C sildošās vides temperatūrā ūdens vannā mikroorganismu sākotnējo kopskaitu samazinātu par 90% (par vienu D-vērtības kārtu), termiskā apstrāde būs jāveic 26,79 minūtes.

Grafiski aprēķinātās Z-vērtības var izmantot, lai noteiku nepieciešamo termiskās apstrādes ilgumu konkrētam procesam jebkurā temperatūrā ūdens vannā vai kovekcijas gaisa/tvaika krāsnī. Eksperimentāli noteikts, ka Z-vērtība, termisko apstrādi veicot kā ūdens vannā *Sous vide* (1), tā konvekcijas gaisa/tvaika krāsnī *Sous vide* (2), būtiski neatšķiras ($p > 0,05$).

SECINĀJUMI

1. Pētīto salātu realizācijas termiņš iepakojumā gaisa vidē uzglabājot $+4,0 \pm 0,5$ °C temperatūrā šobrīd ir četras dienas. Vakumiepkojumā $+4,0 \pm 0,5$ °C temperatūrā salātu uzglabāšanas laiku pēc PVD ieteiktajiem mikrobioloģiskajiem kritērijiem ($N_{max} \leq 10^5$ KVV g⁻¹) iespējams nodrošināt līdz 10 dienām un atbilstoši Latvijā esošajām vadlīnijām ($N_{max} \leq 10^7$ KVV g⁻¹) – līdz 20 dienām, bet aizsarggāzu vidē – līdz 10 dienām, ja $N_{max} \leq 10^5$ KVV g⁻¹, un līdz 21 dienai, ja $N_{max} \leq 10^7$ KVV g⁻¹.
2. Termiski jutīga produkta – salātu ar gaļu un majonēzi – optimālā termiskās apstrādes temperatūra *Sous vide* iepakojumā ir $+65,0 \pm 0,5$ °C, kas nodrošina termiskās apstrādes efektu un saglabā majonēzes konsistenci.
3. Pētītie *Sous vide* iepakojumu termiskās apstrādes veidi (ūdens vannā un konvekcijas krāsnī gaisa/tvaika vidē) vienlīdz efektīvi aizkavē mikroorganismu augšanu salātos ar gaļu un majonēzi *Sous vide* iepakojumā uzglabāšanas laikā.
4. *Sous vide* iepakojumā MAFAM koloniju veidojošo vienību skaits līdz 52 uzglabāšanas dienām $+4,0 \pm 0,5$ °C temperatūrā nepārsniedz PVD ieteikto mikrobioloģisko kritēriju maksimālo robežu ($N_{max} \leq 10^5$ KVV g⁻¹) pēc salātu termiskās apstrādes gan ūdens vannā, gan konvekcijas krāsnī gaisa/tvaika vidē.

5. Uzglabāšanas temperatūra $+4,0\pm0,5$ un $+10,0\pm0,5$ °C būtiski ietekmē salātu *Sous vide* iepakojumā uzglabāšanas laiku. Līdz 25 uzglabāšanas dienām MAFAM KVV skaits savstarpēji būtiski neatšķiras. Pēc 52 uzglabāšanas dienām $+4,0\pm0,5$ °C temperatūrā MAFAM KVV skaits ir $8,91 \times 10^2$ KVV g⁻¹, bet $+10,0\pm0,5$ °C temperatūrā tas jau ir sasniedzis maksimāli pieļaujamo robežu – $N_{max} \leq 10^5$ KVV g⁻¹.
6. Pirms salātu ar gaļu un majonēzi termiskās apstrādes un pēc 52 uzglabāšanas dienām *Sous vide* iepakojumā $+4,0\pm0,5$ un $+10,0\pm0,5$ °C temperatūrā, patogēno mikroorganismu *Listeria monocytogenes* un *Salmonella spp.* klātbūtne nav konstatēta un *Clostridium perfringens* un *Staphylococcus aureus* koloniju veidojošo vienību skaits ir $< 1,00 \times 10$ KVV g⁻¹.
7. *Purasal* daudzums (5, 10, 15 g kg⁻¹) atšķirīgi ietekmē MAFAM KVV vairošanos salātos uzglabāšanas laikā. Iepakojumā gaisa vidē nav novērota būtiska *Purasal* ietekme uz MAFAM KVV augšanas intensitāti ($p > 0,05$). Vakuuma un aizsarggāzu iepakojumā pēc 25 uzglabāšanas dienām un *Sous vide* iepakojumā pēc 52 uzglabāšanas dienām maksimālais *Purasal* daudzums samazina MAFAM KVV skaitu par 6,0%. Tas liecina, ka anaerobos apstākļos *Purasal* efektīvāk ierobežo mikroorganismu augšanu.
8. Tradicionālo (PA/PE un PS) un biodegradējamo polimēru materiālu (PLA un PHB) ietekme uz salātu ar gaļu un majonēzi kvalitāti uzglabāšanas laikā ir atšķirīga. Biodegradējamo iepakošanas materiāli vājo barjerīpašību dēļ nav piemēroti salātu ar majonēzi iepakošanai.
9. Salātu fizikālās un ķīmiskās īpašības uzglabāšanas laikā ietekmē gan iepakojuma materiāls, iepakošanas vide un uzglabāšanas temperatūra, gan dažāda daudzuma *Purasal*, kā arī salātu gatavošanai izmantotās majonēzes.
10. Darba gaitā tika izstrādāts matemātiskais modelis salātu ar gaļu un majonēzi *Sous vide* iepakojumā termiskās apstrādes režīmu (D-vērtības un Z-vērtības) aprēķināšanai temperatūras intervālā no $+50,0$ līdz $+70,0$ °C. Aprēķinātās D-vērtības un Z-vērtības ūdens vannā *Sous vide* (1) un konvekcijas krāsnī gaisa/tvaika vidē *Sous vide* (2) būtiski neatšķiras ($p > 0,05$).
11. Darbā izvirzītā hipotēze ir korekta, jo mērens termiskās apstrādes režīms $+65,0\pm0,5$ °C temperatūrā pagarina salātu ar gaļu un majonēzi *Sous vide* iepakojumā uzglabāšanas laiku $+4,0\pm0,5$ °C temperatūrā līdz 52 dienām un saglabā to kvalitāti.

TOPICALITY OF THE RESEARCH

Mayonnaise-based salad is a perishable product, which belongs to a high risk food that qualifies as a pathogenic and conditionally pathogenic microorganisms growth promoting food product that before consumption is not thermally or otherwise treated. (Atdzesētu, rūpnieciski ražotu gatavo produktu labas higiēnas un ražošanas prakses vadlīnijas, 2006).

The mayonnaise-based salads for the first time have been mentioned in information sources in 1860 in the original recipe was developed by the French chef *Lucien Olivier*, who operated in Moscow (in Russia), in the most famous restaurant „Hermitage” for that time. The „salad Olivier” (consisting of boiled potatoes, meat, cooked and fresh vegetables, and mayonnaise) very soon gained their popularity and became an integral part of the restaurant menu (<http://millionmenu.ru/lib/article.php?id=843&l=1>). Today, salads are available not only in food and in catering industry, but also in retail.

The most consumption of the different kinds of the mayonnaise-based salads are in the North European countries, while in the South European countries mostly fresh vegetables and lettuce salads are consumed, but fresh and/or boiled vegetable mayonnaise-based salads are available as well. The purchases of the diverse types of manufactured mayonnaise-based salads have become more popular in retail networks over the last ten years in Latvia. The demand for the mayonnaise-based salads have been growing because of the rapid growth of the everyday lifestyle speed, so that people have become more busy and the most of their time they devote to career and active lifestyle, less time is devoted for cooking every day at home (http://www.lango.lv/lvaktualitates/jaunumi/pirmais_gatavo_un_atri_pagatavojamo_partikas_produkta_nozares_petijums/).

In Latvia in comparison with the other Baltic States, Estonia and Lithuania, here is the largest consumption of the mayonnaise-based salads, and also there is the most wide ready-to-eat food assortment. Consumers' attitude towards the ready-to-eat products and quickly-to-prepare products have been changed from complete refuse to a strong believe that these products can help to save the precious time.

Unfortunately the mayonnaise-based salads that are available in Latvian retail networks have a short shelf life – unpackaged salad shelf life is 24 hours, packed salad shelf life is till ten days. Each manufacturer individually determines product shelf life taking into consideration the production technology and the microbiological evaluation. Currently, sellers require guaranteeing product with the shelf life of several days or even weeks instead

of few hours, while the consumer would like to purchase a tasty, safe food with a high quality and non-containing preservatives.

In nowadays as the most used methods for the food storage time extention without preservatives are vacuum and modified atmosphere packaging or one of the most perspective methods *Sous vide* packaging technology. Using these methods the product shelf life can be extended up to the several weeks maintaining a constant quality and at the same time increasing the profitability for the manufacturer (Chen et al., 2003; Fernandez et al., 2009; Gok et al., 2008; Wang et al., 2004).

Because of the rapidly increasing consumption of the mayonnaise-based salads scientists are paying additional attention to the quality research. Scientific investigations are connected mostly to the analysis of microbial contamination of the salads and its prevention (Cobo Molinos et al., 2009; Hwang, Tamplin, 2005; Hwang, Marmer, 2007; Isonhood et al., 2006; Little et al., 2007; Valero et al., 2007; Uyttendaele et al., 2009).

At the present moment in Latvia there are not any so deep and extensive studies on the quality of the mayonnaise-based salads during the storage time, however, the previous studies carried out till now are mostly connected to the market research and analysis of consumer demands, as well as to the quality study of fresh vegetable salad without mayonnaise.

After the analysis and evaluation of the information gained from the scientific literature and the electronic resources regarding mayonnaise-based salads as perishable product with a short shelf life; and on the basis of analyzed data from the scientific research literature regarding the benefits of the *Sous vide* packaging technology in the processing of the meat, the fruit, the vegetables and the seafood products the following hypothesis has been put forward in the doctoral thesis – the thermal treatment of the mayonnaise-based salad with meat in *Sous vide* packaging can significantly extend its shelf life.

The research **object** of the doctoral thesis is high risk food products – mayonnaise-based salad with meat.

The aim of the doctoral thesis – to develop the technological regimes for Latvia produced mayonnaise-based salad with meat shelf life extention in *Sous vide* packaging.

In order to achieve the aim, the following tasks were put forward:

- to analyze the influence of traditional packaging technologies on the microbiological characteristics of salads in the air ambience, in vacuum, and in the modified atmosphere packaging (MAP) during the storage time;
- to study a problem of the *Sous vide* packaging technology adequacy for the mayonnaise-based salads shelf life extension:
 - to motivate the option of the thermal treatment regimes;
 - to compare the influence of different thermal treatment processes on the quality of salads;

- to evaluate the influence of the various factors on the microbiological quality of salads;
- to examine the influence of sodium lactate (*Purasal*) on the microbiological parameters of salads during the storage time;
- to evaluate the influence of biodegradable polymer materials on the salads quality during the storage time;
- to detect the physical-chemical parameters of salads during the storage time;
- to carry out sensory evaluation of salads in *Sous vide* packed salads during the storage time;
- to develop the mathematical model in order to calculate the regimes of the thermal treatment for salads in *Sous vide* packaging.

The **novelty** and scientific **significance** of the thesis.

1. For the first time the technological regimes for shelf life extension of mayonnaise-based salad with meat in *Sous vide* packaging have been developed, ensuring the quality of the product within storage time up to 52 days.
2. Scientifically grounded methods have been developed for *Sous vide* packed mayonnaise-based salad with meat thermal treatment in water bath and air/steam conventional oven and two patents of the Republic of Latvia have approved the developed technologies.

The **importance** of the research for the **national economy**.

1. The implementation of the *Sous vide* packaging technology in production will reduce the mayonnaise-based salad losses occurring now in the commercial network because of the short shelf life.
2. *Sous vide* packaging technology guarantee a significantly longer shelf life (till 52 days), while maintaining the quality of the product.
3. *Sous vide* packaging technology implementation in Latvia will provide the opportunity for salad manufacturers to export the production towards new potential markets.

APPROBATION OF THE RESEARCH WORK

The **results** of the research work **have been presented** in 18 international, scientific conferences and congresses in Latvia, Czech Republic, Greece, Italy, Japan, Lithuania, Poland and Spain, and the International Food Exhibition „Riga Food 2007, 2008, 2009, 2010”, and the exhibition „Ražots Latvijā 2010”.

The study results are **summarized and published** in ten reviewed scientific publications and two LR patents are published (the list of publications and attended conferences and congresses see on pages 6–9).

MATERIALS AND METHODS

Time and place of the research

The research was carried out during the period from year 2007 to year 2010 in the following institutions:

- in the Laboratory of Testing of Packaging Material Properties at the Faculty of Food Technology of the Latvia University of Agriculture (LLU);
- in the Food Sensory Evaluation Laboratory at the Faculty of Food Technology of LLU;
- in the microbiological laboratory of „Food Hygiene Laboratory *Auctoritas*” Ltd.;
- in the production laboratory of „VSL Pārtikas grupa” (LLC);
- in the Scientific Institute „BIOR” of the Food Safety, Animal Health and the Environment, in the Laboratory of Food and Environmental Investigations;
- in the International Food exhibition „Riga Food 2009” and in the exhibition „Ražots Latvijā 2010”;
- in Italy, in Pomezia (*Pomezia* in Rome), in the microbiological laboratory of „Ecocontrol” S. r. l.;
- in Belgium, in Ghent, in Ghent University, in the bioengineering laboratory.

Materials used for the research

The research object – the mayonnaise-based salad with meat produced by „VSL Pārtikas grupa” (LLC).

The ingredients used for the mayonnaise-based salad with meat production: potatoes, pickled cucumbers (pH 3.83), Provansa mayonnaise (pH 4.58) produced in „SPILVA” Ltd., beef, eggs, salt (LV US 01310005), and black pepper (ingredients purchased in the local market).

100 g of the product contain:

- nutritive value – protein 6.7 g, carbohydrate 7.3 g, fat 14.8 g;
- energy value: 791 kJ / 189 kcal.

The structure of the research

The influence on the mayonnaise-based salads quality during the storage time of three traditional packaging technologies – in the air ambience, in vacuum and in the modified atmosphere – was evaluated. As an alternative solution the quality and potential storage time of the salads were studied as an alternative solution was studied applying one of the up-to-date technologies – *Sous vide* packaging with the thermal treatment of the samples in a water bath (1) and in convection air/steam oven (2).

Four packaging materials were used: Polystyrene (PS) containers, Polyamide/Polyethylene (PA/PE) film, Polylactide (PLA) and plasticified Poly- β -hydroxybutyrate (PHB) films. The summarisation scheme of analyzed salad samples in different packaging is shown in Figure 1.

In some packaging as a preservative was selected crystalline sodium lactate (E 325) *Purasal Powder Opti Form* produced on the basis of lactic acid, purchased in a company *Andrea Gallo di Luigi S. r. l.*, in Italy. *Purasal* was added in three different amounts: 5, 10, 15 g kg⁻¹. In experiments *Purasal* was also used as a salt substitute. Salad mass of the each sample in the package was 200±1 g. Control sample – mayonnaise-based salad with meat without preservative packed in air ambience in PS retail packaging containers were used.

Packaging in the air ambience. Currently the traditional packaging of salads in the retail is in the air ambience, in non-hermetic PS container with a lid (100 × 80 × 25 mm, thickness 30±3 µm).

Vacuum packaging. Salads are packaged in laminated conventional PA/PE polymer pouch (200 × 300 mm, thickness 20/45±2 µm), in the biodegradable PLA polymer pouch (200 × 300 mm, thickness 40±2 µm), and in plasticified PHB polymer pouch (200 × 300 mm, thickness 75±2 µm). Pouches are hermetically sealed by *MULTIVAC C300* vacuum chamber type sealing equipment.

Modified atmosphere packaging (MAP). Salads are packaged in laminated conventional PA/PE polymer pouches (200 × 300 mm, thickness 20/45±2 µm). Modified atmospheres – Carbon dioxid CO₂ (E 290) and nitrogen N₂ (E 941) – used for the food packaging are delivered from „AGA” Ltd. Used gass mixture: 40% CO₂ and 60% N₂. Pouches are hermetically sealed by *MULTIVAC C300* vacuum chamber machine. CO₂ and O₂ concentration (%) in head space of packaging was detected by the company’s *Witt* standard method with the gas analyzer „*OXYBABY*” *ECO O₂/CO₂* after the salad packaging and in the 1st, 3rd, 7th, 10th, 15th, 18th and 25th day of storage.

Sous vide packaging technology. Salads are packaged in laminated conventional PA/PE polymer pouches (200 × 300 mm, thickness 20/45±2 µm), in the biodegradable PLA (200 × 300 mm, thickness 40±2 µm), and in plasticified PHB polymer pouches (200 × 300 mm, thickness 75±2 µm). The principle of *Sous vide* packaging technology is as follows: the mayonnaise-based salad with meat are filled into pouches; the air extracted from the pouches and vacuum created; pouches are hermetically sealed by *MULTIVAC C300* vacuum chamber machine, afterwards pouches are thermally treated at the appropriate temperature in a water bath *Sous vide* (1) or in the air/steam convection oven *Sous vide* (2); rapid cooled and stored at the temperature of +4.0±0.5 °C. **Thermal treatment of the samples in a water bath Clifton Food Range – Sous vide (1)** Experiments were carried out using three different thermal treatment regimes t_a = +(60.0, 65.0, and 70.0)±0.5 °C, which

correspond to the core temperature of the product $t_p = +(58.0, 63.0, 68.0) \pm 2.0$ °C. The technology was developed in LLU, in the Department of Food Technology and in „VSL Pārtikas grupa” (LLC) (LR Patent No. 13702, 2008). **Thermal treatment of the samples in the air /steam convection oven FCV10E, Tecnoinox – Sous vide** (2) with Moist heat method, where during the thermal treatment time is maintained the relative air humidity 100% and the constant thermal treatment ambient temperature $t_a = +(60, 65, \text{and } 70) \pm 0.5$ °C, which corresponds to the core temperature of the product $t_p = +(58, 63, 68) \pm 2.0$ °C. The technology was developed in „VSL Pārtikas grupa” (LLC) and in LLU, in the Department of Food Technology (LR Patent No. 14025, 2010).

Storage of samples

Samples are stored in a Comercial Freezer/Cooler „Elcold” under the influence of the fluorescent lighting OSRAM Lumilux De Luxe (100–800 lx) at the temperature of $+4.0 \pm 0.5$ °C. The temperature regime during the storage of the product is recorded with a logger MINILOG, Greisinger Electronic. During the storage time, the order of the samples is changed to ensure an equal light influence on the samples. The storage time of the samples is till 52 days. Samples were analyzed in the day they were prepared and in the 1st, 3rd, 7th, 10th, 15th, 18th, 25th, 29th, 42nd and 52nd day of the storage. The following major physical and chemical characteristics of the product were detected: intensity of the colour, pH, water activity, mass loss, water content, peroxide value, secondary products of lipid oxidation products, and also the microbiological parameters (ACC, *Staphylococcus aureus* and *Clostridium prefringens* colony forming units, the presence of *Listeria monocytogenes*, *Salmonella spp.* and the biochemical identification of the microorganism cultures), and sensory properties.

The analytical methods used for the analyses and determined indices. The detected physical-chemical characteristics of the mayonnaise-based salad with meat and the methods of analysis carried out in the doctoral thesis are summarized in Table 2.

- **For the identification of microbiological species,** at least five morphologically different colonies were taken from a plate with a selective and/or non-selective agar and, after the colonies were inoculated to a non-selective agar (*Nutrient agar*) in order to obtain pure cultures. Biochemical identification of the isolated cultures was carried out by the following tests:
 - Gram straining and microscoping;
 - oxidase test – a part of microorganism colonies is transferred on the filter paper, moistened with the oxidase reagent, after 30 seconds the blue color indicates a positive reaction;
 - catalase test – the colonies are suspended in 3% hydrogen peroxide solution. The presence of gas bubbles indicates a positive catalase reaction;

- indole test – with a sterile loop a colony is inoculated in peptone water, after they are incubated at the temperature of +44 °C for 48 hours, then after the incubation Kovac's reagent (indole proof) is added, agitated and observed the color change. Red color indicates the presence of indole;
- coagulase test – with a sterile loop a colony is brought in a test-tube with *Brain Heart Infusion Agar* media, then it is incubated at the temperature of +37 °C for 24 hours. Aseptically 0.1 ml of culture is added to 0.3 ml rabbit plasma, then incubated at the temperature of +37 °C for 24 hours. As a positive coagulase test must be considered if the plasma coagulates and a clot occupies more than a half of the media volume.

For the detection of biochemical properties of the isolated microorganisms cultures was used validated test system *BD BBL Crystal Enteric/Nonfermenter ID Kit System (Becton, Dickinson and Company, USA)*. Isolated colonies with a loop are inoculated in a test system and incubated at the temperature of +37 °C for 24 hours. In the identification system includes a number of substrates fermentation, oxidation, and hydrolysis tests are included. The proof of the isolated cultures was carried out by comparison of the obtained results with the *BD BBL Crystal* database.

Determination and calculation of D-values and Z-values

The ACC colony forming units (LVS ISO 4833:2003 methods) in the salads in *Sous vide* packaged salad samples were determined at the different thermal treatment regimes in a water bath – *Sous vide* (1) and in the air/steam convection oven – *Sous vide* (2), provided the heating temperature in both cases is: $t_a = +(50.0, 55.0, 60.0, 65.0, 70.0) \pm 0.5$ °C, the total thermal treatment time for each sample – 80 minutes.

During the experiment, by every ten minutes two packages were removed from the heating retort, and in accordance with the requirements of ISO 6887 series standards the samples were rapidly deep-frozen during the 40 minutes at the temperature of -25 °C and stored at the temperature of -18 °C for 24 hours. Half an hour before testing, the frozen samples were thawed at the ambient temperature 1.5 hours. Temperature t (°C) and thermal treatment time (min) have been registered with the temperature and time data logger *USB TC-08 (Pico Tehnologist)*. The gained data were fixed in the data processing program *PicoLog*. The experiment was repeated twice. D-values and Z-values have been calculated analytically according to the results gained from the experiments.

Thermal inactivation of bacteria known as survivor curve generally follows first order kinetics and can be described by logarithmic reduction in the concentration of bacteria with time at any given lethal temperature (equation 1) (Drive, Bozeman, 1999; Garbutt, 1997; Teixeira, 1992).

$$\log N = \log N_0 - k\tau, \quad (1.)$$

where:

- N_0 – ACC colony forming units, cfu g⁻¹;
- N – number of living microorganisms after reduction of microorganisms by one log cycle, cfu g⁻¹;
- k – rate constant;
- τ – thermal treatment time, min.

The rate constant k can be expressed as follows:

$$k = \frac{\log N_0 - \log N_\tau}{\tau} \quad (2.)$$

Let us say that D-value is expressed as the time in minutes to achieve one log cycle of reduction in concentration of microorganisms $\log N_0$ to $\log N_\tau$, the rate constant can be expressed as follows:

$$k = \operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{\tau} \quad \text{and} \quad D = \tau = \frac{1}{k}, \quad (3.)$$

where: α – a slope angle of straight line (equation 1).

Z-value is influenced by the thermal treatment temperature and it can be expressed by logarithmic equation $\lg D = f(t)$. Z-value is the temperature difference Δt (°C), of which should be increased the thermal ambient temperature in order to decrease D-value by one logarithmic cycle (see equation 4). In this case D-value in any thermal treatment thermal temperature could be calculated using the first-order kinetic equation:

$$\log D = -kt + C_0 \quad \text{and} \quad D = 10^{-kt+C_0}, \quad (4.)$$

where:

- C_0 – constant;
- k – reduction rate of D-value, which is characterized by slope angle α of straight line;
- t – thermal treatment temperature, °C

Reduction rate of D-value k can be expressed by equation:

$$k = \operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{\Delta t} \quad \text{and} \quad Z = \Delta t = \frac{1}{k} \quad (5.)$$

If D-values and Z-value which are specific for each strain as well as the initial amount of the microorganisms (N_0), that can be a changeable value, are known, then the thermal treatment time τ (min) can be calculated in any

temperature t lethal for microorganisms to kill 99.99% of all microorganisms' population (Drive, Bozeman, 1999; Garbutt, 1997; Teixeira, 1992).

Mathematical Analyses of Data. The test results were processed using software *SPSS* package 16, software *Microsoft Excel for Windows 7.0* and *Fizz Forms – Sensory Analysis s and Consumer Test Management Software*, p value describes the lowest level of the obtained data significance ($p > 0.05$ – the data do not differ significantly, $p \leq 0.05$ – the data differ significantly). The data were processed by mathematical methods of statistics. The mean value and standard deviation was calculated for the gained results. Single-factor and two-factor analysis of variance (ANOVA) with repetition was performed for the data interpretation (Arhipova, Bāliņa, 1999; Arhipova, Bāliņa, 2003; Field, 2005; Marques de Sa, 2007). Sensory evaluation results were analyzed using statistical methods: two-factor analysis of variance, Tukey's test, Friedman test and t-test (Casatura, Findaly, 2006).

RESULTS AND DISCUSSION

Currently the shelf life of the mayonnaise-based salad with meat packed in non-hermetic PS containers in the air ambience is four days in the retail. This is too short period to meet merchants' needs that require the production of the food with as possible longer shelf life. It is essential to evaluate the quality of the products according the FVS recommended microbiological criteria ($N_{max} < 10^5$ cfu g⁻¹, Marčenkova, 2010), which in comparison with the microbiological quality parameters in compliance with presently existent guidelines ($N_{max} < 10^7$ cfu g⁻¹) are more limited (Atdzesētu, rūpnieciski ražotu gatavo produktu labas higiēnas un ražošanas prakses vadlīnijas, 2006).

In order to achieve the aim put forward in the doctoral thesis – to develop the technological regimes for Latvia produced mayonnaise-based salad with meat shelf life extension in *Sous vide* packaging, the influence of some traditional packaging technologies (in the air ambience, in vacuum and in the modified atmosphere packaging – MAP) on the salads quality and shelf life was analyzed. As an alternative solution the quality and potential shelf life of the salads were studied adapting one of the up-to-date technology – *Sous vide* packaging. The thermal treatment of the samples was carried out in a water bath – *Sous vide* (1) and in a convection air/steam oven – *Sous vide* (2).

One of the most important parameters characterizing the quality is the salads microbiological contamination and its changes during the storage time of the product, as well as physical and chemical indices and sensory evaluation.

1. The Comparison of the Packaging Technologies for the Mayonnaise-based Salads with Meat

The industry ready-to-eat products in Latvia currently is rapidly growing and developing. The most part of the ready-to-eat products are microbiologically very susceptible and their contamination is influenced by many factors: such as the ambience, where the product is manufactured, the raw materials, the technological processes, the packaging, logistics and the local conditions in the marketplace. Today, manufacturers and scientists start to pay more attention to the product quality. Properly selected packaging materials and technologies, and also used preservatives are very important factors that can prevent microorganisms' growth in the products during the storage time.

The influence of vacuum and modified atmosphere packaging. The dynamics of ACC colony forming units (cfu) in the mayonnaise-based salad with meat samples during the storage time at the temperature of $+4.0 \pm 0.5$ °C in vacuum and in MAP is shown in Figure 2. Evaluating the microbiological quality of salads packaged in vacuum and in MAP by the side with control sample packaged in the air ambience, it can be noticed, that according to the Food and Veterinary Service (FVS) recommended criteria the maximal acceptable ACC amount $N \leq 10^5$ cfu g⁻¹ has been reached after seven days of the storage in the air ambience and after ten storage days in vacuum and in MAP. During the mentioned period does not observed a significant difference in the influence of vacuum packaging and MAP on the ACC growth ($p > 0.05$). ACC of colony forming units N_0 immediately after the sample preparation was 1.00×10^4 cfu g⁻¹ ($N_0 < 10^5$ cfu g⁻¹), which in the control sample during seven storage days increased till 9.86×10^4 cfu g⁻¹ ($N < 10^5$ cfu g⁻¹), while in the salad samples packaged in PA/PE pouches in vacuum (sample E) – till 1.10×10^5 cfu g⁻¹, and in samples packaged in PA/PE pouches in MAP (sample S) – till 9.77×10^4 cfu g⁻¹ ($N < 10^5$ cfu g⁻¹) and increased to the maximally allowed amount during ten days of the storage. On the other hand, evaluating all salad samples (A, E and S) in compliance with presently existent guidelines – ACC ($N < 10^7$ cfu g⁻¹), it can be noticed that the experimental data are quite different ($p \leq 0.05$). The shelf life of the control sample packaged in the air ambience could be till 10 days. While the shelf life of the products packaged in vacuum and MAP (samples E and S) is more extended – till 20–21 days.

The influence of Purasal on the microbiological quality of the salads packaged in the air ambience. Evaluating the air ambience packaged salads in PS containers without Purasal (control) by the side samples with varying amount of Purasal (5, 10, 15 g kg⁻¹) that stored at the temperature of $+4.0 \pm 0.5$ °C, according to the presently existent guidelines, there are no significant differences of ACC cfu ($p > 0.05$) in the samples. However, adding

10 and 15 g kg⁻¹ amount of *Purasal* the tendency of storage time extension was observed.

The influence of *Purasal* on the microbiological quality of vacuum packaged salads during the storage time. The ACC dynamics in PA/PE pouches in vacuum packed salads with added preservative *Purasal* (5, 10, 15 g kg⁻¹) when stored at the temperature of +4.0±0.5 °C is shown in Figure 3. Evaluating the salads packed in vacuum without *Purasal* (control, sample E) and samples with varying amount of *Purasal* (5, 10, 15 g kg⁻¹) according to the FVS recommended microbiological criteria and also according to the existent guidelines, it was detected that varying amount of *Purasal* differently influences the ACC cfu dynamics during the storage ($p = 0.001$). According to FVS recommended criteria the ACC cfu amount in vacuum packaged salads (control, sample E), with added 5 g kg⁻¹ *Purasal* (sample F), and 10 g kg⁻¹ *Purasal* (sample G) mutually does not disparate and the maximal allowed ACC top N ≤ 10⁵ cfu g⁻¹ reaches after ten storage days. It means that the mentioned amount of added *Purasal* have not affirmed expected results for limitation of the microorganisms' growth and the shelf life extension. The ACC cfu in salad samples with addition of 15 g kg⁻¹ of *Purasal* with probability of 95% is disparate from the before mentioned and in this case the maximal ACC cfu is reached only after 15 days of the storage and in comparison with the salad samples mentioned before the shelf life is about 50 % longer. According to the current guidelines, it was noticed that the amount of added *Purasal* significantly influences the ACC cfu growth ($p = 0.021$) and wherewith the storage time. In the vacuum packed salad sample (control E) without *Purasal* the maximal ACC cfu quantity (N ≤ 10⁷ cfu g⁻¹) grows up during 18 days of the storage, but with added 5 g kg⁻¹ *Purasal* (sample F), and 10 g kg⁻¹ *Purasal* (sample G) – during 23 days of the storage, consequently the shelf life could be for 28 % longer, while with added 15 g kg⁻¹ *Purasal* (sample H), the storage time have been extended even till 24 days and it is 33% longer (see Figure 3).

The influence of *Purasal* on the microbiological quality of the salads in MAP packaging during the storage time. The added *Purasal* (5, 10, 15 g kg⁻¹) influences the ACC cfu growth in MAP packed salads during the storage time. It was recognized that the amount of added *Purasal* in the MAP similarly like in vacuum packaged salads differently influences ACC cfu growth and agreeably storage time ($p \leq 0.05$) at the temperature of +4.0±0.5 °C (see Figure 4). According to the FVS recommended criteria, the ACC cfu in the MAP packed salads without *Purasal* (control, sample S) and in MAP with 5 g kg⁻¹ (sample T), with 10 g kg⁻¹ (sample U) and with 15 g kg⁻¹ *Purasal* (sample V) – with the probability of 95 % till maximal allowed amount not over 10⁵ cfu g⁻¹ grows in significantly different time ($p = 0.003$). As it is shown in Figure 4, the ACC cfu in the salad sample in MAP without *Purasal* already

after ten days of the storage has reached 10^5 cfu g⁻¹. Therefore, the shelf life of the control sample is till ten days. If 5 g kg⁻¹ *Purasal* added, the storage time could be extended till 12 days, if 10 g kg⁻¹ *Purasal* added – till 16 days, but if 15 g kg⁻¹ *Purasal* added, then the shelf life can be extended even till 17 days. While according to the current guidelines the shelf life of the control sample can be extended till 21 days, but with added 5 g kg⁻¹ *Purasal* – till 22 days, with added 10 g kg⁻¹ *Purasal* – till 23 days, but if 15 g kg⁻¹ *Purasal* added (sample V), then the shelf life can be extended from 21 day without *Purasal* till 24 days. The results gained during the research in the demonstrative way show that in comparison with the control sample in MAP without *Purasal*, the *Purasal* adding in salads has an importance, but it is not significant for the storage time extension. Evidently the MAP (see Figure 4) has a positive impact on *Purasal* protective functions and the ACC in saldas is growing slower in comparison with vacuum packaging (see Figure 3). Therefore, the shelf life of mayonnaise-based salad with meat can be extended by adding preservative *Purasal*.

The reason of the option of *Sous vide* packaging technology. In order to prove the hypothesis put forward in the doctoral thesis – the thermal treatment of the mayonnaise-based salad with meat in *Sous vide* packaging can significantly extend its shelf life maintaining the quality – following up the experiments the optimal salad pasteurization and cooling regimes for *Sous vide* packaging were established, the influence of pasteurization temperature on the ACC dynamics in the salads during thermal treatment process and during the storage time at the temperature of $+4.0 \pm 0.5$ °C was examined, the influence of *Purasal* on the ACC dynamics in the salads in *Sous vide* packaging were analyzed and prospective storage time was projected. The thermal treatment regime is individual for each product, kind of its packaging and the mass of product in the packs. On the basis of the research data in scientific literature regarding *Sous vide* packaging pasteurization regimes, for the thermal treatment of the salads in *Sous vide* packaging mild thermal treatment regime was addapted: $+60.0 \pm 0.5$ °C, $+65.0 \pm 0.5$ °C and $+70.0 \pm 0.5$ °C temperature. When pasteurization temperature of the mayonnaise-based salad with meat of $+70.0 \pm 0.5$ °C was applied, it was detected that mayonnaise changed its consistency. Wherewith, it was concluded that mayonnaise-based saldas as exclusive product should not be thermally treated at the temperature higher than $+65.0$ °C. On the basis of the experimentally gained research results in LLU, the Department of Food Technology and in „VSL Pārtikas grupa” (LLC) *Sous vide* packaging technology for mayonnaise-based salad was developed, provided that thermal treatment takes place in a water bath (LR Patent No. 13702, 2008). In the company „VSL Pārtikas grupa” (LLC) and in LLU, Department of Food Technology a *Sous vide* packaging technology appropriate for the storage time extension of mayonnaise-based salad with meat by thermal treatment in a convection air/steam oven was developed (LR Patent No. 14025,

2010). The technology was tested in condition of production on the bases of currently existent equipment.

The influence of *Sous vide* packaging technology on the ACC dynamics in the salads during the storage time. The ACC dynamics and the potential shelf life of the mayonnaise-based salad with meat in *Sous vide* packaging in conventional (PA/PE) and biodegradable (PLA and PHB) film pouches was defined providing the thermal treatment process with two methods: in a water bath – *Sous vide* (1) and in a convection air/steam oven – *Sous vide* (2) at the heating temperature of $+65.0 \pm 0.5$ °C. Samples were stored in a Comercial Freezer/Cooler „Elcold” under the influence of the fluorescent lighting OSRAM Lumilux De Luxe (100–800 lx) at the temperature of $+4.0 \pm 0.5$ °C for 52 days (see Figure 5). ACC cfu before the thermal treatment was 1.00×10^4 cfu g⁻¹, after the thermal treatment the ACC cfu reduced till 1.58×10^2 cfu g⁻¹. The results were mutually compared with the ACC in PS container air ambience hermetically packaged saldas (control, sample A). Comparing the defined ACC results in the control sample with microbial contamination after the thermal treatment of the salads in a water bath and in a convection oven, it was ascertained that according to the FVS recommended criteria as well according to the current guidelines after seven storage days the significant ACC cfu difference was noticed ($p = 0.0007$). In different materials *Sous vide* packed salad samples thermally treated by two heating processes were compared: in PA/PE material with thermal treatment in a water bath – *Sous vide* (1) (sample K) and in a convection air/steam oven – *Sous vide* (2) (sample L), as well as in PLA material – *Sous vide* (1) (sample P) and in PHB material – *Sous vide* (1) (sample R). It was detected that after seven storage days ACC cfu in the samples significantly does not change ($p = 0.318$). After 52 days of storage the ACC cfu in the sample R in *Sous vide* packaging significantly differs from samples K, L, P ($p = 0.003$). It was experimentally approved that *Sous vide* packed mayonnaise-based salad with meat in all tested packaging materials could be stored till 52 days at the refrigerated temperature of $+4.0 \pm 0.5$ °C. During this period the ACC cfu according to the FVS recommended criteria does not reach the maximal limits ($N < 10^5$ cfu g⁻¹).

The influence of *Purasal* on the microbiological quality of *Sous vide* packed salads. The evaluation of the salads in *Sous vide* (1) packaging without *Purasal* (control) and with the various amount of *Purasal* (5, 10, 15 g kg⁻¹) stored at the temperature of $+4.0 \pm 0.5$ °C, proved that ACC cfu in samples after 52 days of the storage according to the FVS recommended criteria as well as according to the current guidelines differs significantly ($p = 0.02$). In *Sous vide* packaging the preservative *Purasal* in amount of (5, 10 g kg⁻¹) does not influence significantly the ACC cfu growth ($p > 0.05$), while larger amount of *Purasal* – 15 g kg⁻¹ – decrease the ACC cfu growth intensity during the storage time.

Identification of microorganisms in the mayonnaise-based salad with meat. It was detected that in the air ambience, vacuum, MAP and in *Sous vide* packaging the mayonnaise-based salad with meat contains mostly the gram(–) microorganisms' cultures. In 10% of all cases it was not possible to provide the biochemical identification of the cultures. *Acinetobacter* species bacteria (*Acinetobacter lwofii*) are mostly dominating. The reported identification results not only confirm the presence of the microorganism species, but also indicate the existence of the dominant species.

The influence of different packaging technologies and materials on the storage time of mayonnaise-based salad with meat. The comparison of the influence of different packaging technologies and materials on the shelf life of mayonnaise-based salad with meat is summarized in Table 3.

2. Physical Parameters of the Mayonnaise-based Salad with Meat during the Storage Time

The packaging material and technology as well as preservatives influence the product quality not excepting physical parameters during the storage. The most important physical parameters characterizing the mayonnaise-based salad with meat are the colour, pH, water activity, mass loss and water content.

The influence of the packaging technologies, *Purasal*, and storage time on the total colour difference ΔE^* of salads. The total colour difference ΔE^* of samples in *Sous vide* packaging was detected and compared with ΔE^* value when salads packaged in air ambience, vacuum, and in MAP and stored during different storage times at the temperature of $+4.0 \pm 0.5$ °C. ΔE^* value for all analyzed samples thru seven storage days is expressed as ΔE^*_{1} , during the period from 7 till 25 storage days – as ΔE^*_{2} and from 25 as far as 52 storage days – as ΔE^*_{3} . The total colour difference ΔE^*_{tot} from the beginning of the experiment during the all storage time was calculated by summarizing all values of the separate storage times (equation 6):

$$\Delta E^*_{tot} = \Delta E^*_{1} + \Delta E^*_{2} + \Delta E^*_{3}, \quad (6.)$$

where:

- ΔE^*_{tot} – the total color difference from the beginning till the end of the experiment;
- ΔE^*_{1} – the total colour difference after seven days of the storage
 $\Delta E^*_{1} = \Delta E^*_{tot1}$;
- ΔE^*_{2} – the total colour difference during the storage time from 7 till 25 days: $\Delta E^*_{tot2} = \Delta E^*_{1} + \Delta E^*_{2}$;
- ΔE^*_{3} – the total colour difference during the storage time from 25 till 52 days: $\Delta E^*_{tot3} = \Delta E^*_{1} + \Delta E^*_{2} + \Delta E^*_{3}$.

The total colour difference ΔE^*_{tot} of the salads in traditional packaging technologies and in *Sous vide* packaging during the storage time is shown in Figure 6.

The total colour difference ΔE^* of the salads after seven storage days in the air ambience (control, sample A), vacuum (sample E), MAP (sample S) and in *Sous vide* packaging (sample K) significantly differs ($p \leq 0.05$). An oxygen-free ambience is in *Sous vide* and in vacuum packaging, therefore, ΔE^* values are insignificant and substantially they do not differ. In MAP ΔE^* value is twice higher than in vacuum, obviously it is because of the CO₂ influence. The total colour difference ΔE^*_{tot} of the salads in *Sous vide* packaging after 52 days of the storage does not differ significantly from the ΔE^* value after seven days long storage when packaged in air ambience in PS containers (control, sample A).

Experimentally the influence of different amount of *Purasal*, as well as the storage time seven, 25 and 52 days at the temperature of $+4.0 \pm 0.5$ °C on the ΔE^* has been evaluated. All samples have shown the common tendency regarding ΔE^* value changes – the packaging technology and the added amount of *Purasal* influence the salad colour and therefore ΔE^* value increases (see Figure 6). The added amount of *Purasal* (5, 10, 15 g kg⁻¹) already after seven storage days in the air ambience (control, sample A) significantly raise ΔE^* value from 1.0 to 3.7 units or of 3.0–3.7 times. It seems that it is because of oxygen and *Purasal* interaction. Similar influence of *Purasal* on the salad colour changes was observed also in vacuum packaging, less in MAP packaging. In *Sous vide* packaging after seven storage days the influence of *Purasal* is not significant, while continuing the storage till 52 days ΔE^* value increases two or three times, but still it is significantly different from ΔE^* value in air ambience or MAP packed salads. Thus, the packaging technology and the added amount of *Purasal* influence the total colour difference (ΔE^*) of the analyzed salad samples during the storage till seven, 25 and 52 days and samples significantly differ ($p \leq 0.05$). Therefore, again was approved the positive influence of the *Sous vide* packaging technology on the quality of the mayonnaise-based salad with meat – the storage time significantly does not influence the salads colour.

The influence of the biodegradable materials on the total colour difference ΔE^* of salads. The biodegradable packaging materials (PLA and PHB) does not influence significantly the salads colour difference neither in vacuum nor in *Sous vide* packaging ($p \leq 0.05$) (see Figure 7). In vacuum the ΔE^* value after 25 storage days increases till 1.4 units in PA/PE packaging and two times or till 2.8 units in PHB packaging. In *Sous vide* packaging after 52 storage days ΔE^* increases in PLA material till 2.0 units and in PHB – till 2.8 units. Thus, as detected the biodegradable packaging material significantly influences ($p \leq 0.05$) the colour changes of the product. The weak barrier properties of the biodegradable materials significantly influence the total color

changes of the salads; it is caused by oxygen migration from the surrounding environment through the material to the product (Perez-Gago, Krochta, 2001).

The influence of the packaging technologies, *Purasal* and storage time on pH value differences of salads. The changes of salad pH (ΔpH) were ascertained for samples in *Sous vide* packaging and the results were compared with pH changes in the air ambience packaged salads – (control, sample A), in vacuum and in MAP following different storage time at the temperature of $+4.0 \pm 0.5$ °C. Influence of different amount of *Purasal* (5, 10, 15 g kg⁻¹) on the ΔpH of the *Sous vide* packed salads in air ambience, in vacuum, and in MAP was evaluated as well. The total pH difference $\Delta\text{pH}_{\text{tot}}$ is shown in Figure 8, it includes the difference between pH values at the beginning of the experiment and after seven storage days (ΔpH_1), during the period from seven till 25 storage days (ΔpH_2), and from 25 till 52 storage days (ΔpH_3). The total pH difference $\Delta\text{pH}_{\text{tot}}$ was calculated during the all storage time from the beginning of the experiment by summarizing all values of all separate storage periods (see equation 7):

$$\Delta\text{pH}_{\text{tot}} = \Delta\text{pH}_1 + \Delta\text{pH}_2 + \Delta\text{pH}_3, \quad (7.)$$

where:

$\Delta\text{pH}_{\text{tot}}$ – the total pH difference during the storage time from the beginning till the end of the experiment;

ΔpH_1 – pH value difference from the beginning of the experiment till seven storage days of the storage: $\Delta\text{pH}_{\text{tot}1} = \Delta\text{pH}_1$;

ΔpH_2 – pH value difference during the storage time from 7 till 25 days:
 $\Delta\text{pH}_{\text{tot}2} = \Delta\text{pH}_1 + \Delta\text{pH}_2$;

ΔpH_3 – pH value difference during the storage time from 25 till 52 days:
 $\Delta\text{pH}_{\text{tot}3} = \Delta\text{pH}_1 + \Delta\text{pH}_2 + \Delta\text{pH}_3$.

A common tendency of pH value changes has been observed after seven days of the salad sample storage applying all types of packaging technologies – the amount of added *Purasal* relatively reduces ΔpH_1 value.

There are no significant disparity between ΔpH_1 values in air ambience, vacuum and MAP packed salads without *Purasal* till seven storage days, while in *Sous vide* packed salads ΔpH_1 value is approximately two times less. The added amount of *Purasal* (5, 10, 15 g kg⁻¹) reduces relatively ΔpH_1 value in samples using all types of packaging. After seven days of the storage ΔpH_1 value decreases accordingly to the added amount of *Purasal* in salad samples in air ambience, as well as in vacuum and in MAP packaging, however most of all the *Purasal* addition decreases the ΔpH_1 value in *Sous vide* packed salads, consequently, the absolute pH value applying this up-to-date packaging technology has been changed least.

Notable changes of ΔpH_2 value were observed in MAP packaged salads with *Purasal* during the storage time from seven till 25 days – the absolute pH value decreased by 0.6–0.7 units. That could be explained by CO₂ solubility in salads with elevated water content.

As it is pronounced in Figure 8, the least pH value decrease – till 0.1 unit has been observed in *Sous vide* packed salads. Therefore, the *Sous vide* packaging technology now confirms the positive influence on the quality of mayonnaise-based salad with meat during the long-drawn storage time.

The influence of the storage temperature on the pH dynamics of the salads in *Sous vide* packaging. In order to asses the benefits of *Sous vide* packaging technology pH dynamics of salad samples thermally treated in a water bath *Sous vide* (1) and in a convection air/steam oven *Sous vide* (2) was detected in two storage regimes: at the temperature of +4.0±0.5 °C – sample K (4 °C) and sample L (4 °C), as well as at the temperature of +10.0±0.5 °C – sample K (10 °C), sample L (10 °C) (see Figure 9). pH values of the salads during the storage time at the temperature of +4.0±0.5 and +10.0±0.5 °C gradually decrease in all investigated samples. In the samples stored at the temperature of +4.0±0.5 °C: sample K (4 °C) and sample L (4 °C), during 52 storage days pH value decreases from 5.37 to 5.25–5.26. Much more pH changes were observed in samples stored at the temperature of +10.0±0.5 °C, sample K (10 °C) and sample L (10 °C) – after 52 storage days pH value decreases from 5.37 to 5.19–5.20. The influence of storage temperature of +4.0±0.5 and +10.0±0.5 °C ($p \leq 0.05$) on the pH value after 52 days of the storage is disparate.

The differences in pH values at various storage temperatures can be explained with the observed ACC cfu growth (see Figure 10).

Water activity (a_w) of the salads in air ambience, vacuum, MAP, and in *Sous vide* packaging is equal to 0.996; *Purasal* slightly reduces it as follows: with 5 g kg⁻¹ – a_w is 0.996, with 10 g kg⁻¹ – a_w is 0.995; with 15 g kg⁻¹ – a_w is 0.993. The mass losses from traditional PS containers in the air ambience after seven storage days is 0.6%, after 25 storage days in PA/PE vacuum packaging – 0.5%, in MAP – 0.6%, but after 52 storage days from salads *Sous vide* packaging the mass losses were only 0.5%. Notably higher mass losses were observed from the salad packs made of biodegradable PLA and PHB polymers: from vacuum packed salad samples after 25 storage days – 1% and from *Sous vide* packaging after 52 storage days – of 5.0 to 5.3 %.

Water content of the analyzed salad samples decreased proportionally to the mass losses: in traditional PS containers in the air ambience packaging after seven storage days the water content in salads decreased from 69.20 to 68.78%, after 25 storage days in PA/PE vacuum packaging – from 69.20 to 68.83%, in MAP – from 68.76% and at the storage time till 52 days in *Sous vide* packaging – from 68.70 to 68.33%. Notably higher decrease of salad water content was observed in biodegradable PLA and PHB polymer packing: in

vacuum till 25 storage days from 69.20 to 68.49% and in *Sous vide* packaging till 52 storage days from 68.70 to 65.27 % (PLA) and to 65.04% (PHB). Mass losses of salads in PLA and PHB polymer packaging within 52 storage days are caused because of water vapour migration through packaging material and they are proportional to the water content decrease in the salad samples. Biodegradable PLA and PHB polymers having weak barrier properties are not applicable for thermal treatment and long-term storage of the salads.

3. Chemical Parameters of the Mayonnaise-based Salad with Meat during the Storage Time

The peroxide value of all analyzed salad samples does not exceed the allowable amount and is $< 10 \text{ mmol kg}^{-1}$. The peroxide value of the air packed salads in traditional PS containers during storage time of seven days increases from 5.30 līdz 5.34 mmol kg $^{-1}$. After 25 days long salads storage time in PA/PE polymer vacuum packaging the peroxide value in the salads increases from 5.30 mmol kg $^{-1}$ to 5.50 mmol kg $^{-1}$, in biodegradable PLA polymer – to 5.52 mmol kg $^{-1}$, in biodegradable PHB material – to 5.54 mmol kg $^{-1}$. In the modified atmosphere PA/PE packed salads the peroxide value increases from 5.30 to 5.53 mmol kg $^{-1}$. In *Sous vide* packaging after 52 days long storage time the peroxide value of all analyzed salad samples increases from 5.30 to 5.44 mmol kg $^{-1}$. The added amount of *Purasal* (5, 10, 15 g kg $^{-1}$) does not influence significantly the salad peroxide value ($p > 0.05$).

Secondary lipid oxidation products: pentanal, hexanal, octanal, nonanal, have not been found in the salads neither before packaging nor after the storage.

4. The Influence of the Storage Temperature on the Microbiological Quality of the Salads in *Sous vide* Packaging during the Storage Time

The technological parameters of salad production processes are substantial, but in the same time, the life cycle of the product is not less important. The ambient temperature fluctuation in the logistics significantly influences the product quality. An important factor is the consumer behavior after the product purchasing, when the product is stored at home. (Hwang, 2010; Hwang, Marmer, 2007; Hwang, Tamplin; 2005). Therefore in order to ensure the product safety and quality during the storage time and distribution, the microbiological quality of the salads in *Sous vide* packaging was analyzed at different storage temperature regimes.

The salads in *Sous vide* packaging during the experiment were stored at the temperature of $+4.0 \pm 0.5$ and $+10.0 \pm 0.5$ °C, thus, modeling the similar

conditions as they are in retail showcases. The influence of the storage temperature on ACC dynamics in *Sous vide* packed salads is shown in Figure 10. ACC cfu in in *Sous vide* (1) and *Sous vide* (2) packed salad samples at storage temperature of $+4.0 \pm 0.5$ and $+10.0 \pm 0.5$ °C till 25 days do not differ significantly ($p = 0.065$). Significant changes ($p = 0.037$) were observed after 29 storage days, when at the temperature of $+10.0 \pm 0.5$ °C ACC increased till 7.55×10^2 cfu g $^{-1}$ in sample K (10 °C) and till 9.66×10^2 cfu g $^{-1}$ in sample L (10 °C), while in sample K (4 °C) and sample L (4 °C) ACC cfu increased relatively slower – till 4.47×10^2 cfu g $^{-1}$.

When the *Sous vide* packed salads at the temperature of $+10.0 \pm 0.5$ °C have been stored more than 29 days, ACC cfu amount starts to grow more rapidly and after 49 days storage in sample K (10 °C) reach the top $N = 10^5$ cfu g $^{-1}$, while in sample L (10 °C) the top was reached after 52 storage days (ACC 9.91×10^4 cfu g $^{-1}$). Whereas in the salad samples in *Sous vide* packaging at the temperature of $+4.0 \pm 0.5$ °C after 52 storage days the ACC cfu is only 7.52×10^2 cfu g $^{-1}$ in sample K (4 °C) and in sample L (4 °C) – 8.91×10^2 cfu g $^{-1}$, consequently, the maximally allowed limits ($N < 10^5$ cfu g $^{-1}$) still have not been reached.

A correlation between the ACC cfu increase and pH value decrease at the different storage temperatures have been observed. The most pH value changes were ascertained in sample K (10 °C) and sample L (10 °C) at the storage temperature of $+10.0 \pm 0.5$ °C – during 52 days of the storage pH value decreased from 5.37 to 5.19–5.20, but at the temperature of $+4.0 \pm 0.5$ °C in sample K (4 °C) and sample L (4 °C) – from 5.37 to 5.25–5.26 (see Figure 9). Thus, the temperature in retail showcases and warehouses significantly influences ACC cfu in salads only if the salads are stored there for long time period. If the salads in *Sous vide* packaging will be stored in a retail showcase at the temperature of (+10 °C) for few days, it could be projected the salads quality will not change significantly.

5. Sensory Evaluation of the Mayonnaise-based Salad in *Sous vide* packaging

Before introduction of a new product in the market or to develop the existing one it is necessary to ascertain customer needs, find out their attitude and their satisfaction with the particular product. In order to successfully promote products in the market, it is important to detect their sensory properties. Therefore, it is essential to evaluate the sensory properties of the mayonnaise-based salad with meat in *Sous vide* packaging during the storage time, in order to analyze reasonably the potentially optimal shelf life. The intensity of the sensory properties (aroma, flavour, consistency, colour, sourness and aftertaste) of three different salad samples – freshly prepared

salads, *Sous vide* (1) without *Purasal* and *Sous vide* (1) packed salads with *Purasal* 10 g kg⁻¹. Trained panellists admitted that after 52 storage days the sensory properties (aroma, flavour, consistency, colour, sourness and aftertaste) of the salad in *Sous vide* packaging are different in comparison with the freshly prepared salads. The gained results showed that it is possible to prolong the shelf life of the mayonnaise-based salad with meat in *Sous vide* packaging and also maintain the sensory properties throughout the all storage time, which is an important criteria for consumers.

In order to implement scientifically based and practically tested product – the mayonnaise-based salad with meat in *Sous vide* packaging – in the local retail network, the product was presented to the potential food consumers in the exhibitions „Riga Food 2009” and „Ražots Latvijā 2010”. In the exhibitions consumers evaluated two different samples of the mayonnaise-based salad with meat: freshly prepared salads and salads in *Sous vide* (2) packaging stored for 29 days. The results showed that in terms of liking there was no significant difference between both samples and consumers have evaluated them both equally well. The evaluation within hedonic scale is from 7.3 to 7.5 meaning like moderately – like very much. Therefore, it can be concluded that experimentally tested *Sous vide* packaging technology can prolong the shelf life of mayonnaise-based salads, and also maintain sensory properties of the product throughout the all storage time.

6. Development of Mathematical Model for Calculation of Cooking Regimes of *Sous vide* Packaged Mayonnaise-based Salad with Meat

Calculation of D-value for mayonnaise-based salad thermal treatment in *Sous vide* packaging. The mathematical model was developed and D-values and Z-values were calculated in order to determine the thermal treatment time for *Sous vide* packed mayonnaise-based salad with meat in temperature interval from +50.0 to +70.0 °C when experiments were performed. Thermal treatment temperature influences the D-value that is characterized as the thermal inactivation of bacteria know as a survivor curve, which usually can be described with the first-order kinetic equation as a straight line in the semi-logarithmic scale at any thermal ambient temperature (see equation 1, p. 15). D-value is the time in minutes (τ), to achieve the concentration reduction of microorganisms by one log cycle from $\log N_0$ to $\log N$. While the D-value shows the time in minutes, needed at a certain temperature to kill an organism, the Z-value relates the resistance of microorganisms, if the thermal treatment temperature is raised. Therefore, if Z-value is known, it is possible to calculate the equivalent thermal process time at any thermal treatment temperature. The ACC dynamics as $\log N = f(\tau)$ in *Sous vide* packed mayonnaise-based salad with meat during the thermal treatment process at five different temperature

regimes in a water bath (1) is shown in Figure 11. The results of calculated D-values from experimental data are summarized in Table 4.

For example, if the thermal treatment is provided in the water bath at the temperature of $+70.0 \pm 0.5$ °C, D-value D_{70} was 26.53 minutes (Table 4). It means that at this temperature the population was reduced by one log cycle. If the microorganism population should be reduced by two-log cycle, then the total time is $2.00 \times 26.53 = 53.06$ minutes. Whereas if the thermal treatment is provided in lower temperature, for example, 50.0 ± 0.5 °C, then the calculated D-value will be higher (D_{50} is 47.85 minutes) and the time needed for two-log cycle reduction of microbial population will be longer – $2.00 \times 47.85 = 95.70$ minutes. Experimentally it was confirmed, that D-values for the reducing of the total ACC cfu by one-log provided the thermal treatment in a water bath (1) and in a convection air/steam oven (2) in the same thermal treatment ambient temperature significantly do not differ ($p > 0.05$).

Z-value calculation for the thermal treatment of the *Sous vide* packed salads. Z-value during the thermal treatment process in a water bath (1) was detected graphically as a straight line equation $\lg D = f(t)$ and it is shown in Figure 12. For its computation D-values calculated at the appropriate temperature regimes and summarized in Table 4. were plotted on a semi-logarithmic graph and were expressed with the linear function $\lg D = f(t)$, ($R^2 = 0.9537$)

$$\lg D = -0.0139t + 2.3732 \quad (8.)$$

$$D = 10^{-0.0139t+2.3732}, \quad (9.)$$

where:

- C_0 – constant; $C_0 = 2.3732$;
- k – reduction rate of D-value, which is characterized by slope angle α of straight line; $k = 0.0139$;
- t – thermal treatment temperature in a water bath, °C.

Z-value can be calculated using equation 5 (see p. 16). In order to reduce D-value during the thermal treatment process in a water bath by one log cycle according to the equation 5, the calculated Z-value is $+72.0$ °C. In the research on the basis of experiments the calculated D-values were from 47.85 to 26.53 (Table 4), therefore, Z-value could be related to reduction of D-value by 0.1 log cycle, and the process could be characterized by Z-value of $+7.2$ °C (see Figure 12). Therefore, in order to reduce D-value by 0.1 log cycle, the thermal ambient temperature should be raised by $\Delta t = 7.2$ °C or from $+51.8$ to $+59.0$ °C (see Figure 12).

If the thermal death time has been established for mayonnaise-based salad with meat, it can be used to calculate the time-temperature requirements for any idealized thermal process. According to the equation 9 corresponding D-values

responding to any ambient temperature +50.0 to +70.0 °C in a water bath can be calculated. For example, if the thermal treatment process takes place in a water bath, where the temperature has been established +68.0 °C, then accordingly with the equation 9 ($\log D = -0.0139t + 2.3732$) calculated D-value is $D_{68} = 26.79$ minutes. Thus, to reduce the initial microorganism total quantity by 90 % (for one D-value log cycle) during the thermal treatment process in a water bath at the temperature of +68.0 °C, thermal treatment time should be 26.79 minutes.

Graphically calculated Z-values can be used for the thermal treatment process time detection for whatever specific process at any temperature in the water bath or in a convection. Experimentally have been proved Z-values for thermal treatment in a water bath *Sous vide* (1) and in a convection air/steam oven *Sous vide* (2) does not differ significantly ($p > 0.05$).

CONCLUSION

1. Currently, the shelf life of mayonnaise-based salad with meat packed in air ambience is four days in retail at the storage temperature of $+4.0 \pm 0.5$ °C. Whereas our investigations proved that shelf life of mayonnaise-based salad with meat packaged in vacuum and stored at the temperature of $+4.0 \pm 0.5$ °C according to the recommended microbiological criteria of the Food and Veterinary Service (FVS) ($N_{max} \leq 10^5$ cfu g⁻¹) can be provided for up to 10 days, and according to the criteria recommended in the current guidelines of Latvia ($N_{max} \leq 10^7$ cfu g⁻¹) – for up to 20 days, but shelf life of the salad packaged in modified atmosphere (MAP) can be provided for up to 10 days on condition that $N_{max} \leq 10^5$ cfu g⁻¹, and up to 21 days on condition that $N_{max} \leq 10^7$ cfu g⁻¹.
2. The allowable optimal pasteurization temperature for the heat-sensitive product – mayonnaise-based salad with meat in *Sous vide* packaging – recognized $+65.0 \pm 0.5$ °C, which ensures the thermal treatment effect and preserves the consistency of mayonnaise.
3. The investigated thermal treatment processes (in a water bath and in a convection air/steam oven) equally slowed down growth of microorganisms in *Sous vide* packed mayonnaise-based salad with meat during the storage time.
4. After the thermal treatment of *Sous vide* packed mayonnaise-based salad both in the water bath and in the convection air/steam oven, the amount of ACC colony forming units in the salad stored for up to 52 days at the temperature of $+4.0 \pm 0.5$ °C did not exceed the maximum admissible level as recommended by the FVS – $N \leq 10^5$ cfu g⁻¹.
5. The storage temperatures of $+4.0 \pm 0.5$ and $+10.0 \pm 0.5$ °C significantly influenced the shelf life of mayonnaise-based salad with meat. During the

storage time of up to 25 days, the ACC cfu amounts did not differ substantially. After the storage time of up to 52 days at the temperature of $+4.0\pm0.5$ °C, the ACC cfu was 8.91×10^2 cfu g⁻¹, but at the temperature of $+10.0\pm0.5$ °C, the ACC cfu reached the maximum admissible level as recommended in the microbiological criteria of the FVS – $N_{max}\leq10^5$ cfu g⁻¹.

6. Before the thermal treatment of mayonnaise-based salad with meat as well as after storing in *Sous vide* packaging for 52 days at the temperatures of $+4.0\pm0.5$ and $+10.0\pm0.5$ °C, the presence of the pathogenic microorganisms *Listeria monocytogene* and *Salmonella spp.* was not detected, but the amount of *Clostridium perfringens* and *Staphylococcus aureus* colony forming units was $<1.00\times10$ cfu g⁻¹.
7. The amount of *Purasal* (5, 10, 15 g kg⁻¹) differently influenced the growth of ACC cfu in mayonnaise-based salad during the storage time. The influence of *Purasal* addition was insignificant in the salad packed in air ambience ($p > 0.05$). In vacuum and in modified atmosphere packed salads after 25-day storage and in *Sous vide* packed salads after 52-day storage, the *Purasal* addition of 15 g kg⁻¹ reduced amount of ACC cfu for 6.0%, indicating a more active limiting influence of *Purasal* on microbial growth in anaerobic ambience.
8. The influence of the conventional (PA/PE and PS) and the biodegradable (PLA and PHB) polymers on the quality of mayonnaise-based salad with meat during the storage time was different. Because of their weak barrier properties, biodegradable polymers are not convenient for thermal treatment and prolonged storage of salads.
9. The packaging technology, material and ambience, storage temperature, different amounts of *Purasal*, as well as various types of mayonnaise used for salad preparation influenced the physical and chemical properties of mayonnaise-based salad with meat during storage.
10. A mathematical model was developed for calculating the thermal treatment regime (D-values and Z-value) of *Sous vide* packed mayonnaise-based salad with meat at the temperature conditions from $+50.0$ to $+70.0$ °C. Calculated D- and Z-values for thermal treatment in a water bath (1) and in a convection air/steam oven (2) did not differ significantly ($p > 0.05$).
11. The hypothesis proposed in the thesis was correct because the mild thermal treatment regime at the temperature of $+65.0\pm0.5$ °C increased the shelf life of *Sous vide* packed mayonnaise-based salad with meat up to 52 days at the storage temperature of $+4.0\pm0.5$ °C without any changes in quality.