

Latvijas Lauksaimniecības universitāte
Latvia University of Life Sciences and Technologies

Pārtikas tehnoloģijas fakultāte
Faculty of Food Technology



Mg. sc. ing. Aija Ruzaiķe

**FLEKSIBLAJĀ IEPAKOJUMĀ TERMISKI
APSTRĀDĀTU KARTUPEĻU ĒDIENU KVALITĀTE
UZGLABĀŠANAS LAIKĀ**

***QUALITY OF POTATO MEALS IN FLEXIBLE
RETORTABLE PACKAGING DURING STORAGE***

Promocijas darba KOPSAVILKUMS

Dr. sc. ing. zinātniskā grāda iegūšanai

SUMMARY

of the Doctoral Dissertation for the scientific degree of Dr. sc. ing.

Jelgava
2018



Promocijas darba vadītāja / *Scientific supervisor:*

Prof., Dr.sc.ing. **Sandra Muižniece-Brasava**

Promocijas darba konsultanti / *Scientific advisor:*

Prof., Dr. habil. sc. ing. **Lija Dukālska**

Asoc. prof., Dr. med. vet. **Kaspars Kovalenko**

Oficiālie recenzenti / *Official reviewers:*

Prof. Dr. habil. sc. ing. Imants Atis Skrupskis (Valsts emerītētais zinātnieks, Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Pārtikas tehnoloģijas fakultāte, Uztura katedra / *State Emeritus Scientist; Latvia University of Life Sciences and Technologies, Faculty of Food Technology, Department of Nutrition*)

Asoc. prof. Dr. sc. ing. Māra Dūma (Latvijass Lauksaimniecības universitāte, Pārtikas tehnoloģijas fakultāte, ķīmijas katedra / *Latvia University of Life Sciences and Technologies, Faculty of Food Technology, Department of Chemistry*)

Dr. agr. Līga Lepse (Vadošā pētniece, Dārzkopības institūts / *Senior Expert, Institute of Horticulture*).

Promocijas darba izstrāde līdzfinansēta no Valsts Pētījumu Programmas „Lauksaimniecības resursi ilgtspējīgai kvalitatīvas un veselīgas pārtikas ražošanai Latvijā (AgroBioRes)” (2014.-2017.), projekts Nr. 4. „Vietējo lauksaimniecības resursu ilgtspējīga izmantošana kvalitatīvu un veselīgu pārtikas produktu izstrādei (PĀRTIKA)”.

The research leading to these results has received funding from the National Research Program (2014-2017) "Agricultural resources for sustainable production of qualitative and healthy food in Latvia (AgroBioRes)", 4th project "Sustainable use of local agricultural resources for the development of qualitative and healthy food products (FOOD)"

Promocijas darba aizstāvēšana notiks LLU Pārtikas zinātnes nozares promocijas padomes atklātajā sēdē 2018. gada 21. jūnijā plkst 12⁰⁰ Pārtikas tehnoloģijas fakultātes 216. auditorijā, Rīgas ielā 22, Jelgavā.

The defence of the dissertation in an open session of the Promotion Board of Food Science of Latvia University of Life Sciences and Technology will be held on June 21, 2018, at 12 p.m. in auditorium 216 at the Faculty of Food Technology, 22 Rīgas Street, Jelgava.

Ar promocijas darbu un kopsavilkumu var iepazīties LLU Fundamentālajā bibliotēkā, Lielā ielā 2, Jelgavā LV-3001, un internetā (pieejams: http://llufb.llu.lv/promoc_darbi_en.html). Atsauksmes sūtīt Pārtikas zinātnes nozares promocijas padomes sekretārei, LLU Pārtikas tehnoloģijas faultātes asoc. prof. Dr.sc.ing. **I. Beītānei** (Rīgas iela 22, Jelgava LV-3004, e-pasts: ilze.beitane@llu.lv)

*The dissertation is available at the Fundamental Library of the Latvia University of Life Sciences and Technology, 2 Liela Street, Jelgava LV-3001, and on the internet http://llufb.llu.lv/promoc_darbi_en.html. References should be sent to Dr. sc. ing. **I. Beītāne**, the Secretary of the Promotion Board of Food Science at the Faculty of Food Technology, Latvia University of Life Sciences and Technology, 22 Rīgas Street, Jelgava LV-3004, Latvia or e-mail: ilze.beitane@llu.lv.*

SATURS

PĒTĪJUMA AKTUALITĀTE	4
ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA	6
MATERIĀLI UN METODES	8
REZULTĀTI UN DISKUSIJA.....	15
1. Patērētāju aptauja	15
2. Kartupeļu ēdienu receptūras un uzturvērtība	16
3. Termiskās apstrādes pētījumi	18
4. Iepakojuma ietekme uz kartupeļu ēdienu kvalitāti uzglabāšanas laikā	20
5. Kartupeļu ēdienu sensorais novērtējums	28
SECINĀJUMI.....	29

CONTENT

TOPICALITY OF THE RESEARCH	30
APPROBATION OF THE RESEARCH.....	32
MATERIALS AND METHODS	32
RESULTS AND DISCUSSION	35
1. Consumer Survey	35
2. Recipes and nutritional value of potato meals	37
3. Thermal treatment research.....	37
4. Effect of packaging on the quality of potato meals during storage	38
5. Sensory assessment of potato meals.....	42
CONCLUSIONS.....	42

PĒTĪJUMA AKTUALITĀTE

Gatavos ēdienus var definēt kā iepriekš pagatavotus, atdzesētus vai sasaldētus ēdienus, kam nav nepieciešams pievienot papildus sastāvdaļas un pirms lietošanas vajadzīga minimāla sagatavošana (Mahon et al., 2006; Regueiro, Wenzl, 2015; Remnant, Adam, 2015). Pārtikas produktu tirdzniecībā un mazumtirdzniecībā, "ērta pārtika" ir ļoti plaša kategorija, kas aptver apstrādātus pārtikas produktus, kas ražoti masveida patēriņam (Jackson, Viehoff, 2016). Atdzesētu, rūpnieciski ražotu gatavo produktu un ātri pagatavojamo ēdienu nozare Latvijā ir salīdzinoši jauna un strauji augoša. Tas skaidrojams gan ar cilvēku pieaugošo aizņemtību, gan ar produkcijas sortimenta attīstību. Sakarā ar tirgotāju prasībām nodrošināt produkta derīguma termiņus nevis stundu, bet gan dienu vai pat nedēļu izteiksmē, ēdienu ražotājiem ir jāievieš jaunas tehnoloģijas un augsta līmeņa higiēnas standarti, tāpēc viens no svarīgākajiem pārtikas zinātnieku mērķiem ir padarīt pārtiku pēc iespējas nekaitīgāku, neskatoties, vai tā tiek patērtēta svaigā vai apstrādātā veidā (Prokopov, Tanchev, 2006).

Pēdējo gadu laikā, iepakojumā termiski apstrādāti ēdieni ar pagarinātu uzglabāšanas laiku ir ieguvuši ievērojamu popularitāti (Calderón et al., 2010; Stratakos et al., 2015). Tā ir nozīmīga un augoša pārtikas tirgus daļa daudzās Rietumu valstīs. Galvenais iemesls ātri pagatavojamu ēdienu izvēlē ir ērtā lietošana un zemās izmaksas salīdzinot ar gatavošanu mājas apstākļos (Remnant, Adam, 2015). Patērētāji kļūst aizvien prasīgāki izvēloties jau pagatavotus ēdienus ar teicamām organoleptiskām un veselību veicinošām īpašībām (Rivera et al., 2015; Moronta et al., 2016).

Termiska apstrāde ir plaši izmantota pārtikas produktu konservēšanas metode (īpaši produktiem ar zemu vides skābumu, $\text{pH} > 4,5$), un mūsdienās tā ieņem vienu no vadošajām lomām pārtikas industrijā (Chen, Ramaswamy, 2004; Farid et al., 2004; Awuah et al., 2007; Miri et al., 2008; Byun et al., 2010; Daelman et al., 2013; Tola, Ramaswamy, 2014; Durand et al., 2015; Li, Farid, 2016). Konservēta pārtika ir komerciāli sterila pārtika hermētiski noslēgtā tarā. Ēdienu konservēšanas process ir atkarīgs no termiskās apstrādes intensitātes, lai inaktivētu mikroorganismus un nodrošinātu produkta nekaitīgumu. Termiskai apstrādei iepakojumā var izmantot dažādus iepakojuma materiālus un to formas, tās var būt stikla burkas, polimēra materiālu trauki, kombinētas daudzslāņu polimēra materiālu fleksiblās pakas (Barbosa-Cánovas et al., 2014). Salīdzinājumā ar stikla burkām un metāla kārbām, fleksiblās pakas nodrošina straujāku siltuma pārnesi uz produktu, līdz ar to, samazinot energoresursu patēriņu tehnoloģiskā procesa laikā (Awuah et al., 2007). Iepakojumā termiski apstrādāti ēdieni ar garu realizācijas laiku ir nozīmīga uztura sastāvdaļa lielākajā daļā attīstīto valstu iedzīvotāju un pamata pārtika brūņotajiem spēkiem lauku apstākļos visā pasaulē.

Latvijā līdz šim nav pētīta fleksiblā iepakojuma piemērotība iepakojumā termiski apstrādātiem kartupeļu ēdieniem, ieskaitot termiskās apstrādes parametru un iepakojuma materiālu nozīmi uz produkta kvalitāti raksturojošo

fizikālo un ķīmisko īpašību izmaiņām (krāsa, struktūra, mitruma saturs u.c.) uzglabāšanas laikā, istabas temperatūrā.

Pētījuma hipotēze: kartupeļu ēdienu optimāls termiskās apstrādes režīms fleksiblajā iepakojumā pagarina realizācijas termiņu, saglabājot produktu kvalitāti un nekaitīgumu.

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

1. Latvijas patēriņtāji labprāt iegādātos iepakojumā termiski apstrādātus kartupeļu ēdienus;
2. kartupeļu ēdienu uzturvērtība ievērojami uzlabojas, pievienojot kartupeļiem amarantu, kvinoju, bulguru un vistas fileju;
3. izstrādājot matemātisko modeli var aprēķināt optimālos termiskās apstrādes parametrus;
4. kartupeļu ēdienu kvalitāti uzglabāšanas laikā ietekmē iepakojuma materiāla īpašības.

Promocijas darba objekts: fleksiblajā iepakojumā termiski apstrādāti kartupeļu ēdieni.

Promocijas darba mērķis: izstrādāt kartupeļu ēdienu optimālu termiskās apstrādes režīmu fleksiblajā iepakojumā un izvērtēt kvalitātes izmaiņas uzglabāšanas laikā.

Promocijas darba mērķa sasniegšanai izvirzīti šādi **uzdevumi**:

1. noskaidrot patēriņtāju viedokli par fleksiblajā iepakojumā termiski apstrādātiem ēdieniem un to ieviešanu Latvijas tirgū.
2. izstrādāt kartupeļu ēdienu receptūras un noteikt uzturvērtību.
3. pamatot termiskās apstrādes režīma izvēli, izstrādājot matemātisko modeli.
4. izvērtēt fleksiblajā iepakojumā termiski apstrādātu kartupeļu ēdienu kvalitāti uzglabāšanas laikā un noteikt derīguma termiņu.
5. veikt sensoro novērtējumu kartupeļu ēdieniem.

Promocijas darba novitāte un zinātniskais nozīmīgums:

1. pirmo reizi Latvijā pētīta daudzslāņu fleksiblā iepakojuma piemērotība termiski apstrādātu kartupeļu ēdienu ražošanai un ilgstošai uzglabāšanai istabas temperatūrā $20\pm2^{\circ}\text{C}$;
2. izveidots matemātiskais modelis kartupeļu ēdienu termiskās apstrādes režīma noteikšanai;
3. pētījumā iegūtie rezultāti pirmo reizi tiks izmantoti Latvijas Nacionālo bruņoto spēku pārtikas krājumu ražošanai ar pagarinātu realizācijas termiņu.

Promocijas darba tautsaimnieciskā nozīmība: ieviešot kartupeļu ēdienu ražošanas tehnoloģiju fleksiblajā iepakojumā ar 24 mēnešu realizācijas termiņu, uzglabāšanas laikā neizmantojot aukstuma iekārtas, ir iespējams ne vien palielināt izstrādāto produktu klāstu Latvijas Nacionālo bruņoto spēku vajadzībām, bet arī paplašināt Latvijas izejvielu – kartupeļu, ar paaugstinātu pievienoto vērtību, eksporta iespējas.

ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA

Pētījuma rezultāti apkopoti un publicēti 10 recenzējamos zinātniskos izdevumos. No tām 4 publikācijas starptautiski citējamās datubāzēs SCOPUS un Web of Science

Zinātniskie raksti / scientific publications

1. **Ruzaike A.**, Muizniece-Brasava S., Kruma Z., Kovalenko K. (2017) Nutritional value determination of thermally processed potato main course in retort packaging. In: Proceeding of the 8th International Scientific Conference Rural Development 2017, p. 92 – 97.
2. **Ruzaike A.**, Muizniece-Brasava S., Kovalenko K. (2017) Expiration date determination of thermally processed potato main course in retort packaging. In: Proceeding of the Conference FoodBalt 2017, Latvia, Jelgava, p. 144 – 149.
3. **Ruzaike A.**, Muizniece-Brasava S., Kovalenko K. (2016) Microbiological safety of functional ready to eat potato meals during the storage, In: Proceedings of the Conference Agriculture & Food, Bulgaria, Elenite, Vol. 4, p. 85 – 92.
4. Muizniece-Brasava S., **Ruzaike A.**, Gramatina I. (2016) Development of ready to eat meals with high nutritional value, In: Proceedings of the Conference Agriculture & Food, Bulgaria, Elenite, Vol. 4, p. 1 – 7.
5. **Ruzaike A.**, Muizniece-Brasava S., Kovalenko K., Aboltins A. (2016) Development of mathematical model for calculation of thermal treatment regimes of potato products packed in soft retortable pouches, In: Proceedings of the Conference Engineering for Rural Development, Latvia, Jelgava, p. 675 – 680.
6. Muizniece-Brasava S., **Ruzaike A.** (2015) Effect of packaging materials and technologies on the potato products quality at the shelf life, In: Proceedings of the Conference Agriculture and Food, Bulgaria, Elenite, Vol. 3, p. 103 – 111.
7. **Ruzaike A.**, Muizniece-Brasava S. (2015) Packaging material importance and influence on food choices from Latvian consumer point of view. In: Proceedings of the Conference Agriculture & Food, Bulgaria, Elenite, Vol 3, p. 91 – 102.
8. **Ruzaike A.**, Kovalenko K., Muizniece-Brasava S. (2015) Facultative thermophilic microorganisms in potato products in retort packaging.

- In: Proceedings of the Conference FoodBalt 2015, Lithuania, Kaunas, Vol. 66 No.1, p. 19 – 23.
9. **Ruzaike A.**, Muizniece-Brasava S., Janmere L. (2014) Consumer attitudes towards the introduction of ready-to-eat meals, in the Latvian market. In: Proceedings of the Conference Research for Rual Development 2014. Latvia, Jelgava, p. 124 – 129.
10. **Ruzaike A.**, Muizniece-Brasava S., Dukalska L. (2014) Packaging material and storage-induced quality changes in flexible retort pouch potatoes' produce. In: Proceedings of the Conference FoodBalt 2014. Latvia, Jelgava, p. 217– 222.

Par rezultātiem ziņots 13 starptautiskās zinatniskās konferencēs un kongresos Latvijā, Lietuvā, Turcijā, Bulgārijā, no kurām trīs izstādes: starptautiskā EAIE 2013 konference – izstāde Turcijā, un starptautiskajās pārtikas izstādēs "Riga Food 2013", "Riga Food 2014".

Prezentācijas / presentations

1. **Ruzaike A.**, Muizniece-Brasava S., Kruma Z., Kovalenko K. (2017) Nutritional value determination of thermally processed potato main course in retort packaging. 8th International Scientific Conference Rural development 2017, November 23 – 24, Lithuania, Kaunas (stenda referāts / poster presentation).
2. **Ruzaike A.**, Muizniece-Brasava S., Kovalenko K. (2017) Shelf life determination of thermally processed potato main course in retort packaging. 11th Baltic Conference on Food Science and Technology "FOODBALT 2017", April 27 – 28, Latvia, Jelgava (stenda referāts / poster presentation).
3. **Ruzaike A.**, Muizniece-Brasava S., Kovalenko K. (2016) Microbiological safety of functional ready to eat meals during the storage. The 4rd International Conference "Agriculture and Food", June 20 – 24, Bulgaria, Elenite (stenda referāts / poster presentation).
4. Muizniece-Brasava S., **Ruzaike A.**, Gramatina I. (2016) Development of ready to eat meals with high nutritional value. The 4rd International Conference "Agriculture and Food", June 20 – 24, Bulgaria, Elenite (stenda referāts / poster presentation).
5. Muizniece-Brasava S., **Ruzaike A.** (2015) Effect of packaging materials and technologies on the potato products quality at the shelf life. The 3rd International Conference "Agriculture and Food", June 01 – 05, Bulgaria, Elenite (stenda referāts / poster presentation).
6. **Ruzaike A.**, Muizniece-Brasava S. (2015) Packaging material importance and influence on food choices from Latvian consumer point of view. The 3rd International Conference "Agriculture and Food", June 01 – 05, Bulgaria, Elenite (stenda referāts / poster presentation).
7. **Ruzaike A.**, Kovalenko K., Muizniece-Brasava S. (2015) Facultative thermophilic microorganisms in potato products in retort packaging.

- 10th Baltic Conference on Food Science and Technology (FoodBalt – 2015) “Future Food: Innovations, Science and Technology”, May 21 – 22, Lithuania, Kaunas (stenda referāts / poster presentation).
8. **Ruzaike A.**, Muizniece-Brasava S. (2014) Effect of technological processes on the potato product microbiological safety during storage. Conference „Research and Practice in Veterinary Medicine - 2014., Animals. Health. Food Hygiene., November 27 – 28, Latvia, Jelgava (stenda referāts / poster presentation).
9. **Ruzaike A.**, Muizniece-Brasava S. (2014) Development of innovative potato products at LLU PTF in cooperation with Nissi Ltd. 19th International Food Fair *Riga Food 2014*. September 4-7, Riga, Latvia (stenda referāts / poster presentation).
10. **Ruzaike A.**, Muizniece-Brasava S., Janmere L. (2014) Consumer attitudes towards the introduction of ready-to-eat meals, in the Latvian market. 20th Annual International Scientific Conference „Research for Rural Development 2014”, May 21– 23, Latvia, Jelgava (mutiskais referāts / oral presentation).
11. **Ruzaike A.**, Muizniece-Brasava S., Dukalska L. (2014) Packaging material and storage-induced quality changes in flexible retort pouch potatoes' produce. 9th Baltic Conference on Food Science and Technology „Food for Consumer Well-Being”, May 8 – 9, Latvia, Jelgava (mutiskais referāts / oral presentation).
12. **Ruzaike A.** (2013) Innovative potato products. International EAIE 2013 conference – exhibition, September 09 – 13, Turkey, Istanbul (stenda referāts / poster presentation).
13. **Ruzaike A.**, Muizniece-Brasava S. (2013) Ready-to-eat potato products in flexible packaging. 18th International Food Fair *Riga Food 2013*. September 4-7, Riga, Latvia (mutiskais referāts / oral presentation).

MATERIĀLI UN METODES

Pētījuma laiks un vieta

Pētījumi veikti laika posmā no 2013. līdz 2018. gadam:

- SIA “Paplāte Nr.1” ražošanas telpās;
- Latvijas Lauksaimniecības universitātes, Pārtikas tehnoloģijas fakultātes, Veterinārmedicīnas fakultātes laboratorijās un Molekulārās bioloģijas un mikrobioloģijas zinātniskajā laboratorijā;
- Pārtikas drošības, dzīvnieku veselības un vides zinātniskajā institūtā „BIOR”;
- Latvijas Universitātes, Bioloģijas institūtā.

Pētīto produktu un iepakojuma raksturojums

Pētījuma objekts – fleksiblajā iepakojumā termiski apstrādāti kartupeļu ēdieni.

Kartupeļu ēdienu sagatavošanai izmantotās izejvielas:

- kartupeļi – šķirne ‘Soraya’, audzētājs z/s Baldones lauki;
- amarants (*Amaranthus L.*) – audzētājs SIA “AMARANTH LV”;
- baltā kvinoja (*Chenopodium quinoa* Willd.) – audzēta ārpus Eiropas Savienības (ES), iepakotājs un izplatītājs SIA “GEMOSS”;
- bulgurs (*Triticum durum* Desf.) – ražots Francijā, izplatītājs SIA “GEMOSS”;
- vistas fileja – ražotājs SIA “Lielzeltiņi”;
- rupjais galda sāls “Druska” – ražotājs GP Artjemsolj, izplatītājs SIA “BCG Riga”;
- garšvielas “Anniņa Vistai” garšvielu maisījums, sastāvs: sarkanā paprika, ķimenes, cukurs, selerija, ķiploki, koriandrs, majorāns, lupstājs, dilles, čilli pipari, rozmarīns, sīpoli, sinepes sēklas, pupu mētra – ražotājs SIA “K&K”.

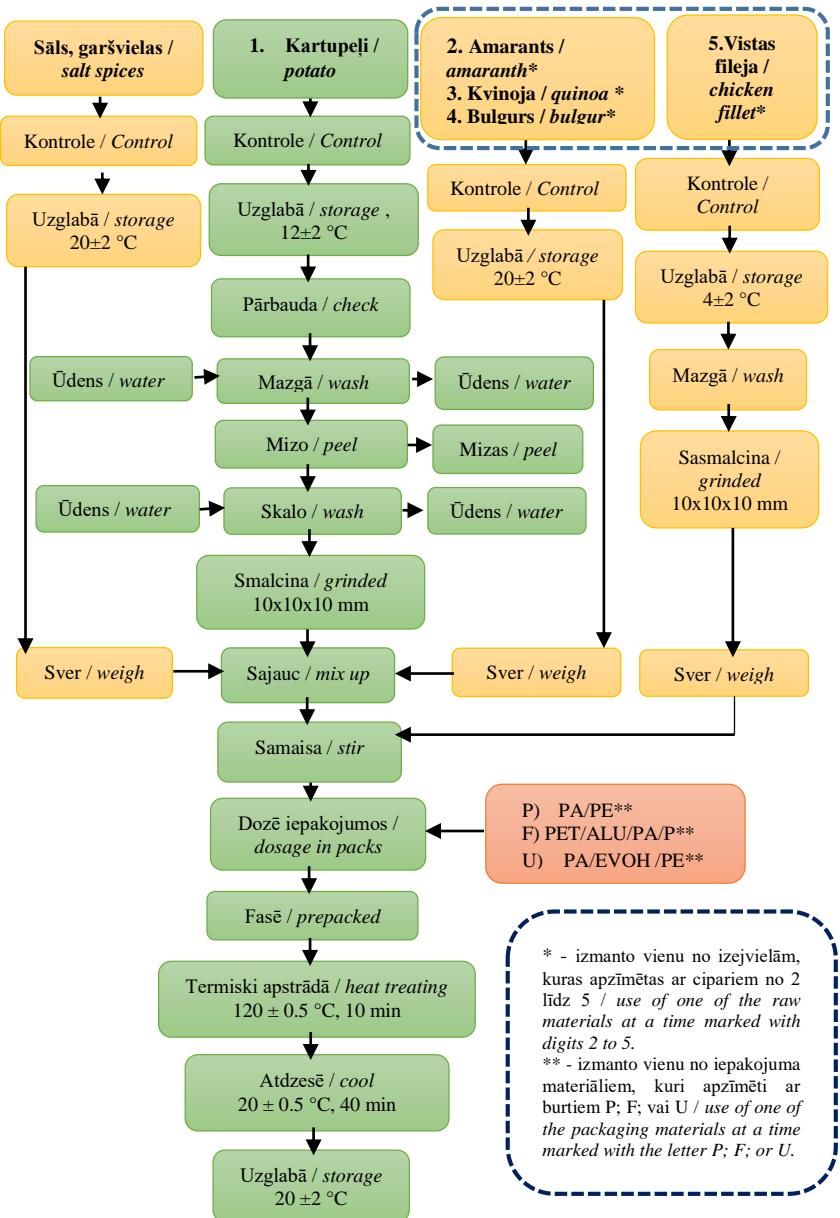
Eksperimentos izmantoto paraugu un to sastāvdaļu atšifrējums norādīts 1. tabulā.

1. tabula / *Table 1*

**Eksperimentos izmantoto kartupeļu ēdienu atšifrējums un sastāvdaļas /
Sample codes and ingredients of potato meals used in experiments**

Iepakojuma materiāls / <i>Packaging material</i>			Sastāvdaļas / <i>Components, %</i>						
PA/PE	PET/ALU/PA/PP	PA/EVOH/PE	Kartupeļi / <i>Potato</i>	Amarants / <i>Amaranth</i>	Kvinoja / <i>Quinoa</i>	Bulgurs / <i>Bulgur</i>	Vistas fileja / <i>Poultry fillet</i>	Sāls / <i>Salt</i>	Garšvielas / <i>Spices</i>
Paraugu apzīmējumi / <i>Abbreviation</i>									
P1	F1	U1	99.0	--	--	--	--	0.5	0.5
P2	F2	--	66.0	33.0	--	--	--	0.5	0.5
P3	F3	--	66.0	--	33.0	--	--	0.5	0.5
P4	F4	--	66.0	--	--	33.0	--	0.5	0.5
P5	F5	--	49.5	--	--	--	49.5	0.5	0.5

Eksperimentos izmantoto kartupeļu ēdienu ražošanas procesa vispārīgā shēma atspoguļota 1. attēlā



1. att. Kartupeļu ēdienu ražošanas procesa principiālā tehnoloģiskā shēma /

Fig. 1. Principal technological scheme of potato meal production process

* - izmanto vienu no izejvielām, kuras apzīmētas ar cipariem no 2 līdz 5 / *use of one of the raw materials at a time marked with digits 2 to 5.*

** - izmanto vienu no iepakojuma materiāliem, kuri apzīmēti ar burtiem P; F; vai U / *use of one of the packaging materials at a time marked with the letter P; F; or U.*

Pētījumā izmatoti trīs dažādi iepakojuma materiāli:

- divu slāņu caurspīdīgi laminēti poliamīda/polietilēna (PA/PE) iepakojuma maisiņi, to biezums 80 µm, izmērs 200x250 mm, izplatītājs SIA "PTC" (Latvija);
- četru slāņu necaurspīdīgi laminēti iepakojuma maisiņi polietilēnereftalāts/alumīnijs/poliamīds/polipropilēns (PET/ALU/PA/PP), to biezums 110 µm, izmērs 200x250 mm. Izplatītājs SIA "Nordvak" (Latvija);
- trīs slāņu caurspīdīgi laminēti poliamīds/etilēnvinilspirts/polietilēns (PA/EVOH/PE) iepakojuma maisiņi ar UV barjeru, to biezums 80 µm, izmērs 200x250 mm, izplatītājs SIA "Multivac" (Latvija).

Produktu iepakošana vakuumā realizēta vienas kameras vakuumu iepakošanas iekārtā *Multivac C350* (Vācija). Hermetizācijas režīmi – vakuums 20 mbar, aizkausēšanas laiks PA/PE iepakojumam ir 3,8 sekundes, PET/ALU/PA/PP iepakojumam 5,0 sekundes, PA/EVOH/PE iepakojumam 3,5 sekundes. Termiskā apstrāde realizēta pilotautoklāvā *HST 50/100, ZIRBUS Technology GmbH* (Vācija). Viena iepakojuma svars 300 ± 5 grami. Paraugi uzglabāti istabas temperatūrā 20 ± 2 °C 24 mēnešus.

Pētījuma struktūra

Pētījumā izstrādāti četri dažādi kartupeļu ēdienu – kartupeļi ar amarantu, kartupeļi ar kvinoju, kartupeļi ar bulguru, kartupeļi ar vistas fileju, un kartupeļi (bez pievienotām sastāvdalām), kuri fasēti dažādos iepakojuma materiālos – divu slāņu caurspīdīgos laminēta PA/PE iepakojuma maisiņos, četru slāņu necaurspīdīgos laminēta materiāla maisiņos PET/ALU/PA/PP. Eksperimentos, lai savstarpēji salīdzinātu kartupeļu ēdienu izmaiņas uzglabāšanas laikā pēc termiskas apstrādes, kā kontrole izmantoti kartupeļi. Kartupeļi papildus iefasēti trīs slāņu PA/EVOH/PE iepakojuma maisiņos ar UV barjeru, lai pētītu iepakojuma UV barjerīpašību efektivitāti uz produktu kvalitāti. Pētījuma izstrādes laikā kopumā sagatavoti 528 produktu paraugi

Metodes izstrādāto produktu kvalitātes raksturošanai

Patēriņtāju aptauja

Pētījuma ietvaros organizētas divas dažādas patēriņtāju aptaujas. Vienā no tām noskaidrota respondentu attieksme par gatavo ēdienu integrēšanu Latvijas tirgū, savukārt otrs aptaujas ietvaros noskaidrots respondentu viedoklis un zināšanas par iepakojuma nozīmi pārtikas produktu aprites ciklā.

Gatavo ēdienu ieviešana Latvijas tirgū. Aptauja veikta 2014. gadā. Pētījumā analizēti Latvijas iedzīvotāju iepirkšanās un gatavošanas paradumi, kā arī analizēta patēriņtāju interese par gatavu ēdienu ieviešanu Latvijas tirgū. Kopumā aptaujāti 800 respondenti no tiem 28% vīrieši un 72% sievietes, elektroniski atbildot uz 14 jautājumiem.

Iepakojuma materiālu nozīmīgums. Aptauja veikta 2015. gadā. Pētījumā analizēts Latvijas iedzīvotāju viedoklis un zināšanu līmenis par iepakojuma

materiālu nozīmi pārtikas produktu ražošanas un uzglabāšanas procesā. Kopumā aptaujāti 600 respondenti, no tiem 76% sievietes un 24% vīrieši, elektroniski atbildot uz 13 jautājumiem.

Uzturvērtības noteikšanas metodes

Kartupeļu ēdienu uzturvērtība noteikta pētījuma uzsākšanas brīdī, pēc termiskas apstrādes un pēc 24 uzglabāšanas mēnešiem 20 ± 2 °C temperatūrā. Kartupeļu ēdienu enerģētiskā vērtība aprēķināta pēc iegūtajiem eksperimentālajiem rezultātiem. Uzturvērtības noteikšanas metodes apkopotas 2. un 3. tabulā.

2. tabula / *Table 2*

Uzturvielu noteikšanas metodes un standarts / Methods and standard for determination of nutrient

N.p.k. / No	Uzturvielas / Nutrients	Metodes un standarts / Methods and standard
1.	Oglīdrāti / Carbohydrates	Aprēķins pēc analīzēm / Calculated by difference
2.	Olbaltumvielas / Protein	LVS EN 12135:2001
3.	Tauki / Fat	GOST 8756.21-89 p.2
4.	Šķiedrvielas / Dietary fibre	ISO 5498:1981

3. tabula / *Table 3*

Makro un mikroelementu noteikšanas metodes un standarts / Methods and standard for determination of macro and micro-nutrients

N.p.k. / No	Uzturvielas / Nutrients	Metodes / Methods
Makroelementi / Macronutrients		
1.	Slāpeklis / Nitrogen	Kolorimetriski ar "Neslera" reaģentu sārmainā vidē / <i>Colorimetric with Nessler's reagent in alkaline conditions</i>
2.	Fosfors / Phosphorus	Kolorimetriski ar amonija molibdātu / <i>Colorimetric with ammonium molybdate</i>
3.	Kālijs / Potassium	Ar liesmas fotometru (Jenway PFP7) / <i>Flame photometry (Jenway PFP7)</i>
	Kalcījs / Calcium	Ar atomabsorbcijas spektrofotometru Perkin Elmer Analyst 700 / <i>Atomic absorption spectroscopy (Perkin Elmer Analyst 700)</i>
4.	Magnijs / Magnesium	Turbidimetriski ar BaCl_2 / <i>Turbidimetry with BaCl_2</i>
Mikroelementi / Micronutrients		
6.	Dzelzs / Iron	Ar atomabsorbcijas spektrofotometru Perkin Elmer Analyst 700 / <i>Atomic absorption spectroscopy (Perkin Elmer Analyst 700)</i>
7.	Mangāns / Manganese	
8.	Cinks / Zinc	

3. tabulas turpinājums / Table 3 continue

N.p.k. / No	Uzturvielas / Nutrients	Metodes / Methods
Makroelementi / Macronutrients		
9.	Varš / Copper	Ar atomabsorbcijas spektrofotometru Perkin Elmer Analyst 700 / <i>Atomic absorption spectroscopy (Perkin Elmer Analyst 700)</i>
10.	Molibdēns / <i>Molybdenum</i>	Kolorimetriski ar rodanīdu skābā reducētā vidē / <i>Colorimetric determination of molybdenum by the reaction with thiocyanate</i>
11.	Bors / Bor	Kolorimetriski ar hinalizarīnu sērskābā vidē / <i>Colorimetric with quinalizarin in acid conditions</i>

D-vērtību un Z-vērtību noteikšana

Lai noteiktu optimālo produkta termiskās apstrādes intensitāti (laiku un temperatūru), izstrādāts matemātiskais modelis un aprēķinātas D-vērtības un Z-vērtība četros dažados temperatūras režīmos: +(80; 100; 110; 120)±0,5 °C, produktus izturot 5, 10, 15 un 20 minūtes.

Mikroorganismu skaita izmaiņas noteiktā laikā (τ) konkrētā temperatūrā (t) raksturo 1. vienādojums:

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

D-vērtību izsaka kā laiku minūtēs (τ), lai samazinātu mikroorganismu skaitu no $\lg N_0$ līdz $\lg N_t$, tad no ātruma konstantes k izteiksmes var izteikt D-vērtību kā 2. vienādojums:

$$k = \frac{1}{\tau} \text{ vai } D = \tau = \frac{1}{k} \quad (2)$$

Z-vērtība tiek definēta, kā temperatūras starpība (°C), kas nepieciešama, lai sasniegtu analogu D-vērtību izmainot temperatūru. Ja Z-vērtību izsaka kā temperatūru starpību Δt °C, kas nepieciešama, lai D-vērtību samazinātu par vienu kārtu, izmainot to no $\lg D_1$ līdz $\lg D_2$, tad ātruma konstanti k izsaka ar 3.vienādojumu:

$$Z = \Delta t = \frac{1}{k} \quad (3)$$

Kvalitātes rādītāju noteikšanas metodes

Kartupelu ēdienu ražošanas dienā un uzglabāšanas laikā noteikti mikrobioloģiskie rādītāji un testēti fizikāli ķīmiskie rādītāji. Mikrobioloģisko rādītāju testēšanas metodes norādītas 4. tabulā, savukārt kvalitāti raksturojošo, fizikāli ķīmisko īpašību eksperimentālās metodes norādītas 5. tabulā.

4. tabula / Table 4

**Mikrobioloģisko rādītāju noteikšanas metodes /
Methods for determination of microbiological parameters**

N.p.k. / No	Mikrobioloģiskais rādītājs / Microbiological indicator	Standarts / Standard
1.	Sūlfitreducējošās <i>Clostridium</i> spp. / <i>Sulphite-reducing Clostridium</i> spp.	ISO 15213:2003
2.	<i>Bacillus cereus</i>	ISO 21871:2006
3.	Mezofili aerobo un fakultaīvi anaerobo mikroorganismu skaits (MAFAM) / <i>Total plate count of aerobic and facultative anaerobic mesophilic bacteria (TPC)</i>	LVS NE ISO 4833-1:2013

5. tabula / Table 5

**Kvalitātes rādītāju noteikšanas metodes un standarts /
Method and standard for determination of quality parameters**

N.p.k. / No	Rādītāji / Parameters	Metode un standarts / Methods and standard	Iekārta / Equipment
1.	Krāsa / <i>Colour</i>	CIE L*a*b* krāsu sistēma / <i>CIE L*a*b* colour system</i>	Kolorimetrs <i>Color Tec PCM/PSM / ColorimeterColor Tec PCM/PSM device</i>
2.	Struktūra / <i>Structure</i>	<i>Texture exponent 32</i> programmas metode / <i>method of Texture exponent 32 program</i>	Struktūras analizatots TA.XT. Plus / <i>TA.XT. Plus Texture analyser</i>
3.	Mitruma saturs / <i>Moisture content,</i> %	ISO 24557:2009	Mitruma svari „XM 120 Precisa” / <i>Moisture balance „XM 120 Precisa”</i>
4.	Ūdens aktivitāte / <i>Water activity</i> (a_w)	ISO 21807:2004	<i>AquaLab LITE (Decgon Devices Inc.)</i> precīzitāte $\pm 0.015 a_w$ / <i>AquaLab LITE (Decgon Devices Inc.) precision $\pm 0.015 a_w$</i>
5.	pH	ISO 1842:1991	pH metrs / <i>pH Meter JENWAY 3510</i>

Sensorā novērtēšana

Izmantojot Emocionālo metožu piecu punktu Hēdonisko skalu pēc ISO 4121:2003 kartupeļu ēdienu noteikta sensoro īpašību patikšanas pakāpe. Patikšanas pakāpes noteikšanai izmantota piecu punktu skala, kur punkti sakārtoti no „loti patīk” (5) līdz „loti nepatīk” (1) un centrālo punktu „ne patīk, ne nepatīk” (3). Kartupeļu ēdienu vērtēšanā piedalījās 22 daļēji apmācīti vērtētāji.

Datu matemātiskā apstrāde

Iegūtie rezultāti apstrādāti izmantojot *SPSS* programmas *SPSS 16* paketi un *Microsoft Excel* programmu. Pētījumā iegūtiem rezultātiem aprēķināta vidējā aritmētiskā vērtība un standartnovirze. Izmantojot *Excel* iegūtie rezultāti

analizēti ar ANOVA vienfaktora un divfaktora dispersijas analīzes statistisko metodi. Rezultātu atšķirības tika uzskaitītas par nozīmīgām, ja p -vērtība $<0,05$. Lai interpretētu rezultātus, tika pieņemts, ka $\alpha=0,05$ ar 95% ticamību. Noteikta pāru korelācija starp divām pazīmēm izmantojot korelācijas un regresijas analīzi, un izpētīts sakarību ciešums. Lineārās sakarības ciešuma pakāpes mēru apzīmē ar r . Ciešaka ir tā sakarība, kurai korelācijas koeficients pēc moduļa ir lielāks. Ja korelācijas koeficients ir $0,7 < |r| < 0,9$, tad starp pētāmajām pazīmēm ir cieša lineāra sakarība, ja koeficients ir $0,5 < |r| < 0,69$ tad vidēja lineāra sakarība, ja $0,2 < |r| < 0,49$ – vāja un nenozīmīga sakarība, savukārt $|r| > 1$, kļūda aprēķinos¹

Sensora vērtējuma iegūtie rezultāti analizēti ar statistisko metodi ANOVA divfaktora dispersijas analīzi bez atkārtojumiem.

REZULTĀTI UN DISKUSIJA

Lai iegūtu augstas kvalitātes, mikrobioloģiski drošu un sensori akceptējamu, jaunu produktu, ar potenciālu Latvijas un ārvalstu tirgū, izstrādes procesā būtiska loma ir produktu sastāvam, iepakojuma materiālam un tehnoloģiskam risinājumam. Jauna produkta izstrādes laikā apzināts patēriņu viedoklis attiecībā uz gatavu ēdienu ieviešanu Latvijas tirgū, un iepakojuma materiāla nozīmi produkta dzīivotspējai tirgū. Izstrādātas kartupeļu ēdienu receptūras un noteikta uzturvērtība. Izstrādāts matemātiskais modelis, termiskās apstrādes režīma pamatošanai. Izvērtēti kartupeļu ēdienu kvalitāti noteicošie fizikāl kīmiskie rādītāji (krāsa, struktūra, mitruma saturs, ūdens aktīviāte (a_w), pH,) un mikrobioloģiskie rādītāji (MAFAM, *Clostridium* spp., *Bacillus cereus*) uzglabāšanas laikā. Organizēta kartupeļu ēdienu sensorā vērtēšana pēc piecu punktu Hēdoniskā skalas.

1. Patēriņu aptauja

Mūsdienās Eiropā ir vērojama tendence, ka patēriņaji aizvien vairāk izvēlas ērti pagatavojamus pārtikas produktus (Olsen et al., 2012). Šādi pārtikas produkti ir labs maltīšu risinājums jebkurai patēriņu grupai Latvijā, ļaujot samazināt neveselīgas pārtikas ikdienas patēriņu, kas mūsdienās kļūst aizvien populārāks. Lai uzsāktu jaunu produktu izstrādi, nepieciešams novērtēt potenciālo patēriņu interesi un attieksmi pret konkrēto produkta veidu.

Gatavo ēdienu ieviešana Latvijas tirgū

Uzsākot pētījumus noskaidrota patēriņu attieksme par gatavo ēdienu ieviešanu Latvijas tirgū un ēdienu gatavošanas paradumiem. Iegūtie rezultāti norāda uz to, ka respondenti izvēloties pārtikas produktus, lielu uzmanību

¹ Vienkāršā lineārā regresija un korelācija [Elektroniskais resurss] Skatīts 12.02.2018. Pieejams: <https://goo.gl/66EKcm>

pievērš tādiem faktoriem, kā produktu kvalitāte, sastāvs un cena, mazāk svarīgs ir iepakojums un ražotājs, tādēļ jaunu produktu veidu pieprasījums Latvijas tirgū ir atkarīgs no patēriņtāju iepirkšanās paradumiem un produktu kvalitāti raksturojošiem parametriem. Analizējot rezultātus par gatavo ēdienu prognozējamo pieprasījumu Latvijas tirgū un iespējamo noietu, var secināt, ka šādu produktu izstrāde un ieviešana ir aktuāla, jo 67% no aptaujā iesaistītajiem respondentiem pauða vēlmi iegādāties jau sagatavotus ēdienus, kas atvieglo tu ikdienas ēdienu gatavošanu un tam veltīto laiku. Izsakot savu viedokli par ēdienu veidiem, vērojama tendence, ka Latvijas iedzīvotājiem iecienītāks ir ēdiens, kura sastāvā ir vistas gaļa, šajā gadījumā piedāvātie ēdieni ar vistas fileju, jo procentuāli augstāko novērtējumu ieguva ēdiens kura sastāvā ir vistas fileja un dārzeni (77,1%), tam seko vistas fileja ar rīsiem (73,9%) un vistas fileja ar kartupeļiem, (67,4%). Vērtējot Latvijas iedzīvotājus, mērķauditorija ātri un ērti pagatavojamiem ēdieniem, ir respondenti vecumā no 19 – 35 gadiem ar aktīvu ikdienas dzīves ritmu, kuri strādā, studē, kā arī izvēlas savu brīvo laiku veltīt cita veida aktivitātēm.

Iepakojuma materiālu nozīme patēriņtāju skatījumā

Iepakojumam ir nozīmīga loma produktu kvalitātes saglabāšanā. Kā arī iepakojums ir viens no pirmajiem faktoriem, kas ietekmē patēriņtāju pārtikas izvēli, piesaistot uzmanību un nodrošinot saprotamu sākotnējo komunikāciju. Lai noskaidrotu patēriņtāju zināšanas un viedokli attiecībā uz iepakojumu, veikta aptauja. Respondentiem jautājot par iepakojuma nozīmīgumu izvēloties pārtikas produktus, 30,2% respondenti atbild, ka iepakojuma materiālam un veidam uzmanību pievērš bieži, 7,3% vienmēr, turklāt tikai 4,2% respondentu, iepakojuma materiāls nav nozīmīgs. Analizējot padziļināti iepakojuma lomu, patēriņtāju skatījumā, attiecībā uz produktu, noskaidrots, ka 42,1% respondetu dažreiz pievērš uzmanību iepakojuma dizainam, turklāt 38,5% gandrīz vienmēr pievērš uzmanību iepakojuma izmēram un atbilstību produkta veidam. Savukārt iepakojuma funkciju gandrīz vienmēr izvērtē tikai 30,9%. Kā arī tādas saprotamas iepakojuma funkcijas kā vieglu atvēršanu un ērtu novietošanu gandrīz vienmēr izvērtē 34,7% respondentu. Lielākā daļa respondentu (70%) apstiprināja, ka noteikti pievērstu pastiprinātu uzmanību produkta iepakojuma veidam, ja būtu plašāk informēti par tā nozīmi.

2. Kartupeļu ēdienu receptūras un uzturvērtība

Izvērtējot tādus kvalitātes rādītājus, kā nomizojums, mīkstuma krāsa un konsistence pēc termiskas apstrādes, par pētījumam piemērotu kartupeļu šķirni noteikta ‘Soraya’. Lai paaugstinātu kartupeļu uzturvērtību tiem pievienoti pseidograudaugi – amarants, kvinoja, cieto kviešu produkts – bulgars un vistas fileja. Šādas izejvielas izvēlētas pamatojoties uz to uzturvērtību un funkcionālo vērtību, kā arī vadoties pēc patēriņtāju aptaujā iegūtiem rezultātiem.

Kopumā pētījumā izstrādāti četri dažādi kartupeļu ēdieni (ar amarantu, kvinoju, bulguru un vistas fileju) un kartupeļi bez pievienotām sastāvdalīām, kas iepakoti trīs dažādos iepakojuma materiālos, PA/PE, PA/EVOH/PE un PET/ALU/PA/PP iepakojumā.

Uzturvērtība

Kartupeļu ēdieniem noteikta enerģētiskā vērtība, oglhidrātu, olbaltumvielu, lipīdu, šķiedrvielu saturs (6. tabula), kā arī noteikta bioloģiskā vērtība, mikro un makro elementu saturs.

6. tabula / Table 6

**Kartupeļu ēdienu enerģētiskā vērtība /
Energy value of potato meals**

Kartupeļu ēdieni / Potato meals	Uzturvielas / Nutrients, g 100 g⁻¹				Enerģētiskā vērtība / Energy value	
	Olbaltumvielas / Proteins	Tauki / Fat	Oglhidrāti / Carbohydrates	Šķiedrvielas / Dietary fibre	kcal	kJ
Kartupeļi / <i>Potatoes</i>	1.9±0.1	0.2±0.1	13.0±0.3	0.5±0.1	63	262
Kartupeļi ar amarantu / <i>Potato meal with amaranth</i>	7.0±0.2	2.2±0.1	33.3±0.2	3.0±0.1	183	767
Kartupeļi ar kvinoju / <i>Potato meal with quinoa</i>	5.3±0.2	2.3±0.1	32.6±0.3	1.6±0.1	174	729
Kartupeļi ar bulguru / <i>Potato meal with bulgur</i>	5.4±0.2	1.0±0.1	34.3±0.2	0.9±0.1	170	712
Kartupeļi ar vistas fileju / <i>Potato meal with chicken fillet</i>	13.4±0.2	1.5±0.1	6.1±0.1	0.3±0.1	93	387

Izvērtējot iegūtos rezultātus, visaugstākais oglhidrātu saturs noteikts kartupeļiem ar bulguru (34,3 g 100 g⁻¹), savukārt viszemākais kartupeļiem ar vistas fileju (6,1 g 100 g⁻¹). Vērtējot olbaltumvielu saturu ēdienā, visaugstākais olbaltumvielu saturs noteikts kartupeļiem ar vistas fileju (13,4 g 100 g⁻¹), kā arī visi kartupeļu ēdieni (ar amarantu, kvinoju, bulguru un vistas fileju) pēc EK regulas 1924/2006 ir dēvējami par olbaltumvielu avotu. Visaugstākais tauku saturs noteikts kartupeļiem ar kvinoju (2,3 g 100 g⁻¹), savukārt, viszemākais kartupeļiem (0,2 g 100 g⁻¹). Vadoties pēc komisijas regulas EK 1924/2006, kartupeļi ir beztauku produkts, savukārt pārējie kartupeļu ēdieni ir produkti ar zemu tauku saturu. Visaugstākais šķiedrvielu saturs noteikts kartupeļiem ar

amarantu ($3,0 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), un pamatojoties uz EK regulu 1924/2006 ir definējams kā šķiedrvielu avots, savukārt viszemākais šķiedrvielu saturs noteikts kartupeļiem ar vistas fileju ($0,4 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$). Visaugstākā enerģētiskā vērtība noteikta kartupeļiem ar amarantu ($183 \text{ kcal}/767 \text{ kJ}$), savukārt viszemākā kartupeļiem ($63 \text{ kcal}/262 \text{ kJ}$). Izvērtējot kartupeļu ēdienu enerģētisko vērtību, tā nesasniedz augstus kopējos rādītājus un veido aptuveni $\frac{1}{4}$ daļu no ieteicamās diennakts kcal patēriņa.

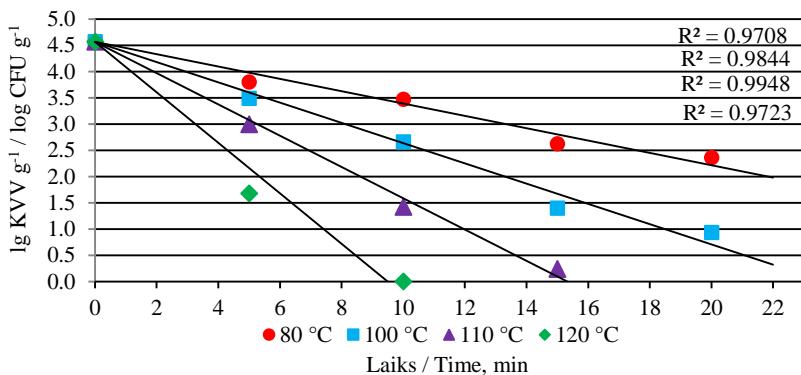
Nosakot mikro un makro elementu saturu kartupeļu ēdienos, visaugstākais to saturs noteikts kartupeļos ar amarantu, jo viena porcija nodrošina ieteicamo fosfora, magnija, mangāna un dzelzs diennakts devu.

3. Termiskās apstrādes pētījumi

Mikrobioloģisko rādītāju dinamika kartupeļu ēdienos termiskās apstrādes procesā

Kartupeļu ēdienu termiskās apstrādes efektivitāte pētīta kartupeļiem ar vistas fileju, jo gaļa ir augsta riska pārtikas produkts, kurš nodrošina labvēlīgus apstākļus bīstamo un potenciāli bīstamo mikroorganismu augšanai un attīstībai. Lai noteiktu optimālu termiskās apstrādes laiku un temperatūru, kartupeļi ar vistas fileju apstrādāti četrās dažādās temperatūrās: +(80; 100; 110 un 120) $\pm 0,5$ °C, un izturēti 5; 10; 15 un 20 minūtes. Pēc apstrādes, katrā no kartupeļu ēdienu paraugiem noteikts mezofili aerobo un fakultatīvi anaerobo (MAFAM) koloniju veidojošo vienību (KVV) skaits. Iegūtā MAFAM rādītāju dinamika parādīta (2.attēls).

Sākotnēji noteiktais (pirms termiskas apstrādes) mikroorganismu kopskaits kartupeļos ar vistas fileju ir $4,57 \lg \text{ KVV g}^{-1}$. Nevienā no apstrādes temperatūrām, pēc piecu minūšu izturēšanas, mikroorganismu kopskaits nesasniedz vēlamos rezultātus. Savukārt kartupeļus ar vistas fileju apstrādājot 10 minūtes, $80\pm 0,5$ °C mikroorganismu kopskaits samazinās par $1,10 \lg \text{ KVV g}^{-1}$, $100\pm 0,5$ °C par $1,91 \lg \text{ KVV g}^{-1}$, $110\pm 0,5$ °C par $3,15 \lg \text{ KVV g}^{-1}$, bet $120\pm 0,5$ °C iegūtais mikroorganismu kopskaits ir $<10 \text{ KVV g}^{-1}$, kas norāda uz efektīvu temperatūras un laika kombināciju.



2. att. MAFAM dinamika kartupeļos ar vistas fileju pēc termiskās apstrādes autoklāvā atšķirīgos temperatūru un laika režīmos /

Fig. 2. The dynamics of TPC in potato meal with chicken fillet during thermal treatment at different temperature and time regimens

Apkopojoj mikrobioloģisko rādītāju rezultātus kartupeļos ar vistas fileju pēc termiskās apstrādes atšķirīgos laika un temperatūru režīmos, iegūts, ka vispiemērotākais apstrādes režīms autoklāvā, fleksiblajā iepakojumā termiski apstrādātiem kartupeļu ēdienu, ir $120 \pm 0,5$ °C 10 minūtes.

Optimālā termiskā apstrādes režīma izstrāde

Iepakojumā termiski apstrādātu kartupeļu ēdienu termiskās apstrādes režīma aprēķināšanai izstrādāts matemātiskais modelis, kas balstīts uz D-vērtība un Z-vērtībām. Matemātiskais modelis noteikts kartupeļiem ar vistas fileju, apstrādei autoklāvā. MAFAM dinamika kartupeļiem ar vistas fileju četros dažādos temperatūras režīmos: +(80; 100; 110; 120) $\pm 0,5$ °C, produktus izturot 5; 10; 15 un 20 minūtes (7.tabula).

7. tabula / Table 7

Aprēķinātās D-vērtības iepakojumā termiski apstrādātiem kartupeļiem ar vistas fileju /

Calculated D-values for thermally treated potato with chicken fillet

Parametri / Parameters	Vides temperatūra (T_{vid}) / Ambient temperature (T_{amb}), °C			
	80 ± 0.5	100 ± 0.5	110 ± 0.5	120 ± 0.5
Taisnes vienādojums / Equation of linear function	$N_{\text{Tamb}}=4.5682-0.1175 \tau$	$N_{\text{Tamb}}=4.5682-0.193 \tau$	$N_{\text{Tamb}}=4.5682-0.2982 \tau$	$N_{\text{Tamb}}=4.5682-0.4811 \tau$
Atruma konstante k / Rate constant k, min⁻¹	0.118	0.193	0.298	0.481
D-vērtība / D-value, min	8.51	5.18	3.35	2.08

Ja, kartupeļu ēdienu, tiek apstrādāti $120\pm0,5$ °C temperatūrā tad iegūtā D-vērtība (kuru raksturo laiks, lai samazinātu mikroorganismu skaitu par vienu logaritmisko vienību) ir $D_{120}=2,08$ minūtes. Ja mikroorganismu daudzums jāsamazina par divām lg vienībām, tad kopējais termiskās apstrādes laiks ir $2 \times 2,08=4,16$ minūtes. Bet ja nepieciešams mikroorganismu skaitu samazināt līdz nulles līmenim, tad optimālais apstrādes laiks būs 9,48 minūtes. Līdz ar to, pamatojoties uz iegūtajiem rezultātiem, aprēķinātais optimālais apstrādes laiks autoklāvā kartupeļiem ar vistas fileju $120\pm0,5$ °C temperatūrā ir 9,48 minūtes.

Z-vērtība tiek definēta kā temperatūras starpība, kas nepieciešama, lai samazinātu D_t par vienu lg vienību. Pēc veiktais aprēķiniem, procesu raksturojošā Z-vērtība ir 6 °C.

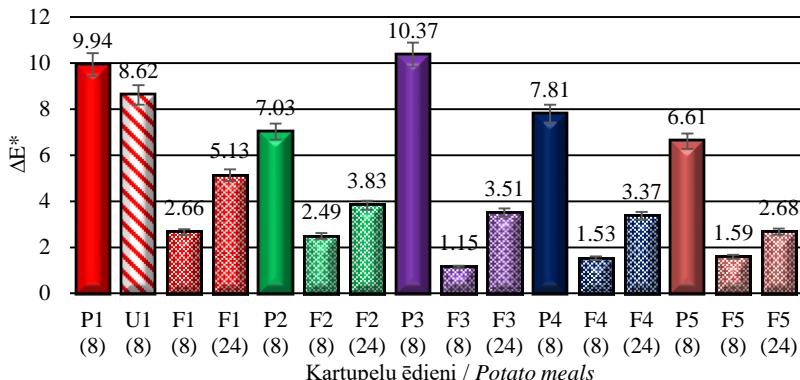
4. Iepakojuma ietekme uz kartupeļu ēdienu kvalitāti uzglabāšanas laikā

Kartupeļu ēdienu – kartupeļiem ar amarantu, kartupeļiem ar kvinoju, kartupeļiem ar bulguru, kartupeļiem ar vistas fileju un kartupeļiem bez pievienotām sastāvdalām, trīs dažādos iepakojuma materiālos, PA/PE, PA/EVOH/PA un PET/ALU/PA/PP, noteiktas kvalitāti raksturojošās fizikālo un ķīmisko īpašību (krāsas, struktūras, mitruma saturu, ūdens aktivitātes (a_w), pH) izmaiņas astoņos un 24 uzglabāšanas mēnešos, 20 ± 2 °C temperatūrā.

Krāsu intensitātes izmaiņas uzglabāšanas laikā

Produkta krāsa ir viena no būtiskām īpašībām, kas ietekmē patēriņtāju izvēloties pārtikas produktus. Produktu krāsu galvenokārt var ietekmēt gan ģenētiskie faktori, gan apstrādes tehnoloģiskie parametri. Pie tehnoloģiskajiem parametriem pieder apstrādes veids, produktu iepakojuma materiāls, uzglabāšanas apstākļi. Pārtikas produktiem uzglabāšanas laikā novērojamas krāsas izmaiņas fluorescējošās gaismas ietekmē. Gaisma veicina produktu atkrāsošanos, piegaršu veidošanos, samazina produktu uzglabāšanas laiku neskatoties uz temperatūras režīmu ievērošanu (MacDougall 2002). Līdz ar to, izvēloties atbilstošus pārtikas iepakojuma materiālus un apstrādes tehnoloģijas, var ievērojami pagarināt produktu realizācijas laiku.

Kartupeļu ēdieniem pēc termiskas apstrādes un uzglabāšanas laikā noteiktas krāsas izmaiņas CIE krāsu sistēmā, nosakot L^* , a^* , b^* krāsas komponentes, un vadoties pēc iegūtiem mēriņumiem noteikta kopējā krāsu diference ΔE^* (3. attēls).



3. att. Kartupeļu ēdienu kopējās krāsas diference (ΔE^*) pēc astoņiem (8) un 24 (24) uzglabāšanas mēnešiem, $20\pm2^\circ\text{C}$ /

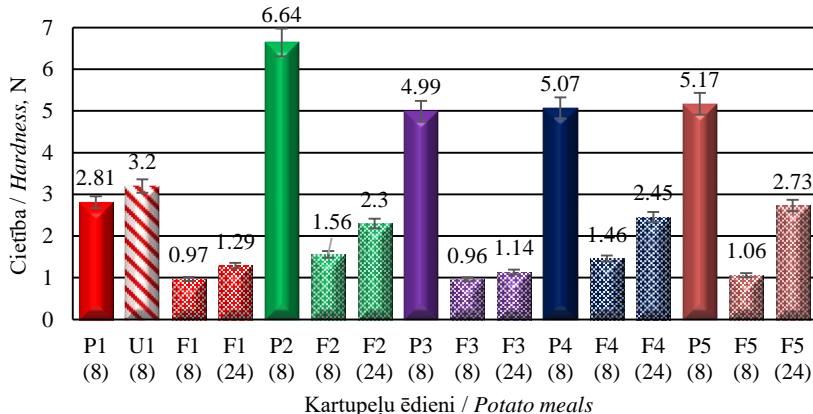
Fig. 3. The total colour difference ΔE^* of potato meals after eight month and after 24 month storage, $20\pm2^\circ\text{C}$

P1 – kartupeļi PA/PE iepakojumā; F1 – kartupeļi PET/ALU/PA/PP iepakojumā; U1 – kartupeļi PA/EVOH/PE iepakojumā; P2 – kartupeļi ar amarantru PA/PE iepakojumā; F2 – kartupeļi ar amarantru PET/ALU/PA/PP iepakojumā; P3 – kartupeļi ar kvinoju PA/PE iepakojumā; F3 – kartupeļi ar kvinoju PET/ALU/PA/PP iepakojumā; P4 – kartupeļi ar bulguru PA/PE iepakojumā; F4 – kartupeļi ar bulguru PET/ALU/PA/PP iepakojumā; P5 – kartupeļi ar vistas fileju PA/PE iepakojumā; F5 – kartupeļi ar vistas fileju PET/ALU/PA/PP iepakojumā / P1 – potatoes in PA/PE packaging; F1 – potatoes in PET/ALU/PA/PP packaging; U1 – potatoes in PA/EVOH/PE packaging; P2 – potato meal with amaranth in PA/PE packaging; F2 – potato meal with amaranth in PET/ALU/PA/PP packaging; P3 – potato meal with quinoa in PA/PE packaging; F3 – potato meal with quinoa in PET/ALU/PA/PP packaging; P4 – potato meal with bulgur in PA/PE packaging; F4 – potato meal with bulgur in PET/ALU/PA/PP packaging; P5 – potato meal with chicken fillet in PA/PE packaging; F5 – potato meal with chicken fillet in PET/ALU/PA/PP packaging

Būtiska ($p<0,05$) kopējā krāsu diference noteikta kartupeļu ēdiem PA/PE iepakojumā un PA/EVOH/PE iepakojumā astoņos uzglabāšanas mēnešos. Kartupeļu ēdienu krāsas saglabāšanā būtiska loma ir iepakojuma materiāla barjerīpašībām. Izmantojot gaismas necaurlaidīgu iepakojuma materiālu ar augstām barjerīpašībām, iespējams nodrošināt trīs reizes ilgāku kartupeļu ēdienu uzglabāšanas laiku. Vislielākā kopējā krāsas diference noteikta kartupeļiem ar kvinoju PA/PE iepakojumā (paraugs P3), un kartupeļiem PA/PE iepakojumā (paraugs P1). Savukārt vismazākā kopējā krāsas diference noteikta kartupeļiem ar vistas fileju PET/ALU/PA/PP iepakojumā (paraugs F5).

Struktūras izmaiņas uzglabāšanas laikā

Kā viens no produktu kvalitātes noteicošajiem faktoriem ir struktūra un tās nemainība uzglabāšanas laikā. Kartupeļu ēdienu kopējais cietības pieaugums uzglabāšanas laikā attēlots 4. attēlā. Kartupeļu ēdiem, kas iepakoti PA/PE ieakojumā (P1; P2; P3; P4; P5) un PA/EVOH/PE iepakojumā (U1) cietības pieaugums uzrādītas pēc astoņiem uzglabāšanas mēnešiem, savukārt, ēdiem, kas iepakoti PET/ALU/PA/PP iepakojumā (F1; F2; F3; F4; F5) cietības izmaiņas uzrādītas pēc astoņiem un 24 uzglabāšanas mēnešiem, $20\pm2^\circ\text{C}$.



4. att. Kartupeļu ēdienu cietības pieaugums pēc astoņiem (8) un 24 (24) uzglabāšanas mēnešiem, 20 ± 2 °C /

Fig. 4. Increase in hardness of potato meals after eight (8) and 24 (24) month storage, 20 ± 2 °C

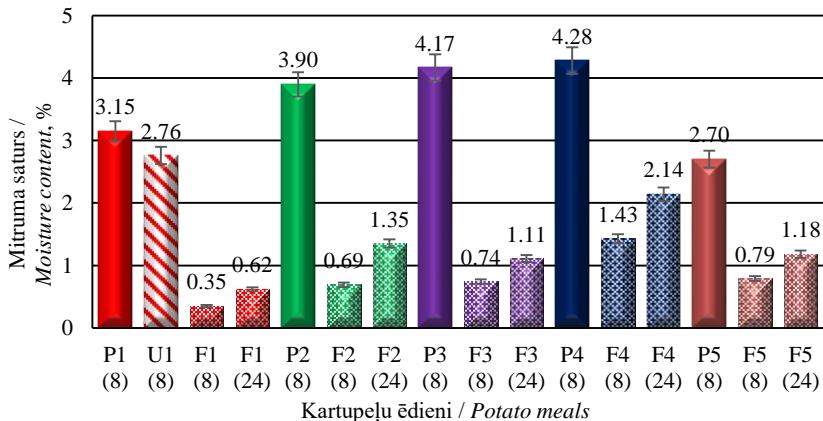
P1 – kartupeļi PA/PE iepakojumā; F1 – kartupeļi PET/ALU/PA/PP iepakojumā; U1 – kartupeļi PA/EVOH/PE iepakojumā; P2 – kartupeļi ar amarantu PA/PE iepakojumā; F2 – kartupeļi ar amarantu PET/ALU/PA/PP iepakojumā; P3 – kartupeļi ar kvinoju PA/PE iepakojumā; F3 – kartupeļi ar kvinoju PET/ALU/PA/PP iepakojumā; P4 – kartupeļi ar bulguru PA/PE iepakojumā; F4 – kartupeļi ar bulguru PET/ALU/PA/PP iepakojumā; P5 – kartupeļi ar vistas fileju PA/PE iepakojumā; F5 – kartupeļi ar vistas fileju PET/ALU/PA/PP iepakojumā / P1 – potatoes in PA/PE packaging; F1 – potatoes in PET/ALU/PA/PP packaging; U1 – potatoes in PA/EVOH/PE packaging; P2 – potato meal with amaranth in PA/PE packaging; F2 – potato meal with amaranth in PET/ALU/PA/PP packaging; P3 – potato meal with quinoa in PA/PE packaging; F3 – potato meal with quinoa in PET/ALU/PA/PP packaging; P4 – potato meal with bulgur in PA/PE packaging; F4 – potato meal with bulgur in PET/ALU/PA/PP packaging; P5 – potato meal with chicken fillet in PA/PE packaging; F5 – potato meal with chicken fillet in PET/ALU/PA/PP packaging

Kartupeļu ēdieniem, kas iepakoti PA/PE iepakojumā, un kartupeļiem, kas iepakoti PA/EVOH/PE iepakojumā, būtiskas cietības izmaiņas noteiktas astoņos uzglabāšanas mēnešos. Šajā laikā noteikts gan būtisks cietības pieaugums, gan novērojamas vizuālās kartupeļu ēdienu izmaiņas. Iegūtie rezultāti norāda uz ievērojamām iepakojuma materiāla barjerīpašību atšķirībām. Vislielākās cietības izmaiņas noteiktas kartupeļiem ar amarantu PA/PE iepakojumā (paraugs P2) astoņos uzglabāšanas mēnešos, (pieaug par 6,64 N), savukārt, vismazākās cietības izmaiņas noteiktas kartupeļiem PET/ALU/PA/PP iepakojumā (paraugs F1), jo uzglabāšanas laikā cietība pieaug vien par 1,91 N. Vērtējot iegūtos rezultātus, var secināt, ka iepakojuma materiālam ir būtiska loma attiecībā uz kartupeļu ēdienu struktūras saglabāšanu, nodrošinot ilgu uzglabāšanas laiku.

Mitruma saturā izmaiņas uzglabāšanas laikā

Ūdens ir svarīga pārtikas produktu sastāvdaļa, un tā zudums var izraisīt izmaiņas pārtikas struktūrā. Mitruma saturs (%) kartupeļu ēdienim noteikts uzreiz pēc termiskās apstrādes un uzglabāšanas laikā. Kartupeļu ēdieniem, kas iepakoti PA/PE un PA/EVOH/PE iepakojumā, mitruma saturs noteikts astoņos

uzglabāšanas mēnešos, savukārt kartupeļu ēdieniem, kas iepakoti PET/ALU/PA/PP iepakojumā mitruma saturs noteikts 24 uzglabāšanas mēnešos. Kartupeļu ēdienu mitruma satura procentuālās izmaiņas uzglabāšanas laikā parādītas 5. attēlā.



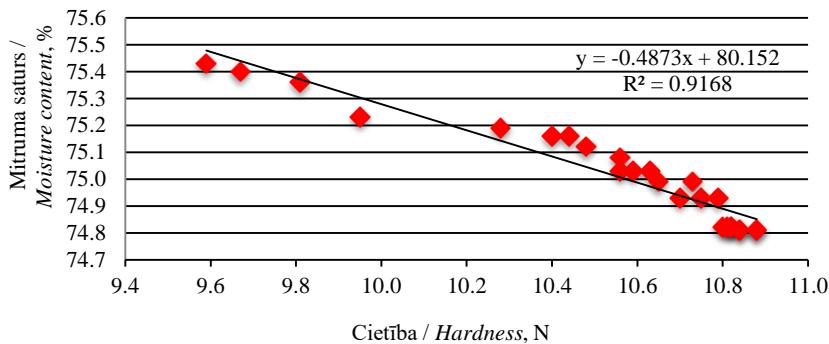
5. att. Kartupeļu ēdienu mitruma satura izmaiņas pēc astoņiem (8) un 24 (24) uzglabāšanas mēnešiem, 20 ± 2 °C

Fig. 5. Changes in moisture content of potato meals after eight (8) and 24 (24) month storage, 20 ± 2 °C

P1 – kartupeļi PA/PE iepakojumā; F1 – kartupeļi PET/ALU/PA/PP iepakojumā; U1 – kartupeļi PA/EVOH/PE iepakojumā; P2 – kartupeļi ar amarantru PA/PE iepakojumā; F2 – kartupeļi ar amarantru PET/ALU/PA/PP iepakojumā; P3 – kartupeļi ar kvinoju PA/PE iepakojumā; F3 – kartupeļi ar kvinoju PET/ALU/PA/PP iepakojumā; P4 – kartupeļi ar bulguru PA/PE iepakojumā; F4 – kartupeļi ar bulguru PET/ALU/PA/PP iepakojumā; P5 – kartupeļi ar vistas fileju PA/PE iepakojumā; F5 – kartupeļi ar vistas fileju PET/ALU/PA/PP iepakojumā / P1 – potatoes in PA/PE packaging; F1 – potatoes in PET/ALU/PA/PP packaging; U1 – potatoes in PA/EVOH/PE packaging; P2 – potato meal with amaranth in PA/PE packaging; F2 – potato meal with amaranth in PET/ALU/PA/PP packaging; P3 – potato meal with quinoa in PA/PE packaging; F3 – potato meal with quinoa in PET/ALU/PA/PP packaging; P4 – potato meal with bulgur in PA/PE packaging; F4 – potato meal with bulgur in PET/ALU/PA/PP packaging; P5 – potato meal with chicken fillet in PET/ALU/PA/PP packaging

Ievērojamas mitruma satura izmaiņas noteiktas kartupeļu ēdieniem, kas iepakoti PA/PE iepakojumā astoņos uzglabāšanas mēnešos, kas norāda uz iespējamu ūdens tvaiku migrāciju caur iepakojuma slānjiem uzglabāšanas laikā. Vislielākās mitruma satura izmaiņas noteiktas kartupeļiem ar bulguru PA/PE iepakojumā (paraugs P4) astoņos uzglabāšanas mēnešos, savukārt vismazākās mitruma satura izmaiņas noteiktas kartupeļiem PET/ALU/PA/PP iepakojumā (paraugs F1) 24 uzglabāšanas mēnešos. Arī šajā gadījumā pierādās iepakojuma materiāla nozīme attiecībā uz kartupeļu ēdienu kvalitātes saglabāšanu.

Apkopojoši iegūtos mitruma satura rezultātus un salīdzinot tos ar cietības rezultātiem iegūts, ka starp kartupeļu ēdienu mitruma satura izmaiņām un cietību pastāv cieša negatīva korelācija. Samazinoties mitruma saturam, produkta cietība palielinās. Kartupeļiem PET/ALU/PA/PP iepakojumā (paraugs F1) noteikta cieša negatīva korelācija $R^2 = 0,917$ ($r=0,958$) (6. attēls).

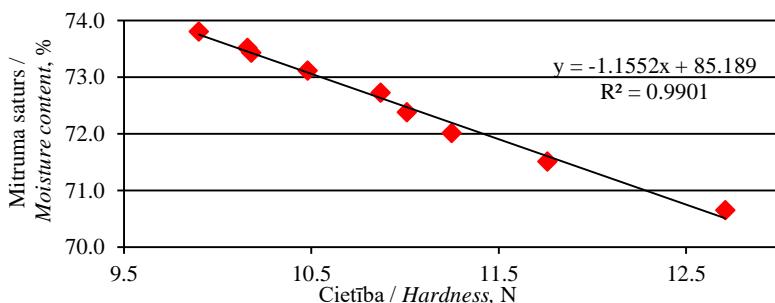


6. att. Mitruma saturu un cietības korelācijas analīze kartupeļiem

PET/ALU/PA/PP iepakojumā /

Fig. 6. Correlation analysis of moisture content and hardness of potatoes in PET/ALU/PA/PP packaging

Arī, līdzīgi kā kartupeļiem PET/ALU/PA/PP iepakojumā (paraugs F1), kartupeļiem PA/PE iepakojumā (paraugs P1) noteikta cieša negatīva korelācija $R^2=0,990$ ($r=0,995$) (7. attēls).



7. att. Mitruma saturu un cietības korelācijas analīze kartupeļiem

PA/PE iepakojumā /

Fig. 7. Correlation analysis of moisture content and hardness of potatoes in PA/PE packaging

Līdzīgi pētījuma rezultāti iegūti arī pārējo kartupeļu ēdienu korelācijas analīzes rezultātā. Kartupeļu ēdieniem PET/ALU/PA/PP (paraugi F1; F2; F3; F4; F5), PA/EVOH/PA (paraugs U1) un PA/PE (paraugi P1; P2; P3; P4; P5) iepakojumā noteikta cieša lineāra sakarība starp šīm divām kvalitāti raksturojošām īpašībām.

Ūdens aktivitātes (a_w) izmaiņas uzglabāšanas laikā

Ūdens aktivitāte (a_w) ir galvenais faktors, kas ietekmē mikroorganismu dzīvotspēju, attīstību un rezistenci pret termisko apstrādi. Ūdens aktivitāte kartupeļu ēdienu (kartupeļiem, kartupeļiem ar amarantu, kartupeļiem ar kvinoju, kartupeļiem ar bulguru un kartupeļiem ar vistas fielju) noteikta uzreiz pēc termiskās apstrādes un ēdienu uzglabāšanas laikā, PA/PE, PA/EVOH/PE, iepakojumā astoņos uzglabāšanas mēnešos, PET/ALU/PA/PP iepakojumā 24 uzglabāšanas mēnešos (8. tabula).

8. tabula / Table 8

Kartupeļu ēdienu ūdens aktivitāte (a_w), uzglabāšanas laikā / Water activity (a_w) in potato meals during storage

Iepakojuma materiāls / Packaging material	Kartupeļu ēdieni / Potato meals	Ūdens aktivitāte (a_w) uzglabāšanas laikā / water activity in storage time		
		0. mēn. / 0. month	8. mēn. / 8. month	24. mēn. / 24. month
PA/PE	Kartupeļi / Potatoes	0.952±0.014	0.941±0.011	-
	Kartupeli ar amarantu / Potato mela with amaranth	0.932±0.011	0.938±0.008	-
	Kartupeļi ar kvinoju / Potato meal with quinoa	0.938±0.008	0.931±0.010	-
	Kartupeļi ar bulguru / Potato mela with bulgur	0.948±0.012	0.939±0.013	-
	Kartupeļi ar vistas fileju / Potato meal with chicken fillet	0.940±0.011	0.942±0.020	-
PA/EVOH/PE	Kartupeļi / Potatoes	0.958±0.011	0.949±0.012	-
PET/ALU/PA/PP	Kartupeli / Potatoes	0.963±0.009	0.961±0.006	0.958±0.008
	Kartupeli ar amarantu / Potato mela with amaranth	0.947±0.013	0.951±0.008	0.949±0.011
	Kartupeļi ar kvinoju / Potato mela with quinoa	0.936±0.008	0.939±0.011	0.940±0.009
	Kartupeļi ar bulguru / Potato meal with bulgur	0.954±0.012	0.959±0.007	0.952±0.012
	Kartupeļi ar vistas fileju / Potato mela with chicken fillet	0.952±0.007	0.948±0.011	0.950±0.010

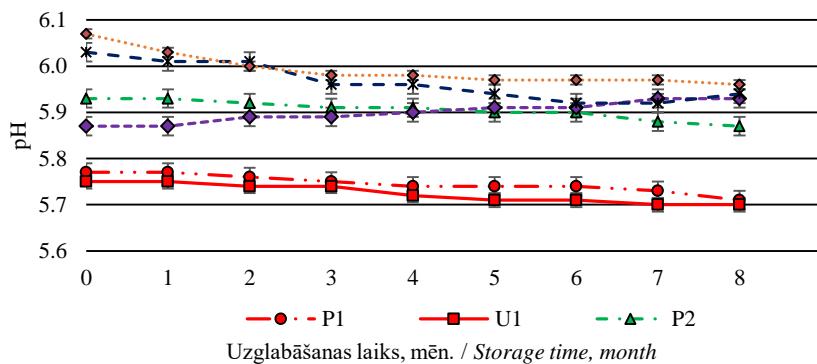
Visi, pētījumā termiski apstrādātie kartupeļu ēdieni, ir vērtējami kā pārtikas produkti ar augstu ūdens aktivitāti, kas liecina par to, ka vide ir labvēlīga mikroorganismu augšanai un attīstībai, tāpēc šajā gadījumā termiskās apstrādes efektivitāte ir ļoti būtiska, lai nepieļautu mikroorganismu attīstību un dzīvotspēju produktā pēc apstrādes. Kartupeļu ēdienu PA/PE un PA/EVOH/PE iepakojumā astoņos uzglabāšanas mēnešos un kartupeļu ēdienu PET/ALU/PA/PP iepakojumā 24 uzglabāšanas mēnešos nav noteiktas būtiskas atšķirības ūdens aktivitātes (a_w) mērījumos ($p<0,05$).

pH izmaiņas uzglabāšanas laikā

Vides pH ir viens no būtiskajiem faktoriem, kas nosaka, kādi mikroorganismi attīstīsies produktā. Pārtikas infekciju izraisītājiem parasti optimālā vide ir tuvu

neitrālai – pH no 6 līdz 7. Raksturīgais pH dārzeņiem ir no 4,2 līdz 6,5. Savukārt, svaigu kartupeļu pH ir robežās no 5,4 līdz 5,8 (Suryawanshi, 2008). Jāņem vērā ir arī tas, ka pie atšķirīgiem produktu pH arī mikroorganismu rezistence pret apstrādi būs atšķirīga (Garcia-Segovia et al., 2007).

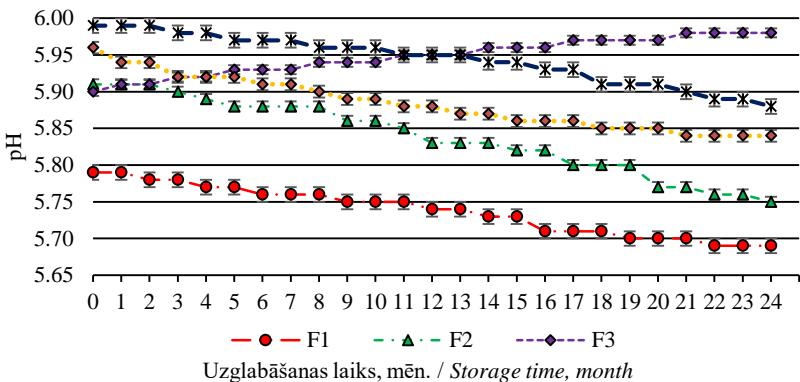
Kartupeļu ēdienu pH noteikts vides pH. Visiem pētījumā izmantotajiem kartupeļu ēdieniem noteikta vāji skāba vide. pH noteikts kartupeļu ēdieniem: kartupeļiem, kartupeļiem ar amarantu, kartupeļiem ar kvinoju, kartupeļiem ar bulguru un kartupeļiem ar vistas fileju PA/PE (paraugi P1; P2; P3; P4; P5) un PA/EVOH/PE (paraugs U1) iepakojumā astoņos uzglabāšanas mēnešos (8. attēls).



8. att. Kartupeļu ēdienu pH izmaiņas astoņos uzglabāšanas mēnešos, 20 ± 2 °C /

Fig. 8. Changes in pH of potato meals during eight months storage, 20 ± 2 °C
P1 – kartupeļi PA/PE iepakojumā; U1 – kartupeļi PA/EVOH/PE iepakojumā; P2 – kartupeļi ar amarantu PA/PE iepakojumā; P3 – kartupeļi ar kvinoju PA/PE iepakojumā; P4 – kartupeļi ar bulguru PA/PE iepakojumā; P5 – kartupeļi ar vistas fileju PA/PE iepakojumā / P1 – potatoes in PA/PE packaging; U1 – potatoes in PA/EVOH/PE packaging; P2 – potato meal with amaranth in PA/PE packaging; P3 – potato meal with quinoa in PA/PE packaging; P4 – potato meal with bulgur in PA/PE packaging; P5 – potato meal with chicken fillet in PA/PE packaging

Savukārt PET/ALU/PA/PP iepakojumā (paraugi F1; F2; F3; F4; F5) 24 uzglabāšanas mēnešos, 20 ± 2 °C (9.att.), pamatojoties uz krāsas un struktūras veiktajiem pētījumiem.



9. att. Kartupeļu ēdienu pH izmaiņas 24 uzglabāšanas mēnešos, 20 ± 2 °C /
Fig. 9. Changes in pH of potato meals during 24 months storage, 20 ± 2 °C

F1 – kartupeļi PET/ALU/PA/PP iepakojumā; F2 – kartupeļi ar amarantru PET/ALU/PA/PP iepakojumā; F3 – kartupeļi ar kvinoju PET/ALU/PA/PP iepakojumā; F4 – kartupeļi ar bulguru PET/ALU/PA/PP iepakojumā; F5 – kartupeļi ar vistas fileju PET/ALU/PA/PP iepakojumā / F1 – potatoes in PET/ALU/PA/PP packaging; F2 – potato meal with amaranth in PET/ALU/PA/PP packaging; F3 – potato meal with quinoa in PET/ALU/PA/PP packaging; F4 – potato meal with bulgur in PET/ALU/PA/PP packaging; F5 – potato meal with chicken fillet in PET/ALU/PA/PP packaging

Izvērtējot kartupeļu ēdienu pH dinamiku uzglabāšanas laikā neviens no produktiem, kas iepakoti PA/PE iepakojumā un PA/EVOH/PE iepakojumā vai PET/ALU/PA/PP iepakojumā, nav noteiktas būtiskas ($p>0,05$) pH izmaiņas astoņos un 24 uzglabāšanas mēnešos.

Mikrobioloģisko rādītāju izmaiņas uzglabāšanas laikā

Maza skābes saturā produktos ar pH līmeni virs 4,6 var augt dažādi mikroorganismi, tostarp termiski noturīgu sporu veidojošie patogēnie mikroorganismi, piemēram, *Clostridium botulinum*. Jāuzsver, ka maza skābes saturā konservētu produktu termiskā apstrāde ir būtiska darbība, kas nepietiekamas sterilizācijas gadījumā saistīta ar risku sabiedrības veselībai un vērā ņemamiem galaproducta zudumiem (Nguyen-The, 2012; Postollec et al., 2012). Kā arī mikroorganismu rezistenci pret termisko apstrādi un dzīvotspēju produktā lielā mērā ietekmē ūdens aktivitāte (a_w) (Syamaladevi et al., 2016). Visiem, pētījumā analizētiem, kartupeļu ēdieniem noteiktais pH ir robežas no 5,69 līdz 5,99, līdz ar to visi kartupeļu ēdieni ir definējami, kā konservēti ēdieni ar zemu vides pH, un noteiktā ūdens aktivitāte atbilst augsta mitruma pārtikas produktiem. Tādēļ nepieciešama efektīva termiska apstrāde, lai izvairītos no patogēno, sporu producējošo, mikroorganismu dzīvotspēju un attīstību produktā pēc termiskās apstrādes.

Iepakojumā termiski apstrādātajiem kartupeļu ēdieniem pēc termiskas apstrādes un uzglabāšanas laikā noteikta sporu producējošo (*Clostridium* spp. un *Bacillus cereus*) mikroorganismu klātbūtne, kā arī noteikts mezofili aeroobi un fakultatīvi anaerobi mikroorganismu (MAFAM) koloniju veidojošo vienību skaits ($KVV\ g^{-1}$). Sporu producējošo mikroorganismu klātbūtne noteikta

vadoties pēc pārtikas kodeksa (*Codex Alimentarius*) rekomendētā konservētu produktu stabilitātes testa. Pēc izmeklējumu veikšanas nevienā no kartupeļu ēdienu paraugiem netika konstatēta *Clostridium* spp. un *Bacillus cereus* klātbūtne, kas norāda uz pētījumā izmantotās termiskās apstrādes efektivitāti. Savukārt nosakot mezofili aerobo un fakultatīvi anaerobo mikroorganismu koloniju veidojošo vienību skaitu tūlīt pēc termiskas apstrādes un uzglabāšanas laikā, kartupeļu ēdienu PA/PE un PA/EVOH/PE iepakojumā astoņos uzglabāšanas mēnešos, un kartupeļu ēdienu PET/ALU/PA/PP iepakojumā 24 uzglabāšanas mēnešos, mikroorganismu kopskaits nepārsniedz $<10 \text{ KVV g}^{-1}$, līdz ar to pierādot izvēlētā tehnoloģiskā apstrādes procesa efektivitāti.

5. Kartupeļu ēdienu sensorais novērtējums

Kartupeļu ēdieniem (kartupeļiem, kartupeļiem ar amarantu, kartupeļiem ar kvinoju, kartupeļiem ar bulguru, kartupeļiem ar vistas fileju) vērtētas piecu sensoro īpašību, ārējā izskata, smaržas, struktūras, garšas un pēcgaršas, patikšanas pakāpes pēc piecu punktu hēdoniskās skalas. Iegūtie rezultāti apkopoti 9. tabulā.

9. tabula/ *Table 9*

**Kartupeļu ēdienu sensoro īpašību patikšanas pakāpes /
Degree of liking of sensory parameters of potato meals**

Paraugi / <i>Samples</i>	Sensorās īpašības / <i>Sensory properties</i>				
	Ārējais izskats / <i>Overall appearance</i>	Smarža / <i>Aroma</i>	Struktūra / <i>Texture</i>	Garša / <i>Taste</i>	Pēcgarša / <i>Aftertaste</i>
Kartupeļi / <i>Potatoes</i>	3.59 bc	3.86 a	3.82 a	2.68 a	2.95 a
Kartupeļi ar amarantru / <i>Potato meal with amaranth</i>	2.68 b	4.05 a	3.68 a	3.77 ac	3.45 ac
Kartupeļi ar kvinoju / <i>Potato meal with quinoa</i>	2.77 b	3.86 a	3.82 a	3.77 ac	3.41 ac
Kartupeļi ar bulguru / <i>Potato meal with bulgur</i>	3.95 ac	4.27 a	4.27 a	4.23 bc	4.14 bc
Kartupeļi ar vistas fileju / <i>Potato mela with chicken fillet</i>	3.95 ac	3.91 a	3.91 a	4.59 bc	4.23 bc

*Vienā kolonā norādītās sensoro īpašību vērtības, kas atzīmētas ar dažāda veida burtiem savstarpēji būtiski atšķiras ($p<0.05$) / values of sensory parameters in one column, marked with different letters are significantly different ($p<0.05$)

Vērtējot ārējā izskata patikšanas pakāpi visatzinīgāk novērti kartupeļi ar bulguru un kartupeļi ar vistas fileju, kas savstarpēji patikšanas ziņā būtiski neatšķirās. Vērtējot kartupeļu ēdienu smaržas patikšanas pakāpi starp paraugiem būtisks atšķirības nepastāv ($p>0.05$). Novērtējot kartupeļu ēdienu struktūru, būtiskas atšķirības patikšanas ziņā starp paraugiem netika noteiktas ($p>0.05$). Vērtējot garšas patikšanas pakāpi starp paraugiem noteikta būtiska atšķirība

($p<0,05$). Vērtētāji patikšanas ziņā augstāk novērtējuši kartupeļus ar bulguru un kartupeļus ar vistas fileju, bet viszemāko vērtējumu saņēma kartupeļu paraugs. Nosakot pēcgaršu, arī šajā gadījumā vērojamas būtiskas atšķirības starp paraugiem, un patikšanas ziņā visaugstāk novērtēti kartupeļi ar bulguru un vistas fileju. Šāda veida ēdienus vērtētāji atzina par ērtiem un viegli izmantojamiem, un izteica vēlmi kartupeļu ēdienus iegādāties ikdienas patēriņam.

SECINĀJUMI

1. Izvēloties pārtikas produktus, patērētāji lielu uzmanību pievērš tādiem faktoriem, kā produkta kvalitāte, sastāvs un cena. Gatavo ēdienu izstrāde un ieviešana Latvijas tirgū ir aktuāla, jo 67% no respondentiem pauða vēlmi iegādāties šāda veida produktus.
2. Kartupeļiem pievienojot amarantu un kvinoju būtiski palielinās šķiedrvielu satus ($p<0,05$), savukārt pievienojot amarantu, kvinoju, bulguru, vistas fileju būtiski palielinās olbaltumvielu satus ($p<0,05$), visos kartupeļu ēdienos ir zems tauku satus, un šie ēdieni atbilstoši ES regulai (EK) Nr. 1924/2006 ir definējami kā olbaltumvielu avots un produkti ar zemu tauku saturu.
3. Izstrādāts matemātiskais modelis (D-vērtība un Z-vērtība) optimālā kartupeļu ēdienu termiskās apstrādes režīma noteikšanai ($120\pm0,5$ °C, 9,48 minūtes), kas nodrošina ēdienu mikrobioloģisko drošību un kvalitāti pēc 24 mēnešu uzglabāšanas istabas temperatūrā.
4. Termiski apstrādātu kartupeļu ēdienu krāsa, cietība un mitruma satus PA/PE un PA/EVOH/PE iepakojumā, 20 ± 2 °C temperatūrā būtiski izmaiņas astoņos uzglabāšanas mēnešos, turpretim PET/ALU/PA/PP iepakojumā 24 uzglabāšanas mēnešos parametru izmaiņas nav būtiskas.
5. Apkopojoši kvalitātes rādītājus noteikts, ka kartupeļu ēdienu ilgstošai uzglabāšanai atbilstošākais iepakojuma materiāls ir daudzslāņu metalizēta polimēru PET/ALU/PA/PP plēve, kas spēj aizsargāt produktus no ārējo faktoru nelabvēlīgas iedarbības, nodrošinot minimālas produktu kvalitātes izmaiņas 24 uzglabāšanas mēnešos, 20 ± 2 °C temperatūrā.
6. Analizējot kartupeļu ēdienu sensoro īpašību patikšanas pakāpi, visaugstāk novērtēti kartupeļu ēdieni ar bulguru un vistas fileju, bet viszemāk – kartupeļi bez pievienotām sastāvdalījām.
7. Darbā izvirzītā hipotēze ir korekta: “Kartupeļu ēdienu optimāls termiskās apstrādes režīms fleksiblajā iepakojumā pagarina realizācijas termiņu, saglabājot produktu kvalitāti un nekaitīgumu”.

TOPICALITY OF THE RESEARCH

Ready-to-eat meals can be defined as pre-cooked, chilled or frozen meals that do not need to additional ingredients and require minimal preparation before use (Mahon et al., 2006; Regueiro, Wenzl, 2015; Remnant, Adam, 2015). In the food retail trade, "convenient food" is a very broad category covering processed foods for mass consumption (Jackson, Viehoff, 2016). The sector of chilled, industrially-prepared ready-to-eat and quick-to-cook products is comparatively new and fast growing in Latvia. This can be explained both by the increasing business of people and the development of product assortment. Due to the requirements of traders to ensure the shelf life of the product rather than an hour, but at least a day or even a week, food manufacturers have to introduce new technologies and high levels of hygiene standards, therefore, one of the most important goals of food scientists is to make the product as safe as possible, whether it is consumed fresh or processed (Prokopov, Tanchev, 2006).

In recent years, thermally treated meals in packaging with extended shelf life have gained great popularity (Calderón et al., 2010; Stratakis et al., 2015). It is a significant and growing food market share in many Western countries. The main reason for choosing quick-to-cook food is the convenient use and low costs compared to cooking at home (Remnant, Adam, 2015). Consumers are becoming more demanding in choosing ready-to-eat meals with excellent organoleptic and health-enhancing properties (Rivera et al. 2015, Moronta et al., 2016).

Thermal treatment is a widely used method of preserving food (especially for products with low acidity, $\text{pH} > 4.5$), and nowadays it is one of the leading processing methods in the food industry (Chen, Ramaswamy, 2004; Farid et al., 2004; Awuah et Al, 2007; Miri et al., 2008; Byun et al., 2010; Daelman et al., 2013; Tola, Ramaswamy, 2014; Durand et al. 2015; Li, Farid, 2016). Canned food is commercially sterile food in hermetically sealed containers. The process of preserving food depends on thermal treatment intensity to inactivate microorganisms and ensure the safety of product. Different packaging materials and forms can be used for thermal treatment in packaging, including glass jars, polymer trays and flexible packaging from combined multilayer polymer materials (Barbosa-Cánovas et al., 2014). Compared to glass jars and metal cans, flexible packaging provides faster heat transfer to the product, thereby reducing energy consumption during the technological process (Awuah et al., 2007). Thermally treated meals in packaging with long shelf life are an important part of nutrition for people in most of the developed countries and the basic diet of the armed forces in rural areas around the world.

The suitability of flexible packaging for thermally treated potato meals in packaging has not been studied so far in Latvia, including the importance of thermal treatment parameters and packaging materials on the changes of physical and chemical properties (colour, texture, moisture content, etc.) of food characterizing the quality during storage at ambient temperature.

The hypothesis of the doctoral dissertation: optimal thermal treatment of potato meals in flexible packaging extends their shelf-life while maintaining the quality and safety of products.

The hypothesis of the doctoral dissertation is supported by the following **theses**:

1. Latvian consumers would be willing to purchase thermally treated potato meals in packaging;
2. nutritional value of potato meals is significantly improved by adding amaranth, quinoa, bulgur and chicken fillet to potatoes;
3. developing a mathematical model allows to calculate optimal thermal treatment parameters;
4. the quality of potato meals during storage is influenced by the properties of the packaging material.

The **research object** of the doctoral dissertation: thermally treated potato meals in flexible packaging.

The **aim** of the doctoral dissertation was to develop optimal thermal treatment regime for potato meals in flexible packaging and to evaluate changes in quality during storage.

The following **research objectives** were set to reach the aim of the doctoral dissertation:

1. to clarify consumer opinion on thermally treated meals in flexible packaging and their implementation in the Latvian market;
2. to develop recipes for potato meals and identify their nutritional value;
3. to substantiate the choice of thermal treatment regime by developing a mathematical model;
4. to evaluate the quality of thermally treated potato meals in flexible packaging during storage period and define their shelf life;
5. to carry out the sensory evaluation of potato meals.

The **novelty** and **scientific significance** of the doctoral dissertation:

1. the suitability of multilayer flexible packaging for the production and long-term storage at ambient temperature 20 ± 2 °C of thermally treated potato meals has been studied for the first time in Latvia;
2. a mathematical model for determining thermal treatment of potato meals has been constructed;
3. the results obtained in the research will be used for the first time to produce the food stocks with an extended shelf-life for the National Armed Forces of Latvia.

The economic significance of the doctoral dissertation: by introducing the production technology of potato meals in flexible packaging with 24-month

shelf-life without the use of refrigeration equipment during storage, it is possible not only to increase the range of products developed for the needs of the Latvian National Armed Forces, but also to expand the export opportunities of raw materials from Latvia – potatoes with increased added value.

APPROBATION OF THE RESEARCH

Research results have been summarised and published in 10 peer reviewed scientific issues, including 4 publications indexed in the international citation databases SCOPUS and Web of Science.

The results of the research work have been presented at 13 international scientific conferences and congresses in Latvia, Lithuania, Turkey, Bulgaria, including 3 exhibitions – International EAIE 2013 conference – exhibition in Turkey, and international food industry fair “Riga Food” in 2013 and 2014.

MATERIALS AND METHODS

The time and place of the research

Experiments were conducted during the period of 2013 to 2018 at:

- “Paplāte Nr.1” Ltd. production facilities,
- Scientific laboratories of Faculty of Food Technology, Faculty of Veterinary Medicine and Molecular Biology and Microbiology scientific laboratory, Latvia University of Life Sciences and Technologies,
- Food Safety, Animal Health and Environmental Research Institute "BIOR",
- Institute of Biology, University of Latvia.

Description of the researched products and packaging

The research object: thermally treated potato meals in flexible packaging.

Raw materials used for the preparation of potato meals:

- potatoes – variety “Soraya”, producer z/s Baldones lauki;
- amaranth (*Amaranthus L.*) – producer AMARANTH LV Ltd.;
- white quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) – grown outside European Union (EU), packaged and distributed by GEMOSS Ltd.;
- bulgur (*Triticum durum* Desf.) – produced in France, distributed by GEMOSS Ltd.,
- chicken fillet – producer "Lielzeltiņi" Ltd.,
- coarse table salt "Druska" - manufacturer GP Artjemsolj, distributed by "BCG Riga" Ltd.;
- spice mix "Anniņa Vistai", composition: red peppers, caraway, sugar, celery, garlic, coriander, marjoram, lovage, dill, chilli peppers, rosemary, onions, mustard seeds, savory - manufacturer "K&K" Ltd.

Codes of the samples and their components used for the experiments are given in Table 1.

Principal technological scheme of potato meal production process used for the experiments are given in Figure 1.

Three different packaging materials were used in the study:

- two-layer transparent laminated polyamide/polyethylene (PA/PE) packing pouches, thickness – 80 µm, size – 200x250 mm, distributor "PTC" Ltd. (Latvia);
- four-layer light-proof laminated polyethylene terephthalate/aluminium/polyamide/polypropylene (PET/ALU/PA/PP), pouches, thickness – 110 µm, size – 200x250 mm, distributor "Nordvak" Ltd. (Latvia);
- three-layer transparent laminated polyamide/ethylene vinylalcohol/polyethylene (PA/EVOH/PE) packaging pouches with UV barrier, thickness – 80 µm, size – 200x250 mm, distributor "Multivac" Ltd. (Latvia).

Vacuum packaging of products was carried out using a single-chamber vacuum packaging machine Multivac C350 (Germany). Hermetic sealing modes – vacuum 20 mbar, sealing time for PA/PE packaging – 3.8 seconds, for PET/ALU/PA/PP packaging – 5.0 seconds, for PA/EVOH/PE packaging – 3.5 seconds. Thermal treatment was carried out in a pilot autoclave HST 50/100, ZIRBUS Technology GmbH (Germany). Weight of one package was 300 ± 5 g. Sterilised samples were stored at ambient temperature of 20 ± 2 °C for 24 months.

Structure of the research

Four different potato meals were developed for the study: potatoes with amaranth, potatoes with quinoa, potatoes with bulgur, potatoes with chicken fillet and potatoes (without added ingredients), which were packaged in various materials - two-layer transparent laminated PA/PE pouches and four-layer light-proof laminated PET/ALU/PA/PP pouches. Potatoes were used as the control sample in order to compare the changes of potato meals during storage after thermal treatment. Additionally, potatoes were packaged in three-layer PA/EVOH/PE pouches with UV barrier to study the effectiveness of packaging UV barrier properties on product quality. A total of 528 product samples were prepared during the research.

Methods used to characterise the quality of the products

Consumer survey

Within the framework of the study, two different consumer surveys were organized. One of them revealed the respondents' attitude towards the integration of ready-to-eat meals in the Latvian market, while the second survey identified

the respondents' opinion and knowledge about the role of packaging in the food chain.

Ready-to-eat meals in the Latvian market. The survey was conducted in 2014. The study analyses shopping and cooking habits of Latvian consumers, and their interest of the implementation of ready-to-eat meals in the Latvian market. A total of 800 respondents were interviewed, 28% men and 72% women responded electronically to 14 questions.

Importance of packaging materials. The survey was conducted in 2015. The research analyses the opinion and knowledge of the inhabitants of Latvia about the role of packaging materials in the process of production and storage of food products. A total of 600 respondents were interviewed, 76% women and 24% men responded electronically to 13 questions.

Methods for nutrition value determination

Nutritional value of potato meals was determined at the beginning of the study, after thermal treatment and 24-month storage at 20 ± 2 °C. Energy value of potato meals was calculated based on the experimental results. Methods for nutrition value determination are summarized in Tables 2 and 3.

Determination of D-value and Z-values

A mathematical model was developed to determine optimal thermal treatment intensity (time and temperature) of the product, thus the D-values and Z-values were calculated during four different temperature regimes: +(80.0; 100.0; 110.0; 120.0) ±0.5 °C with holding time 5, 10, 15 and 20 minutes.

The change in the number of microorganisms at a given time (τ) and at a given temperature (t) is represented by Equation 1:

D -value is expressed as the time in minutes (τ) to reduce the number of microorganisms from $\log N_0$ to $\log N_r$, therefore from the equation of the rate constant k it is possible to express D-value by Equation 2:

Z-value is defined as the temperature difference (°C) required to achieve the analogue D-value by changing the temperature. If the Z-value is expressed as the temperature difference Δt °C required to reduce the D-value by one log, varying it from $\log D_1$ to $\log D_2$, the rate constant k can be expressed by Equation 3:

Methods of determining quality parameters

Microbiological and physicochemical parameters were determined on the production day of potato meals and during storage. The methods for testing microbiological parameters are given in Table 4, while the experimental methods for qualitative characterization of physicochemical properties are presented in Table 5.

Sensory evaluation

The degree of liking of sensory parameters of potato meals was evaluated using an emotional testing method – 5-point hedonic scale according to

ISO 4121:2003. The 5-point scale was used to determine the degree of liking from "like very much" (5) to "dislike very much" (1) with the central point "not sure" (3). Potato meals were evaluated by 22 semi-trained panellists.

Data mathematical processing

The obtained data were processed using *SPSS* software package *16.0* and *MS Excel* program. The mean arithmetic value and standard deviation were calculated for the obtained results.

Using *MS Excel*, results were evaluated with one-way and two-way analysis of variance (ANOVA). Factors were rated as significant if p -value < 0.05 . For the interpretation of the results it was assumed that $\alpha = 0.05$ with 95 % confidence.

Pair correlation between 2 factors was established using correlation and regression analysis, and the strength of relationship was investigated. The measure of the strength and direction of the linear relationship is denoted by r . Stronger correlation is the one with a higher correlation coefficient by module. If the correlation coefficient is $0.7 < |r| < 0.9$ there is a close linear relationship (strong correlation) between the studied objects, whereas if the coefficient is $0.5 < |r| < 0.69$ there is a moderate linear relationship.

RESULTS AND DISCUSSION

In order to obtain high-quality, microbiologically safe and sensory acceptable new product with potential in the Latvian and foreign markets, such factors as product composition, packaging material and technological solution play an important role in the development process. Therefore, consumer opinion was identified on the introduction of ready-to-eat meals in the Latvian market and the importance of packaging materials for the viability of the product in the market. Recipes were developed and nutritional value of potato meals was determined. A mathematical model was developed for substantiating optimal thermal treatment regimen. Physical and chemical parameters (colour, structure, moisture content, water activity (a_w), pH), and microbiological parameters (MAFAm, *Clostridium* spp., *Bacillus cereus*) which determine the quality of potato meals were assessed during storage. Sensory evaluation of potato meals using 5-point hedonic scale was conducted.

1. Consumer Survey

Today, there is a tendency for European consumers to choose easy-to-prepare foods more frequently (Olsen et al., 2012). Such food products are a good meal solution for any consumer group in Latvia, allowing to reduce the daily consumption of unhealthy foods, which is nowadays becoming more and more popular. In order to start developing new products, it is necessary to evaluate the

interest of the potential consumers and their attitude towards the particular type of product.

Introduction of ready-to-eat meals in the Latvian market

At the beginning of the research, consumers' attitudes on their cooking habits and the introduction of ready-to-eat meals in the Latvian market were defined. The obtained results indicate that respondents pay great attention to such factors as product quality, composition and price when choosing food products, whereas less important factors are packaging and producer; therefore, the demand for new product types in the Latvian market depends on consumer shopping habits and product quality parameters. Analysing the results of forecasted demand and possible sales of ready-to-eat meals in the Latvian market, it can be concluded that the development and implementation of such products is topical, as 67% of the respondents expressed their desire to buy ready-to-eat meals, which would ease the preparation of the meal and the time devoted to it. With regards to the types of meals consumers would prefer, there is a tendency that inhabitants of Latvia prefer meals which include chicken; in this case, the meals with chicken fillet are preferable as they obtained higher percentage of votes – chicken fillet and vegetables (77.1%), followed by chicken fillet with rice (73.9%) and chicken fillet with potatoes (67.4%). The target population for fast and easy-to-cook meals in Latvia are people aged 19–35, who have an active daily rhythm of life, who work, study, and choose to devote their leisure time to other types of activities than cooking.

The importance of packaging materials from consumer point of view

Packaging plays an important role in preserving product quality. Also, packaging is one of the first factors that influences consumer food choices by attracting attention and providing a clear initial communication. A survey was conducted to define consumers' knowledge and views on packaging. When asked about the importance of packaging when making a food choice, 30.2% of respondents said that they often pay attention to packaging materials and types while 7.3% of respondents do it always, and only 4.2% of respondents noted that packaging material is not significant. An in-depth analysis of the role of packaging from a consumer perspective found that 42.1% of respondents sometimes pay attention to packaging design, and 38.5% almost always pay attention to the size of the package and its adequacy to the type of product. In turn, only 30.9% of respondents almost always evaluate the functionality of packaging. Such basic packaging functions as easy-to-open and easy-placement are almost always assessed by 34.7% of respondents. Most respondents (70%) confirmed that they would definitely pay more attention to the type of product packaging if they were more aware of its importance.

2. Recipes and nutritional value of potato meals

Potato variety ‘Soraya’ was chosen as the most suitable for this study based on such quality parameters as weight of potato peel, flesh colour and consistency after thermal treatment. In order to increase the nutritional value of potatoes, two pseudocereals were added – amaranth and quinoa, and the product of hard wheat – bulgur, and chicken fillet. Such raw materials were selected on the basis of their nutritional and functional value, as well as the results of the consumer survey.

In general, four different potato meals (with amaranth, quinoa, bulgur and chicken fillet) and potatoes (control) without added ingredients were developed and three different packaging materials – PA/PE, PA/EVOH/PE and PET/ALU/PA/PP for potato main courses were tested.

Nutritional value

Energy value, content of carbohydrates, proteins, lipids, dietary fibre (Table 6), as well as biological value, micro and macro nutrients were determined in potato meals.

The highest content of carbohydrates was found in potatoes with bulgur ($34.3 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), while the lowest – in potatoes with chicken fillet ($6.1 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$). The highest protein content was determined in potatoes with chicken fillet ($13.4 \text{ g per } 100 \text{ g}^{-1}$); however, according to EC Regulation 1924/2006 all potato meals (with amaranth, quinoa, bulgur and chicken fillet) can be labelled as ‘source of protein’. The highest fat content was found in potatoes with quinoa ($2.3 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), while the lowest – in potatoes ($0.2 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$).

Based on Commission Regulation EC 1924/2006, potatoes are a ‘fat-free’ product, while other potato meals are ‘low-fat’ products. Potatoes with amaranth had the highest fibre content ($3.0 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) and this meal can be defined as ‘source of fibre’, whereas the lowest fibre content was in potatoes with chicken fillet ($0.4 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$). The highest energy value was found for potatoes with amaranth (183 kcal/767 kJ), while the lowest – for potatoes (63 kcal/262 kJ). With regards to energy value of potatoes, it does not reach high overall figures and accounts for approx. $\frac{1}{4}$ of the recommended daily calorie intake.

The results of micro and macro nutrients in potato meals showed that the highest content of these elements was found in potatoes with amaranth – one portion (300 g) provides the recommended daily intake of phosphorus, magnesium, manganese and iron.

3. Thermal treatment research

The dynamics of microbiological parameters in potato meals during thermal treatment process

The efficiency of thermal treatment of potato meals was studied in sample – potato meal with chicken fillet – since meat is a high-risk food that provides

favourable conditions for the growth and development of pathogenic microorganisms. To determine the optimal thermal treatment time and temperature, potato meal with chicken fillet was processed at four different temperatures: + (80; 100; 110 and 120) ± 0.5 °C with holding time 5; 10; 15 and 20 minutes. After treatment, colony forming units (CFU) of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms (MAFAM) were determined in each sample of potato meals. The dynamics of MAFAM are shown in Figure 2.

The initial (pre-thermal treatment) count of microorganisms in potato meal with chicken fillet was 4.57 log CFU g⁻¹. In turn, after 10 min treatment at 80 ± 0.5 °C, the total count of microorganisms decreased by 1.10 log CFU g⁻¹; at 100 ± 0.5 °C by 1.91 log CFU g⁻¹, at 110 ± 0.5 °C by at 3.15 log CFU g⁻¹, and at 120 ± 0.5 °C the total count of microorganisms was <10 CFU g⁻¹, indicating an effective combination of temperature and time.

Summarizing the results of microbiological analysis of potato meal with chicken fillet after thermal treatment during different time and temperature regimes, it has been found that the most suitable processing regime in an autoclave for thermally treated potato meals in flexible packaging is 120 ± 0.5 °C for 10 minutes.

Development of the optimal thermal treatment regime

A mathematical model based on D and Z-values has been developed for calculating the optimal treatment regime of thermally treated potatoes in packaging. The mathematical model has been developed for potato meal with chicken fillet for sterilisation treatment (in autoclave). The dynamics of mesophilic aerobic, facultative anaerobic microorganisms (MAFAM) was determined for potatoes with chicken fillet at four different temperature regimes: +(80; 100; 110; 120) ± 0.5 °C; with cooking (holding) time – 10; 15 and 20 minutes (Table 7).

If potato meals are processed at 120 ± 0.5 °C temperature, then the resulting D-value (which is characterized by the time to reduce the number of microorganisms per one log unit) is D₁₂₀=2.08 minutes. If the number of microorganisms should be reduced by two log units, then the total thermal treatment time is $2 \times 2.08 = 4.16$ minutes. However, if the needed reduction is to zero CFU g⁻¹, then optimal treatment time is 9.48 minutes. The Z-value is defined as the temperature difference needed to reduce D_T per one log unit. According to the calculations, the process characterizing Z-value is 6 °C.

4. Effect of packaging on the quality of potato meals during storage

Changes in physical and chemical quality parameters (colour, structure, moisture content, water activity a_w, pH) of potato meals – potato meal with amaranth, potato meal with quinoa, potato meal with bulgur, potato meal with chicken fillet and potatoes without added ingredients in three different packaging

materials PA/PE, PA/EVOH/PA and PET/ALU/PA/PP were determined after eight and 24-month storage at ambient temperature 20 ± 2 °C.

Changes in colour intensity during storage

Product colour is one of the essential qualities that affects the consumer food choice. Colour of the product can be mainly influenced by both genetic factors and processing parameters. Technological parameters include the type of treatment, product packaging material, and storage conditions. During the storage of foods, changes in colour are observed due to fluorescence. Light contributes to the decolorization of products, the formation of off-flavours, and reduces the shelf life of products despite compliance with temperature regimes (MacDougall 2002). Consequently, choosing appropriate food packaging materials and processing technologies can greatly extend product shelf life.

After thermal treatment and during storage, colour changes of potato meals in CIE colour system were determined by defining the values of L*, a*, b* colour components and based on the obtained measurements, the total colour difference ΔE^* was calculated (Figure 3).

Significant total colour difference ($p<0.05$) was found in potato meals in PA/PE and PA/EVOH/PE packaging after 8-month storage. Barrier properties of the packaging material play an important role in preserving the colour of the potato meals. By using a light-proof packaging material with high barrier properties it is possible to provide up to three times longer shelf-life for potato meals. The highest total colour difference was found in potato meal with quinoa in PA/PE packaging (sample P3) and potatoes in the PA/PE packaging (sample P1). In contrast, the lowest total colour difference was determined for potatoes with chicken fillet in the PET/ALU/PA/PP packaging (sample F5).

Changes in structure during storage

Total hardness increase of potato meals during storage is shown in Figure 4. For potato meals packed in PA/PE (P1; P2; P3; P4; P5) and PA/EVOH/PE (U1) packaging changes in hardness are shown after 8-month storage, while for meals in PET/ALU/PA/PP packing (F1; F2; F3; F4; F5) hardness changes are shown after 8 and 24 months of storage at 20 ± 2 °C.

Potato meals in PA/PE packaging and potatoes in PA/EVOH/PE packaging showed significant changes in hardness during eight-month storage. During this time, both a significant increase in hardness and noticeable visual changes in potato meals were established. The results indicate a significant difference in the barrier properties of packaging materials. The highest changes in hardness were detected in potato meal with amaranth in PA/PE packaging (sample P2) during eight-month storage (increase of 6.64 N), while the lowest changes in hardness were found in potatoes in PET/ALU/PA/PP packaging (sample F1) – during storage the hardness increased only by 1.91 N. It can be concluded that the packaging material plays an essential role in maintaining the structure of potato meals, when opting for long shelf life.

Changes in moisture content during storage

Water is an important component in foods, and its losses may contribute to product changes. Moisture content (%) was determined in potato meals immediately after thermal treatment and during storage. Moisture content in potato meals in PA/PE and PA/EVOH/PE packaging was determined within eight-month storage, and in potato meals in PET/ALU/PA/PP packaging – during 24-month storage. The changes of moisture content of potato meals as a percentage during storage are shown in Figure 5.

Substantial changes in moisture content were found in potato meals in PA/PE packaging after eight-month storage, indicating possible migration of water vapour through the packaging layers. The highest moisture content changes were observed in potatoes with bulgur in PA/PE packaging (sample P4) during eight-month storage, while the lowest – in potatoes in PET/ALU/PA/PP packaging (sample F1) after 24-month storage. Also, in this case, the importance of the packaging material in relation to the quality of potato meals is proven.

Summarizing the results of moisture content and comparing them to the results of hardness of potato meals, a close negative correlation was found: as the moisture content decreases, the hardness of the product increases.

For potatoes in PET/ALU/PA/PP packaging (sample F1) a strong negative correlation $R^2 = 0.917$ ($r = 0.958$) was observed (Figure 6).

Identical to potatoes in PET/ALU/PA/PP packaging (sample F1), also for potatoes in PA/PE packaging (sample P1) a strong negative correlation $R^2 = 0.990$ ($r = 0.995$) was observed (Figure 7).

Similar results were also obtained of the correlation analysis for the rest of potato meals. For potato meals in PET/ALU/PA/PP (samples F1; F2; F3; F4; F5), PA/EVOH/PA (sample U1) and PA/PE (samples P1; P2; P3; P4; P5) packaging a strong linear relationship between these two qualitative characteristics was found.

Changes in water activity (a_w) during storage

Water activity a_w is a major factor affecting the viability, development and resistance to thermal treatment of microorganisms. Water activity of potato meals (potatoes, potato meal with amaranth, potato meal with quinoa, potato meal with bulgur and potato meal with chicken fillet) was determined immediately after thermal treatment and during storage – for products in PA/PE and PA/EVOH/PE packaging during 8-month storage and in PET/ALU/PA/PP packaging during 24-month storage (Table 8).

All studied thermally treated potato meals in packaging are to be regarded as foods with high levels of water activity, indicating that the environment is favourable for the growth and development of microorganisms, therefore, the effectiveness of thermal treatment is very important to prevent the development and viability of microorganisms in the product after processing. For potato meals in PA/PE and PA/EVOH/PE packaging after 8-month storage and meals in

PET/ALU/PA/PP packaging after 24-month storage no significant differences in changes of water activity (a_w) were detected ($p < 0.05$).

pH changes during storage

Product environmental pH is one of the key factors determining which microorganisms can develop in the product. Food-borne infection causing agents usually have an environment optimum close to neutral pH – 6 to 7. The typical pH of vegetables ranges from 4.2 to 6.5, whereas, the pH of raw potatoes ranges from 5.4 to 5.8 (Suryawanshi, 2008). It should also be taken into account that the resistance of different microorganisms to processing will vary in products with different pH levels (Garcia-Segovia et al., 2007).

The value of pH was determined in all potato meals after thermal treatment and storage. All potato meals used in the study have a weak acid environment. pH of potato meals – potatoes, potato meal with amaranth, potato meal with quinoa, potato meal with bulgur and potato meal with chicken fillet – in PA/PE (samples P1; P2; P3; P4; P5) and PA/EVOH/PE (sample U1) packaging was determined during 8-month storage (Figure 8), while in PET/ALU/PA/PP packaging (samples F1; F2; F3; F4; F5) during 24-month storage (Figure 9) at $20 \pm 2^\circ\text{C}$, based on colour and structure research results.

During the storage of meals in PA/PE, PA/EVOH/PE and PET/ALU/PA/PP packaging there were insignificant changes in pH dynamics ($\text{pH} > 0.05$) in all tested meals.

Changes in microbiological parameters during storage

Various microorganisms, including heat-resistant spore-forming pathogenic microorganisms such as *Clostridium botulinum*, can grow in low-acid products with pH above 4.6. It should be emphasized that thermal treatment of low-acid canned products is a significant step, which, in the event of insufficient sterilization, involves a risk to public health and significant losses of the prepared product (Nguyen-The, 2012; Postollec et al., 2012). The resistance of microorganisms to thermal treatment and viability in the product is largely influenced by water activity (a_w) (Syamaladevi et al., 2016). For all potato meals analysed in the study, pH value ranged from 5.69 to 5.99, which means that all potato meals are defined as canned foods with low environmental pH, and their water activity corresponds to high-moisture foods. Therefore, effective thermal treatment is needed to avoid the viability and development of pathogenic, spore-producing microorganisms in the product after thermal treatment.

The presence of microorganisms which produce spores (*Clostridium* spp. and *Bacillus cereus*), as well as the count of colony forming units (CFU g^{-1}) of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms (MAFAM) was determined in thermally treated potato meals in packaging after thermal treatment and storage. The presence of spore-producing microorganisms was determined according to the recommended microbiological stability testing of preserves by Codex Alimentarius. The presence of *Clostridium* spp. and *Bacillus*

cereus was not confirmed in any of potato meal samples, indicating the effectiveness of thermal treatment used in the study. The count of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms, tested immediately thermal treatment and storage, in potato meals in PA/PE and PA/EVOH/PE packaging after eight-month storage and in potato meals in PET/ALU/PA/PP packaging after 24-month storage, was <10 CFU g⁻¹, thus demonstrating the effectiveness of the chosen technological process.

5. Sensory assessment of potato meals

The degree of liking of five sensory parameters – overall appearance, aroma, structure, taste and aftertaste – of potato meals (potatoes, potato meal with amaranth, potato meal with quinoa, potato meal with bulgur and potato meal with chicken fillet) were assessed using a 5-point hedonic scale. The obtained results are summarised in Table 9

The assessment of the degree of liking of overall appearance showed that potato meal with bulgur and potato meal with chicken fillet scored the highest marks, which did not differ significantly from one another. There were no differences in the degree of liking of aroma and structure between potato meal samples ($p>0.05$), whereas the degree of liking of taste was significantly different ($p<0.05$) between the samples. Panellists gave the highest marks to potato meal with bulgur and potato meal with chicken fillet, while the lowest score was given to potatoes (control). An identical trend was observed for the degree of liking of aftertaste, where significant differences between samples were found, and potato meal with bulgur and potato meal with chicken fillet received the highest scores. In general, such potato meals were found to be easy and convenient to use, and panellists expressed their desire to buy these potato meals for daily consumption.

CONCLUSIONS

1. *Consumers pay close attention to such factors as product quality, composition and price when making food choices. The development and implementation of ready-to-eat meals in the Latvian market is topical, as 67% of respondents expressed their desire to buy such products.*
2. *The addition of amaranth and quinoa to potatoes significantly increases the fibre content ($p <0.05$), while the addition of amaranth, quinoa, bulgur, chicken fillet significantly increases the protein content ($p <0.05$). All potato meals are low in fat and, according to Regulation (EC) No. 1924/2006, these meals can be defined as 'source of protein' and 'low-fat' products.*
3. *The mathematical model (D-value and Z-value) has been developed for optimal thermal treatment regime determination of potato meals (120 ± 0.5 °C, 9.48 minutes), which ensures microbiological safety and quality of products during 24-month storage at ambient temperature.*

4. Colour, hardness and moisture content of thermally treated potato meals in PA/PE and PA/EVOH/PE packaging during 8-month storage at 20 ± 2 °C has significant changes, whereas in PET/ALU/PA/PP packaging after 24 months' changes in these parameters are not significant.
5. Summarizing quality parameters, multilayer metallised polymer PET/ALU/PA/PP film is the most suitable packaging material for long-term storage of potato meals, because it is able to protect products against the adverse effects of external factors, ensuring minimal changes in product quality during 24-month storage period at 20 ± 2 °C temperature.
6. The analysis of the degree of liking of sensory properties showed that potato meal with bulgur and potato meal with chicken fillet scored the highest marks, while the lowest score was given to potatoes without additional ingredients.
7. The results of the study confirm the proposed hypothesis: optimal thermal treatment of potato meals in flexible packaging extends their shelf-life while maintaining the quality and safety of products.

Aija Ruzaiķe

LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE
PĀRTIKAS TEHNOLOGIJAS FAKULTĀTE

LATVIA UNIVERSITY OF LIFE SCIENCES AND TECHNOLOGIES
FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY

aja.ruzaike@gmail.com