



LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE
LATVIA UNIVERSITY OF AGRICULTURE

PĀRTIKAS TEHNOLOGIJAS FAKULTĀTE
FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY

Eva Ungure
Mg. sc. ing.

**PROGRESĪVĀ IEPAKOJUMA IETEKME UZ CUKURA
KONDITOREJAS IZSTRĀDĀJUMU KVALITĀTI**

***ADVANCED PACKAGING EFFECT ON THE QUALITY OF SUGAR
CONFECTIONERY PRODUCTS***

Promocijas darba kopsavilkums
inženierzinātņu doktora zinātniskā grāda iegūšanai
pārtikas zinātnes nozarē

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

Jelgava, 2013

Promocijas darba vadītāja /

Scientific supervisor: Doc., Dr. sc. ing. Sandra Muižniece-Brasava

Promocijas darba konsultante /

Scientific adviser: Prof., Dr. habil. sc. ing. Lija Dukalška

Oficiālie recenzenti / *Official reviewers:*

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

Asoc. prof. Dr. chem. **Ida Jākobsone** (Latvijas Universitāte / *Latvia University*)

Asoc. prof. Dr. chem. **Laimonis Mālers** (Rīgas Tehniskā universitāte / *Riga Technical University*)

Darba izstrāde un noformēšana veikta ar ESF projektu atbalstu. /

Doctoral thesis has been worked out by financial support of ESF projects.

- ESF projekta „Atbalsts LLU doktora studiju īstenošanai”, Vienošanās Nr. 2009/0180/1DP/1.1.2.1.2/09/IPIA/VIAA/017 (2010. gada septembris–2013. gada augusts);
- ESF projekta „Pārtikas nozares zinātniski pētnieciskās grupas izveide”, Vienošanās Nr. 2009/0232/1DP/1.1.1.2.0/09/APIA/VIAA/122 (2010. gada janvāris–augusts).



IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ

Promocijas darba aizstāvēšana notiks LLU Pārtikas zinātnes nozares promocijas padomes atklātajā sēdē 2013. gada 19. jūnijā plkst. 10:00 145. auditorijā Pārtikas tehnoloģijas fakultātē, Lielā ielā 2, Jelgavā.

The defence of the thesis in open session of the Promotion Board of Food Science will be held on June 19, 2013, at 10 a.m. in auditorium 145, at the Faculty of Food Technology of LUA, Liela iela 2, Jelgava.

Ar promocijas darbu un kopsavilkumu var iepazīties LLU Fundamentālajā bibliotēkā Lielā ielā 2, Jelgavā, LV-3001, un internetā (pieejams: http://llufb.llu.lv/promoc_darbi.html). Atsauksmes sūtīt Pārtikas zinātnes nozares promocijas padomes sekretārei LLU Pārtikas tehnoloģijas fakultātes docentei Dr. sc. ing. **I. Beitānei** (Liela iela 2, Jelgava, LV-3001, e-pasts: Ilze.Beitane@llu.lv).

The thesis is available at the Fundamental Library of the Latvia University of Agriculture, Liela iela 2, Jelgava LV-3001, and on internet: http://llufb.llu.lv/promoc_darbi.html. References are welcome to send to Dr. sc. ing. I. Beitane, the Secretary of the Promotion Board in sector of Food Science at LUA, Faculty of Food Technology, Lielā iela 2, Jelgava, LV-3001, Latvia or e-mail: Ilze.Beitane@llu.lv

KUDP"; 9: /; : 6/ 83/62/3/*qprkpg+

"

SATURS

PĒTĪJUMA AKTUALITĀTE	4
ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA	7
MATERIĀLI UN METODES	11
PĒTĪJUMA REZULTĀTI UN DISKUSIJA.....	19
1. Aptaujas rezultātu analīze.....	19
2. Iepakošanas tehnoloģiju ietekmes salīdzinājums uz šerbeta kvalitāti.....	20
3. Ar ziedputekšņiem bagātināts šerbets.....	25
4. Ar ziedputekšņiem bagātināts zefīrs	31
SECINĀJUMI.....	35

CONTENT

TOPICALITY OF THE RESEARCH.....	37
APPROBATION OF THE RESEARCH WORK	40
MATERIALS AND METHODS	40
RESULTS AND DISCUSSION	43
1. Analysis of inquiry results	43
2. Comparison of influence of packaging technologies on the sherbet quality	44
3. Sherbet enriched with bee pollen.....	46
4. Marshmallow enriched with bee pollen.....	48
CONCLUSION	50

PĒTĪJUMA AKTUALITĀTE

Konditorejas izstrādājumi ir iecienīta produkcija, bez kuras neiztikt ne ikdienā, ne svinīgos pasākumos. Cukura konditorejas izstrādājumi ir attīstīti gadsimtu gaitā, pieaugot patēriņu prasībām, pašlaik tie tiek izgatavoti neskaitāmās formās ar dažādu salduma pakāpi, garšas niansēm, aromātu un struktūru. Tie ir ļoti iecienīti naški bērniem un vecāka gadagājuma ļaudīm, līdz ar to šo produktu popularitāte un patēriņš pieaug (Duran et al., 2009; Маршалкина, 1978). Pētījumos noskaidrots, ka salda garša cilvēkam ir tīkamāka nekā sāļa vai rūgta. Saldas garšas pievilkība ir ģenētiski noteikta, un tā saistās ar garastāvokļa uzlabošanos, tā secinājuši amerikāņu pētnieki. Saldumus un to lietošanu saista ar tādām iezīmēm kā laimes izjūta un bauda (Edwards, 2000).

Cukura konditorejas izstrādājumu garšu pilnveide ir populāra jaunu produktu inovācija tirgū. Pie jaunākajām tendencēm var minēt saldumu bagātināšanu ar ingveru, kardamonu, sīvo papriku (čili pipars) un sāli. Zinātnieki pierādījuši, ka ziedputekšņiem ir liela nozīme bišu dzīves ciklā, tāpēc ir gluži saprotama cilvēku interese par to sastāvu un izmantošanas iespējām cilvēku uztura papildināšanai un pilnveidošanai. Ziedputekšņus lieto kā koncentrētu produktu, lai papildinātu uzturu ar vielām, kuru ikdienas uzturā ir ļoti maz vai vispār nav, bet kas cilvēka organismam ir nepieciešamas. Ziedputekšņi ir augstvērtīgs, bioloģiski aktīvs augu valsts produkts, kurā koncentrētas dzīva organismā uzbūvei un attīstībai nepieciešamās pamatlvielas: olbaltumvielas, tauki, oglhidrāti, minerālvielas, vitamīni. Ziedputekšņus cilvēki lieto pārtikā, bagātinot ikdienas uzturu ar šo organismam nepieciešamo vielu koncentrātu. Tāpēc, bagātinot cukura konditorejas izstrādājumus ar ziedputekšņiem, būtu iespējams papildināt uzturu ar bioloģiski aktīvām vielām.

Attīstoties cukura konditorejas izstrādājumu klāstam, aizvien aktuālāks klūst jautājums par minēto produktu nemainīgas kvalitātes saglabāšanu ilgāku laiku, patēriņājam ērtu lietošanu, kā arī iespēju produktu veiksmīgāk eksportēt.

Kvalitāte var būt atšķirīga katram individuālumam, bet kopumā ar kvalitāti saprot pārtikai (tajā skaitā saldumiem) piemītošo īpašību kopumu, kas nodrošina to spēju apmierināt patēriņāju vajadzības un izpaužas produkta ķīmiskajā sastāvā, fizikālajās īpašībās, izskatā, krāsā, smaržā, garšā un uzturvērtībā. Kvalitātes īpašību mērķis ir nodrošināt drošu, nekaitīgu, kā arī ar uzturvielām bagātu pārtiku.

Pašlaik konditorejas izstrādājumus tirdzniecībā Latvijā realizē divos veidos – kā sveramos produktus, ko izsver tirdzniecības vietās, un produkciju, kas safasēta jau ražotājuzņēmumos noteikta lieluma patēriņājiepakojumos ar konkrētu svaru.

Produktu nemainīgu kvalitāti realizācijas laikā būtiski ietekmē vide, kas apņem produktu. Skābekļa vidē pārtikas produktos notiek neatgriezeniskas izmaiņas, piemēram, tauki un eļļas oksidējas, tie klūst rūgti, produktos samazinās vitamīnu saturs, mainās krāsa, zūd aromātvielas, un norit aerobo

mikroorganismu attīstība. Pārtikas produktu kvalitātes pazemināšanos skābekļa klātbūtnē veicina arī paaugstināta temperatūra; mitrums; gaisma, īpaši ultravioleta starojums. Laika gaitā tiek radītas arvien jaunas iespējas, kā saglabāt pārtikas produktu kvalitāti, un zinātnieki vēl aizvien nāk klajā ar jaunām tehnoloģijām iepakošanas industrijā.

Mūsdienās viena no perspektīvākajām metodēm, kā pagarināt pārtikas produktu uzglabāšanas laiku, ir iepakošana izmainītā vidē – vakuumā vai aizsarggāzu vidē, kur skābekļa saturs tiek samazināts līdz minimumam, bet ogļskābās gāzes saturs palielināts, laujot produktu uzglabāšanas laiku pagarināt par dažām dienām vai pat vairākiem mēnešiem.

Aktīvais iepakojums ir novatoriska iepakojuma tehnoloģija, kuru veiksmīgi izmantojot iepakojumā iespējams samazināt skābekļa saturu $<0,1\%$, tādējādi būtiski pagarināt pārtikas produktu derīguma termiņu. Tas saglabā ražotāju un patēriētāju interesi par iespējamo pārtikas produktu kvalitāti un drošību.

Lai nodrošinātu nemainīgu produktu kvalitāti un pagarinātu realizācijas termiņu, ieteicams lietot iepakojuma materiālus ar augstām barjerīpašībām, kā arī meklēt jaunus risinājumus, jaunākās paaudzes biomateriālus un aktīvā iepakojuma tehnoloģijas.

Latvijā šādu padzījinātu, izvērstu zinātnisku pētījumu par iepakojuma tehnoloģiju un materiālu ietekmi uz cukura konditorejas izstrādājumu kvalitāti uzglabāšanas laikā pašlaik nav.

Vērtējot un analizējot zinātniskajā literatūrā un elektronisko resursu avotos pieejamo informāciju par cukura konditorejas izstrādājumiem un to kvalitāti uzglabāšanas laikā, promocijas darbam izvirzīta **hipotēze** – cukura konditorejas izstrādājumu realizācijas termiņu var pagarināt, izvēloties progresīvās iepakojuma tehnoloģijas un atbilstošus materiālus.

Pētījuma objekts: klasiskie un ar ziedputekšņiem bagātināti cukura konditorejas izstrādājumi – šerbets un zefīrs.

Promocijas darba **mērķis**: klasisko un ar ziedputekšņiem bagātinātu cukura konditorejas izstrādājumu – šerbeta un zefīra – kvalitātes izpēte uzglabāšanas laikā, izmantojot progresīvus iepakojuma risinājumus.

Darba mērķa sasniegšanai izvirzīti šādi **uzdevumi**:

- veikt cukura konditorejas izstrādājumu tirgus izpēti Latvijā, aptaujājot patērētājus par šerbeta un zefīra atpazīstamību, kvalitāti, pieprasījumu un optimālo iepakojumu;
- analizēt progresīvo iepakošanas tehnoloģiju ietekmi uz klasiskā un ar ziedputekšņiem bagātināta šerbeta fizikāli ķīmiskajiem rādītājiem un mikrobioloģisko kvalitāti uzglabāšanas laikā dažādos iepakojuma materiālos;
- izvērtēt dažādu iepakojuma tehnoloģiju un materiālu ietekmi uz klasiskā un ar ziedputekšņiem bagātinātā šerbeta sensoro īpašību izmaiņām uzglabāšanas laikā;

- pētīt progresīvo iepakojuma tehnoloģiju un materiālu ietekmi uz klasiskā un ar ziedputekšņiem bagātināta zefira fizikāli ķīmiskajiem rādītājiem un mikrobioloģisko kvalitāti uzglabāšanas laikā.

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

- cukura konditorejas izstrādājumu pieprasījumu tirgū nosaka produkta kvalitāte, kuru būtiski ietekmē realizācijas veids;
- šerbeta kvalitāti uzglabāšanas laikā būtiski ietekmē izmantotie iepakojuma materiāli un iepakošanas tehnoloģijas;
- ziedputekšņu pievienošana šerbetam būtiski izmaina produkta kvalitāti uzglabāšanas laikā dažādos iepakojumos, ietekmējot realizācijas termiņu;
- klasiskā un ar ziedputekšņiem bagātināta zefira kvalitāti uzglabāšanas laikā būtiski ietekmē izmantotie iepakojuma materiāli un tehnoloģijas.

Promocijas darba novitāte un zinātniskais nozīmīgums.

- Pētīta dažādu iepakošanas tehnoloģiju un iepakojuma materiālu ietekme uz cukura konditorejas izstrādājumu realizācijas laika pagarināšanu.
- Izvērtētas cukura konditorejas izstrādājumu fizikāli ķīmisko un mikrobioloģisko rādītāju izmaiņas uzglabāšanas laikā.
- Pētīta jaunāko dabai draudzīgo iepakojuma materiālu un aktīvā iepakojuma tehnoloģijas ietekme uz cukura konditorejas izstrādājumu realizācijas termiņu.
- Pētīti ar ziedputekšņiem bagātinātu cukura konditorejas izstrādājumu kvalitātes rādītāji, realizācijas termiņš un izvērtētas jauno produktu sensorās īpašības.

Promocijas darba tautsaimnieciskā nozīme.

- Cukura konditorejas izstrādājumu realizācijas termiņa pagarināšana, saglabājot saldumu kvalitāti, varētu palielināt tirgus pieprasījumu.
- Cukura konditorejas izstrādājumu realizācijas termiņa pagarināšana dos iespēju ražotājiem eksportēt produkciju uz ārvalstu realizācijas tirgiem.
- Ar ziedputekšņiem bagātinātie cukura konditorejas izstrādājumi ražošanā paplašinās patērētājiem piedāvājamo cukura konditorejas izstrādājumu sortimentu.

ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA

Pētījuma rezultāti apkopoti un publicēti 12 recenzējamos zinātniskajos izdevumos, tajā skaitā trīs publikācijas publicētas starptautiski citējamās datubāzēs „SCOPUS” un „EBSCOhost”, un monogrāfijā.

1. Ungure E., Muizniece-Brasava S., Dukalska L. (2012). Novatoriska iepakojuma ietekme uz piena pomādes konfekšu – šerbeta – kvalitāti uzglabāšanas laikā. (Influence of the innovative packaging on the quality of milk pomade sweets – sherbet during storage). Latvijas Lauksaimniecības universitātes Raksti. (*Iesniegts, pieņemts publicēšanai.*)
2. Dukalska L., Augspole I., Ungure E., Levkane V., Muizniece-Brasava S., Rakcejeva T., Krasnova I. (2012) Evalution of biodegradable packaging material influence on the shelf life and quality of different foods during storage. Latvijas Lauksaimniecības universitātes Raksti. (*Iesniegts, pieņemts publicēšanai.*)
3. Ungure E., Straumite E., Muizniece-Brasava S., Dukalska L. (2012) Sensory evaluation of milk pomade sweets – sherbet with bee pollen. In: Proceedings 7th International CIGR Technical Symposium, Towards a Sustainable Food Chain – Food Process, Bioprocessing and Food Quality Management. Dienvidāfrika, Stelenboša. (*Iesniegts, pieņemts publicēšanai.*)
4. Ungure E., Straumite E., Muizniece-Brasava S., Dukalska L. (2012) Consumers' attitude and sensory evaluation of marshmallow. In: International Conference „Nutrition and Health”. Latvija, Rīga. (*Iesniegts, pieņemts publicēšanai.*)
5. Ungure E., Muizniece-Brasava S., Dukalska L., Levkane V. (2012) Active packaging influence on the shelf life of milk pomade sweet – sherbet. In: World Academy of Science, Engineering and Technology (ISSN 2010–3778), Issue 67, Holande, Amsterdama, p. 1357–1363.
6. Ungure E., Muizniece-Brasava S., Dukalska L. (2011) Consumers' attitude to milk pomade sweet – sherbet consumption and its quality on the sales network of Latvia. In: Proceedings Research for Rural Development 2011 17th Annual International Scientific Conference (ISSN 1691-4031), Volume No 1, Latvija, Jelgava, p. 151–157. (In EBSCOhost; Academic Search Complete; CABI.)
7. Ungure E., Muizniece-Brasava S., Dukalska L. (2011) The dynamics of micro-organisms and water activity in marshmallow based chocolate coated candy *Maigums* during the storage time. In: Proceedings 7th International Congress of Food Technologists, Biotechnologists and Nutritionists. Horvātija, Opātija, p. 334–338 (elektroniskā formātā).

8. Ungure E., Dimins F., Muizniece-Brasava S., Dukalska L. (2011) Determination of sugar content in milk pomade sweet by high performance liquid chromatography at the shelf life. In: Journal of International Scientific Publications: Materials, Methods & Technologies (ISSN 1313-2539), Volume 5, Part 1, Bulgārija, Burgasa, p. 179–189 (elektroniskā formātā).
9. Ungure E., Muizniece-Brasava S., Dukalska L. (2011) Physical and microbiological parameters of packed milk pomade sweet – sherbet during storage time. In: Proceedings 6th International CIGR Technical Symposium, Towards a Sustainable Food Chain – Food Process, Bioprocessing and Food Quality Management. Francija, Nante, p. 14–17 (elektroniskā formātā). (In Scopus.)
10. Vorma (Ungure) E., Muizniece-Brasava S., Dukalska L. (2010) The change of hardness of milk pomade sweet – sherbet using vacuum packaging technologies. In: Proceedings International Conference on Food Innovation “Food Innova 2010”. Spānija, Valensija, p. 1–4 (elektroniskā formātā).
11. Vorma (Ungure) E., Muizniece-Brasava S., Dukalska L. (2010) Effect of packaging materials and technologies on the milk pomade sweet sherbet with crunchy peanut chips colour at the shelf life. In: Journal of International Scientific Publications: Materials, Methods & Technologies (ISSN 1313–2539), Vol. 4, Part 1, Bulgārija, Burgasa, p. 233–243 (elektroniskā formātā).
12. Vorma (Ungure) E., Muizniece-Brasava S., Dukalska L., Skalbe J. (2010) Shelf life extension of milk pomade sweet – sherbet with crunchy peanut chips by MAP in various packaging materials. In: World Academy of Science, Engineering and Technology (ISSN 2070-3724), Vol. 65, Part 2, Japāna, Tokija, p. 298–304. (In Scopus; EBSCOhost; Academic Search Complete.)

Monogrāfija

- Ungure E., Dukaļska L., Muižniece-Brasava S. (2012) Aktīvā iepakojuma ietekme uz šerbeta kvalitāti un derīguma termiņu. **No:** *Progresīvā iepakojuma tehnoloģijas pārtikas industrijā*. Redakcijā: L. Dukaļska, S. Muižniece-Brasava. Jelgavā: LLU, 2012, 87.–93. lpp.
- Ungure E., Muižniece-Brasava S., Dukaļska L., Kampuse S., Mūrniece I., Šabovics M., Dabiņa-Bicka I., Kozlinskis E., Sarvi S. (2012) Piena pomādes konfektes un augļu/ogu marmelādes bioloģiski sadalāmā iepakojumā. **No:** *Progresīvā iepakojuma tehnoloģijas pārtikas industrijā*. Redakcijā: L. Dukaļska, S. Muižniece-Brasava. Jelgavā: LLU, 2012, 172.–174. lpp.

Par rezultātiem ziņots 19 starptautiskajās zinātniskajās konferencēs un kongresos Latvijā, Bulgārijā, Dienvidāfrikā, Francijā, Horvātijā, Īrijā, Japānā, Nīderlandē, Spānijā, Vācijā, starptautiskajā pārtikas izstādē *Riga Food 2009, 2010, 2011* un izstādē *Ražots Latvijā 2010*.

1. Ungure E., Straumite E., Muizniece-Brasava S., Dukalska L. (2012) Sensory evaluation of milk pomade sweet – sherbet with bee pollen. 7th International CIGR Technical Symposium, Towards a Sustainable Food Chain – Food Process, Bioprocessing and Food Quality Management. Dienvidāfrika, Stelenboša, 25.–28. novembris, 2012. (stenda referāts / *poster presentation*)
2. Ungure E., Muizniece-Brasava S., Dukalska L. (2012) Shelf life extension of milk pomade sweet – sherbet. ILSI European 5th International Symposium on Food Packaging: Scientific Developments Supporting Safety and Innovation. Vācija, Berlīne, 14.–16. novembris, 2012. (stenda referāts / *poster presentation*)
3. Dukalska L., Augspole I., Ungure E., Levkane V., Muizniece-Brasava S., Rakcejeva T., Krasnova I. (2012) Evalution of biodegradable packaging material influence on the shelf life and quality of different foods during storage. ILSI European 5th International Symposium on Food Packaging: Scientific Developments Supporting Safety and Innovation. Vācija, Berlīne, 14.–16. novembris, 2012. (stenda referāts / *poster presentation*)
4. Ungure E., Muizniece-Brasava S., Dukalska L., Straumite E. (2012) Consumers' attitude and sensory evaluation of marshmallow. International Conference „Nutrition and Health”. Latvija, Rīga, 4.–6. septembris, 2012. (stenda referāts / *poster presentation*)
5. Ungure E., Muizniece-Brasava S., Dukalska L., Levkane V. (2012) Active packaging influence on the shelf life of milk pomade sweet – sherbet. ICAFE 2012: International Conference on Agricultural and Food Engineering. Nīderlande, Amsterdama, 24.–27. jūlijs, 2012. (mutiskais referāts / *oral presentation*)
6. ESOF 2012: Euroscience Open Forum 2012, Īrija, Dublina: 11.–15. jūlijs. Dalība LLU zinātniskajā stendā ar prezentāciju „Sugar confectionery – sherbet and marshmallow”.
7. Ungure E., Muizniece-Brasava S., Dukalska L., Levkane V. (2012) Quality changes of milk pomade sweets – sherbet packed in biodegradable and active packaging during storage time. 18th International Conference for Renewable Resources and Plant Biotechnology, NAROSSA. Vācija, Magdeburga, 4.–5. jūnijs, 2012. (stenda referāts, mutiskais referāts / *poster presentation, oral presentation*)
8. Ungure E., Muizniece-Brasava S., Dukalska L. (2011) The dynamics of micro-organisms and water activity in marshmallow based chocolate coated candy *Maigums* during the storage time. 7th International Congress of Food Technologists, Biotechnologists and Nutritionists. Horvātija, Opātija, 20.–23. septembris, 2011. (stenda referāts / *poster presentation*)

9. Ungure E., Muižniece-Brasava S., Dukaļska L. (2011) Inovatīvs produkts – *Maigums* ar ziedputekšņiem. 16. starptautiskā pārtikas izstāde “Riga Food 2011”. Seminārā “Inovācijas pārtikas nozarē. Garšīgā zinātne mūsu veselībai” Latvija, Rīga, 7.–10. septembris, 2011. (mutiskais referāts / *oral presentation*)
10. Ungure E., Dimins F., Muizniece-Brasava S., Dukalska L. (2011) Determination of sugar content in milk pomade sweet by high performance liquid chromatography at the shelf life. 13th International Symposium „Materials, Methods & Technologies (MMT)”. Bulgārija, Burgasa, 7.–11. jūnjs, 2011. (stenda referāts / *poster presentation*)
11. Ungure E., Muizniece-Brasava S., Dukalska L. (2011) Consumers' attitude to milk pomade sweet – sherbert consumption and its quality on the sales network of Latvia. Annual 17th International Scientific Conference „Research for Rural Development 2011”, Latvija, Jelgava, 18.–20. maijs, 2011. (mutiskais referāts / *oral presentation*)
12. Ungure E., Muizniece-Brasava S., Dukalska L. (2011) Physical and microbiological parameters of packed milk pomade sweet – sherbet during storage time. 6th International CIGR Technical Symposium, Towards a Sustainable Food Chain – Food Process, Bioprocessing and Food Quality Management. Francija, Nante, 18.–20. aprīlis, 2011. (stenda referāts / *poster presentation*)
13. Vorma (Ungure) E., Muizniece-Brasava S., Dukalska L. (2010) The change of hardness of milk pomade sweet – sherbet using vacuum packaging technologies. International Conference on Food Innovation “Food Innova 2010”. Spānija, Valensija, 25.–29. oktobris, 2010. (stenda referāts / *poster presentation*)
14. Ungure E., Muižniece-Brasava S., Dukaļska L. (2010) Šerbets sīkajā iepakojumā. 15. starptautiskā pārtikas izstāde “Riga Food 2010”. Zinātniski praktiskajā seminārā “Pētniecība un inovācijas pārtikas nozarē” sadaļā „Inovācijas pārtikas produktu iepakošanā”. Latvija, Rīga, 10. septembris, 2010. (mutiskais referāts / *oral presentation*)
15. Vorma (Ungure) E., Muizniece-Brasava S., Dukalska L. (2010) Effect of packaging materials and technologies on the milk pomade sweet sherbet with crunchy peanut chips colour at the shelf life. 12th International Symposium „Materials, Methods & TechnologIES (MMT)”. Bulgārija, Burgasa, 11.–15. jūnjs, 2010. (stenda referāts / *poster presentation*)
16. Vorma (Ungure) E., Muizniece-Brasava S., Dukalska L., Skalbe J. (2010) Shelf life extension of milk pomade sweet – sherbet with crunchy peanut chips by MAP in various packaging materials. Conference World Academy of Science, Engineering and Technology 2010. Japāna, Tokija, 26.–28. maijs, 2010. (mutiskais referāts / *oral presentation*)

17. Vorma (Ungure) E., Muižniece-Brasava S., Dukaļska L. (2010) Piena pomādes konfekšu kvalitātes izmaiņas uzglabāšanas laikā. Latvijas Lauksaimniecības universitātes zinātniski praktiskā konference „Augstskolu pētnieciskais potenciāls – reģionālās attīstības veicināšanai”. Latvija, Jelgava, 6. maijs, 2010. (stenda referāts / poster presentation)
18. Vorma (Ungure) E., Muižniece-Brasava S., Dukaļska L. (2010) Iepakojuma tehnoloģiju ietekme uz piena pomādes konfekšu cietības izmaiņām uzglabāšanas laikā. Izstāde „Ražots Latvijā 2010”, Latvija, Rīga 25.–27. marts, 2010. (stenda referāts / poster presentation)
19. Vorma (Ungure) E., Dukaļska L., Kunkulberga D., Muižniece-Brasava S. (2009) Iepakojuma tehnoloģiju ietekme uz piena pomādes konfekšu kvalitāti uzglabāšanas laikā. Starptautiskā izstāde “Riga Food 2009”, Latvija, Rīga, 9.–12. septembris, 2009. (stenda referāts / poster presentation)

MATERIĀLI UN METODES

Pētījumu laiks un vieta

Eksperimenti veikti laikā no 2009. gada septembra līdz 2012. gada septembrim. Pētījumi veikti:

- Latvijas Lauksaimniecības universitātes Pārtikas tehnoloģijas katedras Iepakojuma materiālu īpašību izpētes laboratorijā;
- LLU Pārtikas tehnoloģijas katedras Sensoro analīžu laboratorijā;
- AS *Laima* laboratorijās;
- Latvijas Lauksaimniecības universitātes Agronomisko analīžu zinātniskajā laboratorijā;
- pārtikas drošības, dzīvnieku veselības un vides zinātniskais institūts "BIOR".

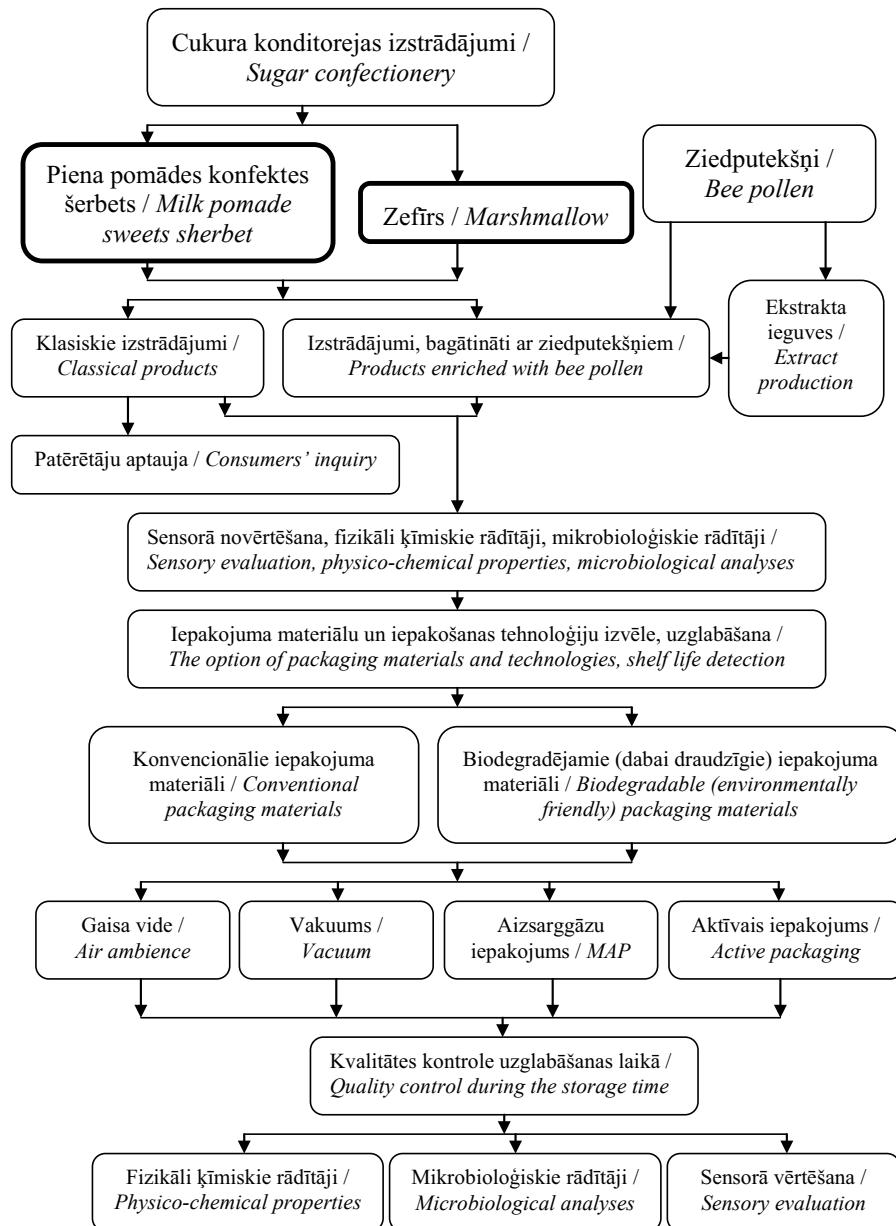
Pētījumā izmantotie materiāli

Pētījuma objekts – cukura konditorejas izstrādājumi:

- piena pomādes konfekte – šerbets;
- zefīrs.

Pētījumu struktūra

Pētījumā vērtētas pašlaik visplašāk lietotās tradicionālās iepakošanas tehnoloģijas (gaisa vidē, vakuumā un aizsargķķi vidē) konvencionālajos iepakojuma materiālos un inovatīvos (dabai draudzīgos) iepakojuma materiālos, kā arī izmantota viena no mūsdienu jaunākajām iepakošanas tehnoloģijām – aktīvais iepakojums – un pētīta tā ietekme uz cukura konditorejas izstrādājumu kvalitāti uzglabāšanas laikā. Izstrādātas vispārīgas tehnoloģijas šerbeta un zefīra bagātināšanai ar ziedputekšņiem. Pētījuma struktūra parādīta 1. attēlā.



**1. att. Pētījuma struktūra /
Fig. 1. Structure of the research**

Patērētāju aptauja

Lai noskaidrotu Latvijas patērētāju viedokli par šerbetu un zefīru, to kvalitāti, pieprasījumu, optimālo iepakojumu un noformējumu, izmantota sociālo pētījumu kvantitatīvā pieeja. Tā paredz izmantot lielus sociālās informācijas apjomus sabiedrībā notiekošo procesu tendenču noskaidrošanai un palīdz dažādu klientu grupu apsekošanā tirgus pētījumos. Šī pētījuma ietvaros kā kvantitatīvās pieejas datu ieguves metode izmantota patērētāju aptauja, kas realizēta anketēšanas veidā.

Iepakojuma materiālu raksturojums

Ņemot vērā cukura konditorejas izstrādājumu realizācijas veidus tirgū, to uzglabāšanas nosacījumus un iepakošanas materiālu īpašības, produktu kvalitātes izpētei pētījumā lietoti konvencionālie iepakojuma materiāli, to raksturojums apkopots 1. tabulā. Aizvien pieaugot ražotāju un patērētāju interesei par dabai draudzīgo iepakojumu, šobrīd vairākus biodegradējamos polimērus veidus no dažādām kategorijām lieto pārtikas iepakojumam ar ievērojamu potenciālu nākotnē. Pētījumā lietotie dabai draudzīgie iepakojuma materiāli raksturoti 2. tabulā.

1. tabula / *Table 1*

Eksperimentos lietoto konvencionālo iepakojuma materiālu raksturojums / Characteristics of conventional packaging materials used in experiments

Iepakojuma materiāls / Packaging material	Raksturojums un sastāvs / Characteristics and composition	Biezums δ, μm / Thickness δ, μm	Iepakotais produkts / Packed product
OPP	Vienslāņa, caurspīdīgs, OPP / <i>Single layer, transparent OPP</i>	40±2	Šerbets, zefīrs / <i>Sherbet,</i> <i>marshmallow</i>
Multibarrier 60 HFP	Caurspīdīgs lamināts, APA/TIE/PA/EVOH/PA/TIE/PE/PE/ <i>Transparent laminate,</i> <i>APA/TIE/PA/EVOH/PA/TIE/PE/PE</i>	60±2	Šerbets, zefīrs / <i>Sherbet,</i> <i>marshmallow</i>
BIALON 50 HFP	Matēti balts, lamināts, BOPA/PE, <i>Frosty white, laminate, BOPA/PE</i>	50±3	Šerbets / <i>Sherbet</i>
BIALON 65 HFP	Caurspīdīgs lamināts, BOPA/PE / <i>Transparent laminate, BOPA/PE</i>	65±3	Šerbets / <i>Sherbet</i>
PP	Vienslāņa, caurspīdīgs PP/ <i>Single layer, transparent PP</i>	40±2	Šerbets, zefīrs / <i>Sherbet,</i> <i>marshmallow</i>
met. BOPET/PE	Metalizēts lamināts BOPET/ALU/PE, /Metallised <i>laminate BOPET/ALU/PE</i>	65±2	Šerbets, zefīrs / <i>Sherbet,</i> <i>marshmallow</i>
Aluthen	Metalizēts lamināts PET/ALU/PE / <i>Metallised laminate PET/ALU/PE</i>	80±2	Šerbets / <i>Sherbet</i>

2. tabula / Table 2

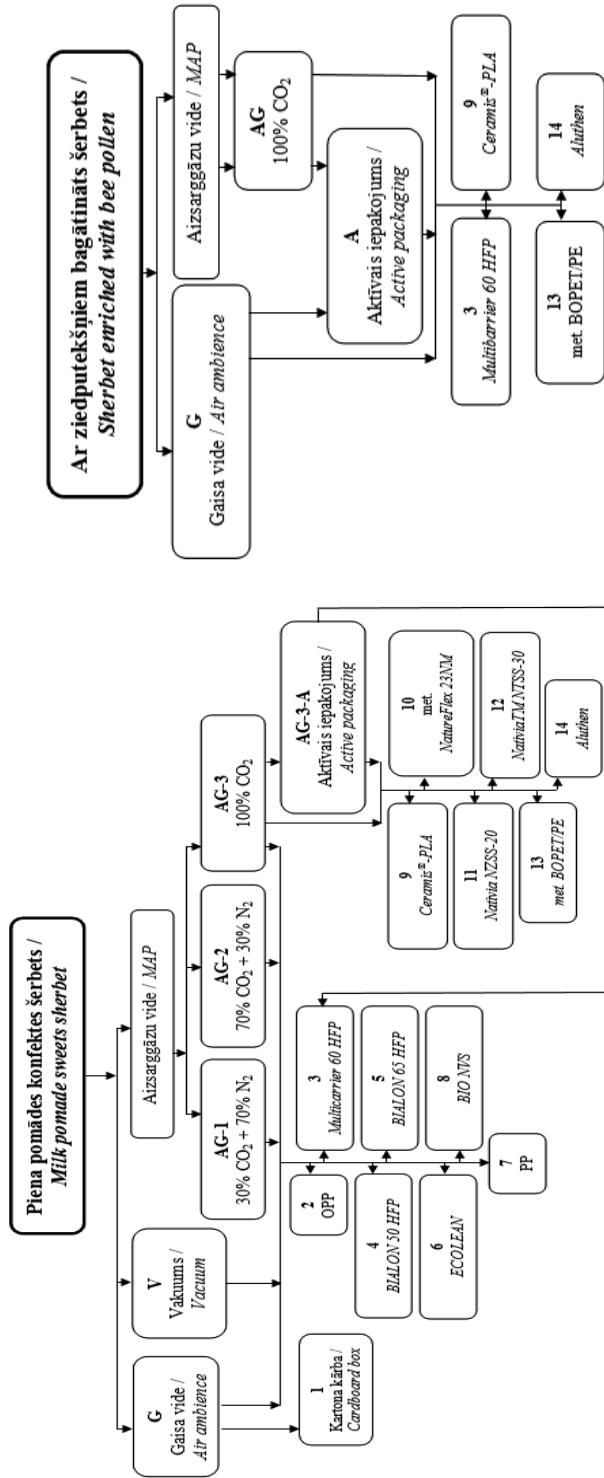
**Ekspериментос лиетото биодеградējamo iepakojuma materiālu raksturojums /
Characteristics of biodegradable packaging materials used in experiments**

Iepakojuma materiāls / Packaging material	Raksturojums un sastāvs / Characteristics and composition	Biezums δ , μm / Thickness δ , μm	Iepakotais produkts / Packed product
BIO NVS	Vienslāņa, caurspīdīgs, NVS biodegradējamā plēve uz celofāna bāzes / Single layer, transparent, cellophane based biodegradable NVS film	25±1	Šerbets / Sherbet
Ceramis® - PLA	PLA, pārklāts ar SiO_2 – ar augstām barjerīpašībām / PLA coated with SiOx High barrier properties	60±2	Šerbets, zefīrs / Sherbet, marshmallow
met. NatureFlex 23NM	Metalizēta virsma/starpkārta/ caurspīdīga celulozes plēve/ pārklājums /Metallised surface/ coating/transparent cellulose film/coating	23±2	Šerbets / Sherbet
Nativia™ NTSS-30	Caurspīdīga BOPLA / Transparent BOPLA	30±2	Šerbets / Sherbet
Nativia™ NZSS-20	Metalizēta BOPLA plēve / Metallised BOPLA film	20±2	Šerbets / Sherbet
ECOLEAN	Vienslāņa, balts, 40% Ca/60% PE / Single layer, white, 40% Ca/60% PE	78±4	Šerbets / Sherbet

Paraugu sagatavošana un uzglabāšana

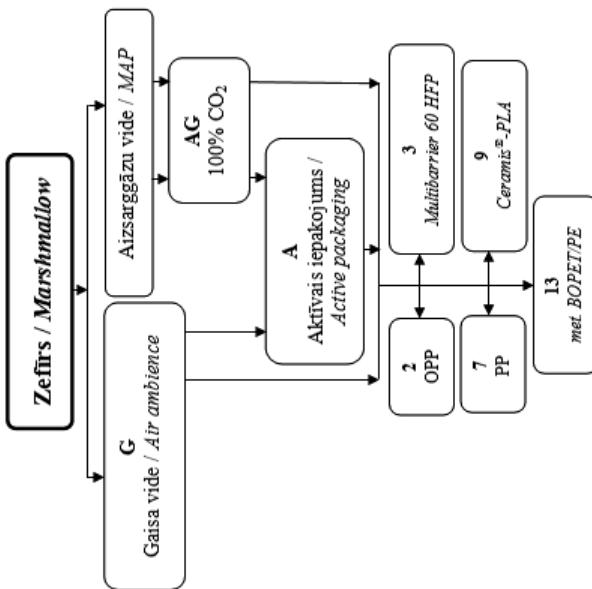
Piena pomādes konfektes – šerbets. Šerbets iepakots pa diviem gabaliņiem katrā iepakojumā, kopējā produkta masa vienā iepakojumā – 60 ± 2 g. Katra iepakojuma maisiņa lielums 80 mm x 120 mm. Paraugi iepakoti gaisa vidē, vakuumiepakojumā, aizsarggāzu vidē un aktīvajā iepakojumā, uzglabāti istabas temperatūrā $+18,0\pm3,0$ °C, gaisa relatīvais mitrums (RH) 40%. Paraugi analizēti pirms iepakošanas (0. dienā) un pēc 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 un 16 uzglabāšanas nedēļām. Klasiskā un ar ziedputekšņiem bagātināta šerbeta iepakošanai izmantoto tehnoloģiju un materiālu shēma parādīta 2. un 3. attēlā.

Zefīrs. Katrā iepakojumā ievietots viens zefīra gabaliņš (masa – 14 ± 1 g), iepakojuma lielums 80 x 80 mm. Paraugi iepakoti gaisa vidē un uzglabāti istabas temperatūrā $+18,0\pm3,0$ °C, gaisa relatīvais mitrums (RH) 40%. Paraugi analizēti pirms iepakošanas (0. dienā) un pēc 4, 8, 12, 16 un 20 uzglabāšanas nedēļām. Klasiskā un ar ziedputekšņiem bagātināta zefīra iepakošanai izmantoto tehnoloģiju un materiālu shēma parādīta 4. un 5. attēlā.

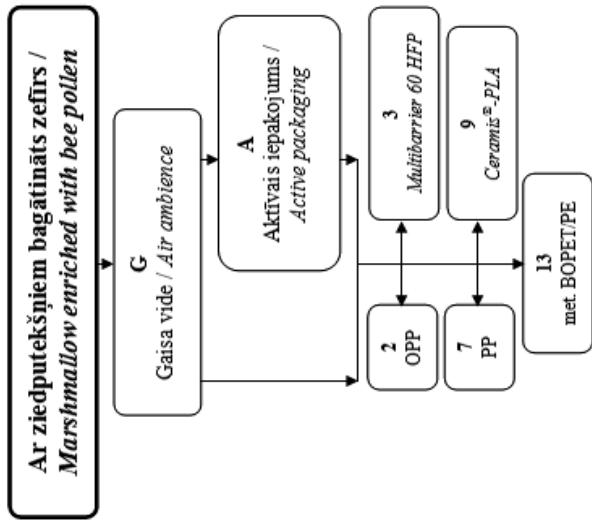


2. att. Šerbeta iepakošanai izmantoto iepakojuma materiālu un iepakošanas tehnoloģiju shēma /
Fig. 2. Scheme of used packaging materials and packaging technologies for sherbet packaging

3. att. Ar ziedputekšņiem bagātināta šerbeta iepakošanai izmantoto iepakojuma materiālu un iepakošanas tehnoloģiju shēma /
Fig. 3. Scheme of used packaging materials and packaging technologies for packaging of sherbet enriched with bee pollen



4. att. Zefira iepakošanai izmantoto iepakojuma materiālu un iepakošanas tehnoloģiju shēma / Fig. 4. Scheme of used packaging materials and packaging technologies for marshmallow packaging



5. att. Ar ziedputekšņiem bagātināta zefira iepakošanai izmantoto iepakojuma materiālu un iepakošanas tehnoloģiju shēma / Fig. 5. Scheme of used packaging materials and packaging technologies for packaging of marshmallow enriched with bee pollen

Iepakošanas tehnoloģiju raksturojums

Iepakošana gaisa vidē.

Pašlaik visbiežāk lietotais cukura konditorejas izstrādājumu iepakojums tirdzniecībā ir gaisa vidē kartona kārbās, caurspīdīgos PP maisiņos un metalizēta PP pakās.

Iepakošana izmaiņtā vidē.

Iepakojums vakuumā. Produktus ievieto iepriekš termiski sakausētos maisiņos, kas izgatavoti no polimēra materiālu plēves, pēc produkta ievietošanas no iepakojuma aizvada gaisu jeb rada vakuumu, paku hermētiski aizkausē (Robertson, 2006).

Iepakojums aizsarggāzu vidē. Produktus iepako materiālos ar dažādām barjerīpašībām. Pārtikas iepakojumam lieto aizsarggāzes – oglekļa dioksīdu CO₂ (E 290) un slāpekli N₂ (E 941), ko piegādā SIA „AGA”. Eksperimentos izmantoti šādi gāzu maisījumi: 30% CO₂ un 70% N₂; 70% CO₂ un 30% N₂; 100% CO₂. Iepriekš sagatavotos plēves maisiņos ievieto produktu, no maisiņiem aizvada gaisu, ievada gāzu jaucējā KM 100-2MEM iepriekš sagatavoto gāzu maisījumu, tad paku hermētiski aizkausē (Robertson, 2006).

Aktīvais iepakojums. No polimēru materiāliem izveidotajos iepakojumos ievieto produktu, īsi pirms iepakojuma hermētiskas aizkausēšanas tajos ievieto skābekļa absorbents *Ageless*. Iepakojumā ievietotās paketes paredzētas, lai samazinātu skābekļa (O₂) līmeni iepakojumā līdz mazāk nekā 0,01%. Eksperimentiem izvēlētais aktīvā absorbenta paketes ar skābekļa adsorbcijas spēju 100 cm³, tā darbība pamatojas uz dzelzs oksīda reakciju ar skābekli. Lai panāktu efektīvāku skābekļa aizvadīšanu, iepakojumos aktīvais absorbents kombinēts ar aizsarggāzu vidi (100% CO₂).

Pētījumā noteiktie rādītāji un lietotās metodes

Promocijas darbā noteiktie rādītāji un lietotās metodes apkopotas 3. tabulā. Šerbeta kvalitāti iepakojumā uzglabāšanas laikā raksturo šādi nozīmīgie fizikāli ķīmiskie rādītāji: krāsa, ūdens aktivitāte, masas zudumi, cietība, mitruma saturs. Tie noteikti produktu iepakošanas dienā, kā arī paraugu uzglabāšanas laikā pēc 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 un 16 nedēļām.

Zefīra kvalitāti iepakojumā raksturo šādi nozīmīgi fizikālie rādītāji: ūdens aktivitāte, masas zudumi, mitruma saturs, blīvums. Tie noteikti produkta iepakošanas dienā, kā arī paraugu uzglabāšanas laikā reizi četrās nedēļās – līdz divdesmit uzglabāšanas nedēļām.

Sensoro īpašību vērtējums. Izmantojot sensorās vērtēšanas aprakstošās metodes, vispirms veikta vērtētāju atlase un apmācība. Darbam atlasīti 6 eksperti (vidējais vecums 37 gadi). Pirms sensorās vērtēšanas veikta references produkta novērtēšana un vērtēšanas lapu izstrāde, pamatojoties uz vienotu ekspertu izpratni par produktu raksturojošām iezīmēm. Izvēlētie eksperti, izvērtējot šerbeta cietības izmaiņas uzglabāšanas laikā dažādos iepakojuma materiālos un uzglabāšanas vidēs, izmantojot piecu punktu hēdonisko skalu (5 – viegli sakožams, mīksts, 1 – ļoti ciets), noteica paraugu cietības pakāpi (ISO 4121:2003).

Ar ziedputekšņiem bagātināta šerbeta un zefira paraugu patikšanas pakāpe noteikta izmantojot hēdonisko skalu (ISO 4121:2003). Savukārt, izmantojot līnijskalu (ISO 4121:2003), noteikta kontroles šerbeta un ar 1,5% ziedputekšņiem bagātināta šerbeta sensoro īpašību intensitāte.

3. tabula / Table 3
Fizikāli ķīmisko rādītāju noteikšanas metodes /
Determination methods of physical and chemical parameters

Nr. p.k. / No	Rādītāji / Parameters	Testa metodes / Test methods	Analizētais produkts / Analysed product
1.	Krāsa / Colour	CIE L*a*b* krāsu sistēma/ CIE L*a*b* colour system	Šerbets / Sherbet
2.	Ūdens aktivitāte / Water activity (a_w)	ISO 21807:2004	Šerbets, zefīrs / Sherbet, marshmallow
3.	Blīvums / Density, kg m^{-3}	Gravimetrija / Gravimetry	Zefīrs / Marshmallow
4.	Masas zudumi / Mass losses, %	Svēršanas metode / Method of weighing	Šerbets / Sherbet
5.	Mitruma satus / Moisture content, %	Svēršanas metode / Method of weighing	Šerbets / Sherbet
6.	Cietība / Hardness, N	Struktūras analizators / Texture analyser TA.XT.plus.	Šerbets / Sherbet
7.	K, Ca, Mg, Na, Zn, Fe, Cu, mg 100 g ⁻¹	Atomu absorbcijas metode / Atomic absorption method AOAC Official Method 999.11	Šerbets, zefīrs, ziedputekšņi / Sherbet, marshmallow, bee pollen

Mikrobioloģisko rādītāju noteikšanai lietotās metodes. Mezofili aerobo un fakultatīvi anaerobo mikroorganismu (MAFAM) koloniju veidojošo vienību skaita noteikšana – lietota standarta metode LVS EN ISO 4833:2003. Raugu un pelējumu koloniju veidojošo vienību skaita noteikšanai – LVS ISO 21527-2:2008.

Datu matemātiskā apstrāde

Darba pētnieciskajā sadaļā attēli un tabulas izveidotas un aprēķini veikti *MS Excel* programmā un *SPSS 16* statistikas programmā. Izvirzītās hipotēzes pārbaudītas ar p vērtības metodi. Faktori novērtēti kā būtiski, ja p vērtība $<\alpha_{0,05}$. Rezultātu interpretācijai pieņemts, ka $\alpha=0,05$ ar 95% ticamību, ja nav norādīts citādi (Bower, 2009; Marques de Sa, 2007; Casatura, Findaly, 2006; Field, 2005).

Izmantoti šādi testi un analīzes: vienfaktoru un divfaktoru dispersijas analīze (ANOVA), Tjūkija tests, korelācijas un regresijas analīze, kā arī mazāko kvadrātu metode. Izvērtējot dažādu pazīmju savstarpējo kopsakarību, lieto korelācijas un regresijas analīzi un mazāko kvadrātu metodi. Ja sakarība starp pazīmēm ir lineāra, determinācijas koeficients sakrīt ar korelācijas koeficientu: R^2 vienāds ar r^2 . Ja korelācijas koeficiente vērtība ir $0,5 \leq |r| \leq 0,8$, starp pētāmajām pazīmēm ir vidēji cieša lineārā sakarība. Ja $|r| > 0,8$, tad starp pētāmajām pazīmēm ir cieša lineārā sakarība (Arhipova, Bāliņa, 2006).

PĒTĪJUMA REZULTĀTI UN DISKUSIJA

1. Aptaujas rezultātu analīze

Lai noskaidrotu Latvijas patēriņāju viedokli par šerbeta un zefīra piedāvājumu tirgū, tā kvalitāti, optimālo iepakojuma apjomu un noformējumu, izmantota sociālo pētījumu kvantitatīvā metode. Aptaujā atbildes par šerbetu sniedza 800 respondenti (32% vīriešu, 68% sieviešu, savukārt par zefīru – 900 respondentu (28% vīriešu, 72% sieviešu).

Apkopojojot rezultātus iegūtie dati liecina, ka minētie konditorejas izstrādājumi ir Latvijā labi pazīstami, un iecienīti, bet respondenti vērš uzmanību uz vairākiem kvalitātes trūkumiem, kas novēroti minēto cukura konditorejas izstrādājumu realizācijas laikā. Šerbetam kā būtiskākie trūkumi norādīti cietība un iespēja iegādāties produktu kā izsveramu preci tirdzniecības vietā. Savukārt zefīram – ikdienas patēriņam nepraktisks iepakojums.

Analizējot šerbeta biežāk novērotos defektus, 553 ($n > 800$) respondenti atzīmēja, ka tas gandrīz vienmēr ir par cietu. Šo šerbeta defektu varētu skaidrot ar pašreiz tirgū esošo šerbeta iepakojumu, kas ir kartona kaste (5 kg). Noskaidrojot respondētu viedokli par optimālo šerbeta un zefīra daudzumu vienā iepakojumā (tirgojot produktu kā gabalpreci), konstatēts, ka lielākā daļa respondētu norādījuši – optimāli tie varētu būt 2–6 gabaliņi vienā iepakojumā, kas paradzēti ikdienas patēriņam. Izvērtējot respondētu zināšanas par iepakojuma materiālu iespējamo ietekmi uz produktu kvalitāti uzglabāšanas laikā, konstatēts, ka tikai puse respondētu (50,2%) zina to, ka dažāda veida iepakojums var atšķirīgi ietekmēt šerbeta kvalitāti uzglabāšanas laikā.

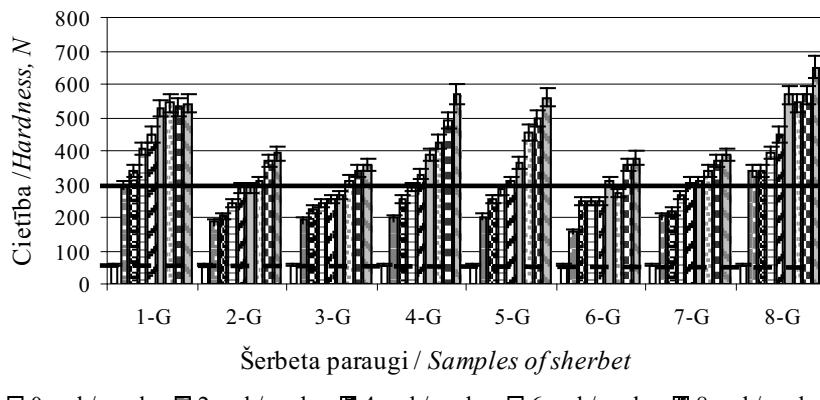
Aptauju rezultātā noskaidrots, ka patēriņāji labprāt tirgus piedāvājumā redzētu arī ar ziedputešķiem bagātinātus cukura konditorejas izstrādājumus, jo tie būtu ne vien tikai ar savdabīgu garšu, bet arī ar paaugstinātu uzturētību.

Apkopojojot aptaujā iegūtos rezultātus, var secināt, ka Latvijas tirgū varētu palielināt cukura konditorejas izstrādājumiem pieprasījumu, nodrošinot nemainīgu kvalitāti uzglabāšanas laikā, kā arī patēriņājiem piedāvātu produktus nelielos iepakojumos kā gabalpreci.

2. Iepakošanas tehnoloģiju ietekmes salīdzinājums uz šerbeta kvalitāti

Šebetu tirdzniecības tīklā piedāvā kā sveramu preci (kartona kārbās). To realizācijas termiņš ir 45–60 dienas. Lai arī realizācijas termiņš ir gandrīz divi mēneši, tomēr jāatzīst, ka produkta kvalitātei raksturīgās iezīmes zūd daudz ātrāk – tas zaudē mitrumu un sacietē.

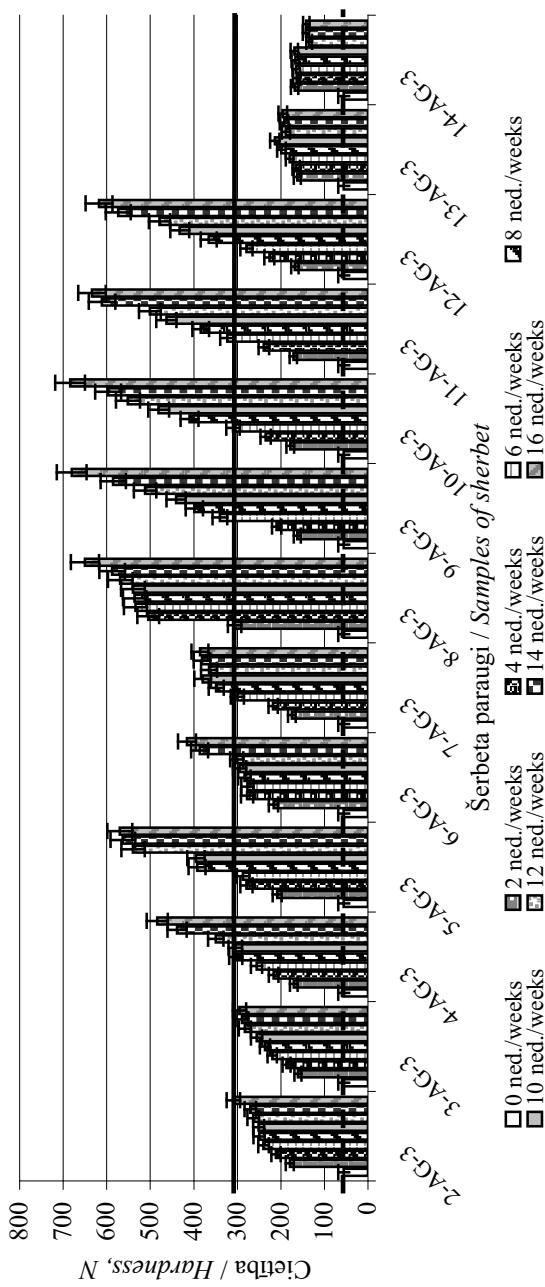
Lai noskaidrotu iepakojuma ietekmi uz cukura konditorejas izstrādājumu šerbeta kvalitāti, salīdzinātas produkta cietības izmaiņas uzglabāšanas laikā gaisa vidē (6. att.) un 100% CO₂ aizsarggāzu vidē (7. att.) dažādos iepakojuma materiālos. Izmantojot piecu punktu hēdonisko skalu, noteikta paraugu cietības robeža, kad produkts vēl ir pieņemams lietošanai. Sensorā vērtēšana veikta līdztekus instrumentāli analizētajiem cietības mērījumiem. Salīdzinot ekspertu sensoro vērtējumu rezultātus ar instrumentāli noteiktajiem cietības mērījumiem, konstatēts, ka produkts ir uzskatāms par lietojamu līdz tā cietības nepārsniedz 300 N.



6. att. Šerbeta cietības dinamika uzglabāšanas laikā gaisa vidē / Fig. 6. The dynamics of sherbet hardness during the storage time in air ambience

1-G – kartona kārba / cardboard box; 2-G – OPP; 3-G – Multibarrier 60 HFP; 4-G – BIALON 50 HFP; 5-G – BIALON 65 HFP; 6-G – ECOLEAN; 7-G – PP; 8-G – BIO NVS.

— Sensori noteiktā paraugu cietības robeža / Sensory estimated maximum hardness level
 — — Sākotnējā šerbeta cietība 55,80±2,96 N / Initial hardness of sherbet 55,80±2,96 N



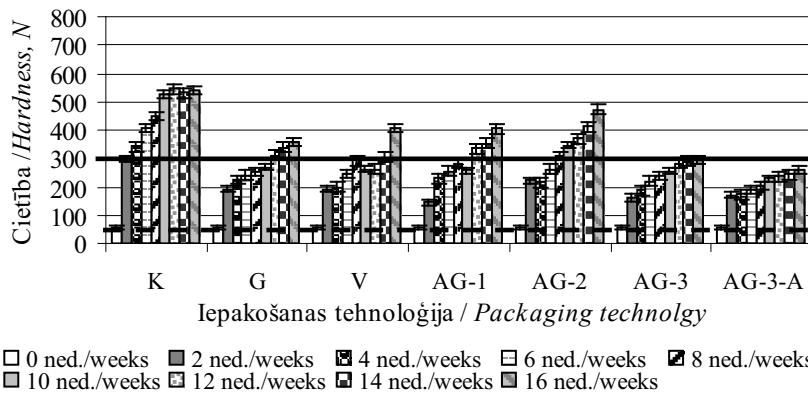
7. att. Šerbeta cieftības dinamika uzglabāšanas laikā aizsargāzū (100% CO_2) iepakojumā /
Fig. 7. The dynamics of sherbet hardness in MAP (100% CO_2) during the storage time

2-AG-3 – OPP; 3-AG-3 – Multibarrier 60 HFP; 4-AG-3 – BIALON 50 HFP; 5-AG-3 – ECOLEAN; 6-AG-3 – PP;
8-AG-3 – BIOPNT'S; 9-AG-3 – Ceramis® PL4; 10-AG-3 – met. NatureFlex 23NM; 11-AG-3 – Nativia™ NTSS-30;
12-AG-3 – Nativia™ NZSS-20; 13-AG-3 – met. BOPET/PE; 14-AG-3 – Aluthen.

— Sensori noteiktā paraugu robeža / Sensory estimated maximum hardness level
— — Sākotnējā Šerbeta cietaiba 55,80±2,96 N / Initial hardness of sherbet 55,80±2,96 N

Redzams, ka iepakojuma materiāla ietekme uz produkta cietību uzglabāšanas laikā ir būtiski atšķirīga ($p<0,05$). Sākotnējā šerbeta cietība tika noteikta $55,80\pm2,96$ N. Salīdzinot gaisa vidē un aizsarggāzu vidē uzglabātos paraugus, novērots, ka pastāv būtiska ($p<0,05$) atšķirība starp paraugiem. Kartona kārbā esošais paraugs jau pēc divu nedēļu uzglabāšanas ir sasniedzis 300 N cietības robežu. Biodegradējamos iepakojuma materiālos šerbetu var uzglabāt 2 līdz 6 nedēļas. Savukārt pārējos iepakojuma materiālos šerbetu var uzglabāt no 6 līdz 16 nedēļām.

Salīdzinot iepakošanas tehnoloģiju ietekmi uz šerbeta cietības izmaiņām uzglabāšanas laikā, novērots, ka šerbeta uzglabāšanas laiks vienā iepakojuma materiālā ir atšķirīgs (8. att.). Ja kartona kārbā ieteicamais realizācijas termiņš ir divas nedēļas, tad *Multibarrier 60 HFP* iepakojumā tas svārstās no 8 līdz 16 nedēļām. Jāatzīmē, ka *Multibarrier 60 HFP* iepakojumā 100% CO₂ vidē šerbeta realizācijas termiņš tiek nodrošināts līdz 16 nedēļām, tomēr aktīvajā iepakojumā šajā pašā laikā tā cietība ir par 11,5% mazāka, kas vērtējams pozitīvi.



8. att. Šerbeta cietības dinamika uzglabāšanas laikā *Multibarrier 60 HFP* iepakojumā uzglabāšanas laikā /

Fig. 8. The dynamics of sherbet hardness *Multibarrier 60 HFP* material in during the storage time

K – kartona kārba / cardboard box; G – gaisa vide / air ambience;

V – vakuumiepakojums / vacuum packaging;

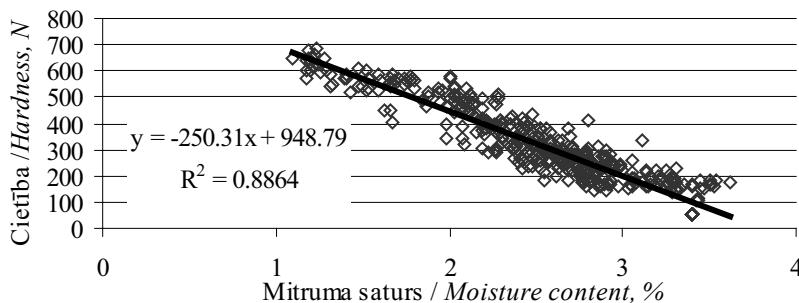
AG-1 – 30% CO₂+70% N₂; AG-2 – 70% CO₂+30% N₂; AG-3 – 100% CO₂;

AG-3-A – 100% CO₂ + skābekļa absorbents / oxygen absorber.

— Sensori noteiktā paraugu cietības robeža / Sensory estimated maximum hardness level
 — Sākotnējā šerbeta cietība $55,80\pm2,96$ N / Initial hardness of sherbet $55,80\pm2,96$ N

Lineārās regresijas analīze apstiprina, ka šerbeta cietības izmaiņas visos iepakojuma veidos un materiālos uzglabāšanas laikā ir cieši saistītas ar tā mitruma saturu (9. att.), savukārt mitruma saturu izmaiņas ietekmē iepakojuma

materiāla barjerīpašības, vides sastāvs iepakojumā, kā arī skābekļa klātbūtne, kuru regulē skābekļa absorbenti (aktīvais iepakojums).



**9. att. Šerbeta cietības un mitruma satura korelācija /
Fig. 9. Correlation of the hardness and moisture content of sherbet**

Kā būtiskākā šerbetu raksturojošā kvalitātes iezīme ir cietība. Salīdzinot dažādu iepakošanas tehnoloģiju un materiālu ietekmi uz šerbeta mitruma satura, masas zudumu, cietības, un krāsas izmaiņām uzglabāšanas laikā, noteikts šerbeta ieteicamais realizācijas termiņš un izvēlēti atbilstošākie iepakošanas materiāli (4. tab.). Ekspertru vērtējumā maksimāli pieņemamā šerbeta cietības robeža tika noteikta 300 N, ko iepakojumā kartona kārbās tas sasniedz jau pēc divām nedēļām. Realizācijas termiņu var būtiski pagarināt augstu barjerīpašību materiālu iepakojumā: līdz 10–12 nedēļām gaisa vidē OPP un *Multibarrier 60 HFP* materiālā; līdz 16 nedēļām 100% CO₂ aizsarggāzu vidē *Multibarrier 60 HFP*, metalizēta BOPET/PE un *Aluthen* materiālā; kā arī līdz 16 nedēļām aktīvajā iepakojumā metalizēta BOPET/PE un *Aluthen* materiālā, bet nepārsniedzot pieņemto cietību 300 N. Aktīvajā iepakojumā šerbeta cietība pēc 16 uzglabāšanas nedēļām *Multibarrier 60 HFP* materiālā ir 261,18±8,32 N, metalizētā BOPET/PE – 146,01±7,54 N; *Aluthen* – 117,61±8,64 N. Salīdzinot ar 100% CO₂ aizsarggāzu vidi tas ir par 11,5%, 20% un 35,7% mazāk, kas vērtējams pozitīvi. Biodegradējamie polimēri ar uzlabotām barjerīpašībām nodrošina klasiskā šerbeta īslaicīgu realizācijas termiņu gaisa vidē maksimāli līdz 4 nedēļām, aizsarggāzu vidē (100% CO₂) – maksimāli līdz 6 nedēļām.

Lai pilnīgāk izvērtētu šerbeta kvalitāti ietekmējošos faktorus dažādos uzglabāšanas apstākļos, veikta produktu mikrobioloģisko rādītāju kontrole, nosakot mezofili aerobo un fakultatīvi anaerobo mikroorganismu (MAFAM), raugu un pelejumu dinamiku uzglabāšanas laikā. Paraugu mikrobioloģisko analīžu dati dažādās iepakošanas tehnoloģijās un materiālos pēc 16 uzglabāšanas nedēļām apkopoti 5. tabulā.

4. tabula / Table 4

**Ieteicamais šerbeta realizācijas termiņš /
The recommended shelf life of sherbet**

Materiāla nosaukums / Packaging material	Iepakošanas tehnoloģija / Packaging technology					
	Gaisa vide / Air ambience	Vakuums / Vacuum	Aizsarggāzu vide / MAP			Aktīvais iepakojums / Active packaging
			30% CO ₂ + 70% N ₂	70% CO ₂ + 30% N ₂	100% CO ₂	
			100% CO ₂ + skābekļa absorbents / oxygen absorber			
Uzglabāšanas laiks, nedēļas / Storage time, weeks						
Kartona kārba / Cardboard box	2	-	-	-	-	-
OPP	12	14	14	12-14	14	-
<i>Multibarrier 60 HFP</i>	10-12	14	12	6	16	16*
<i>BIALON 50 HFP</i>	6	6-8	10	6	8	-
<i>BIALON 65 HFP</i>	8	8	6-8	4	6	-
PP	8	14	14	12	6	-
met. BOPET/PE	-	-	-	-	16*	16*
met. Aluthen	-	-	-	-	16*	16*
<i>BIO NVS</i>	2	2	2	2	2	-
<i>Ceramis®-PLA</i>	4	-	-	-	4-6	4-6
met. <i>NatureFlex 23NM</i>	4	-	-	-	6	6
<i>Nativia™ NTSS-30</i>	-	-	-	-	6	6
<i>Nativia™ NZSS-20</i>	-	-	-	-	6	6
<i>ECOLEAN</i>	10	12-14	14	12	12	-

*pēc 16 uzglabāšanas nedēļām nav sasniegta sensori noteiktā ciešības robeža 300 N /
after 16 weeks of storage the hardness level 300 N is not reached

Cukura konditorejas izstrādājuma šerbeta maksimāli pieļaujamā MAFAM robeža ir ≤ 4 lg KVV g⁻¹ (СанПиН 2.3.2.1078-01)¹. Pēc 16 uzglabāšanas nedēļām tā tiek pārsniegta tikai paraugos kartona kārbā un OPP iepakojumā gaisa vidē. Tuvu šai robežai mikroorganismi aug pētītā biodegradējamā materiāla

¹Санитарно - эпидемиологические правила и нормативы "Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. СанПиН 2.3.2.1078-01" (01.07.2002.)/
Enactment date of sanitary and epidemiological rules and regulations „Hygienic Requirements for Safety and Nutrition Value of Food Products. Sanitary Rules and Regulations (SanPin) 2.3.2.1078-01” (01.07.2002.)

Ceramis®-PLA un met. *NatureFlex 23NM* iepakojumā, sasniedzot 3,81 lg KVV g⁻¹. Savukārt *Multibarrier 60 HFP*, met. BOPET/PE un *Aluthen* iepakojumā materiālos mikroorganismu attīstība šerbeta paraugos norit daudz lēnāk. Minētajos materiālos šerbeta paraugos aktīvajā iepakojumā pēc 16 uzglabāšanas nedēļām MAFAM KVV skaits šerbeta paraugos sasniedz 2,42–2,85 lg KVV g⁻¹.

5. tabula / Table 5
MAFAM KVV skaits šerbeta paraugos pēc 16 nedēļu uzglabāšanas /
TPC in the sherbet samples after 16 weeks storage

Materiāla nosaukums / Packaging material	Iepakošanas tehnoloģija / Packaging technology		
	Gaisa vide / Air ambience	Aizsargāzu vide / MAP	
		100% CO ₂	aktīvais iepakojums (100% CO ₂ + skābekļa absorbents) / active packaging (100% CO ₂ + oxygen absorber)
MAFAM lg KVV g ⁻¹ * / TPC log cfu g ⁻¹ *			
Kartona kārba / Cardboard box	4.10	-	-
OPP	2.89	2.60	-
PP	4.00	3.54	-
<i>Multibarrier 60 HFP</i>	2.69	2.48	2.42
<i>Ceramis®</i> -PLA	-	3.92	3.81
met. <i>NatureFlex23NM</i>	-	3.57	3.49
met. BOPET/PE	-	2.97	2.85
met. <i>Aluthen</i>	-	2.60	2.46

*pieļaujamā MAFAM robeža ≤ 4,0 lg KVV g⁻¹ / admissible level of TPC less than 4.0 log cfu g⁻¹

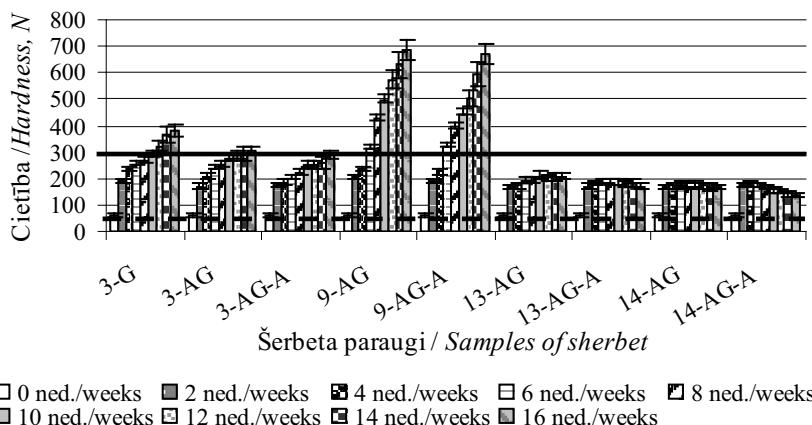
Eksperimentāli analizētajos šerbeta paraugos uzglabāšanas laikā noteikts raugu un pelējumu koloniju veidojošo vienību skaits. Gan raugu, gan pelējumu pielaujamā robeža ir 50 KVV g⁻¹. Nevienā no pētītajiem paraugiem visā uzglabāšanas laikā to skaits nepārsniedza pieļaujamo robežu.

3. Ar ziedputekšņiem bagātināts šerbets

Pētīts jauns produkts – ar ziedputekšņiem bagātināts šerbets. Pēc sensorās vērtēšanas rezultātiem izraudzīts optimālais pievienojamo ziedputekšņu daudzums – 1,5% produkta masas. Salīdzinot klasisko un ar ziedputekšņiem bagātinātu šerbetu, noteikts, ka dzelzs saturs palielinās par 34%, kālijja un

cinka – par 25%, vara – par 21%, kalcija par 12%, kas dod iespēju arī ar saldumiem uzņemt organismam tik nepieciešamās minerālvielas.

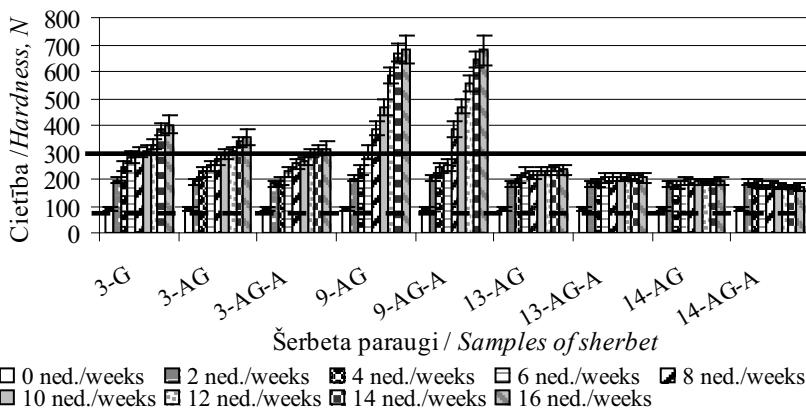
Ziedputekšņu pievienošana palielina šerbata sākotnējo cietību par 29,60%, kas ir būtiska atšķirība starp paraugiem ($p<0,05$). Klasiskā (10. att.) un ar ziedputekšņiem bagātināta (11. att.) šerbata cietība pēc divu nedēļu uzglabāšanas visos pētītajos iepakojumos ir sasniegusi aptuveni $192,81\pm11,04$ N, un savstarpēji būtiski neatšķiras ($p>0,05$). Visstraujāk abu veidu šerbata paraugi sacietē biodegradējamā Ceramis®-PLA iepakojumā – tā cietība pēc 16 uzglabāšanas nedēļām, salīdzinot ar paraugiem citos iepakojumos, palielinājusies par 41,35–79,88% (līdz $686,42\pm14,27$ N). Vismazākās abu veidu šerbata paraugu cietības izmaiņas novērotas metalizētā BOPET/PE un Aluthen iepakojumā kā aizsargāzū vidē, tā aktīvajā iepakojumā, kur pēc 16 uzglabāšanas nedēļām cietība nepārsniedz $223,71\pm11,43$ N. Eksperimenta rezultāti apstiprina cietības un mitruma satura savstarpēju mijiedarbību, kas būtiski neatšķiras starp klasiskā un ar ziedputekšņiem bagātinātā šerbata īpašībām.



10. att. Klasiskā šerbata cietības dinamika uzglabāšanas laikā / Fig. 10. The dynamics of classical sherbet hardness during the storage time

3-G – Multibarrier 60 HFP (gaisa vide / air ambience); 3-AG – Multibarrier 60 HFP (100% CO₂);
 3-AG-A – Multibarrier 60 HFP (100% CO₂ + skābekļa absorbents/ oxygen absorber);
 9-AG – Ceramis®-PLA (100% CO₂);
 9-AG-A – Ceramis®-PLA (100% CO₂ + skābekļa absorbents / oxygen absorber);
 13-AG – met. BOPET/PE (100% CO₂);
 13-AG-A – met. BOPET/PE (100% CO₂ + skābekļa absorbents / oxygen absorber);
 14-AG – Aluthen (100% CO₂);
 14-AG-A – Aluthen (100% CO₂ + skābekļa absorbents / oxygen absorber).

— Sensori noteiktā paraugu cietības robeža / Sensory estimated maximum hardness level
 - - Sākotnējā šerbata cietība 62,54±4,82 N / Initial hardness of sherbet 62.54 ± 4.82 N



11. att. Ar ziedputekšņiem bagātināta šerbeta cietības dinamika uzglabāšanas laikā /

Fig. 11. The dynamics of hardness of bee pollen enriched sherbet during the storage time

3-G – Multibarrier 60 HFP (gaisa vide / air ambience); 3-AG – Multibarrier 60 HFP (100% CO₂);
 3-AG-A – Multibarrier 60 HFP (100% CO₂ + skābekļa absorbents / oxygen absorber);
 9-AG – Ceramis®-PLA (100% CO₂);
 9-AG-A – Ceramis®-PLA (100% CO₂ + skābekļa absorbents / oxygen absorber);
 13-AG – met. BOPET/PE (100% CO₂);
 13-AG-A – met. BOPET/PE (100% CO₂ + skābekļa absorbents / oxygen absorber);
 14-AG – Aluthen (100% CO₂);
 14-AG-A – Aluthen (100% CO₂ + skābekļa absorbents / oxygen absorber).

— Sensori noteiktā paraugu cietības robeža / Sensory estimated maximum hardness level
 - - - Sākotnējā šerbeta cietība 62,54±4,82 N / Initial hardness of sherbet 62.54±4.82 N

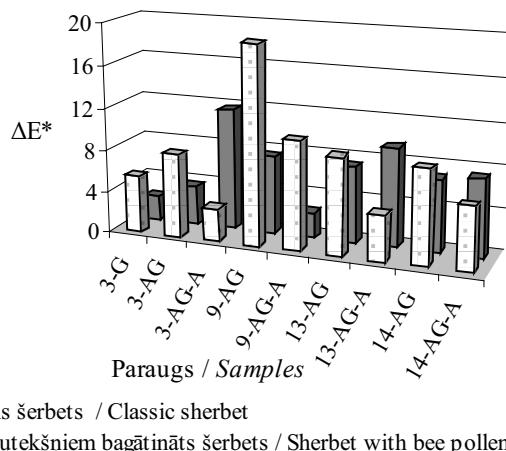
Uzglabāšanas laikā dažādos iepakojuma materiālos, izmantojot atšķirīgas iepakošanas tehnoloģijas, novērotas klasiskā un ar ziedputekšņiem bagātināta šerbeta krāsas izmaiņas. Krāsas komponenšu izmaiņu būtiskuma līmenis uzglabāšanas laikā atkarībā no iepakojuma materiāla un iepakošanas tehnoloģijas parādīts 6. tabulā. Rezultāti liecina, ka iepakošanas materiāliem un tehnoloģijai ir atšķirīga ietekme uz atsevišķām krāsas komponentēm. Starp klasiskā un ar ziedputekšņiem bagātināta šerbeta atsevišķām krāsu komponentēm ir būtiska atšķirība.

Klasiskā un ar ziedputekšņiem bagātināta šerbeta paraugu kopējās krāsu diferences ΔE^* salīdzinājums dažādos iepakojuma materiālos, izmantojot dažādas iepakošanas tehnoloģijas, parādītas 12. attēlā. Pēc matemātiskās datu apstrādes iegūtie pētījuma rezultāti liecina par būtisku ziedputekšņu ietekmi uz ΔE^* vērtību.

6. tabula / Table 6

Klasiskā (A) un ar ziedputekšņiem bagātināta (B) šerbeta L*, a* un b*
būtiskuma līmenis atkarībā no iepakošanas tehnoloģijas /
*L *, a *, b * significance level of classical (A) and bee pollen enriched (B)*
sherbet depending on the packaging technology

Krāsu komponente / Colour component	Iepakošanas tehnoloģija / Packaging technology			
	Aizsarggāzu vide / MAP 100% CO ₂		Aktīvais iepakojums (100% CO ₂ + skābekļa absorbents) / Active packaging (100% CO ₂ +oxygen absorber)	
	A	B	A	B
L*	p<0.001	p<0.001	p<0.001	p<0.05
a*	p<0.001	p<0.001	p>0.05	p>0.05
b*	p>0.05	p<0.001	p<0.05	p<0.05



□ Klasiskais šerbets / Classic sherbet
 ■ Ar ziedputekšņiem bagātināts šerbets / Sherbet with bee pollen

12. att. Klasiskā un ar ziedputekšņiem bagātināta šerbeta kopējā krāsu diference ΔE^* uzglabāšanas laikā /

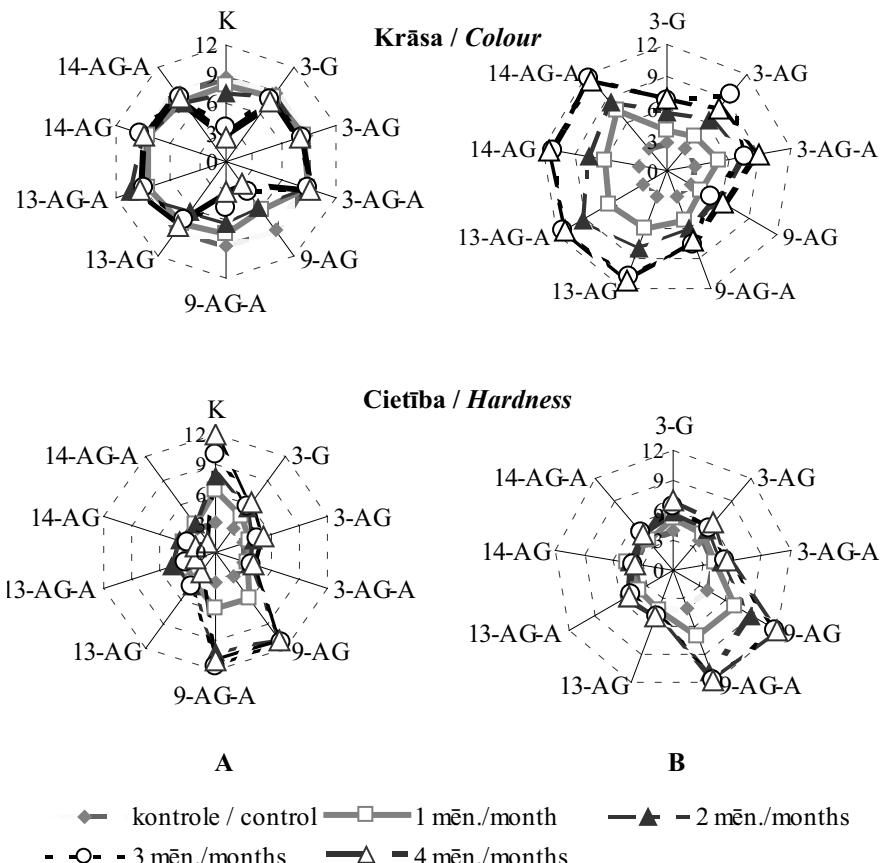
Fig. 12. The total colour difference ΔE^ of classical and with bee pollen
enriched sherbet the during storage time*

3-G – Multibarrier 60 HFP (gaisa vide / air ambience); 3-AG – Multibarrier 60 HFP (100% CO₂);
 3-AG-A – Multibarrier 60 HFP (100% CO₂ + skābekļa absorbents/ oxygen absorber);
 9-AG – Ceramis®-PLA (100% CO₂);
 9-AG-A – Ceramis®-PLA (100% CO₂ + skābekļa absorbents/ oxygen absorber);
 13-AG – met. BOPET/PE (100% CO₂);
 13-AG-A – met. BOPET/PE (100% CO₂ + skābekļa absorbents / oxygen absorber);
 14-AG – Aluthen (100% CO₂);
 14-AG-A – Aluthen (100% CO₂ + skābekļa absorbents / oxygen absorber).

Ūdens aktivitātes vērtība uzglabāšanas laikā abu veidu šerbata paraugos svārstās robežas no 0,856 līdz 0,728. Tas norāda, ka šis produkts nav pilnīgi drošs pret mikrobioloģisko bojāšanos. Sākotnējais MAFAM KVV skaits klasiskajā šerbetā ir $2,55 \text{ lg KVV g}^{-1}$, ar ziedputekšņiem bagātinātā – $2,88 \text{ lg KVV g}^{-1}$. Būtiski atšķirīga ir arī mikroorganismu skaita dinamika abos paraugos uzglabāšanas laikā. Ziedputekšņu pievienošana neatkarīgi no izvēlētā iepakojuma materiāla un iepakošanas tehnoloģijas veicina mikroorganismu attīstību. Klasiskā šerbeta paraugos raugu un pelējumu skaits uzglabāšanas laikā visos pētītajos paraugos svārstās no 10 KVV g^{-1} līdz 30 KVV g^{-1} , nevienā no paraugiem nepārsniedzot maksimāli pieļaujamo robežu, bet ar ziedputekšņiem bagātinātos paraugos ir vērojama tendence tuvināties maksimāli pieļaujamai robežai, dažos paraugos pat pārsniedzot 40 KVV g^{-1} .

Klasiskā (A) un ar ziedputekšņiem bagātināta šerbeta (B) īpašību intensitātes (krāsa, cietība) izmaiņu staru diagrammas dažādos iepakojuma materiālos uzglabāšanas laikā parādītas 13. attēlā. Pēc ekspertu sensorās vērtēšanas rezultātiem, ar ziedputekšņiem bagātināta šerbeta cietības izmaiņas metalizēta BOPET/PE un *Aluthen* iepakojumā nav būtiskas, tomēr produktu nav ieteicams uzglabāt ilgstoši, jo eksperti atzīmē, ka pēc 12 nedēļu uzglabāšanas ir jūtama sīva, nepatīkama ziedputekšņu piegarša. Savukārt pēc 16 nedēļām ar ziedputekšņiem bagātināts šerberts nav lietojams uzturā, jo tas neatbilst mikrobioloģiskajām kvalitātes prasībām. Biodegradējamo materiālu iepakojumā ar ziedputekšņiem bagātināta šerbeta garša, ziedputekšņu garša un pēcgarša ir pieņemama, tomēr pēc instrumentālās analīzes, tā cietība pārsniedz 300 N. Savukārt ar ziedputekšņiem bagātināta šerbeta kvalitāte *Multibarrier 60 HFP* iepakojumā uzglabāšanas laikā novērtēta kā laba. Pēc ekspertu sensorās vērtēšanas, biodegradējamā *Ceramis®-PLA* iepakojumā klasiskā šerbeta cietība jau pēc četrām nedēļām palielinās līdz 11,27 vienībām (max iespējams 12), kas ir augsta cietības intensitāte, turklāt būtiski mainās produkta krāsas intensitāte – tas kļūst gaišaks. Savukārt met. BOPET/PE un *Aluthen* (neatkarīgi no iepakošanas tehnoloģijas) iepakojumā klasiskā šerbeta paraugi uzglabāšanas laikā kļūst mīksti. Garša būtiski nemainās, bet struktūra, salīdzinot ar sākotnējo, kļūst viendabīgāka.

Izvērtējot sensoro īpašību intensitāti, kā optimālākā ir atzīta aktīvā iepakošanas tehnoloģija ar skābekļa absorbentiem, klasiskā šerbeta iepakošanai metalizētajā BOPET/PE un *Aluthen* materiālā nodrošinot kvalitāti līdz 16 nedēļām, ar ziedputekšņiem bagātināta šerbeta iepakošanai – *Multibarrier 60 HFP* – līdz 14 nedēļām, un metalizētajos BOPET/PE un *Aluthen* – līdz 12 nedēļām.



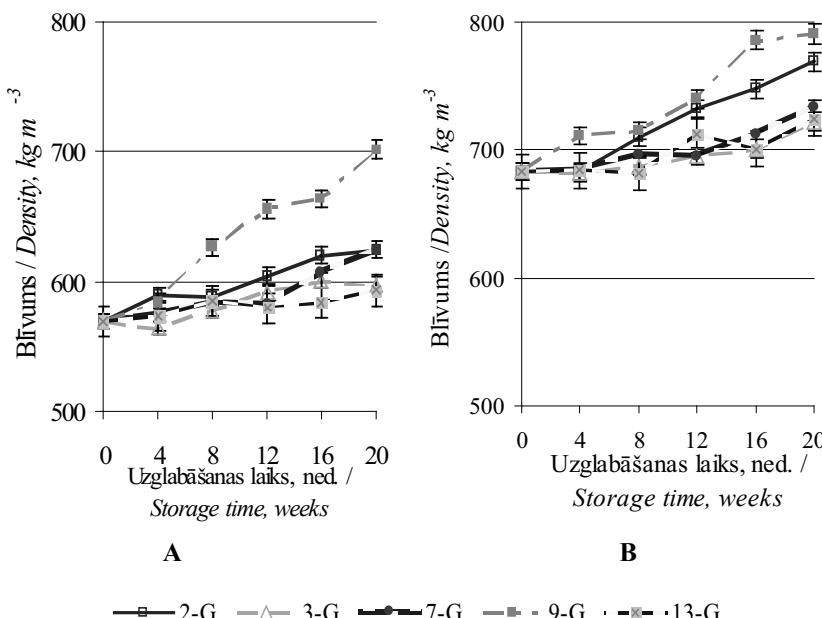
**13. att. Klasiskā (A) un ar ziedputekšņiem bagātināta (B) šerbeta īpašību intensitātes staru diagrammas uzglabāšanas laikā /
Fig. 13. Star diagrams of the intensity of classical (A) and bee pollen enriched (B) sherbet properties during the storage time in**

K – kartona kārba / cardboard box;
 3-G – Multibarrier 60 HFP (gaisa vide / air ambience);
 3-AG – Multibarrier 60 HFP (100% CO₂);
 3-AG-A – Multibarrier 60 HFP (100% CO₂ + skābekļa absorbents / oxygen absorber);
 9-AG – Ceramis®-PLA (100% CO₂);
 9-AG-A – Ceramis®-PLA (100% CO₂ + skābekļa absorbents / oxygen absorber);
 13-AG – met. BOPET/PE (100% CO₂);
 13-AG-A – met. BOPET/PE (100% CO₂ + skābekļa absorbents / oxygen absorber);
 14-AG – Aluthen (100% CO₂);
 14-AG-A – Aluthen 100% CO₂ + skābekļa absorbents / oxygen absorber).

4. Ar ziedputekšņiem bagātināts zefīrs

Zefīru uzskata par specifisku konditorejas izstrādājumu, kuram ir svarīgi nodrošināt uzputotu struktūru. Eksperimentāli tika izvērtēts optimālais pievienojamo ziedputekšņu daudzums – 1,5% produkta masas, kā arī, lai nodrošinātu uzpustošanas pakāpi, ziedputekšņi pievienoti zefīra masas putošanas beigās. Konstatēts, ka, līdzīgi kā šerbetu bagātinot ar ziedputekšņiem, arī zefīram, pievienojot ziedputekšņus, iespējams palielināt minerālvielu saturu produktā. Salīdzinot klasiskā zefīra un ar ziedputekšņiem bagātināta zefīra minerālvielu saturu, kālija saturs ar ziedputekšņiem bagātinātā zefīrā palielinājies par 52%, magnija – par 25%, kalcija – par 18%. Savukārt dzelzs un nātrijs daudzums palielinās mazāk, attiecīgi par 8% un 9%.

Eksperimentāli analizētajam zefīram ražotāja noteiktais realizācijas termiņš ir 16 nedēļas (blīvums 606 kg m^{-3}). Klasiskā zefīra un ar ziedputekšņiem bagātināta zefīra blīvuma izmaiņas uzglabāšanas laikā gaisa vidē redzamas 14. attēlā, aktīvajā iepakojumā – 15. attēlā.

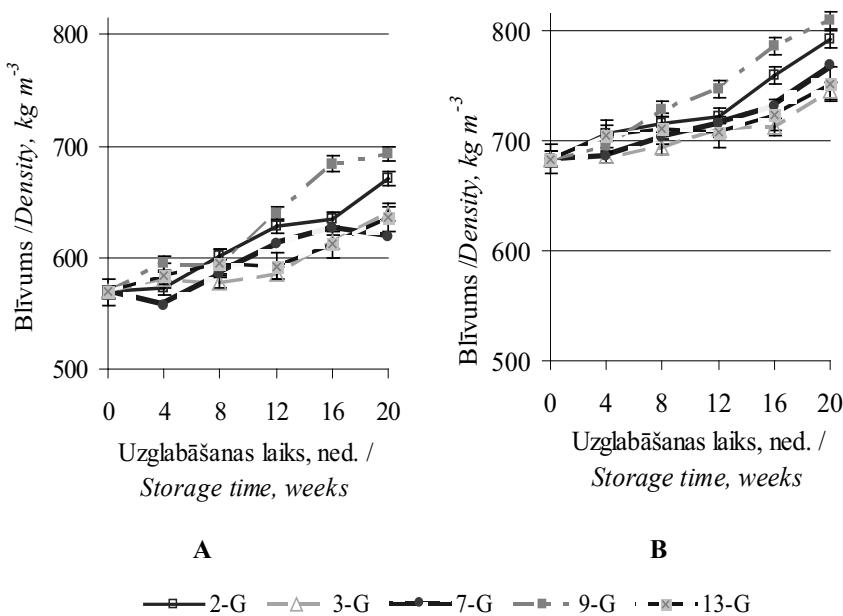


14. att. Klasiskā (A) un ar ziedputekšņiem bagātināta (B) zefīra blīvuma dinamika uzglabāšanas laikā gaisa vidē /

Fig. 14. The dynamics of classical (A) and bee pollen enriched (B) marshmallow density during the storage in air ambience

2-G – OPP; 3-G – Multibarrier 60 HFP; 7-G – PP; 9-G – Ceramis®-PLA; 13-G – met. BOPET/PE

Klasiskā un ar ziedputekšņiem bagātināta zefīra blīvums būtiski atšķiras. Tīkko gatavota klasiskā zefīra blīvums ir 569 kg m^{-3} , ar ziedputekšņiem bagātināta – 683 kg m^{-3} . Zefīra realizācijas termiņu var pagarināt, tā iepakojumam izvēloties materiālus ar augstām barjerīpašībām. Gaisa vidē *Multibarrier 60 HFP* un metalizētā BOPET/PE iepakojumā pēc 20 nedēļu uzglabāšanas blīvums palielinās līdz $593\text{--}597 \text{ kg m}^{-3}$ (t.i., par 4–5%), nepārsniedzot ražotāja noteikto. Savukārt OPP; PP un *Ceramis®-PLA* iepakojumā zefīra blīvums pēc 20 uzglabāšanas nedēļām gan gaisa vidē, gan aktīvajā iepakojumā ir no $623\text{--}701 \text{ kg m}^{-3}$. Ar ziedputekšņiem bagātināta zefīra blīvums pēc 20 uzglabāšanas nedēļām neatkarīgi no izvēlētās iepakošanas tehnoloģijas palielinās šādi: *Multibarrier 60 HFP* un metalizētājā BOPET/PE iepakojumā – līdz $722\text{--}750 \text{ kg m}^{-3}$; OPP; PP un *Ceramis®-PLA* – līdz $770\text{--}805 \text{ kg m}^{-3}$.



15. att. Klasiskā (A) un ar ziedputekšņiem bagātināta (B) zefīra blīvuma dinamika uzglabāšanas laikā aktīvajā iepakojumā /

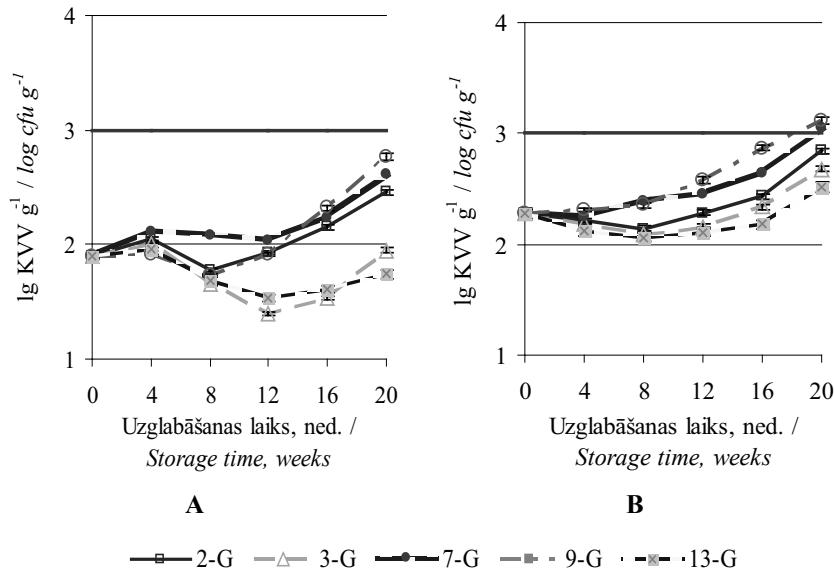
Fig. 15. The density dynamics of classical (A) and bee pollen enriched (B) marshmallow during the storage in active packaging

2-G – OPP; 3-G – *Multibarrier 60 HFP*; 7-G – PP; 9-G – *Ceramis®-PLA*; 13-G – met. BOPET/PE

Klasiskā zefīra blīvuma izmaiņas uzglabāšanas laikā skaidrojamas ar iepakojumā ievietotā skābekļa absorbenta darbības principu. Tas absorbē skābekli ne tikai no iepakojuma brīvās telpas, bet arī no zefīra struktūras porās ieslēgtā gaisa,

kas tur ir ievadīts ražošanas procesā zefīra masas putošanas procesā. Savukārt ar ziedputekšņiem bagātinātam zefīram blīvuma izmaiņas nav tik būtiskas, jo pievienotie ziedputekšņi ietekmē zefīra blīvumu jau zefīra pagatavošanas brīdī, tādējādi produkts jau sākotnēji tiek iegūts ar blīvāku struktūru, ko turpmākajā uzglabāšanas laikā skābekļa absorbenta darbība ietekmē mazāk. Turklāt ar ziedputekšņiem bagātinātā zefīrā ir novērota sīrupa noslānošanās tendence. Minētā problēma ir plaši pētīta, un ir novērots, ka šī struktūra ir nestabila, jo gravitācijas spēka ietekmē šķidrā fāze noteik no fāzu sadales virsmas, kuras pārraušanas rezultātā, starp blakus esošiem pūslīšiem, notiek to saplūšana; notiek pūslīšu disproporcionalēšanās, kad gaiss ar spiedienu no mazākiem pūslīšiem tiek pārspiests uz lielākajiem, kā rezultātā uz mazo pūslīšu rēķina pieaug lielāko pūslīšu tilpums; kā arī blīvumu atšķirības dēļ šķidrajā fāzē (cukura sīrups) un pūslīšos esošajā gaisā, notiek gaisa pūslīšu un šķidrās fāzes noslānošanās.

Eksperimentāli analizēto paraugu ūdens aktivitātē a_w uzglabāšanas laikā mainās no 0,832 līdz 0,548, tādēļ ir iespējama dažu mikroorganismu attīstība. Klasiskā zefīra un ar ziedputekšņiem bagātinātā zefīra MAFAM KVV skaita izmaiņas uzglabāšanas laikā gaisa vidē redzamas 16. attēlā, aktīvajā iepakojumā – 17. attēlā.

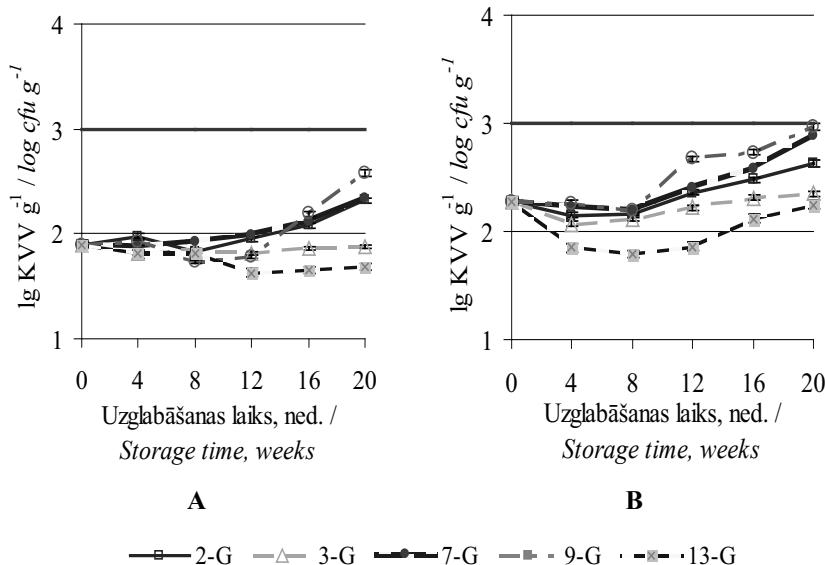


16. att. MAFAM KVV skaita dinamika klasiskā (A) un ar ziedputekšņiem bagātinātā (B) zefīra paraugos uzglabāšanas laikā gaisa vidē/

Fig. 16. The TPC dynamics in classical (A) and bee pollen enriched (B) marshmallow samples during the storage time in air ambience

2-G – OPP; 3-G – Multibarrier 60 HFP; 7-G – PP; 9-G – Ceramis®-PLA; 13-G – met. BOPET/PE.
— pieļaujamā MAFAM robeža $< 3 \text{ lg KVV g}^{-1}$ / admissible level of TPC less than $3 \log \text{cfu g}^{-1}$

Klasiskā zefīra paraugos sākotnējais mikroorganismu skaits ir $1,90 \text{ lg KVV g}^{-1}$, kas pēc 20 uzglabāšanas nedēļām iepakojumā gaisa vidē un aktīvajā iepakojumā neviens no pētītajiem iepakojuma veidiem nesasniedz maksimāli pieļauto robežu $<3 \text{ lg KVV g}^{-1}$. Ar ziedputekšņiem bagātināta zefīra paraugos sākotnējais mikroorganismu skaits ir $2,28 \text{ lg KVV g}^{-1}$, kas pēc 20 uzglabāšanas nedēļām PP un Ceramis®-PLA iepakojumos pārsniedz maksimāli pieļaujamo MAFAM KVV skaita robežu.



17. att. MAFAM KVV skaita dinamika klasiskā (A) un ar ziedputekšņiem bagātināta (B) zefīra paraugos uzglabāšanas laikā aktīvajā iepakojumā /

Fig. 17. The TPC dynamics in classical (A) and bee pollen enriched (B) marshmallow samples during the storage time in active packaging

2-G – OPP; 3-G – Multibarrier 60 HFP; 7-G – PP; 9-G – Ceramis®-PLA; 13-G – met. BOPET/PE.
 — pieļaujamā MAFAM robeža $<3 \text{ lg KVV g}^{-1}$ / admissible level of TPC less than $3 \log \text{cfu g}^{-1}$

Zefīra uzglabāšanas laiku var ietekmēt ne tikai MAFAM KVV skaits, bet arī raugu un pelējumu klātbūtne, kas attīstās produktos, kuru ūdens aktivitāte ir robežās no 0,60 līdz 0,83. Klasiskā zefīra paraugos gaisa vidē un aktīvajā iepakojumā 12 uzglabāšanas nedēļu laikā raugu un pelējumu klātbūtne netika konstatēta. Savukārt ar ziedputekšņiem bagātināta zefīra paraugos gan gaisa vidē, gan aktīvajā iepakojumā konstatēta raugu un pelējumu koloniju klātbūtne, kuru attīstību ietekmē kā iepakojuma materiāls, tā vide iepakojumā.

Raugu un pelējumu attīstībai ir cieša mijiedarbība ar produkta mitruma saturu. Tā kā klasiskā zefīra paraugiem nav konstatēti raugi un pelējumi, tad var

secināt, ka ziedputekšņi veicina produktu mikrobioloģisko bojāšanos. Turklat, ja produktā tiek nodrošināts mitruma saturs, tad ar ziedputekšņiem bagātinātā zefirā mikroorganismu augšana norit intensīvāk.

Eksperimentāli noteikts, ka klasiskā zefira kvalitāti un realizācijas termiņu iespējams nodrošināt līdz 20 nedēļām, bet ar ziedputekšņiem bagātinātā – 16 nedēļas, jo ziedputekšņi būtiski ietekmē produkta struktūru un mikrobioloģisko kvalitāti, veicinot bojāšanos.

SECINĀJUMI

1. Vērtējot šerbeta kvalitāti – 88,0% respondentu kā svarīgu kvalitātes rādītāju atzīmē cietību. 87,0% respondentu norāda, ka optimālais šerbeta un zefira daudzums vienā iepakojumā 2–6 gabali. Tikai 50,2% respondentu ir informēti, ka dažāda veida iepakojums var atšķirīgi ietekmē produktu kvalitāti uzglabāšanas laikā.
2. Ekspertu vērtējumā maksimāli pieņemamā šerbeta cietības robeža ir noteikta 300 N, kas iepakojumā kartona kārbā tiek sasniegta jau pēc divām nedēļām. Realizācijas termiņu var būtiski pagarināt konvencionālo polimēru iepakojumā ar augstām barjerīpašībām: līdz 10–12 nedēļām gaisa vidē OPP un *Multibarrier 60 HFP* materiālā; līdz 16 nedēļām 100% CO₂ aizsarggāzu vidē *Multibarrier 60 HFP*, metalizēta BOPET/PE un *Aluthen* materiālā, nepārsniedzot ne pieņemto cietību 300 N, ne pieļaujamo MAFAM robežu ($KVV\text{ g}^{-1}\leq 10^4$).
3. Aktīvajā iepakojumā šerbeta cietība pēc 16 uzglabāšanas nedēļām *Multibarrier 60 HFP* materiālā ir $261,18\pm 8,32$ N, metalizētā BOPET/PE – $146,01\pm 7,54$ N; *Aluthen* – $117,61\pm 8,64$ N. Salīdzinot ar 100% CO₂ aizsarggāzu vidi, tā ir par 11,5%, 20% un 35,7% zemāka, kas vērtējams pozitīvi.
4. Biodegradējamie polimēri ar uzlabotām barjerīpašībām nodrošina klasiskā šerbeta īslaičīgu realizācijas termiņu gaisa vidē – maksimāli līdz 4 nedēļām, aizsarggāzu vidē (100% CO₂) – maksimāli līdz 6 nedēļām. Savukārt zefira iepakošanai pētītie biodegradējamie materiāli nav piemērojami.
5. Lineārās regresijas analīze apstiprina ciešu korelāciju visos pētītajos iepakojuma veidos starp šerbeta cietību un mitruma saturu, savukārt mitruma satura dinamiku un intensitāti produktā uzglabāšanas laikā ietekmē iepakojuma materiālu barjerīpašības.
6. Ar ziedputekšņiem bagātināti cukura konditorejas izstrādājumi šerbets un zefirs patikšanas ziņā būtiski neatšķiras no klasiskajiem izstrādājumiem. Pēc ekspertu vērtējuma, kā patīkamākie atzīti šerbets un zefirs, kas bagātināti ar 1,5% ziedputekšņu.

7. Ziedputekšņu pievienošana būtiski ($p<0,05$) paaugstina šerbeta sākotnējo cietību – par 29,6% – un mikroorganismu kopskaitu – par 11,5%, kas pieaug uzglabāšanas laikā, samazinot realizācijas termiņu no 16 nedēļām (klasiskajam) līdz 10–12 nedēļām.
8. Izvērtējot sensoro īpašību intensitāti, klasiskā šerbeta iepakošanai piemērotākie ir met. BOPET/PE un *Aluthen* materiāli, kas nodrošina kvalitāti līdz 16 nedēļām, turpretim ar ziedputekšņiem bagātināta šerbeta iepakošanai *Multibarrier 60 HFP* – līdz 14 nedēļām – un metalizētie BOPET/PE un *Aluthen* – līdz 12 nedēļām.
9. Zefīra realizācijas termiņu var nodrošināt līdz 20 nedēļām konvencionālo polimēru iepakojumā ar augstām barjerīpašībām: *Multibarrier 60 HFP* un metalizēta BOPET/PE iepakojumā gaisa vidē. Zefīra specifiskās struktūras dēļ aktīvā iepakojuma tehnoloģija nav piemērojama.
10. Ziedputekšņu pievienošana būtiski ($p<0,05$) palielina zefīra sākotnējos fizikāli ķīmiskos parametrus: blīvumu, ūdens aktivitāti un mikroorganismu kopskaitu. Ar ziedputekšņiem bagātināta zefīra realizācijas termiņu var nodrošināt līdz 16 nedēļām metalizēto BOPET/PE un *Aluthen* iepakojumā gaisa vidē.
11. Darbā izvirzītā hipotēze – cukura konditorejas izstrādājumu realizācijas termiņu var pagarināt, izvēloties progresīvās iepakojuma tehnoloģijas un atbilstošus materiālus, ir apstiprinājusies.

TOPICALITY OF THE RESEARCH

Confectionery products are favourite foodstuffs which you cannot do without either in everyday life or in celebrations. Sugar confectionery products have been developed throughout centuries, and with advancing of consumers' requirements, nowadays they are produced of uncountable types with various levels of sweetness, taste nuances, aroma, and texture. They are especially popular among children and elderly people, thus the popularity and consumption of these products are increasing (Duran et al., 2009; Маршалкина, 1978). Investigations have found out that in humans a sweet taste is more pleasant than salty or bitter. Attractiveness of the sweet taste is genetically determined, and it is associated with improvement of one's mood, American researchers have come to such a conclusion. Sweets and their consumption are associated with such features as feelings of happiness and pleasure (Edwards, 2000).

Improvement of sugar confectionery taste is popular of new products innovation in the market. As new tendencies, the enrichment of sweets with ginger, cardamom, chili pepper, and salt can be mentioned. Scientists have proved that bee pollen has a great importance in the bees' life cycle; therefore, the people's interest in its content and application in and enrichment of human's diet is understandable. Bee pollen is used as a concentrated product to supplement the food with substances which are little or are absent altogether in the everyday diet but which are necessary for the human's organism. Bee pollen is a high quality biologically active product of the plant kingdom in which basic substances necessary for a live organism structure and development are present: proteins, fats, carbohydrates, and vitamins. People use bee pollen in their food thus enriching their everyday diet with this concentrate of substances needed for the organism. Therefore, by enriching sugar confectionery products with bee pollen, it could be possible to enrich food with biologically active substances.

With development of the choice of sugar confectionery products, most actual becomes the question about the preservation of a shelf-stable quality of the above mentioned products for a longer time, convenient use for consumers as well as opportunity to export the product more successfully.

The quality may be different of every individual evaluation, but in total, by quality we understand the total characteristics typical of foodstuffs (including sweets) that assure their ability to satisfy consumers' needs and are manifested in the chemical composition, physical properties, appearance, colour, smell, taste, and nutritive value of the product. The aim of the quality characteristics was to provide a safe, harmless, and nutritionally rich food.

At present in Latvia, confectionery products are sold in two ways – as bulk products which are weighed at the trading place, and as products packed at the manufacturing enterprises in a certain size of commercial packaging and mass.

Constancy of the product quality is affected significantly during shelf life by environment that surrounds the product. In oxygen environment, irreversible

changes take place in foodstuffs, for instance fats and oils oxidize and become bitter, vitamin content reduces, colour changes, product loses its aromatic substances, and aerobic microorganism growth takes place. A decrease of foodstuff quality in the presence of oxygen is also facilitated by increased temperature, moisture, light, especially ultraviolet light. During the course of time, more and more new opportunities are created how to preserve food quality, and scientists always suggest new technologies in the packaging industry.

Nowadays, one of the most perspective methods how to extend the product shelf life is packaging in modified environment – vacuum or modified atmosphere packaging (MAP), where oxygen content is decreased to minimum but the carbon dioxide content is increased allowing to extend the storage time of the product by some days or even several months.

Active packaging is an innovative packaging technology, when applying it successfully, it is possible to reduce the oxygen content below <0.1%, thus increasing significantly the storage time of foodstuffs. This maintains the manufacturers and consumers interest in the possible product quality and safety.

In order to provide the product quality constancy and extend its shelf life, it is recommended to use packaging materials with high barrier properties as well as to seek for new developments, the latest generation of biomaterials and active packaging technologies.

In Latvia, such profound and wide scientific investigations on the effect of packaging technologies and materials on the quality of sugar confectionery products have not been carried out till now.

Evaluating and analyzing scientific literature and electronic resources information available on the sugar confectionery and their quality during the storage time, the following **hypothesis** was set for the doctoral thesis – the shelf life of sugar confectionery products can be extended by selecting advanced packaging technologies and appropriate materials.

Object of the research – classical and enriched with bee pollen sugar confectionery products – sherbet (milk pomade sweet) and marshmallow.

Aim of the doctoral thesis – quality investigation of classical and enriched with bee pollen sugar confectionery products – sherbet and marshmallow – during their storage time by using advanced packaging.

The following **objectives** have been set to reach the aim:

- to investigate the market of sugar confectionery products in Latvia by inquiring customers about the sherbet and marshmallow recognition, quality, demand, and optimal packaging;
- to analyze the effect of advanced packaging technologies on the classical and enriched with bee pollen sherbet physical and chemical parameters and microbiological quality during the storage time in different packaging materials;

- to evaluate the effect of different packaging technologies and materials on the changes of sensory properties of the classical and enriched with bee pollen sherbet during the storage time;
- to study the effect of advanced packaging technologies and materials on the classical and enriched with bee pollen marshmallow physical and chemical parameters and microbiological quality during the storage time.

Hypothesis of the promotion work is approved by the following **thesis**:

- demand for sugar confectionery products in the market is determined by the product quality, which is significantly affected by the way of its realization;
- quality of sherbet during the storage time is significantly affected by the applied packaging materials and packaging technologies;
- addition of bee pollen to sherbet significantly changes the product quality during the storage time in different packaging affecting its shelf life;
- quality of classical and bee pollen enriched marshmallow during the storage time is significantly affected by the applied packaging materials and technologies.

Novelty and scientific significance of the doctoral thesis.

- The effect of various packaging technologies and packaging materials on the extension of shelf life of sugar confectionery products was investigated.
- Changes of physical, chemical and microbiological parameters of sugar confectionery products during the storage time were evaluated.
- The effect of the new biodegradable packaging materials and active packaging technology on the shelf life of sugar confectionery products was studied.
- The quality indices of sugar confectionery products enriched with bee pollen and their shelf life were investigated, and the sensory properties of the new product were evaluated.

Economic significance of the research.

- Extension of shelf life of sugar confectionery products, preserving the sweets quality, might increase the market demand.
- Extension of shelf life of sugar confectionery products will enable producers to export their product to the markets abroad.
- Manufacturing of sugar confectionery products enriched with bee pollen will enlarge the assortment of sugar confectionery products offered to consumers.

APPROBATION OF THE RESEARCH WORK

Results have been reported at 19 international scientific conferences and congresses in Latvia, Bulgaria, South Africa, France, Croatia, Ireland, Japan, the Netherlands, Spain, Germany, International Food Exhibition “Riga Food 2009, 2010, 2011”, and exhibition “Ražots Latvijā 2010” (Made in Latvia).

The research results have been summarized and published in 12 reviewed scientific publications, out of which three publications are published in the international citation database SCOPUS and EBSCOhost, and in a monograph (the list of attended conferences and publications see on pages 7–11).

MATERIALS AND METHODS

Time and place of the research

Experiments were carried out during the period from September 2009 to September 2012.

Investigations were performed in:

- Quality Testing Laboratory of Packaging Materials of Food Technology Department of Latvia University of Agriculture (LUA);
- Sensory Analyses Laboratory of Food Technology Department LUA;
- Shareholder *Laima* laboratories;
- Scientific Laboratory of Agricultural Analyses of Latvia University of Agriculture;
- Scientific Institute of Food Safety, Animal Health and Environment BIOR.

Materials used for the research

Object of the research – sugar confectionery products:

- **milk pomade sweets – sherbet;**
- **marshmallow.**

Structure of the research

At present research the most widely used traditional packaging technologies (in air ambience, vacuum and MAP) in conventional packaging materials and innovative (environmentally friendly) materials were studied; also, one of nowadays newest technologies – oxygen absorbers in active packaging – was applied, and its effect on the quality of sugar confectionery products during the storage time was estimated. General technologies for sherbet and marshmallow enrichment with bee pollen were worked out. The structure of the research is shown in Figure 1.

Consumers' inquiry

To find out Latvian consumers' opinion about the offer of marshmallow on the market, its quality, optimum packaging and design, a quantitative method of social investigation was applied. The method is intended to use large amount of social information in order to find out tendencies of the processes taking place in society, and it helps survey of various client groups in the market research. Within the scope of this research, consumers' inquiry was used as a quantitative method of data obtaining, and was carried out in the form of a questionnaire.

Characteristics of packaging materials

Taking into account the ways of selling of sugar confectionery products in the market, their storage requirements and properties of packaging materials, conventional packaging materials were applied for the quality investigation of products, and their characteristics are summarized in Table 1. Due to manufacturers and consumers continuously increasing interest in environmentally friendly packaging, at present several types of biodegradable polymers of different categories are used for foodstuffs packaging with a remarkable potential in the future. Characteristics of environmentally friendly packaging materials used in the experiments are presented in Table 2.

Preparation and storage of samples

Milk pomade sweets – sherbet. Sherbet was packed by two pieces in a package, the total weight per package – 60 ± 2 g. The size of each bag was 80mm x 120mm. Samples were packed in air ambience, vacuum packaging, MAP, and in active packaging with oxygen absorbers, stored at room temperature $+18.0\pm3.0$ °C, relative air moisture (RH) 40%. Samples were analyzed before packaging (on day 0) and after 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, and 16 weeks of storage. The scheme of technologies and materials used for packaging of classical and bee pollen enriched sherbet is given in Figure 2 and 3.

Marshmallow. In each packaging, there was one piece of marshmallow (its mass 14 ± 1 g), and its size was 80mm x 80mm. Samples were packed in air ambience and stored at room temperature $+18.0\pm3.0$ °C, relative air moisture (RH) 40%. Samples were analyzed before packaging (on day 0) and after 4, 6, 8, 12, 16, and 20 weeks of storage. The scheme of technologies and materials used for packaging of classical and bee pollen enriched marshmallow is given in Figure 4 and 5.

Characteristics of packaging technologies

Packaging in air ambience.

At present, the most often commercially applied packaging of sugar confectionery products is cardboard boxes, in transparent PP bags and metallised PP pouches.

Packaging in modified environment.

Vacuum packaging. Products were put into initially from polymer film thermally sealed bag; after that, the air was removed or vacuum was created in the package, and then the bag was made airtight (Robertson, 2006).

Modified Atmosphere Packaging. Products were packed into packaging materials with different barrier properties. For food packaging, MAP of carbon dioxide CO₂ (E 290) and nitrogen N₂ (E 941) were used, supplied by “AGA”, Ltd. In experiments, the following gas mixtures were used: 30% CO₂ and 70% N₂; 70% CO₂ and 30% N₂; 100% CO₂. The product was put into initially made polymer film bags; then, the air was removed from the bags; after that, the gas mixture prepared in gas mixer KM100-2MEM was injected into the bag, and the package was hermetically sealed (Robinson, 2006).

Active packaging. The product was put into pouches made of polymer material and prior to hermetical sealing oxygen absorber sockets *Ageless* were put in the pouch. The oxygen absorbers are foreseen for reduction of oxygen (O₂) level in the packaging to less than 0.01%. Active iron based absorber sachets with an absorption capacity 100cm³ were selected for the experiment; its action was based upon the iron oxide reaction with oxygen. To achieve a more effective oxygen removal, the active absorber was combined with MAP (100% CO₂).

Determined parameters and methods used in the research

The determined parameters and methods used in the research are summarized in Table 3. The sherbet quality in the package during the storage time is characterized by such significant physical and chemical parameters as: colour, water activity, mass losses, hardness, moisture content. They were determined on the day of product packaging as well as during the storage time after 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, and 16 weeks.

The quality of marshmallow is characterized by such significant physical parameters as: water activity, mass losses, moisture content, and density. They were determined on the day of product packaging as well as during the storage time once every four weeks – to 20 storage weeks.

Evaluation of sensory qualities. Using the descriptive methods of sensory evaluation, first of all, evaluators were selected and trained. Six experts were selected for the work (average age of 37 years). Prior to sensory evaluation, the reference product evaluation was carried out and evaluation forms were prepared on the basis of experts' shared understanding about the product characteristic features. The selected experts, evaluating the dynamics of sherbet hardness during the storage time in various packaging materials and storage environment, and applying a five-point hedonic scale (5 – easy chewing, soft, 1 – very hard), determined the hardness level of samples (ISO 4121:2003).

The liking level of bee pollen enriched sherbet and marshmallow was determined by using a hedonic scale (ISO 4121:2003). In turn, using a line scale

(ISO 4121:2003), the intensity of sensory properties of control sherbet and enriched with 1.5% of bee pollen sherbet was determined.

Methods applied for determination of microbiological parameters. For determination of total plate count (TPC) a standard method was used LVS EN ISO 4833:2003. For determination of yeasts and moulds colony forming units count LVS ISO 21527-2:2008 was used.

Data mathematical processing

In the results of the work, Figures and Tables were developed and calculations were carried out with *MS Excel* program and *SPSS 16* statistics program. The hypotheses were checked with a *p* value method. Factors were estimated as significant when the *p* value was $<\alpha_{0.05}$. For interpretation of results it was accepted that $\alpha=0.05$ with 95% of confidence if not indicated otherwise (Bower, 2009; Marques de Sa, 2007; Casatura, Findaly, 2006; Field, 2005).

The following tests and analyses were used: one way and two way variance analyses (ANOVA), Tukey test, correlation and regression analysis as well as the least squares method. Analyzing correlations between different variables, analyses of correlation and regression, and the least squares method were used. If the correlation between the variables is linear, the determination coefficient coincides with the correlation coefficient: R^2 is equal to r^2 . If the value of correlation coefficient is $0.5 \leq |r| \leq 0.8$, then there is a medium close linear correlation between the examined variables. If $|r| > 0.8$, there is a close linear correlation between the examined variables (Arhipova, Bāliņa, 2006).

RESULTS AND DISCUSSION

1. Analysis of inquiry results

To find out Latvian consumers' opinion about the offer of marshmallow on the market, its quality, optimum packaging amount and design, a quantitative method of social investigation was applied. In total, 800 respondents completed a questionnaire about sherbet (32% men, 68% women), while about marshmallow – 900 respondents participated (28% men, 72% women).

The obtained data show that the above mentioned confectionery products are well recognized and quite popular in Latvia; however the respondents have drawn attention to several quality drawbacks they have observed during the products shelf life. For sherbet, as significant drawbacks were mentioned hardness and its selling by weight at the selling place. In turn, marshmallow was considered having an unpractical packaging for everyday usage.

Analyzing the most often observed defects of sherbet, 553 ($n>800$) respondents have noted that it is always too hard. This sherbet defect could be explained by the packaging at present existing in the market, namely, cardboard box (5kg). Findings

of most part respondents' opinion on the optimal sherbet and marshmallow quantity in one packaging (selling as a piece-goods), it was established that the most part of respondents had indicated that 2–6 pieces could be optimum foreseen for daily consumption. Analyzing the respondents' knowledge about the possible effect of the packaging material on the product quality during the storage time, it is detected that only half of the respondents (50.2%) are aware of the fact that different types of packaging might affect differently the sherbet quality during the storage time.

As a result of consumers' inquiry, it is found out that consumers on the market supply willingly would like to see sugar confectionery products enriched with bee pollen. Thus the product would have not only a peculiar taste but also an increased nutritional value.

Summarizing the obtained results, a conclusion may be drawn that the demand for sugar confectionery could be increased by ensuring a stable quality during the storage time as well as offering products in small packaging as piece-goods.

2. Comparison of packaging technologies' influence on the sherbet quality

On the commercial network, sherbet is marketed as a product sold by weight (in cardboard boxes). Even though its shelf life defined by producer is almost two months, admittedly that the product loses its characteristic properties much earlier – moisture content decreases and it becomes hard.

In order to find out the effect of the packaging materials on the sugar confectionery product sherbet, the dynamics of the product hardness during the storage time in air ambience (Fig. 6) and MAP 100% CO₂ (Fig. 7) in different packaging materials are compared. Using a five-point hedonic scale, the hardness level of samples was determined; when the product is still good for consumption. Sensory evaluation was carried out alongside with the instrumentally analyzed hardness measurements. Comparing the experts' sensory evaluation results with those of instrumentally determined hardness measurements, it is recognized that the product could be considered usable for consumption not over its hardness of 300 N.

It is obvious that the effect of the packaging material on the product hardness during the storage time is significantly different ($p<0.05$). The initial sherbet hardness have been determined 55.80 ± 2.96 N. Comparing samples stored in air ambience and MAP, a significant ($p<0.05$) difference between the samples is observed. The sample kept in a cardboard box, in two weeks of storage had already reached 300 N. It is observed that sherbet packaged in biodegradable packaging materials could be stored 2 to 6 weeks; while in other packaging materials, sherbet could be stored from 6 to 16 weeks.

Comparing the effect of packaging technologies on the dynamics of sherbet hardness during the storage time, it has been approved that the sherbet storage time in one packaging material is different (Fig. 8). If the recommended shelf

life in a cardboard box is 2 weeks, then in *Multibarrie 60HFP* it was ranging from 8 to 16 weeks. It should be mentioned that in *Multibarrie 60 HFP* packaging in 100% CO₂ ambience the sherbet shelf life could be provided to 16 weeks, however in the active packaging using oxygen absorbers during the same time its hardness was by 11.5% less; that could be assessed as positive.

Linear regression analysis affirms that close correlation exists between the sherbet hardness changes and moisture content apart from the packaging technology and material (Fig. 9). The dynamics of moisture content, in its turn, was affected by the packaging material barrier properties, environment composition within the packaging, and presence of oxygen which could be regulated by the oxygen absorbers (active packaging).

As the most significant characteristic feature of the sherbet quality is hardness. Comparing the effect of various packaging technologies and materials on the sherbet moisture content, mass loss, hardness, and colour changes during the storage time, the recommended shelf life is estimated, and the most suitable packaging materials selected (Tab. 4). According to the experts' evaluation, the maximum acceptable hardness level of sherbet could be 300 N that was reached already after two weeks in a cardboard box packaging. The shelf life could be extended significantly using packaging materials with high barrier properties: to 10–12 weeks in OPP and *Multibarrier 60 HFP* materials in air ambience; to 16 weeks in *Multibarrier 60 HFP*, metallised BOPET/PE and *Aluthen* materials in MAP (100% CO₂) ambience; as well as to 16 weeks using oxygen absorbers (active packaging) in metallised BOPET/PE and *Aluthen* materials not exceeding the estimated hardness 300 N. The sherbet hardness in active packaging after 16 weeks in *Multibarrier 60 HFP* was determined 261.18±8.32 N, in metallised BOPET/PE – 146.01±7.54 N and in *Aluthen* – 117.61±8.64 N. By the side of packaging in MAP (100% CO₂), in active packaging it is for 11,5%, 20% and 35,7% less that can be assessed as positive. Biodegradable polymers with improved barrier properties provid a short-time shelf life of classical sherbet in air ambience maximum to 4 weeks, in MAP (100% CO₂) – to 6 weeks.

In order to determine the sherbet quality affecting factors in-depth in various packaging and storage conditions, control of microbiological parameters is carried out by detecting dynamics of total plate count (TPC) of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms, as well as yeasts and moulds during the storage. Data about microbiological analyses in various packaging technologies and materials after 16 weeks of storage are summarized in Table 5.

The maximum permissible TPC in sugar confectionery sherbet is $\leq 4 \text{ log cfu g}^{-1}$ (СанПиН 2.3.2.1078-01)². After 16 weeks of storage it has been

²Санитарно - эпидемиологические правила и нормативы "Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. СанПиН 2.3.2.1078-01" (01.07.2002.)/
Enactment date of sanitary and epidemiological rules and regulations „Hygienic Requirements for Safety and Nutrition Value of Food Products. Sanitary Rules and Regulations (SanPin) 2.3.2.1078-01” (01.07.2002.)

exceeded only in samples packed in cardboard box and OPP film in air ambience. Close to this level, aerobic and facultative anaerobic microorganisms grow in biodegradable *Ceramis®-PLA* and *NatureFlex 23NM* packaging materials, reaching $3.81 \log \text{cfu g}^{-1}$. In *Multibarrier 60 HFP*, met. BOPET/PE and *Aluthen* packaging materials, in turn, the growth of microorganisms in sherbet samples happens more slowly. During 16 weeks of storage, in the sherbet samples in the above mentioned materials in active packaging TPC in the sherbet samples have reached $2.42\text{--}2.85 \log \text{cfu g}^{-1}$.

In experimentally analyzed sherbet samples during the storage time, the number of yeast and mould colony forming units has been estimated. The premissible level of both yeasts and moulds is 50 cfu g^{-1} . In any of the tasted samples throughout the storage time, their number does not exceed the premissible level.

3. Sherbet enriched with bee pollen

A new product – sherbet enriched with bee pollen has been investigated. In accordance with the results of sensory evaluation the optimum amount of bee pollen to be added has been selected – 1.5% of the product mass. Comparing the classical and bee pollen enriched sherbet, it was determined that the iron content had increased by 34%, potassium and zinc – by 25%, copper – by 21%, and calcium – by 12%; therefore, that also enables consumers to intake, together with sweets, mineral substances so necessary for our organism.

Addition of bee pollen increases the initial hardness of sherbet by 29.60% that is a significant difference between the samples ($p<0.05$). Hardness of classical (Fig. 10) and enriched with bee pollen (Fig. 11) sherbet samples during two weeks of storage in all investigated packaging have reached roughly $192.81\pm11.04 \text{ N}$, and differs insignificantly ($p>0.05$). Samples of both types of sherbet hardened most rapidly in biodegradable *Ceramis®-PLA* film packaging: its hardness during 16 weeks of storage, compared to samples in other packaging materials, has increased by 41.35%–79.88% (till $686.42\pm14.27 \text{ N}$). The smallest hardness changes of both types of sherbet samples were observed in metallised BOPET/PE and *Aluthen* packaging both in MAP and active packaging in which during 16 weeks of storage the hardness does not exceed $223.71\pm11.43 \text{ N}$. The experiment results approved interaction between the hardness and moisture content, which substantially does not differ between mentioned properties of classical and bee pollen enriched sherbet.

Throughout the storage time, colour changes were observed of classical and bee pollen enriched sherbet packed in various packaging materials and using different packaging technologies. The significance level of changes of colour components during the storage time depending on the packaging material and packaging technology is presented in Table 6. Results show evidence that the

packaging materials and technology had a different effect on some colour components. There is a significant difference between some colour components of classical and bee pollen enriched sherbet. Comparison of total colour difference ΔE^* of classical and bee pollen enriched sherbet samples in various packaging materials using different packaging technologies is given in Figure 12. After mathematical data processing, the obtained research results show a significant bee pollen effect on ΔE^* value.

The water activity value during the storage time in both types of sherbet has been determined within the range from 0.856 to 0.728. That indicates that this product is not fully safe against microbiological spoilage. The initial TPC in classical sherbet samples is determined $2.55 \log \text{cfu g}^{-1}$, in bee pollen enriched sherbet samples – $2.88 \log \text{cfu g}^{-1}$. Significantly different is also dynamics of the microbial TPC in both samples during the storage time. Independently of the used packaging material and applied packaging technology, addition of bee pollen promotes the growth of microorganisms. In samples of classical sherbet, the total number of yeasts and moulds during the storage time in all the examined samples is ranging from 10 cfu g^{-1} to 30 cfu g^{-1} not exceeding the maximum level in all of the samples; while in bee pollen enriched samples, a tendency to advance towards the maximum admissible level have been observed, and in some samples even exceeding 40 cfu g^{-1} .

Star diagrams of quality (colour, hardness) intensity changes of classical (A) and bee pollen enriched (B) sherbet in different packaging materials during the storage time are given in Figure 13. According to the sensory evaluation results, the dynamics of hardness of bee pollen enriched sherbet in metallised BOPET/PE and *Aluthen* packaging were insignificant; however, the product can not be recommended for long time storage. Experts remarked that after 12 weeks of storage a poignant unpleasant taste of bee pollen is felt. In turn, after 16 weeks of storage, the sherbet enriched with bee pollen could not be used for consumption as it did not meet the microbiological quality requirements. Taste of the sherbet enriched with bee pollen in biodegradable packaging, bee pollen taste and aftertaste were acceptable; however, after instrumental analysis its hardness exceeded 300 N. In turn, the quality of sherbet enriched with bee pollen in *Multibarrier 60 HFP* packaging during the storage time has been evaluated as good. According to the experts' evaluation, hardness of the classical sherbet in the biodegradable *Ceramis®-PLA* packaging increased already after four weeks to 11.27 units (max. 12) that is high hardness intensity; moreover, colour of the product was changed significantly – it became lighter. The classical sherbet samples in met. BOPET/PE and *Aluthen* packaging (independently of packaging technology) became softer during the storage time. Taste did not change significantly but the texture, compared to that of the initial, became more homogeneous.

Evaluating the intensity of sensory properties, the active packaging technology using oxygen absorbers is considered as optimal one: for the classical

sherbet the packaging in met. BOPET/PE and *Aluthen* materials provide its quality to 16 weeks, but for the bee pollen enriched sherbet packaging in *Multibarrier 60 HFP* – to 14 weeks, and in metallised BOPET/PE and *Aluthen* material – to 12 weeks.

4. Marshmallow enriched with bee pollen

Marshmallow is considered as a specific confectionery product that needs to maintain a foamed texture. The optimum amount of bee pollen to be added – 1.5% of the product mass have been experimentally studied. To provide the whipping level, bee pollen could be added to the marshmallow paste at the end of whipping. It is detected that, similarly to sherbet by enriching with bee pollen, also in marshmallow addition of bee pollen increases the content of mineral substances. Comparing the mineral content of classical and bee pollen enriched marshmallow, potassium content in marshmallow enriched with bee pollen have increased by 52%, magnesium – by 25%, and calcium – by 18%. In turn, iron and sodium content increase is less – by 8% and 9%, respectively.

The shelf life of experimentally analyzed marshmallow estimated by manufacturers is 16 weeks (density 606 kg m^{-3}). The density dynamics of classical marshmallow and enriched with bee pollen during the storage time in air ambience are shown in Figure 14, and in active packaging – in Figure 15.

The density of classical marshmallow and that of enriched with bee pollen differs significantly. The density of freshly made marshmallow has been determined 569 kg m^{-3} , but that of marshmallow enriched with bee pollen – 683 kg m^{-3} . The marshmallow shelf life may be extended by selecting packaging materials with high barrier properties. In air ambience *Multibarrier 60 HFP* and metallised BOPET/PE film packaging, during 20 weeks of storage the density has increased to $593\text{--}597 \text{ kg m}^{-3}$ (i.e. by 4–5%), not exceeding that of the estimated by manufacturers. In turn, in OPP, PP and *Ceramis®-PLA* film packaging, the increase of marshmallow density during 20 weeks of storage both in air ambience and active packaging is higher – from $623\text{--}701 \text{ kg m}^{-3}$. The density of bee pollen enriched marshmallow after 20 weeks of storage, independently of the selected packaging technology, is as follows: in *Multibarrier 60 HFP* and metallised BOPET/PE packaging – to $722\text{--}750 \text{ kg m}^{-3}$; in OPP, PP and *Ceramis®-PLA* – to $770\text{--}805 \text{ kg m}^{-3}$.

Changes of the density of marshmallow during the storage time may be explained by the principle of absorber's activity placed into the package. It absorbs oxygen not only from the headspace of the package but also from the air enclosed in the pores of marshmallow, which is infused in it during the whipping process of marshmallow production. In turn, the density changes of bee pollen enriched marshmallow is not so significant because the added bee pollen affects the marshmallow density already at the time of making it;

therefore, the product initially acquired a more dense structure, and it was less affected by an oxygen absorber during the storage time. Moreover, in marshmallow enriched with bee pollen, syrup stratification tendency was observed. The above mentioned problem is widely studied, and it has been observed that this structure is unstable because, under the influence of the gravity forces, the liquid phase flows down the surface of the phase division, and as a result of its disruption among the neighboring bubbles their blending takes place. Disproportionation takes place when air under pressure is pushed from the smaller bubbles into the larger ones resulting in the volume increase of the larger bubbles on the smaller ones account. Also, due to the density differences in the liquid phase (sugar syrup) and bubbles present in the air, stratification of the liquid phase and air bubbles takes place.

The water activity a_w of experimentally analyzed samples during the storage time has changed from 0.832 to 0.548 that is why the growth of some microorganisms was possible. The TPC dynamics of classical and bee pollen enriched marshmallow during the storage time in air ambience is shown in Figure 16, and in active packaging – in Figure 17.

In classical marshmallow samples the TPC is determined $1.90 \log \text{cfu g}^{-1}$, which during 20 weeks of storage in air ambience packaging and active packaging do not reach the maximum permitted TPC level $<3 \log \text{cfu g}^{-1}$ in any of the examined packaging types. In bee pollen enriched marshmallow samples, the initial number of microorganisms is determined $2.28 \log \text{cfu g}^{-1}$ which during 20 weeks of storage in PP and *Ceramis®-PLA* packaging exceeds the maximum permissible TPC level of cfu g^{-1} .

The storage time of marshmallow may be affected not only by microorganisms TPC but also by the presence of yeasts and moulds that develop in products when water activity of which is within the range from 0.60 to 0.83. In classical marshmallow samples, yeast and mould presence during 12 weeks of storage not detected. In turn, in samples of marshmallow enriched with bee pollen both in air ambience and active packaging, yeast and mould colony presence is detected. Their growth could be affected by the packaging material and environment within the packaging.

Since in the samples of classical marshmallow yeasts and moulds are not identified, a conclusion may be drawn that bee pollen facilitates the microbiological spoilage. Moreover, if the moisture content in the product has been maintained, the growth of microorganisms in marshmallow enriched with bee pollen took place more intensively.

Experimentally has been determined that the quality and shelf life of classical marshmallow is possible to provide up to 20 weeks, but that of enriched with bee pollen – up to 16 weeks because bee pollen affects the product texture and microbiological quality, thus contributing to its spoilage.

CONCLUSIONS

1. Evaluating the sherbet quality, 88.0% of respondents indicate hardness as a significant quality parameter. 87.0% of respondents note that the optimal amount of sherbet and marshmallow is 2–6 pieces per package. Only 50.2% of respondents are informed that different types of packaging can affect differently the product quality during the storage time.
2. According to the experts' evaluation, the maximal hardness level of sherbet is estimated 300 N, which in cardboard box packaging has been reached already after two weeks of storage. Shelf life can be extended significantly in conventional polymer packaging with high barrier properties: to 10–12 weeks in air ambience OPP and *Multibarrier 60 HFP* material; to 16 weeks in MAP 100% CO₂ within *Multibarrier 60 HFP*, metallised BOPET/PE and *Aluthen* material, exceeding neither experts' accepted hardness of 300 N nor permissible total plate count of microorganisms' level (cfu g⁻¹≤10⁴).
3. The sherbet hardness in active packaging after 16 weeks of storage in *Multibarrier 60 HFP* is 261.18±8.32 N, in metallised BOPET/PE – 146.01±7.54 N, in *Aluthen* – 117.61±8.64 N. In comparison with MAP 100% CO₂ environment, it is by 11.5%, 20% and 35.7% lower, that is valued as positive.
4. Biodegradable polymers with improved barrier properties provide a short- time shelf life of classical sherbet in air ambience – maximum to 4 weeks, in MAP 100% CO₂ – maximum to 6 weeks. In turn, for marshmallow packaging, the examined biodegradable packaging materials are not appropriate.
5. Linear regression analysis prove a close correlation between the sherbet hardness and moisture content in all the studied packaging types, while the dynamics and intensity of moisture content in the product during the storage time are affected by the packaging material barrier properties.
6. In terms of liking, sugar confectionery products enriched with bee pollen sherbet and marshmallow do not differ significantly from the classical products. According to the experts' evaluation, sherbet and marshmallow enriched with 1.5% of bee pollen were considered as more pleasant.
7. Addition of bee pollen increases significantly ($p<0.05$) the sherbet initial hardness by 29.6%, and the total plate count (TPC) of microorganisms – by 11.5%, which increases during the storage time resulting in decrease of the product shelf life from 16 weeks (classical sherbet) to 10–12 weeks.

8. Evaluating intensity of sensory properties, as more appropriate materials for classical sherbet packaging are considered metallised BOPET/PE and *Aluthen*, which ensure quality to 16 weeks; in contrast, for bee pollen enriched sherbet packaging *Multibarrier 60 HFP* – to 14 weeks, and metallised BOPET/PE and *Aluthen* – to 12 weeks.
9. Shelf life of marshmallow can be provided to 20 weeks in air ambience using conventional polymer packaging materials *Multibarrier 60 HFP* and metallised BOPET/PE with high barrier properties. Due to specific texture of marshmallow, active packaging technology is not applicable.
10. Addition of bee pollen increases significantly ($p<0.05$) the marshmallow initial physical and chemical parameters: density, water activity and the total plate count (TPC) of microorganisms. The shelf life of marshmallow enriched with bee pollen can be provided to 16 weeks using metallised BOPET/PE and *Aluthen* packaging materials in air ambience.
11. Hypothesis set for the doctoral thesis – the shelf life of sugar confectionery products can be extended by selecting advanced packaging technologies and appropriate materials – is proved.

