

Latvijas Lauksaimniecības universitāte  
Latvia University of Life Sciences and Technologies



**VINETA VĪTOLA**

**KONDIKTOREJĀ LIETOTO TĀUKVIELU  
STABILITĀTES PĒTĪJUMI**

***THE STUDY OF THE STABILITY OF FATS  
USED IN CONFECTIONERY***

**Promocijas darba KOPSAVILKUMS  
*Dr.sc.ing.* zinātniskā grāda iegūšanai**

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

Jelgava, 2019

Promocijas darba zinātniskā vadītāja / *Scientific superadvisor*:

**Prof. Dr.sc.ing. Inga Ciproviča**

Promocijas darba vadītājs laikā no 2003. – 2011. gadam / *Superadvisor during 2003-2011: Dr. oec. Aivars Strautnieks*

Oficiālie recenzenti / *Official reviewers* :

**Dr.sc.ing.**, vadošā pētniece **Vita Šterna** - Agroresursu un ekonomikas institūts/  
*Institute of Agricultural Resources and Economics*

**Dr.chem.**, asociētā profesore **Ida Jākobsone** – Latvijas Universitāte/ *University of Latvia*

**Dr.sc.ing.**, asociētā profesore **Anita Blija** – Latvijas Lauksaimniecības universitāte/ *Latvia University of Life Sciences and Technologies*

Promocijas darba izstrāde veikta ar daļēju ESF granta atbalstu.

*Doctoral thesis has been elaborated by financial support of ESF grant.*



Promocijas darba aizstāvēšana notiks LLU Pārtikas zinātnes promocijas padomes atklātajā sēdē 2019. gada 29. augustā plkst. 12 00 Jelgavā, Pārtikas tehnoloģijas fakultātē, 216. auditorijā.

The defence of the thesis in an open session of the Promotion Council of Food Science of Latvia University of Life Sciences and Technologies will be held on August 29th, 2019, at 12 00 in Room 216, Faculty of Food Technology, Jelgava.

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

Atsauksmes sūtīt Promocijas padomes sekretārei LLU Pārtikas tehnoloģijas fakultātes asociētajai profesorei Dr.sc.ing. **I.Beitānei** Rīgas iela 22, Jelgava, LV 3004 vai [ilze.beitane@llu.lv](mailto:ilze.beitane@llu.lv)

The thesis is available at the Fundamental Library of Latvia University of Life Sciences and Technologies, Lielā iela 2, Jelgava and <http://lluwb.llu.lv/llu-theses.htm>

References are welcome to be sent to Dr.sc.ing. **I.Beitane**, the Secretary of the Promotion Council of Food Science, Faculty of Food Technology, Rīgas iela 22, Jelgava, LV -3004, Latvia, [ilze.beitane@llu.lv](mailto:ilze.beitane@llu.lv)

DOI: 10.22616/lluthesis/2019.008

## SATURS

Pētījuma aktualitāte .....	5
Zinātniskā darba aprobācija .....	7
Materiāli un metodes .....	9
Pētījuma rezultāti un diskusija .....	14
1. Oglhidrāti un saldinātāji konditorejas izstrādājumu kvalitātes nodrošināšanā .....	14
2. Konditorejas izstrādājumos lietotā vanilīna un vaniļas analīze produktu kvalitātes nodrošināšanā .....	17
3. Monosaharīdu oksidēšanās konditorejas izstrādājumos .....	21
4. Vara jonu ietekmes izpēte peroksīdu veidošanā eksperimentālajos paraugos .....	22
5. Dažādu taukvielu izpēte konditorejas izstrādājumu kvalitātes nodrošināšanai .....	23
5.1. Cis- un trans- taukskābju jutība peroksīdu veidošanā .....	23
5.2. Brīvo taukskābju veidošanās izpēte konditorejas izstrādājumu modeļvidēs dažādu izejvielu ietekmē .....	26
5.3. Eksperimentālo paraugu mikrobioloģisko rādītāju izpēte .....	31
6. Dažu konditorejas izstrādājumu izejvielu un gatavo produktu kvalitātes rādītāju vērtēšana .....	34
6.1. Kakao pupu kvalitatīvie rādītāji .....	34
6.2. Šokolādes un zefīra kvalitātes novērtēšana .....	35
7. Eksperimentos iegūto rezultātu kopsavilkums un priekšlikumi .....	37
Secinājumi .....	38

## *CONTENT*

Topicality of the research .....	39
Approbation of the research work .....	41
Materials and methods .....	41
Results and discussions.....	44
1. Carbohydrates and sweeteners for ensuring confectionery stability .....	44
2. Analysis of vanillin and vanilla used in confectionery products quality ensurance .....	45
3. Monosaccharide oxidation in confectionery products .....	46
4. Research of affect of copper ions on peroxide formation in experimental samples .....	46
5. The study of different fats on confectionery quality assurance .....	47
5.1. Sensibility of cis- and trans- fatty acids to peroxides formation .....	47
5.2. The study of free fatty acids formation in confectionery model systems under influence of different ingredients .....	47
5.3. The study of microbiological indices of experimental samples .....	49
6. Evaluation of quality parameters of some confectionery ingredients and products .....	49
6.1. Indicators of cocoa beans quality.....	49
6.2. Quality evaluation of chocolate and zephyr.....	50
7. Summary of experiments results and recommendations.....	51
Conclusions .....	52

## PĒTĪJUMA AKTUALITĀTE

Mūsdienās arvien vairāk tiek patērēti konditorejas izstrādājumi, tie ir ērti lietojami un ātri remdē izsalkumu. Tas sekmē konditorejas izstrādājumu patēriņa pieaugumu pasaulē un arī Latvijā.

Pieaugot konditorejas izstrādājumu lietojumam, pētījumos lielāka uzmanība ir jāvelta konditorejas izstrādājumu sastāvam, to nozīmei uzturā, konditorejas izstrādājumu kvalitātes un nekaitīguma nodrošināšanai, kombinējot dažādas izejvielas.

No literatūras analīzes izriet, ka pārtikas produktu kvalitāti nosaka vairāki faktori: izejvielas, to sastāvs un kvalitāte; izejvielu savstarpējā mijiedarbība, izejvielu un pārtikas piedevu mijiedarbība; nevēlamo savienojumu novēršana ar pārtikas piedevu palīdzību gatavajā produkcijā.

Viens no veselībai nevēlamiem savienojumiem pārtikas produktos ir peroksīdi, kas veidojas, taukiem oksidējoties. Šo procesu var veicināt arī metāla joni.

Konditorejas izstrādājumu sastāva analīze ļauj spriest par organismam labvēlīgo un nevēlamo savienojumu klātbūtni, to veidošanās iespējām produktu uzglabāšanas laikā.

Salīdzinot ar plašo pārtikas produktu klāstu un pētījumiem par to ietekmi uz patērētāju, zinātniskajā literatūrā ir maz atspoguļotas pētnieciskās atziņas par nevēlamo savienojumu veidošanos konditorejas izstrādājumu ražošanas un uzglabāšanas laikā, par iespējām aizkavēt to rašanos, produktā esošo savienojumu vai pievienoto pārtikas piedevu iedarbības rezultātā. Turklāt nav izziņāta konditorejas izstrādājumu izejvielu sastāva mijiedarbība un to ietekme uz produkta kvalitāti realizācijas laikā.

Līdz ar to darbā pētīta šo procesu norise modeļu sistēmās noteiktā temperatūrā, kas sekmē oksidēšanās un hidrolīzes procesus. Vērojot konditorejas izstrādājumu dažādo sastāvu, īpaši augsto tauku saturu, ražošanas procesā lietotās temperatūras var veicināt oksidācijas un hidrolīzes procesus produktos. Lai tos ierobežotu, ir jāvērtē konditorejas izstrādājumu sastāvdaļu savstarpējā mijiedarbība, jāanalizē šo procesu ietekmējošie faktori un jāizstrādā pasākumu kopums to novēršanai.

Latvijā nav veikti pētījumi par konditorejas izstrādājumu kvalitātes nodrošināšanu, vērtējot to ražošanā lietoto izejvielu iespējamo mijiedarbību un analizējot atsevišķu sastāvdaļu un pārtikas piedevu ietekmi kopējās produktu kvalitātes veidošanā. Šādu jautājumu risinājums un gūstamās atziņas ļaus izstrādāt priekšlikumus konditorejas izstrādājumu kvalitātes paaugstināšanai un uzturvērtības saglabāšanai, arī iezīmēt tendences jaunu produktu izstrādē un to kvalitātes nodrošināšanā.

**Promocijas darba hipotēze:** konditorejas izstrādājumu izejvielu savstarpējā mijiedarbība ietekmē produktu kvalitāti un uzglabāšanas ilgumu.

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

1. Ogļhidrātu klātbūtne nodrošina taukvielu stabilitāti modelētajos uzglabāšanas apstākļos.
2. Taukvielām bagātās daudzkomponentu sistēmās oksidēšanās process notiek lēnāk nekā tīros taukos.
3. Dažādos reģionos iegūto kakao pupu sastāva un kvalitātes atšķirības ietekmē konditorejas izstrādājumu stabilitāti uzglabāšanas laikā.

**Promocijas darba objekts** ir konditorejas izstrādājumu izejvielas – taukvielas: sviests, kakao sviests un augu tauki; saldvielas: saharoze, glikoze (glikozes sīrups un bezūdens glikoze), fruktoze un laktoze; saldinātāji: sorbitols un maltitols; emulgatori: sojas lecitīns un amonija fosfatīds; skābes: citronskābe; aromātvielas: vanilīns un vaniļa; citas izejvielas: kakao pupas un ābolu biezenis, ūdens.

**Promocijas darba mērķis:** analizēt izejvielu mijiedarbību konditorejas izstrādājumu stabilitātes un kvalitātes nodrošināšanā.

Lai sasniegtu mērķi, izvirzīti šādi darba **uzdevumi**

1. Vērtēt ogļhidrātu ietekmi taukvielu stabilitātes nodrošināšanā.
2. Pārbaudīt dažādu taukvielu stabilitāti konditorejas izstrādājumu kvalitātes nodrošināšanā.
3. Analizēt konditorejas izstrādājumu ražošanā lietoto kakao pupu sastāvu un tā ietekmi uz gatavo produktu kvalitāti.
4. Izzināt izejvielās esošo bioloģiski aktīvo vielu ietekmi konditorejas izstrādājumu kvalitātes nodrošināšanā.

Promocijas darba **novitāte**

1. Izvērtēta konditorejas izstrādājumu izejvielu savstarpējā mijiedarbība, analizējot to lomu kvalitātes nodrošināšanā.
2. Eksperimentu rezultātā iegūtas jaunas atziņas par peroksīdu un brīvo taukskābju satura samazināšanas iespējām konditorejas izstrādājumu ražošanā un uzglabāšanā.
3. Eksperimentāli pierādīts, ka ogļhidrātu klātbūtnē tiek kavēts oksidēšanās process taukvielām bagātos konditorejas izstrādājumos.

### Promocijas darba **tautsaimnieciskā nozīme**

1. Pētījumu rezultāti pielietojami klasisko un jauno konditorejas izstrādājumu gatavošanā, produktu kvalitātes nodrošināšanai un uzturvērtības saglabāšanai.
2. Eksperimentos iegūtās atziņas pamato nepieciešamību noteikt papildus kritērijus (peroksīdu skaitli, brīvās taukskābes, smagos metālus) konditorejas izstrādājumu izejvielām ražoto produktu kvalitātes nodrošināšanai.
3. Darba rezultāti ļauj izvērst tālākus pētījumus, lai samazinātu sintētisko piedevu izmantošanu konditorejas izstrādājumos.

## ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA

Pētījumu rezultāti apkopoti un publicēti astoņos recenzētos zinātniskos izdevumos latviešu, angļu un krievu valodās.

### **Publikācijas zinātniskajos izdevumos**

1. Vītola V., Ozola B. (2017) Effect of various carbohydrate additives on peroxide formation in fat for confectionery production. **In:** Chemical Technology. Lithuania, Kaunas University of Technology. Vol. 68, No 1, pp. 68-73.
2. Vītola V., Ciproviča I. (2016) The effect of cocoa beans heavy and trace elements on safety and stability of confectionery products. **In:** Rural Sustainability Research. Latvia University of Agriculture. Jelgava, Vol.35, Issue 330, pp. 19-23.
3. Ozola B., Melgalve I., Strautnieks A., Vītola, V., Kauliņš, U. (2005) Антиоксидантивная активность моно-, ди- и олигосахаридов. **In:** New technologies in traditional food: International scientific practical conference reports, 2005, Jelgava. Latvia University of Agriculture. Jelgava: LLU, p. 165-166.
4. Ozola B., Melgalve I., Strautnieks A., Vītola V., Kauliņš U. (2005) Стабильность жиров в пищевых продуктах. **In:** New technologies in traditional food: International scientific practical conference reports, 2005, Jelgava. Latvia University of Agriculture. Jelgava: LLU, p. 181-183.
5. Vītola V., Kārklīņa D., Strautnieks A. (2005) Antioxidant activity of extracts from processed cocoa bean products. **In:** Accessing useful technologies, Optimizing food safety and nutrition: 4<sup>th</sup> International congress on food technology proceedings, 2005, Athens: Vol. 1, p. 274-278.
6. Vītola V. (2005) The effect of some ingredients on stability of butter during the storage time. **In:** Research for rural development, 2005:

- International scientific conference proceedings, 19-22 May, 2005, Jelgava. Latvia University of Agriculture. Jelgava: LLU, p. 208-212.
7. Vītola V. (2004) The substantiation of functional confectionery. **In:** Research for rural development, 2004: International scientific conference proceedings, 19-22 May, 2004, Jelgava. Latvia University of Agriculture. Jelgava: LLU, p. 148-153.
  8. Vītola V., Strautnieks A. (2004). Biological activity of confectionery industry by - product - cocoa shell. **In:** Innovation development trends of food products: International scientific-practical conference reports, 2004, Jelgava. Latvia University of Agriculture. Jelgava: LLU, p.129-135.

### **Patenti**

1. Ozola B., Vītola V., Strautnieks A., Kauliņš U. (2009) Peroksīdu veidošanās kavēšanas paņēmieni. Patents Nr. 13884
2. Ozola B., Vītola V., Kauliņš U. (2008) Peroksīdu veidošanās kavēšanas paņēmieni. Patents Nr. 13701

### **Publikācijas citos izdevumos**

1. Vītola V. (2014) Konditorejas produktu nozīme uzturā. Konference "Uzturs un veselība. Vēlamais un nevēlamais šodienas Latvijas pārtikas produktu piedāvājumā". Konferencē materiāli, Olaine, 30-32 lpp.
2. Kauliņš U., Kārkliņa D., Vītola V., Dūma M., Strautnieks A., Ozola B. (2008) Pārtikas produktu funkcionalitātes daudzējādība. Rīgas Uzņēmējdarbības koledža, Pārtika 21. gadsimtā, IV Zinātniski praktiskā konference, Rastu krājums, 15-21 lpp.
3. Vītola V., Melgalve I., Ozola B. (2006) Antioksidanti uzturā. Olaines vēstures un mākslas muzejs, Olaine mehānikas un tehnoloģijas koledža, Zinātniskā konference „Ķīmija pārtikai un pārtikas rūpniecībai”, Rakstu krājums, 22-25 lpp.
4. Skrupskis I., Melgalve I., Vītola V., Kozule V., Kauliņš U. (2004) Konditorejas izstrādājumi un to funkcionālā nozīme. Mācību palīgmateriāli uztura mācības apgūšanai LLU PTF maģistrantiem un vecāko kursu studentiem, Jelgava, 60 lpp.

### **Zinātniskās tēzes**

Vītola V., Strautnieks A. (2006) Indetermination of concept of functionality in confectionery, International Conference: Molecular and physiological effects of bioactive food compounds, Vienna, COST 926/927, p. 222.

**Pētījuma rezultāti** ziņoti starptautiskajās zinātniskajās un zinātniski-praktiskajās konferencēs:

1. The 10<sup>th</sup> Baltic Conference on Food Science and Technology „Future Food: Innovations, Science and Technology” FoodBalt-2015, Kaunas, Lithuania, May 21-22, 2015. Vītola V., Ozola B. Effect of some ingredients to quality of confectionery products (stenda referāts).



2. Zinātniskā konference: Uztura labestība, Olaine, Latvija, 23. oktobris, 2008. Kauliņš U., Vītola V., Ozola B. Uztura funkcionalitāte un epigenētika (mutisks ziņojums).
3. International Conference: Molecular and physiological effects of bioactive food compounds, Vienna, Austria, October 11-14, 2006. Vītola V., Strautnieks A. Indetermination of concept of functionality in confectionery (stenda referāts).
4. Starptautiskā konference „Zinātne un jauninājumi-Zemgales attīstībai”, Jelgava, Latvija, 31. janvāris, 2006. Segliņa A., Kārklīņa D., Vītola V., Strautnieks A., Miķelsone V., Gailīte I., Strautniece E. Smiltsērķšķu spiedpalieku paplašināta izmantošana (stenda referāts).
5. International Conference Intradfood 2005 „Innovation in traditional foods”, Polytechnical University, Valencia, Spain, 25. – 28. oktobris, 2005. Vītola V. Functionality of confectionery (stenda referāts).
6. International Scientific Conference „Research for Rural Development 2005”, Jelgava, Latvija, 19. – 22. maijs, 2005. Vītola V. The effect of some ingredients on stability of butter during the storage time (mutisks ziņojums).
7. International Scientific Conference „Research for Rural Development 2004” Jelgava, Latvija, 19. – 22. maijs, 2004. Vītola V. The substantiation of functional confectionery (mutisks ziņojums).

## **MATERIĀLI UN METODES**

**Pētījumi veikti** laikā no 2003. līdz 2018. gadam:

AS „Laima” ražošanas laboratorijā (peroksīda skaitļa, brīvo taukskābju, sausas un tauku satura, sensoro rādītāju noteikšana) un mikrobioloģiskā laboratorijā (mezofilo aerobo un fakultatīvi anaerobo mikroorganismu skaita, zarnu nūjiņu grupas baktēriju, raugu un pelējumu skaita noteikšana).

Latvijas Lauksaimniecības universitātes Pārtikas tehnoloģijas fakultātes Ķīmijas katedras laboratorijās (peroksīda skaitļa un lizocīma aktivitātes noteikšana).

Rīgas Tehniskās universitātes Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultātes laboratorijā (peroksīda skaitļa noteikšana).

Pārtikas un veterinārā dienesta Nacionālā diagnostikas centra Pārtikas un vides izmeklējumu laboratorijā (peroksīda skaitļa, brīvo taukskābju, šķiedrvielu, Ca, Mg, Fe, Na noteikšana).

Pārtikas drošības, dzīvnieku veselības un vides zinātniskā institūta „Bior” laboratorijā (selēna, cinka, kalcija, kālija, dzelzs, nātrija, alumīnija, dzīvsudraba, arsēna, svina un kadmija noteikšana).

Latvijas Universitātes Mikrobioloģijas un biotehnoloģijas institūtā (dzintarskābes noteikšana).

AS „Palsgaard” (Dānija) laboratorijā (glikuronskābes un glikonskābes noteikšana).

### **Pētījumā izmantotie materiāli**

Saldvielas un saldinātāji. Pētījumā lietotie ogļhidrāti - monosaharīdi - bezūdens glikoze un fruktoze, glikozes sīrups, disaharīdi - saharoze un laktoze, saldinātāji - sorbitols un maltitols.

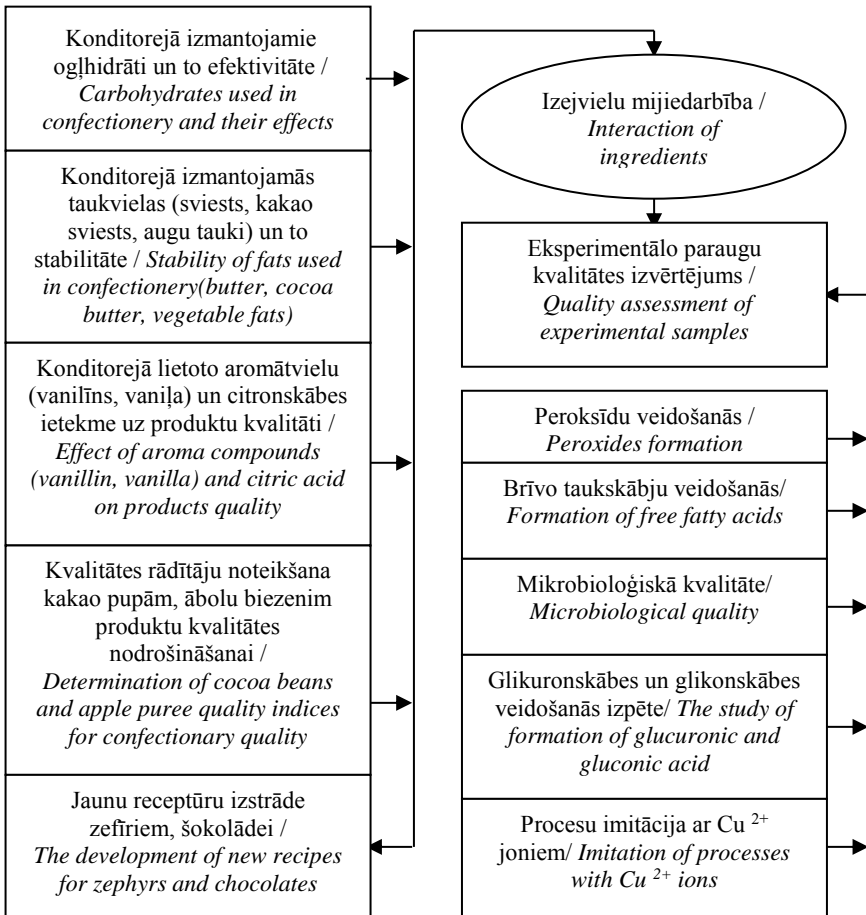
Taukvielas. Eksperimentu veikšanai lietots sviests ar tauku saturu 82.5 % un 16 % mitruma saturu, kakao sviests, kas iegūts no Ganas kakao pupām, un augu tauki „Confao” un „Akofect ” (ražotājs “AAK”, Zviedrijā), „Ekond” (ražotājs “Efko”, Krievijā) un „Akotres” (ražotājs “AAK”, Zviedrijā). Eksperimentiem lietots rūpnieciski ražotais AS „Rīgas piena kombināta” saldkrējuma sviests.

Emulgatori. Darbā lietots sojas lecitīns (E322) un amonija fosfatīds (E442).

Aromātvielas un citronskābe. Eksperimentiem lietots Madagaskāras Burbonas vaniļas pulveris, vaniļīns (identisks dabīgajam) un citronskābe.

Citas izejvielas. Darbā analizēta kakao pupu kvalitāte, izvērtējot Kamerūnas, Ekvadoras, Nigērijas un Ganas kakao pupas. Analizēta zefīra un asorti konfekšu pildījumu izejviela - ābolu biezenis, arī smiltsērķšķu spiedpaliekas.

**Promocijas darba pētījuma virziens** ir konditorejas izstrādājumu kvalitātes izpēte, analizējot izejvielu savstarpējo mijiedarbību un vērtējot tauku oksidācijas un hidrolīzes produktu veidošanos un šo procesu kavējošos faktorus. Pētījums shematiski parādīts 1. attēlā.



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

Eksperimentos tika pārbaudītas plašāk lietotās konditorejas izejvielas: sviests, cukurs, kakao, vanilīns un vaniļa. Izvērtējot konditorejas izstrādājumu izejvielu daudzveidību, to sezonalitāti un ieguves vietu atšķirības, darbā veiktas vairākas pētījumu sērijas. Tas ir skaidrojums atšķirīgajiem sākotnējiem peroksīda skaitļiem dažādos eksperimentos atšķirīgu izejvielu lietojuma un pētījuma norises laika dēļ. Visos eksperimentos iegūtie rezultāti (peroksīda skaitlis) izteikti  $\text{mmol kg}^{-1}$  lipīdu.

Pētījumos tika izveidotas modeļu sistēmas galvenajām konditorejas izstrādājumu izejvielām, kuras pētītas vielu savstarpējās mijiedarbības izziņāšanai un priekšstata gūšanai par iespējamajiem procesiem konditorejas izstrādājumu uzglabāšanas laikā, salīdzinot ar tīru taukvielu oksidēšanās norisi.

Pētāmie paraugi tika sagatavoti vienādos apstākļos un uzglabājot termostatā 30 un 90 dienas  $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$  temperatūrā. Atsevišķi pētījumos paraugi izturēti  $5 \pm 2^{\circ}\text{C}$  210 dienas. Izvēlēta  $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$  temperatūra atbilst paātrinātai produktu bojāšanas izvērtēšanai. Tā ļauj paātrināt pētījumu gaitu, spriest par paraugu kvalitātes mainību/stabilitāti un iegūt datus situācijas vērtēšanai. Šis process tiek īstenots, lietojot Q10 vērtību. Q10 izsaka ar šādu vienādojumu:

$$Q10 = t (^{\circ}\text{C}) + 10^{\circ}\text{C}, \quad (1)$$

kur: Q10 - paātrinātas bojāšanas apstākļi;  
t - saldumu uzglabāšanai pieņemtā temperatūra ( $18\text{-}20^{\circ}\text{C}$ ),  $^{\circ}\text{C}$ .

Ja izvēlētajā uzglabāšanas laikā paraugs/produkts ir stabils, tad ierastajos uzglabāšanas apstākļos tas uzrādīs 2 reizes lielāku stabilitāti (Kong, Singh, 2011; Taoukis et al., 2015).

Šādi pētījuma apstākļi tiek praktizēti pārtikas rūpniecībā un izmantoti eksperimentālajās laboratorijās dažādas ārvalstu firmās, lai analizētu pārtikas produktu iespējamo bojāšanos un modelētu procesus un risinājumus to kavēšanai.

Eksperimenta sākumā peroksīda skaitlis tika noteikts tīrai taukvielai un paraugiem ar dažādām piedevām.

Pētījumu gaitā tika pārbaudīta

1. Ogļhidrātu un taukvielu maisījumu kvalitāte modeļvidē, analizējot peroksīdu un brīvo taukskābju veidošanos;
2. Vanilīna, vaniļas un citronskābes, kā arī ūdens ietekme uz konditorejas izstrādājumu kvalitāti;
3. Kakao pupu, ābolu biezeņa, smiltsērķšķu spiedpalieku ietekme uz šokolādes un zefīru kvalitāti.
4. Ķīmisko procesu norises vērtēšanai veikti pētījumi par metāla jonu, proti,  $\text{Cu}^{2+}$  jonu, ietekmi uz peroksīdu veidošanos eksperimentālajos paraugos un pārbaudīta ogļhidrātu oksidēšanās produktu - glikuronskābes un glikonskābes klātbūtne paraugos ar 30 % glikozi.
5. Darbā analizēta eksperimentālo paraugu mikrobioloģiskā kvalitāte paātrinātas produktu bojāšanas laikā.

Pētījumu rezultātā tika izstrādātas jaunas receptūras šokolādes konfektiem, glazētajam zefīram un veikta šo receptūru pārbaude ražošanas apstākļos.

### **Pētījumos izmantoto metožu raksturojums**

Darba veikšanai izmantotās metodes un standarti apkopoti 1. tabulā.

**Pielietotie standarti un metodes / Applied standards and methods**

Nr./ No	Rādītāji / Indicators	Standarts un metode/ Standard and methods
1.	Peroksīda skaitlis/ <i>Peroxide value</i>	Vīlera metode / <i>Wheeler method</i>
2.	Peroksīda skaitlis šokolādes masām / <i>Peroxide value in chocolate masses</i>	GOST 51487
3.	Brīvo taukskābju saturs / <i>Free fatty acids content</i>	AOAC 940.28
4.	Mikrobioloģiskie rādītāji/ <i>Microbiological indicators:</i> Mezofīlie aerobie un fakultatīvi anaerobie mikroorganismi / <i>Total plate count</i> Zarnu nūjiņu grupas baktērijas/ <i>Coliformbacteria</i> Raugi un pelējumi / <i>Yeasts and mould</i>	LVS EN ISO 4833:2003A  LVS ISO 4832: 2006  LVS ISO 21527-2:2008
5.	Glikuronskābe un glikonskābe / <i>Glucuronic and gluconic acid</i>	Hromatogrāfijas metode/ <i>Chromatography method, F – ARE250 M</i>
6.	Mikroelementi / <i>Microelements: Se, Zn, Al</i>	AOAC 986.15
7.	Mikro- un makroelementi / <i>Micro- and macroelements:Fe, Ca, Na, K</i>	AOAC 975.03
8.	Fizikāli- ķīmiskie rādītāji (kakao pupām) / <i>Physical-chemical indicators for cocoa beans:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• mitruma saturs / <i>moisture content</i></li> <li>• tauku saturs / <i>fat content</i></li> <li>• pH / <i>pH</i></li> </ul>	ISO 2291:1980 GOST 5899 - 85 AOAC 970.21
9.	Tehniskās prasības kakao pupām (ārējais izskats, krāsa, smarža) / <i>Technical requirement for cocoa beans ( appearance, colour, flavour)</i>	ISO 2451:1973 ISO 1114:1977
10.	Smagie metāli kakao pupām/ <i>Heavy metals in cocoa beans: Hg; As, Pb, Cd</i>	ISO 6637 – 1984 (E) AOAC 986.15
11.	Dzintarskābes koncentrācija/ <i>Concentration of amber acid</i>	Hromatogrāfijas metode/ <i>Chromatography method, Shimadzu LC4-A M</i>
12.	Kopējais kābes saturs ābolu biezenī / <i>Total acid content in apple puree</i>	GOST 5898 - 87
13.	Šķiedrvielu saturs / <i>Fiber content</i>	GOST 13496.2 – 91
14.	Lizocīma saturs / <i>Lysozyme content</i>	Granta turbidimetriskā metode (1973) / <i>Grant (1973)</i>
15.	Uzturvērtība / <i>Nutritive value</i>	Regula (ES) Nr. 1169/2011
16.	Sensorais vērtējums / <i>Sensory evaluation</i>	Hēdoniskā skala / <i>Hedonic scale</i>

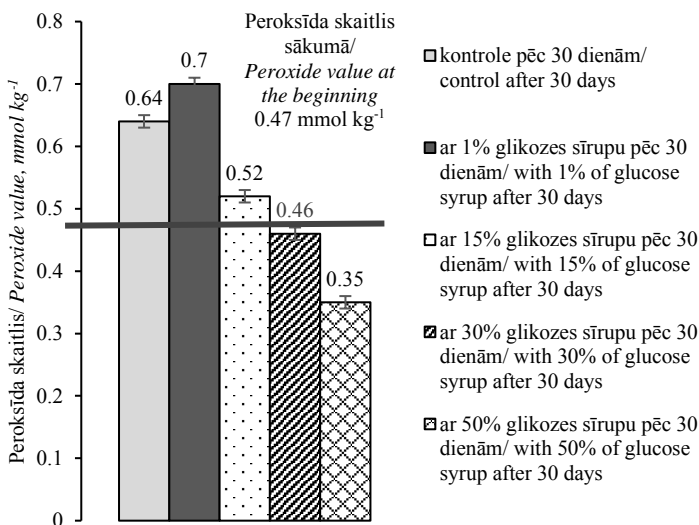
## Datu matemātiskā apstrāde

Iegūtajiem rezultātiem veikta datu apstrāde, aprēķinot vidējo aritmētisko un standartnovirzi. Pētījuma rezultāti iegūti piecos atkārtojumos. Dati analizēti, izmantojot vienfaktora dispersijas analīzi (Arhipova et al., 1998; Arhipova, Bāliņa, 2003). Lietotas datorprogrammas MS Excel un SPSS 11.0. Rezultātu būtiskuma pakāpe raksturota ar  $p$  – vērtību, kura apzīmē iegūtā rezultāta vispārpieņemto būtisko atšķirību (95%) un analizētā faktora ietekme nav nejauša. Veikta arī eksperimentālo datu apstrāde, izmantojot MathCad 14 programmu. Balstoties uz mazāko kvadrātu metodi, atrastas analītiskās sakarības peroksīdu skaitļa atkarībai no pievienotā vanilīna un glikozes koncentrācijas. Sensorās novērtēšanas rezultāti analizēti ar dispersijas analīzi ANOVA.

## PĒTĪJUMU REZULTĀTI UN DISKUSIJA

### 1. Ogļhidrāti un saldinātāji konditorejas izstrādājumu kvalitātes nodrošināšanā

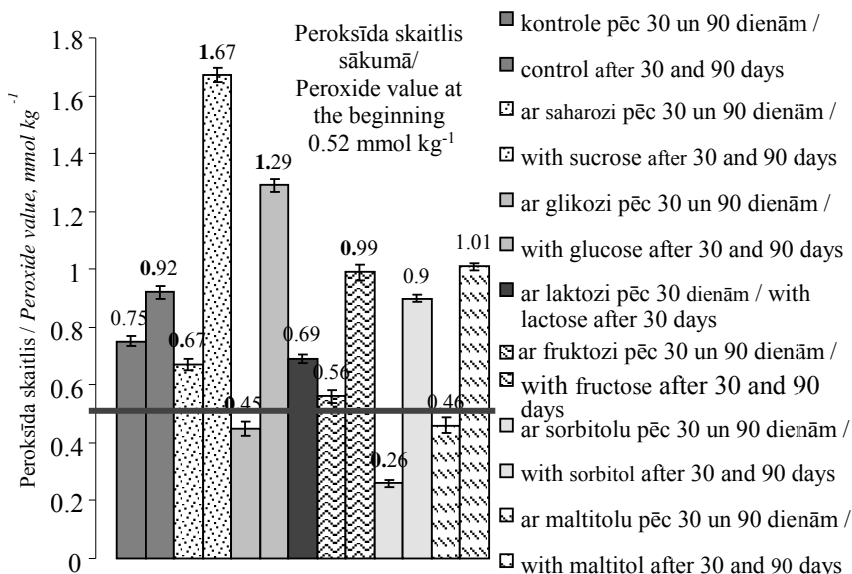
Pirmajā pētījuma etapā analizēta galveno konditorejas izejvielu - taukvielu un dažādu saldvielu maisījumu stabilitāte (2.att.), uzglabājot  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  30 dienas.



2. att. Peroksīda skaitlis eksperimentālajā paraugā dažādu glikozes sīrupa daudzumu 30 dienu uzglabāšanas laikā  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  temperatūrā /

Fig. 2. Peroxide value in the experimental sample in the presence of different quantity of glucose syrup during 30 days of storage at  $28 \pm 2^\circ\text{C}$

Glikozes sīrupa klātbūtnē paraugos ir samazinājusies mikroorganismu vairošanās (2. att.), kavējot peroksīda skaitļa kāpumu paraugos ar glikozes sīrupu 15 un 30% apjomā. Visvairāk peroksīda skaitļa kāpumu paraugā ir bromzējusi glikozes sīrupa pievienošana 50 % apjomā pēc 30 dienu uzglabāšanas  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  temperatūrā. Glikozes iedarbību varētu skaidrot ar aldehīdgrupas un hidroksilgrupas reducējošo iedarbību uz peroksīdu veidošanos (Walton et al., 2003).



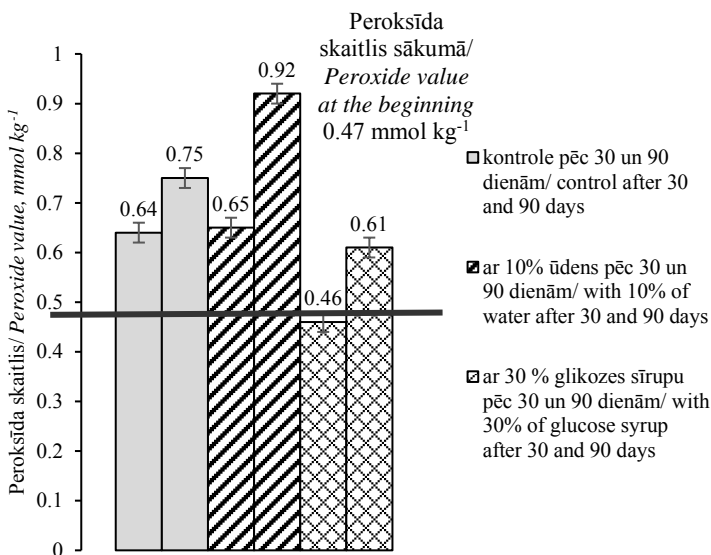
3. att. Peroksīdu veidošanās izpēte eksperimentālajos paraugos ar dažādiem ogļhidrātiem un saldinātājiem pēc 30 un 90 dienu uzglabāšanas  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  temperatūrā /

Fig. 3. Investigation of peroxide formation in experimental samples with different carbohydrate and sweetener after 30 and 90 days of storage at  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  temperature

Peroksīda skaitļa izmaiņas paraugos ar dažādu saldvielu un saldinātāju klātbūtni pēc 30 un 90 dienu uzglabāšanas bija atšķirīgas un būtiskas no sākotnējiem datiem (3. att.). Lai gan pēc 30 dienu uzglabāšanas, paraugos ar saldvielām peroksīda skaitlis bija mazāks vai tuvs sākotnējiem sviesta datiem. To varētu skaidrot ar mikroorganismu vairošanos kavēšanu osmotiskā spiediena ietekmē. Savukārt pēc 90 dienu uzglabāšanas visas saldvielas un saldinātāji ir uzrādījuši līdzīgus rezultātus ( $p > 0.05$ ). Intensīvāk peroksīdu daudzums ir samazinājies paraugā ar sorbitolu 30 dienu uzglabāšanas laikā. Tas ir

likumsakarīgi, jo poliolu struktūra vairāk satur brīvās hidroksīdu grupas, kuras nodrošina ūdens piesaisti un samazina peroksīdu veidošanos (Owen, McClements, 2012). Paaugstinātā temperatūrā, kā arī uzglabāšanas laikam pieaugot, peroksīdu daudzums turpina pieaugt. Uzglabājot eksperimentālos paraugus  $5 \pm 2$  °C temperatūrā, var novērot līdzīgas tendences peroksīda skaitļa izmaiņās. Peroksīdu daudzums produktā ir atkarīgs no uzglabāšanas temperatūras un laika, arī pievienotā ogļhidrāta un/vai saldinātāja.

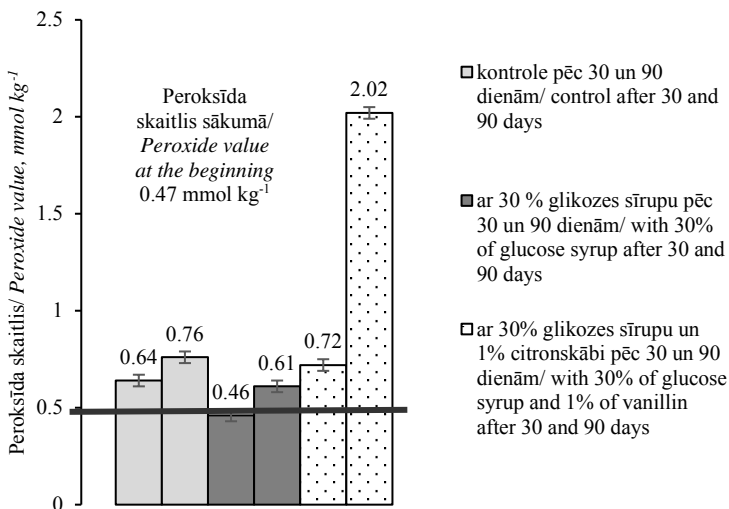
Viens no faktoriem, kas ietekmē produktu kvalitāti uzglabāšanas laikā, ir ūdens saturs. Ūdens darbojoties kā šķīdinātājs, veicina tauku hidrolīzi. Šis process ir atkarīgs no izejvielu ķīmiskās dabas (skāba vai bāziska), to var ietekmēt arī izejvielu un produkta pH.



4. att. **Peroksīdu veidošanās izpēte eksperimentālajos paraugos ūdens un glikozes sīrupa klātbūtnē 30 un 90 dienu uzglabāšanas laikā  $28 \pm 2$  °C temperatūrā /**  
*Fig. 4. The study on peroxides formation in experimental samples presence of water and glucose syrup during 30 and 90 days of storage at  $28 \pm 2$  °C temperature*

Eksperimentālie rezultāti parādīja, ka glikozes sīrupa klātbūtnē eksperimentālā paraugā ir aizkavējusi peroksīdu veidošanos pēc 30 un 90 dienu izturēšanas  $28 \pm 2$  °C temperatūrā (4. att.). Ogļhidrāti saista ūdeni, samazinot brīvā ūdens daudzumu, un tauku molekulu saskarsmi ar skābekli, tādējādi novēršot skābekļa absorbciju paraugā (Jeffrey, Saenger 1994). Analizējot rezultātus, ir jāatzīmē, ka saistītā ūdens klātbūtnē peroksīdu veidošanās paraugā ar glikozes sīrupu noritējusi lēnāk nekā brīvā ūdens klātbūtnē.





5. att. **Peroksīdu veidošanās izpēte eksperimentālajos paraugos ar glikozes sīrupu un/ bez citronskābes 30 un 90 dienu uzglabāšanas laikā 28 ± 2°C temperatūrā / Fig. 5. The study on peroxides formation in experimental samples with glucose syrup with/without citric acid during 30 and 90 days of storage at 28 ± 2 °C temperature**

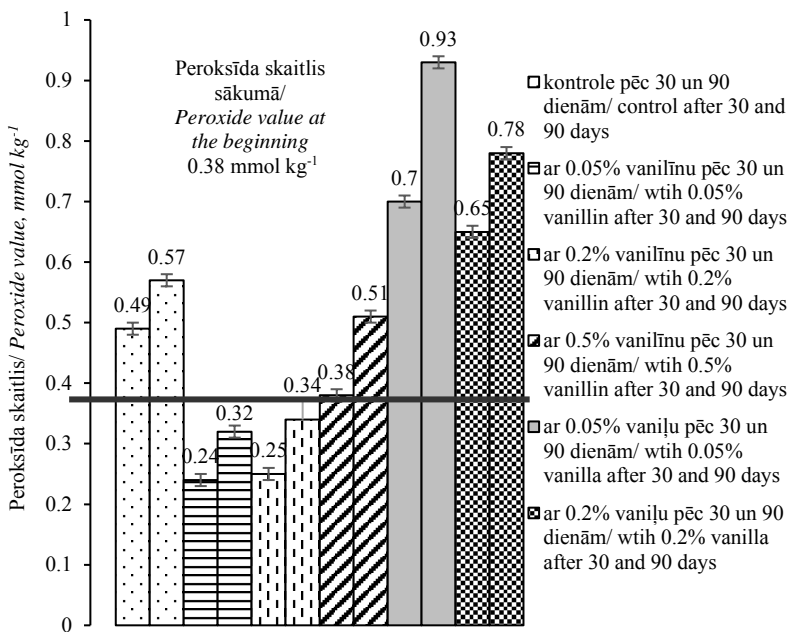
Eksperimentālajos paraugos citronskābe nav kavējusi peroksīdu veidošanos. Citronskābes klātbūtnē peroksīdu daudzums paraugā ir palielinājies, pretēji tās zināmajai antioksidanta funkcijai pārtikas produktos. Arī glikozes sīrupa klātbūtnē citronskābe peroksīdu veidošanos nav kavējusi. Pēc 90 dienu izturēšanas peroksīda skaitlis šajā paraugā ir pieaudzis vairāk nekā divas reizes, salīdzinot ar kontroli (5. att.).

Tas norāda, ka dažādu izejvielu un piedevu atšķirīgās iedarbības dēļ būtu jāvērtē to antioksidatīvās īpašības, lai varētu sniegt ieteikumus konditorejas izstrādājumu ražošanā. Izvērtējot pētījumu rezultātus, taukvielām bagātos pildījumos pievienotā augļu, ogu biezeņu piedeva citronskābes klātbūtnē var veicināt produktu kvalitātes pazemināšanos (peroksīdu, brīvo taukskābju veidošanos) ilgstošā uzglabāšanas laikā.

## 2. Konditorejas izstrādājumos lietotā vaniļina un vaniļas analīze produktu kvalitātes nodrošināšanā

Darbā bija nepieciešams pārbaudīt plašāk lietoto aromatizētāju ietekmi uz produkta kvalitāti, lietojot vaniļīnu un Madagaskāras Burbonas vaniļas pulveri.

Vaniļīns, tāpat kā daži ogļhidrāti (glikoze, galaktoze, mannoze, glikozi saturošie cietes hidrolizāti), satur aldehīdgrupu un hidroksilgrupu, kas var nodrošināt tā aizsargspējas pret peroksīdu veidošanos (Walton et al., 2003). Pētījumu rezultāti apkopoti 6. attēlā.

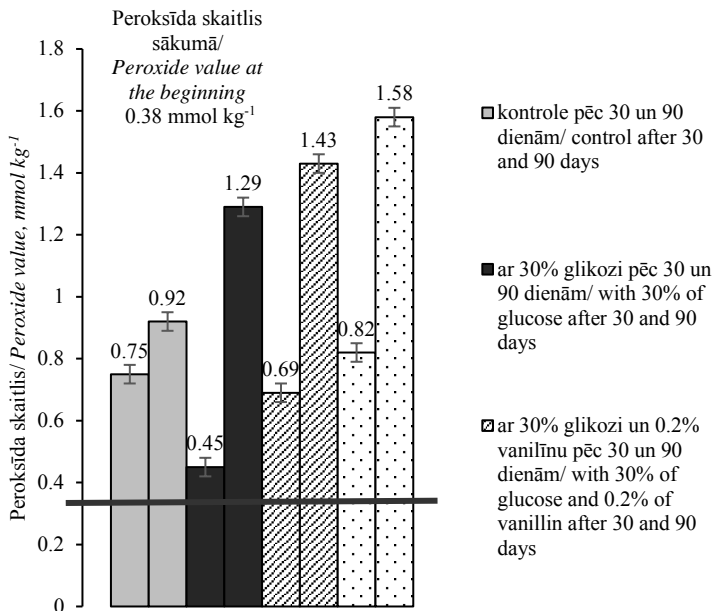


6. att. Peroksīdu veidošanās izpēte eksperimentālos paraugos ar vanilīnu un vaniļu 30 un 90 dienu uzglabāšanas laikā  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  temperatūrā /

Fig. 6. The study on peroxides formation in experimental sample with vanillin and vanilla during 30 and 90 days of storage at  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  temperature

Pētījumu rezultāti parādīja, ka vanilīnam ir zināma iedarbība uz peroksīdu veidošanās ātrumu, kas būtiski neatšķirās paraugiem ar 0.05 % un 0.2 % vanilīna ( $p > 0.05$ ) pēc 30 un 90 dienu izturēšanas  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  temperatūrā. Paraugos ar vaniļu novēroja straujāku peroksīdu veidošanos analogās koncentrācijās (6. att.). Var secināt, ka ar taukvielām bagātos izstrādājumos labāk pievienot vanilīnu nekā vaniļu.

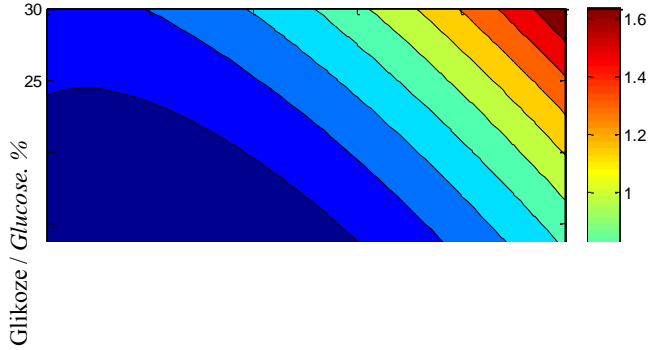
Darbā pārbaudīta arī eksperimentālo paraugu ar glikozi un vanilīnu stabilitāte uzglabāšanas laikā, dati apkopoti 7. att.



7. att. **Peroksīdu veidošanās izpēte eksperimentālā paraugā ar glikozi un vanilīnu 30 un 90 dienu uzglabāšanas laikā  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  temperatūrā /**  
Fig. 7. **The study on peroxides formation in experimental sample with glucose and vanillin during 30 and 90 days of storage at  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  temperature**

Pētījumā noskaidrots, ka paraugos ar glikozi un vanilīnu peroksīda skaits audzis straujāk nekā paraugā bez vanilīna. Vanilīna un glikozes savstarpējo iedarbību uz peroksīda skaitli parāda sakarības kontūrplaknēs (8. att., 9. att.).

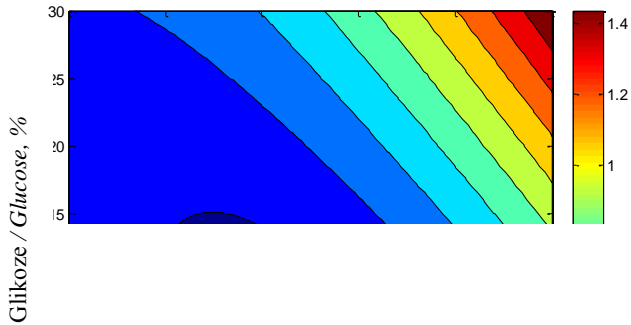
Salīdzinot 30 un 90 dienas uzglabātu paraugu datus, var redzēt, ka peroksīdu daudzumu produktā ietekmē pievienotais glikozes daudzums. Visvairāk peroksīdi ir veidojušies paraugā ar 30 % glikozes un 0.5 % vanilīna pēc 30 un 90 dienām (8. un 9. att. P 1.2-1.4). Maksimālo efektu rada 5 % glikozes un 0.4 līdz 0.5 % vanilīna paraugos (8. att.) 30 dienu uzglabāšanas laikā.



Vanilīns / Vanillin, %

8.att. Sakarība vanilīna un glikozes ietekmei uz peroksīda skaitli eksperimentālā paraugā pēc 30 dienu uzglabāšanas /

*Fig. 8. Correlation of the effect of vanillin and glucose on the peroxide value in experimental sample after 30 days of storage*



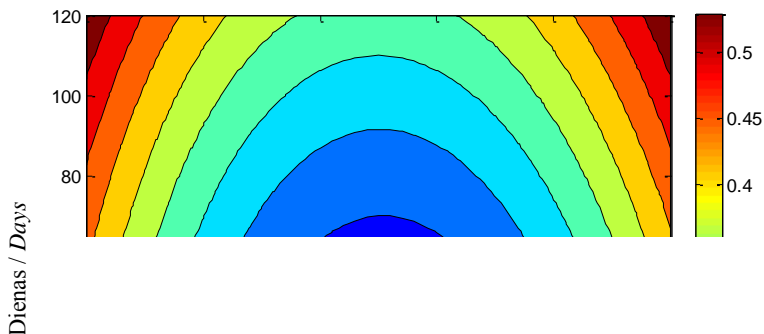
Vanilīns / Vanillin, %

9.att. Sakarība vanilīna un glikozes ietekmei uz peroksīda skaitli eksperimentālā paraugā pēc 90 dienu uzglabāšanas /

*Fig. 9. Correlation of the effect of vanillin and glucose on the peroxide value in experimental sample after 90 days of storage*

Paraugus uzglabājot 90 dienas, pozitīvu efektu rada pievienotais vanilīns robežās no 0.4 līdz 0.5 % (9. att.).

Peroksīdu veidošanās sakarības kontūrlīnijas, paraugos ar vanilīnu uzglabāšanas laikā parādīja, ka vanilīna piedeva no 0.2 līdz 0.3 % bremsē peroksīdu veidošanos ar maksimālo vērtību 0.26 % (10. att.). Ja paraugā vanilīns nav pievienots, peroksīdi pieaug straujāk.



Vanilīns / Vanillin, %

**10.att. Peroksīdu veidošanās izpēte eksperimentālā paraugā ar vanilīnu uzglabāšanas laikā /**

*Fig. 10. The study on peroxides formation in experimental sample at the presence of vanillin during of storage*

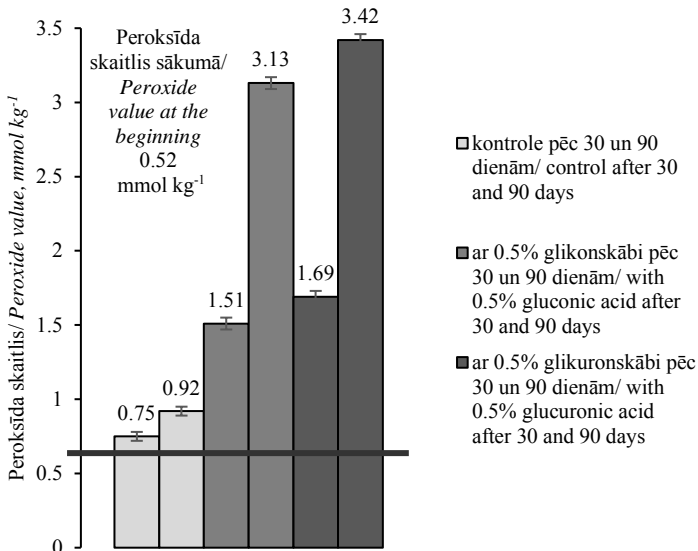
Pievienojot glikozi, peroksīda skaitļa kāpums ir lielāks, salīdzinot ar kontroles datiem un paraugu ar glikozes sīrupu. Tas būtu izskaidrojams ar vienmērīgāk izkļiedjamo glikozes sīrupu taukvielā.

### **3. Monosaharīdu oksidēšanās konditorejas izstrādājumos**

Darbā tika pētīta glikozes oksidēšanās paraugos, uzglabājot paaugstinātā temperatūrā skābekļa klātbūtnē, turklāt svarīgi bija apzināt arī glikozes oksidēšanās produktu ietekmi uz tauku stabilitāti uzglabāšanas laikā.

Lai pārbaudītu glikozes oksidēšanās produktu iedarbību uz taukvielu stabilitāti, sviestam tika pievienoti 0.5 % glikonskābes un 0.5 % glikuronskābes.

11. attēlā redzams, ka glikonskābe un glikuronskābe ir veicinājušas peroksīda skaitļa pieaugumu pēc paraugu 30 un 90 dienu izturēšanas.



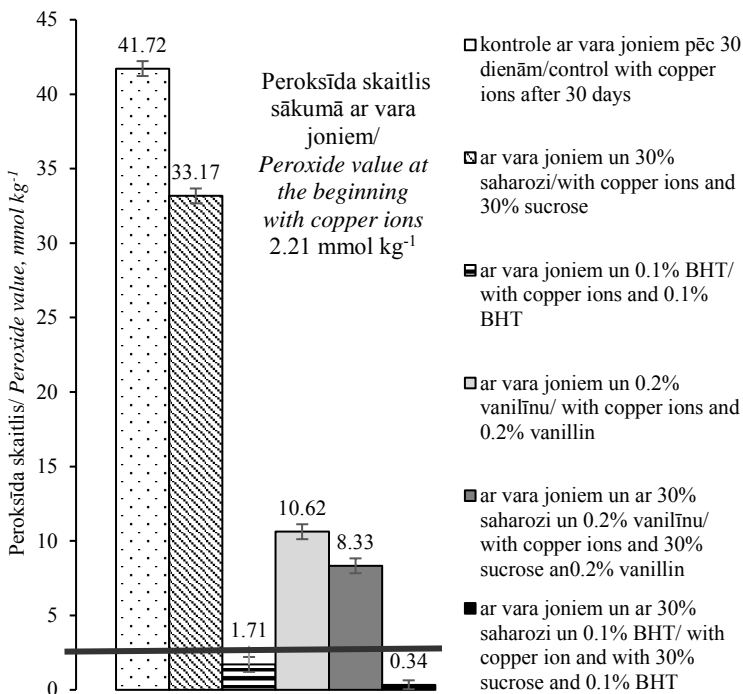
11.att. Glikuronskābes un glikonskābes ietekmes izpēte peroksīdu veidošanā eksperimentālajos paraugos 30 un 90 dienu uzglabāšanas laikā  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  temperatūrā /

*Fig. 11. Effect of glucuronic and gluconic acid on the formation of peroxides in experimental samples during 30 and 90 days storage at  $28 \pm 2 \cdot C$*

Analizētā eksperimentālā paraugā ar 30% glikozi, kas izturēts 90 dienas  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  temperatūrā, glikonskābes un glikuronskābes klātbūtnes veidošanās netika novērota.

#### 4. Vara jonu ietekmes izpēte peroksīdu veidošanā eksperimentālajos paraugos

Darbā tika pārbaudīta vara jonu ietekme uz eksperimentālo paraugu stabilitāti. Eksperimenti ar varu apstiprināja, ka daudzkomponentu sistēmā metāla jonu ietekme oksidēšanās procesa veicināšanā ir lēnāka nekā tīriem taukiem (12. att.).



12.att. Peroksīdu veidošanās izpēte eksperimentālajos paraugos ar vara joniem 30 dienu uzglabāšanas laikā  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  temperatūrā /

Fig. 12. Investigation of peroxide formation in experimental samples with copper ions during 30 days of storage at  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  temperature

Sviests satur apmēram  $0.08 \text{ mg kg}^{-1}$  dažādu metālu piemaisījumu, kas var sekmēt peroksīdu veidošanos, kā arī citi minerālvielu pārstāvji, kas no piena ir pārgājuši sviestā.

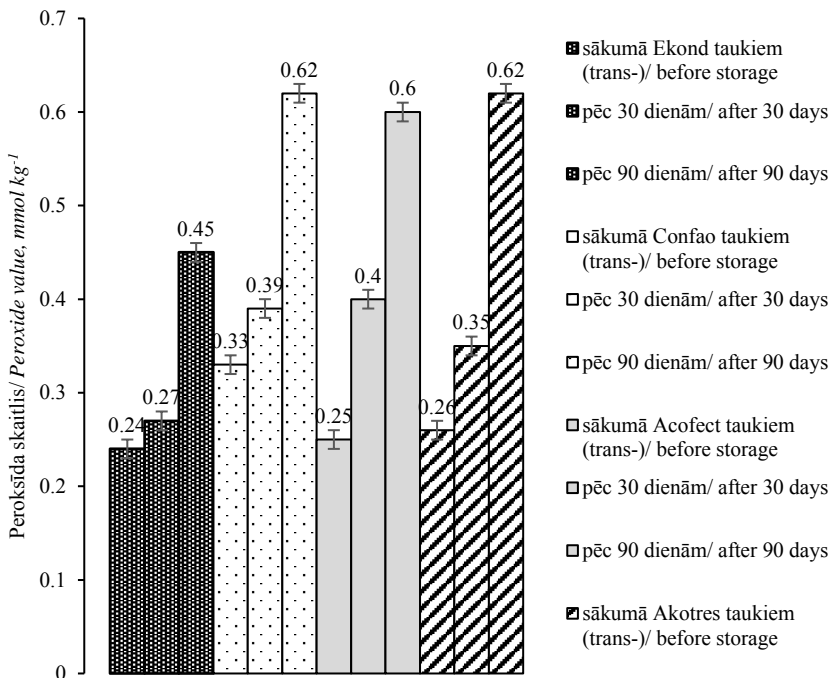
Lai gan pievienotais antioksidants - butilētais hidroksitoluols (BHT) nespēja kavēt tauku oksidāciju, tomēr paraugos ar vara joniem BHT efektivitāte īpaši izcēlās saharozes klātbūtnē (12. att.).

## 5. Dažādu taukvielu izpēte konditorejas izstrādājumu kvalitātes nodrošināšanai

### 5.1. Cis- un trans- taukskābju jutība peroksīdu veidošanā

Darbā analizēta konditorejas izstrādājumu ražošanā lietoto taukvielu stabilitāte modeļvidēs, kuru var iespaidot citas sastāvdaļas.

13. attēlā redzams, ka 30 dienas uzglabājot „Ekond” taukus  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  temperatūrā, tie uzrādīja vismazāko ( $0.27 \pm 0.02 \text{ mmol kg}^{-1}$ ) peroksīda skaitli. Eksperimenta sākumā peroksīda skaitlis būtiski neatšķīrās „Acofect”, „Ekond” un „Akotres” taukiem ( $p > 0.05$ ). Augu taukiem “Confao”, “Acofect” un “Akotres” peroksīdu daudzums neatšķīrās pēc 90 dienu izturēšanas ( $p > 0.05$ ). Tas norāda, ka no oksidēšanās viedokļa nav būtisku atšķirību starp trans- un cis-taukskābes saturošajiem taukiem. Tā kā konditorejas izstrādājumu receptūrās tiek izmantotas dažādu izejvielu kombinācijas, šo atziņu pārbaudījām turpmākos pētījumos.



13.att. Peroksīdu veidošanās izpēte dažādos konditorejā lietoto augu tauku paraugos, uzglabājot  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  temperatūrā /

*Fig. 13. The study on peroxides formation in various vegetable fat samples used in confectionary during storage at  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  temperature*

Konditorejas izstrādājumos plaši tiek lietoti emulgatori. Pārsvārā konditorejas izstrādājumu ražošanā izmanto sojas lecitīnu un amonija fosfatīdu, iegūtu no rapšu, sojas un saulespuķu eļļām. Darbā bija nepieciešams pārbaudīt vai emulgatori var ietekmēt peroksīdu veidošanos.

Eksperimentu rezultāti parādīja, ka paraugos ar sojas lecitīnu un amonija fosfatīdu palielinājās peroksīdu veidošanās pēc 30 un 90 dienu izturēšanas paaugstinātā temperatūrā (2. tab.).

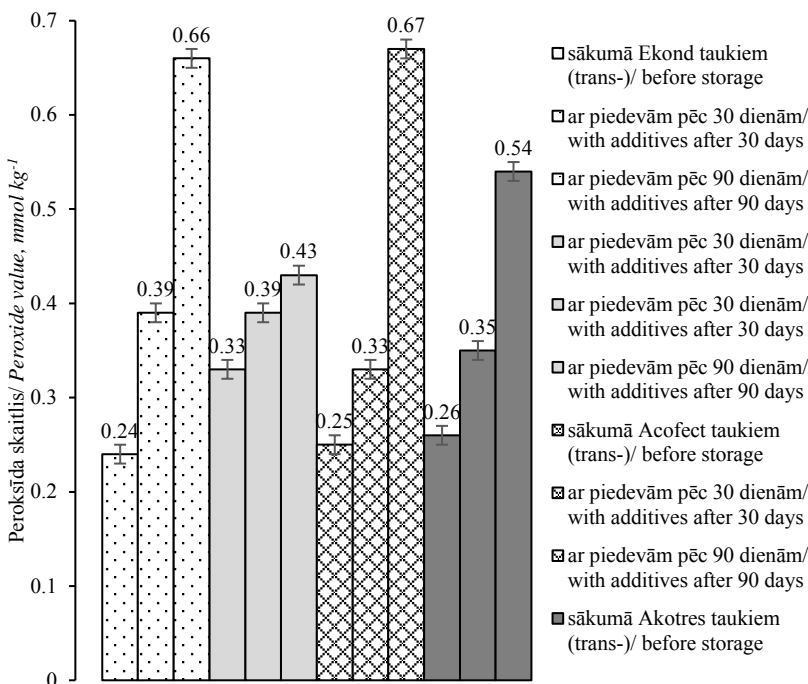


**Peroksīdu veidošanās izpēte sviestā ar emulgatoriem 30 un 90 dienu uzglabāšanas laikā  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  temperatūrā /**

***The study of peroxide formation in butter samples with emulsifiers during 30 and 90 days of storage at  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  temperature***

Parauga nosaukums / <i>Sample</i>	Peroksīda skaitlis pirms izturēšanas / <i>Peroxide value before storage, <math>\text{mmol kg}^{-1}</math></i>	Peroksīda skaitlis pēc 30 dienām / <i>Peroxide value after 30 days, <math>\text{mmol kg}^{-1}</math></i>	Peroksīda skaitlis pēc 90 dienām / <i>Peroxide value after 90 days, <math>\text{mmol kg}^{-1}</math></i>
Sviests – kontrole / <i>butter - control</i>	$0.18 \pm 0.02$	$0.30 \pm 0.02$	$0.48 \pm 0.01$
Sviests ar 1 % sojas lecitīnu / <i>Butter with 1 % of soy lechitin</i>	$0.18 \pm 0.02$	$0.53 \pm 0.01$	$0.58 \pm 0.01$
Sviests ar 1 % amonija fosfatīdu / <i>Butter with 1 % of ammonium phosphatide</i>	$0.18 \pm 0.02$	$0.73 \pm 0.02$	$0.74 \pm 0.01$

Ekspierimenta rezultātā tika konstatēts, ka emulgatori ir veicinājuši peroksīdu veidošanos. Emulģējot taukvielu, notiek taukskābju un skābekļa mijiedarbība. Pievienotās izejvielas un pārtikas piedevas var ietekmēt tauku oksidēšanos, veicinot vai bremzējot peroksīdu veidošanos (14. att.).



14.att. Peroksīda skaitļa izmaiņas taukvielu paraugos ar 30 % saharozes, 10 % ūdens un 1 % emulgatoru piedevu 30 un 90 dienu uzglabāšanas laikā  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  temperatūrā /

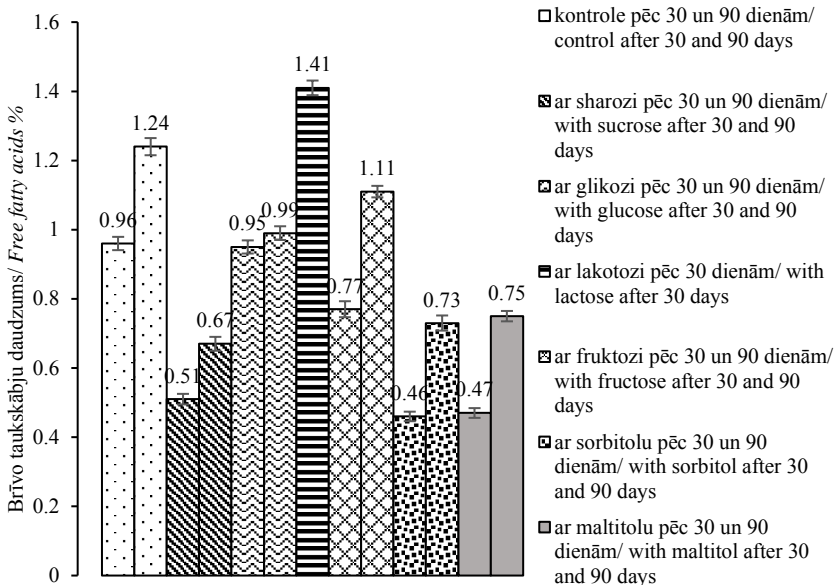
Fig. 14. Changes of peroxide value in vegetable fat samples with 30 % of sucrose, 10 % water and 1% emulsifier during 30 and 90 days of storage at  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  temperature

Iegūtie rezultāti parādīja, ka peroksīdu veidošanos konditorejas izstrādājumos var veicināt arī to pildījumu sastāvā ietilpstošās izejvielas, lietotās pārtikas piedevas, tehnoloģiskā procesa režīmi, kā arī uzglabāšanas apstākļi. Pildījumos, piemēram, konfektēs ar augļu – ogu biezeni, iebiezināto pienu un citām ūdeni saturošām izejvielām, labāk izmantot “Acofect” taukus, jo tie ir stabilāki ilgstošas uzglabāšanas laikā.

## 5.2. Brīvo taukskābju veidošanās izpēte konditorejas izstrādājumu modeļvidēs dažādu izejvielu ietekmē

Neatrisināts literatūrā un praksē ir jautājums par brīvo taukskābju veidošanos konditorejas izstrādājumos. Tauku hidrolīzes laikā radušās taukskābes var ietekmēt produktu sensorās īpašības, sevišķi smaržu. Tas radīja nepieciešamību pētījumā noskaidrot tauku hidrolīzi veicinošos un kavējošos faktorus.

Eksperimentālajos paraugos ar mono- un disaharīdiem, kā arī ar polioliem veidojas dažāds brīvo taukskābju saturs (15. att.). 15. att. ir redzams, ka paraugos ar dažādiem ogļhidrātiem (izņemot laktozi) ir notikusi brīvo taukskābju veidošanās 90 dienu izturēšanas laikā. Sviestam ar saharozi brīvo taukskābju saturs bija mazāks gan pēc 30 dienu ( $0.51 \pm 0.01\%$ ), gan pēc 90 dienu ( $0.67 \pm 0.01\%$ ) uzglabāšanas, salīdzinot ar vienādās koncentrācijās pievienoto glikozi, fruktozi un laktozi. Brīvo taukskābju saturs būtiski atšķīrās paraugos ar sorbitolu un maltitolu pēc 30 dienu uzglabāšanas, salīdzinot ar kontroli.

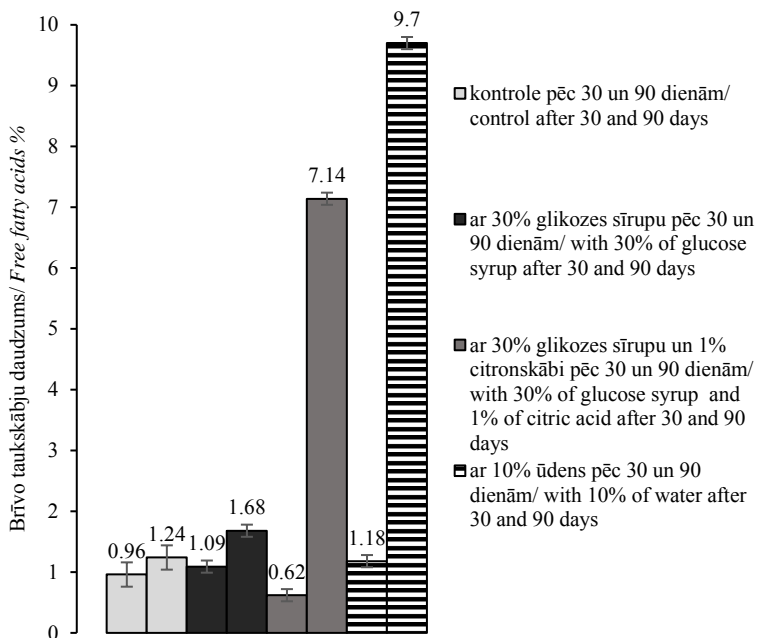


15. att. Brīvo taukskābju veidošanās eksperimentālajos paraugos ar 30% ogļhidrātu un saldinātāju piedevu pēc 30 un 90 dienu uzglabāšanas  $28 \pm 2$  °C temperatūrā /

*Fig.15. The formation of free fatty acids in experimental samples with 30% of carbohydrates and sweeteners after 30 and 90 days of storage at  $28 \pm 2$  °C*

Salīdzinot brīvo taukskābju veidošanos ar peroksīdu veidošanos paraugos ar ogļhidrātiem un saldinātājiem (2. att.), konstatēts, ka izvēlētie uzglabāšanas apstākļi ir veicinājuši brīvo taukskābju un peroksīdu veidošanos.

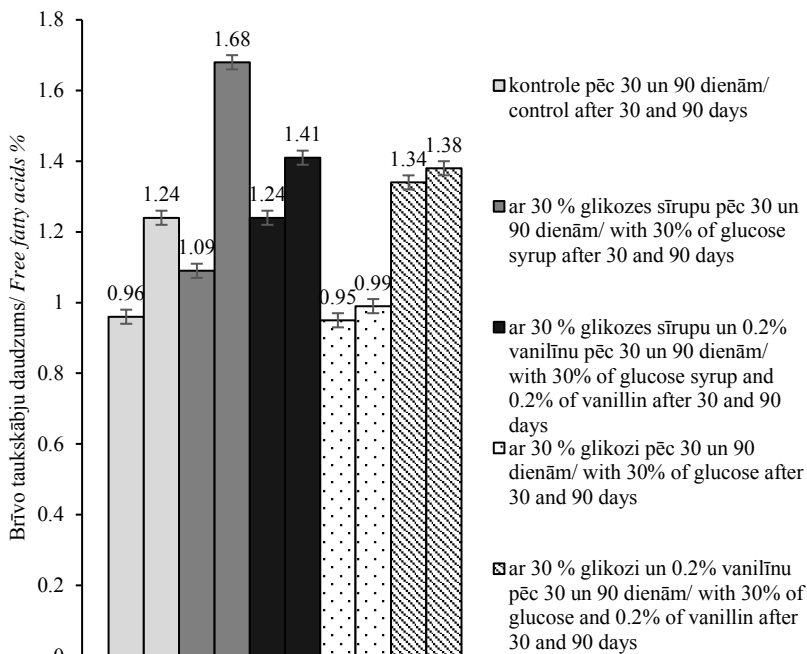
Brīvo taukskābju saturu ietekmē arī ūdens saturs produktā. Pievienojot citronskābi, brīvo taukskābju veidošanās eksperimentālajiem paraugiem ar glikozes sīrupu ir strauji pieaugusi pēc 90 dienu uzglabāšanas (16. att.).



16. att. Brīvo taukskābju veidošanās izpēte eksperimentālā paraugā ar 30% glikozes sīrupa piedevu citronskābes klātbūtnē 30 un 90 dienu uzglabāšanas laikā  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  temperatūrā /

*Fig. 16. The study on formation of free fatty acids in experimental sample with 30% of glucose syrup in the presence of citric acid during 30 and 90 days of storage at  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  temperature*

Pētījumos tika konstatēts, ka brīvo taukskābju veidošanos ietekmē arī vanilīns, kas paraugos ar glikozes sīrupu un glikozi ir palielinājis brīvo taukskābju veidošanos, salīdzinot parauga ar tīru glikozi rezultātus uzglabāšanas laikā (17. att.).



17. att. Brīvo taukskābju veidošanās izpēte eksperimentālā paraugā ar 30 % glikozes sīrupa/glikozes piedevu un vanilīnu 30 un 90 dienu uzglabāšanas laikā  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  temperatūrā /

*Fig. 17. The study on free fatty acids formation in experimental sample with 30% of glucose syrup/ glucose and vanillin during 30 and 90 days of storage at  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  temperature*

Konditorejas izstrādājumos cukura daudzums ir ļoti atšķirīgs, tāpēc pētījumā bija jānoskaidro kā taukvielu stabilitāti ietekmē pievienotais ogļhidrātu daudzums, arī vārāmais sāls.

Lai noteiktu taukvielu stabilitāti, visām taukvielām tika pievienota 15 un 30% saharoze un 1% vārāmais sāls.

**Brīvo taukskābju veidošanās izpēte dažādās taukvielās ar saharozi un vārāmo sāli /  
The study of free fatty acids formation in various fats with sucrose and salt**

Paraugi / Samples	Brīvās taukskābes sākumā/ <i>Free fatty acids before storage, %</i>	Brīvās taukskābes pēc 30 dienām / <i>Free fatty acids after 30 days, %</i>	Brīvās taukskābes pēc 90 dienām / <i>Free fatty acids after 90 days, %</i>
Sviests/ <i>Butter</i>	0.85 ±0.01	0.96 ±0.01	1.24 ±0.01
Sviests ar 15 % saharozi/ <i>Butter with 15 % sucrose</i>		0.81 ±0.02	0.99 ±0.01
Sviests ar 30 % saharozi/ <i>Butter with 30 % sucrose</i>		0.51± 0.01	0.67± 0.01
Sviests ar 1 % vārāmo sāli/ <i>Butter with 1 % salt</i>		0.72 ±0.01	1.0 ± 0.02
Kakao sviests/ <i>Cocoa butter</i>	1.56 ±0.01	1.58 ±0.01	1.61 ±0.02
Kakao sviests ar 15 % saharozi/ <i>Cocoa butter with 15 % sucrose</i>		1.53 ±0.01	1.55 ±0.03
Kakao sviests ar 30 % saharozi/ <i>Cocoa butter with 30 % sucrose</i>		1.28 ±0.01	1.32 ±0.02
Kakao sviests ar 1 % NaCl / <i>Cocoa butter with 1 % NaCl</i>		1.53 ±0.02	1.54 ±0.01
Augu tauki „Confao”/ <i>Vegetable fat „Confao”</i>	0.08 ±0.02	0.11 ±0.01	0.13 ±0.01
Augu tauki „Confao” ar 15 % saharozi / <i>Vegetable fat „Confao” with 15 % sucrose</i>		0.10 ±0.01	0.12 ±0.01
Augu tauki „Confao” ar 30 % saharozi / <i>Vegetable fat „Confao” with 30 % sucrose</i>		0.07 ±0.01	0.09 ±0.01
Augu tauki „Confao” ar 1 % vārāmo sāli / <i>Vegetable fat „Confao” with 1 % salt</i>		0.08 ±0.02	0.10 ±0.01

Iegūtie rezultāti norāda uz atšķirīgu brīvo taukskābju saturu eksperimentālajos paraugos (3. tab.). Turklāt rezultātus var skaidrot arī ar atšķirīgu produktu sastāvu. Hidrogenētie tauki satur pamatā taukus, bet sviests arī minerālvielas, laktozi, olbaltumvielas un vitamīnus, arī enzīmus.

Brīvo taukskābju saturu pētāmajos paraugos ietekmē gan pievienotais saharozes daudzums, gan uzglabāšanas laiks un temperatūra, gan taukvielas daudzums. Brīvās taukskābes paraugos ar sviestu dažādas saharozes koncentrācijas ietekmē pēc 30 un 90 dienu izturēšanas ir veidojušās lēnāk nekā

tīrā sviestā. Brīvo taukskābju saturs būtiski neatšķiras paraugā ar kakao sviestu un 15 % saharozi pēc 30 un 90 dienu izturēšanas ( $p > 0.05$ ), bet paraugos ar 30 % saharozi brīvo taukskābju veidošanās ir notikusi lēnāk. Paraugā ar hidroģenētiem augu taukiem un 15 un 30 % saharozi brīvo taukskābju saturs pēc 30 un 90 dienu uzglabāšanas nav būtiski mainījies.

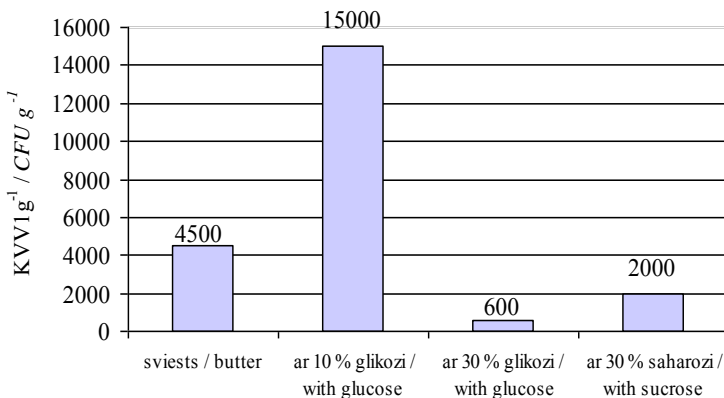
Pēc iegūtajiem rezultātiem var secināt, ka arī NaCl kavē brīvo taukskābju saturu produktā. Īpaši paraugā ar sviestu (3. tab.). Sviestam ar 1 % vārāmo sāli brīvo taukskābju saturs pēc 30 dienu izturēšanas ir  $0.72 \pm 0.01$  %, bet kontrolei  $0.96 \pm 0.01$ %. Pētījuma rezultātā var secināt, ka vārāmais sāls konditorejas izstrādājumos kavē brīvo taukskābju veidošanos uzglabāšanas laikā.

### **5.3. Eksperimentālo paraugu mikrobioloģisko rādītāju izpēte**

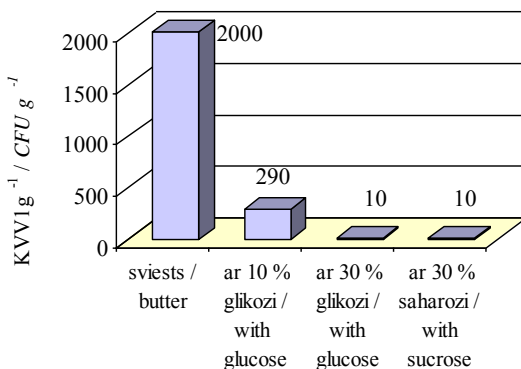
Darbā tika pārbaudīti eksperimentālo paraugu mikrobioloģiskie rādītāji. Eksperimentālajiem paraugiem ar 10 un 30 % ogļhidrātu tika noteikts mezofīlo aerobo un fakultatīvi anaerobo mikroorganismu skaits, zarnu nūjiņu grupas baktēriju klātbūtne, raugi un pelējumi pēc 30 dienu uzglabāšanas  $28 \pm 2$  °C temperatūrā.

Paraugā ar 10% glikozi konstatēts ievērojams mezofīlo aerobo un fakultatīvi anaerobo mikroorganismu KVV skaits (18. att.). 30% koncentrācijā glikoze un saharoze ir konservējoši darbojušās mikroorganismu augšanas kavēšanā. Arī saharozes 30% koncentrācijā ir bremsējusi raugu un pelējumu vairošanos analizētajā paraugā (19. att.).

Pelējumu KVV skaits samazinās, pievienoto ogļhidrātu osmotiskā spiediena rezultātā. Ogļhidrāti samazina paraugu ūdens aktivitāti, attiecīgi brīvā ūdens daudzumu, kas nepieciešams raugu un pelējumu vairošanai (Parish, 2007).



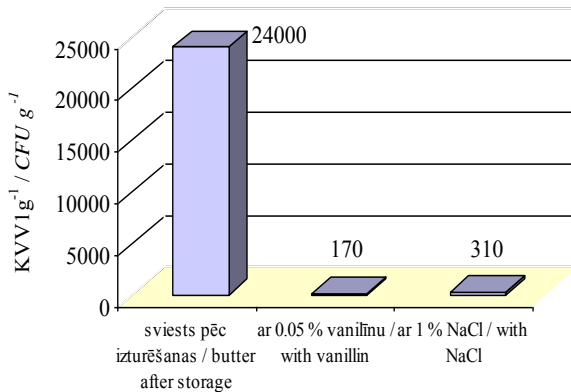
18. att. Mezofilo aerobo un fakultatīvi anaerobo mikroorganismu skaits eksperimentālajos paraugos pēc 30 dienu uzglabāšanas  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  temperatūrā /  
 Fig. 18. Total plate count in experimental samples after 30 days of storage at  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  temperature



19. att. Pelējumu KVV skaits eksperimentālajos paraugos ar ogļhidrātiem 30 dienu uzglabāšanas laikā  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  temperatūrā /  
 Fig. 19. Molds CFU in experimental samples with carbohydrates during 30 days of storage at  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  temperature

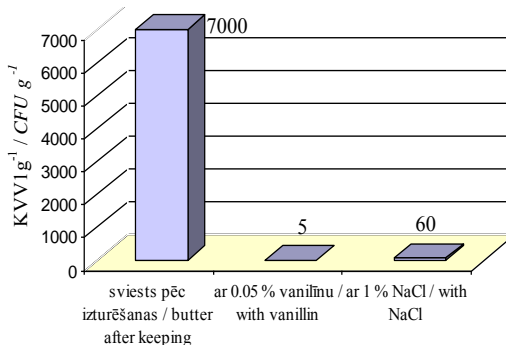
Pētījumā vērtēta vaniļina iedarbība mikroorganismu vairošanās kavēšanā eksperimentālā parauga uzglabāšanā. Paraugam ar vaniļīnu mezofilo aerobo un fakultatīvi anaerobo mikroorganismu koloniju veidojošo vienību skaits uzglabāšanas laikā praktiski nav mainījies (20., 21. att.). Arī vārāmais sāls 1% koncentrācijā ir kavējis mezofilo aerobo un fakultatīvi - anaerobo mikroorganismu vairošanos (20. att.).





20. att. Mezofilo aerobo un fakultatīvi anaerobo mikroorganismu skaits eksperimentālos paraugos ar vanilīnu un vārāmo sāli 30 dienu uzglabāšanas laikā  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  temperatūrā /

*Fig. 20. The total plate count in the experimental samples with vanillin and salt during 30 days of storage at  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  temperature*



21. att. Pelējumu KVV skaits eksperimentālos paraugos ar vanilīnu un vārāmo sāli 30 dienu uzglabāšanas laikā  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  temperatūrā /

*Fig. 21. Mold CFU in the experimental samples with vanillin and salt during 30 days of storage at  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  temperature*

Galvenie faktori, kas ietekmē pelējuma augšanu, ir produkta sastāvs, uzglabāšanas apstākļi (temperatūra, gaisa relatīvais mitrums), produkta pH un ūdens aktivitāte. Pētījumu rezultātā var secināt, ka ogļhidrātu pievienošana 30 % koncentrācijā spēj kavēt mikroorganismu vairošanos, uzglabājot paraugus paaugstinātās temperatūras apstākļos. Turklāt izmantotās sāls koncentrācija, arī vanilīns spēj aizkavēt mikroorganismu vairošanos. Ir jāatzīmē, ka konditorejas izstrādājumi ir bagātīgi taukus saturoši produkti un no kvalitātes viedokļa galvenais ir kavēt/novērst tauku oksidēšanos un hidrolīzi.

## 6. Dažu konditorejas izstrādājumu izejvielu un gatavo produktu kvalitātes vērtēšana

Konditorejas izstrādājumu izejvielās un ražošanas procesā radušies savienojumi var ietekmēt gatavā produkta kvalitāti. Pārtikas produktu ražošanā kā primārais ir jāizvirza jautājums par kvalitatīvu produktu ražošanu, tāpēc ir svarīgi novērtēt izejvielu kvalitāti saldumu ražošanā, jo tos iegādājas praktiski visos pasaules reģionos.

### 6.1. Kakao pupu kvalitatīvie rādītāji

Pētījumā tika analizētas Forastero šķirnes kakao pupas, kas audzētas Kamerūnā, Ekvadorā, Nigērijā un Ganā. Tām noteikts mikroelementu un smago metālu saturs, analizēta kakao pupu oksidatīvā stabilitāte konditorejas izstrādājumu kvalitātes nodrošināšanā.

Dažādas izcelsmes kakao pupās noteiktais smago metālu saturs parādīts 4. tabulā. Rezultāti atklāja ievērojamu atšķirību smago metālu saturā kakao pupās, īpaši svina un kadmija koncentrācijā. Dzīvsudraba un arsēna koncentrācijās būtiskas atšķirības ( $p > 0.05$ ) netika novērotas. Lielākā kadmija koncentrācija tika noteikta Ekvadoras kakao pupās. Cinka saturs būtiski neatšķiras ( $p > 0.05$ ) analizētajiem kakao pupu kodolu paraugiem. Cinka saturs bija lielāks kakao pupu mizās, īpaši no Ekvadoras kakao pupām iegūtās ( $p < 0.05$ ), turklāt atšķirības starp paraugiem bija būtiskas ( $p < 0.001$ ) (5. tab.).

4. tabula / Table 4.

**Smago metālu saturs kakao pupās /  
The content of heavy metals in cocoa beans**

Noteiktie rādītāji/ <i>Indicators</i>	**Robežvērtība/ <i>Threshold,</i> <i>mg kg<sup>-1</sup></i>	Kakao pupu izcelsmes vieta/ <i>Cocoa beans origin</i>			
		Kamerūna/ <i>Cameroon,</i> <i>mg kg<sup>-1</sup></i>	Ekvadora/ <i>Ecuador,</i> <i>mg kg<sup>-1</sup></i>	Nigērija/ <i>Nigeria,</i> <i>mg kg<sup>-1</sup></i>	Gana/ <i>Ghana,</i> <i>mg kg<sup>-1</sup></i>
*Dzīvsudrabs/ <i>Mercury</i>	0.1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Arsēns/ <i>Arsenic</i>	1.0	< 0.06	< 0.06	< 0.06	< 0.06
Svins/ <i>Lead</i>	1.0	0.37±0.05 <sup>b</sup>	0.33±0.04 <sup>b</sup>	0.52±0.07 <sup>a</sup>	0.32±0.04 <sup>b</sup>
Kadmija/ <i>Cadmium</i>	0.5	0.05±0.01 <sup>b</sup>	0.20±0.04 <sup>a</sup>	0.020±0.003 <sup>c</sup>	0.017±0.003 <sup>c</sup>

\* Noteikšanas robeža 0.01 mg kg<sup>-1</sup>/The detection threshold 0.01 mg kg<sup>-1</sup>.

\*\* Komisijas Regula Nr. 1881/2006/ Commission Regulation No. 1881/2006

Vienādi burti apzīmē paraugus bez būtiskām atšķirībām /Similar letters indicate no significant difference among samples ( $p > 0.05$ )

**Selēna, cinka un alumīnija saturs kakao pupās /  
Selenium, zinc and aluminium content in cocoa beans**

Kakao pupu iegūšanas vieta/ <i>Place of cocoa beans origin</i>	Kodoli / <i>Kernels</i>			Mizas / <i>Shells</i>		
	Se* mg kg <sup>-1</sup>	Zn mg kg <sup>-1</sup>	Al mg kg <sup>-1</sup>	Se* mg kg <sup>-1</sup>	Zn mg kg <sup>-1</sup>	Al mg kg <sup>-1</sup>
Kamerūna / <i>Cameroon</i>	<0.1	50 ± 5 <sup>a</sup>	9.2±0.9 <sup>d</sup>	<0.1	60±6 <sup>b</sup>	4.6±0.5 <sup>c</sup>
Ekvadora / <i>Ecuador</i>	<0.1	58 ± 6 <sup>a</sup>	12±1 <sup>c</sup>	<0.1	190±20 <sup>a</sup>	9.1±0.9 <sup>b</sup>
Nigērija / <i>Nigeria</i>	<0.1	49 ± 5 <sup>a</sup>	16±2 <sup>b</sup>	<0.1	61±6 <sup>b</sup>	9.8±0.9 <sup>b</sup>
Gana / <i>Ghana</i>	<0.1	51 ± 5 <sup>a</sup>	54± 5 <sup>a</sup>	<0.1	68±7 <sup>b</sup>	68±7 <sup>a</sup>

\*Noteikšanas robeža 0.1 mg kg<sup>-1</sup>/*The detection threshold 0.1 mg kg<sup>-1</sup>.*

Vienādi burti apzīmē paraugus bez būtiskām atšķirībām/*Similar letters indicate no significant difference among samples (p>0.05)*

Kakao pupu oksidatīvā stabilitāte tika apstiprināta, veicot eksperimentālo paraugu testēšanu paātrinātās bojāšanās apstākļos. Tika analizēta kakao pupu antioksidatīvā iedarbība pievienojot sviestam grauzdētus un sasmalcinātus kakao pupu kodolus 36 % koncentrācijā un izturot paraugus modeļvidē 30 dienas 28±2°C. Izvēlētais kakao saturs paraugos bija līdzīgs kakao koncentrācijai piena šokolādē. Eksperiments parādīja, ka uzglabāšanas laikā netika konstatētas būtiskas atšķirības starp Ganas un Nigērijas kakao pupu kodolu paraugiem (p<0.05) un to oksidatīvā stabilitāte bija praktiski vienāda.

Pētījumā konstatēts, ka visefektīvāk peroksīdu veidošanos kavēja Ekvadoras kakao pupas.

Analizējot noteiktos rādītājus, var izvēlēties piemērotākās kakao pupas jaunu receptūru izstrādei. Receptūrās, kur pārsvarā tiek izmantoti piena tauki, labāk izvēlēties kakao pupas ar augstāku antioksidatīvo iedarbību, piemēram, Ekvadoras kakao pupas, kas visefektīvāk novērša peroksīdu veidošanos analizētajos paraugos.

## 6.2. Šokolādes un zefīra kvalitātes novērtēšana

Darbā tika analizēta arī dažādu sastāvu šokolādes masas stabilitāte uzglabāšanas laikā. Analīzei izmantotas šokolāde „Laima Piena”, tumšā šokolāde „Lukss” un šokolāde „Laima Rūgtā” ar kakao produktu saturu attiecīgi 36 %, 53 % un 70 %. Eksperimentos konstatēts, ka peroksīdu daudzums piena, tumšajā un rūgtajā šokolādē bija praktiski vienāds. Tas nozīmē, ka piena šokolādē esošais polifenolu daudzums, ir pietiekams, lai nomāktu peroksīdu veidošanos. Palielināts kakao produktu daudzums var būtiski izmainīt citu bioloģiski aktīvo savienojumu, tai skaitā mikro- un makroelementu daudzumu, līdz ar to konditorejas izstrādājumu kvalitāti (Sager, 2012).

6. tabula / Table 6.

**Mikro- un makroelementu daudzums „Laimas” šokolādēs /  
Quantity of micro- macroelements in „Laima” chocolates**

Šokolādes veids / <i>Type of chocolate</i>	Dzelzs / <i>Iron,</i> mg kg <sup>-1</sup>	Kalcijs / <i>Calcium,</i> mg kg <sup>-1</sup>	Kālijs / <i>Potassium,</i> mg kg <sup>-1</sup>
Piena šokolāde 36 % kakao / <i>Milk chocolate 36 % cocoa</i>	30 ± 4	1240 ± 120	4.3 ± 0.4
Tumšā šokolāde “Lukss”/ <i>Dark chocolate “Lukss”</i>	53 ± 7	290 ± 30	2.7 ± 0.3
Rūgtā šokolāde 70 % kakao / <i>Bitter chocolate 70 % cocoa</i>	124 ± 18	420 ± 40	6.3 ± 0.6

6. tabulā redzams, ka dzelzs, nātrijs un kālija saturs vislielākais ir rūgtajā šokolādē. Kalciju vairāk satur piena šokolāde.

Pamatojoties uz iepriekšminēto pētījumu atziņām, darbā izstrādāta šokolādes konfekšu “Asorti” receptūra ar 99.9 % kakao, nepievienojot cukuru. Konfekšu pildījumu sastāvā izmantots ābolu biezenis, cukurs, bet uzturvērtības paaugstināšanai pievienots mentols, Korejas žeņšeņa ekstrakts un ingvers.

Tika izstrādāta receptūra zefīriem glazētiem šokolādē, izmantojot ābolu biezeni un smiltsērķšķu spiedpalieku piedevu (7. tab.). Izstrādājot receptūras, ir svarīgi izmantot izejvielas ar bioloģiski aktīvām vielām, kā arī saglabāt šo vielu aktivitāti ražošanas procesā.

**Šķiedrvielu saturs zefiros /Fiber content in zephyr**

Nr./ No	Parauga nosaukums / Sample	Šķiedrvielu daudzums/ Fibers content , %
1.	„Krējuma” zefīrs šokolādē (99.9% kakao saturs) / <i>Zephyr „Krējuma” in chocolate (99.9% of cocoa)</i>	0.42
2.	„Krējuma” zefīrs ar 3% smiltsērķšķu piedevu šokolādē (99.9% kakao saturs) / <i>Zephyr „Krējuma” with 3 % of sea buckthorn marc in chocolate (99.9% of cocoa)</i>	1.20

Rezultāti parādīja, ka 3 % smiltsērķšķu spiedpalieku pievienošana zefīrā palielināja šķiedrvielu saturu un uzlaboja produkta sensoros rādītājus, neizmainot bioloģiski aktīvo savienojumu saturu un kvalitāti. Zefīra paraugos ar smiltsērķšķu spiedpaliekām lizocīma saturs bija 1-2  $\mu\text{g ml}^{-1}$ .

**7. Eksperimentos iegūto rezultātu kopsavilkums un priekšlikumi**

Eksperimentos tika konstatēts, ka ogļhidrātu klātbūtnē tiek kavēta peroksīdu veidošanās un/vai nodrošināta eksperimentālo paraugu stabilitāte.

Peroksīdu un brīvo taukskābju veidošanās produktā ir atkarīga no receptūru sastāvā ietilpstošajām izejvielām, to sastāva, arī lietotajām pārtikas piedevām, tehnoloģiskā procesa režīmiem un uzglabāšanas apstākļiem.

Pētījumos iegūtos rezultātus var izmantot, izstrādājot jaunas konditorejas izstrādājumu receptūras un produktus.

Darbā tika apstiprināta izvirzītā hipotēze, ka konditorejas izstrādājumu sastāvdaļu savstarpējā mijiedarbība ietekmē produktu kvalitāti un uzglabāšanas ilgumu.

Variējot izejvielas, var aizkavēt nevēlamo savienojumu veidošanos un nodrošināt kvalitatīvas produkcijas ražošanu.

**Lai uzlabotu un nodrošinātu konditorejas izstrādājumu kvalitāti, paaugstinātu to uzturvērtību, ražotājiem, izstrādājot receptūras ieteicams**

1. Pārbaudīt receptūrā izmantoto sastāvdaļu mijiedarbību peroksīdu veidošanā, nepieciešamības gadījumā variējot piedevu izvēli, piemēram, aizvietojo ar ogļhidrātus ar saldinātājiem, ieteicams pārbaudīt to mijiedarbību ar citām receptūrā esošajām sastāvdaļām, pamatā taukiem.
2. Receptūrās izmantotām taukvielām pārbaudīt hidrolīzes iespējamību un oksidēšanas temperatūrās, kas raksturīgas tehnoloģiskajiem procesiem, receptūrā izmantoto citu izejvielu un pārtikas piedevu klātbūtnē.

3. Taukvielām bagātos pildījumos, pievienojot augļu-ogu biežēnus, var novērot peroksīdu un brīvo taukskābju veidošanos ilgstošā uzglabāšanas laikā.
4. Iepērkot kakao pupas un citas izejvielas, pārbaudīt mikro- un makroelementu saturu.
5. Pētniecisko darbu ietvaros būtu jāizstrādā efektīvākas analītiskās metodes un iegūtie rezultāti jāizmanto kvalitatīvas produkcijas nodrošināšanai.

## SECINĀJUMI

1. Pētījumos iegūtie rezultāti apstiprina izvirzīto hipotēzi: konditorejas izstrādājumu izejvielu savstarpējā mijiedarbība ietekmē produktu kvalitāti un uzglabāšanas ilgumu.
2. Pētītie ogļhidrāti un saldīnātāji (polioli) atšķirīgi ietekmē taukvielu stabilitāti uzglabāšanas laikā, pievienojot tos vienādās koncentrācijās. Polioli satur vairāk brīvās hidroksilgrupas, nodrošinot ūdens piesaisti un kavējot peroksīdu veidošanos.
3. Pievienotais glikozes sīrups, tā daudzums (15 līdz 50%) būtiski ietekmē taukvielu stabilitāti. Palielinoties saistītā ūdens daudzumam taukvielu maisījumā, samazinās peroksīdu veidošanās pētītajās modeļvidēs.
4. Brīvā ūdens klātbūtne taukvielu maisījumā veicina straujāku peroksīda skaitļa pieaugumu modelētajā produktu uzglabāšanas laikā.
5. Pētījumā noskaidrots, ka paraugiem ar vaniļīnu peroksīda skaitļa pieaugums ir lēnāks nekā ar vaniļu. To skaidro atšķirīgais vaniļīna sastāvs un funkcionālo grupu īpašības.
6. Butilētā hidroksitoluola mijiedarbība ar saharozi mazināja vara jonu veicināto peroksīdu veidošanos paraugos pēc 30 dienu izturēšanas  $28 \pm 2^\circ\text{C}$ , pierādot, ka daudzkomponentu sistēmā metāla jonu ietekme ir lēnāka nekā tīriem taukiem.
7. Brīvo taukskābju saturu pētāmajos paraugos ietekmē taukvielas un saharozes daudzums, gan uzglabāšanas laiks un temperatūra.
8. Izvēlētās eksperimentālo paraugu sastāva kombinācijas spēj ierobežot mikroorganismu vairošanos, tostarp raugu un pelējumu darbību.
9. Analizētās kakao pupas atšķiras ar pH, ūdens, tauku, svina, kadmija, alumīnija un cinka saturu. Sastāva un kvalitātes atšķirības ir jāņem vērā, izvēloties receptūru sastāvdaļas konditorejas izstrādājumiem, to kvalitātes nodrošināšanai un oksidācijas procesa kavēšanai.

## ***TOPICALITY OF THE RESEARCH***

Consumption of confectionery products is growing globally, including Latvia. Therefore, it is necessary to pay more attention to studies related to confectionery, particularly to the content of composition of sweets and importance of it in nutrition and quality assurance by combining ingredients of different origins.

According to literature review, it is justified that the several factors determine the quality of food products: confectionery ingredients, their composition and quality; mutual interactions among them, interaction of ingredients and food additives; prevention of undesirable compounds in the products using food additives as well as compounds which are formed during interaction of ingredients.

One of undesirable compounds in food products are peroxides, which are formed during oxidation of fats. This process can be promoted by other factors, for instance, the presence of metal ions in ingredients.

The analysis of confectionery product composition allows to discuss the presence of undesirable compounds as well as formation possibilities of them during product storage time.

Comparing wide range of foods and analyzing studies about their impact on the consumer health and well-being, there is not enough research findings in the scientific literature about the formation of undesirable compounds during production and storage of confectionery products as well as the possibilities to prevent their formation; moreover, the interaction among ingredients in the confectionery products and their impact on product quality during the shelf-life has not been studied.

Therefore, in this research work the formation of the peroxides has been studied in the model systems in an accelerated storage conditions that can promote the oxidation and hydrolysis processes, as well as the possibility to analyse the potential catalytic effect of heavy metals on the formation of peroxides in fat containing confectionery.

Comparing confectionery product compositions, those with a high fat content, treated in production process within high temperatures, can show higher oxidation and hydrolysis process rates in the ready products. To limit this, in further research more attention must be paid to mutual interactions of ingredients used in confectionery production, analysing factors that can influence these processes and to work out the measures to prevent them.

In Latvia, the scientific studies aren't provided about confectionery products quality assurance as well as evaluation of interaction among ingredients used in confectionery production and analyses of separate ingredient effect on food product quality.

The solution of these issues and knowledge can develop the proposals for improving the quality of confectionery products and maintaining the nutritional

value, as well as highlighting trends in the development of new functional products and their quality assurance.

**Hypothesis of the Doctoral dissertation:** interactions among confectionery ingredients affect the quality and shelf life of products.

Hypothesis of the Doctoral dissertation is proved by the **defended thesis**

1. The presence of carbohydrates ensures the stability of fats in modeled storage conditions.
2. The oxidation process in fat-rich multicomponent systems is slower compared to pure fats.
3. The differences in the composition and quality of cocoa beans grown in different world regions affect the stability of confectionery products during storage.

**Object of the Doctoral dissertation** is confectionery ingredients – lipids: butter, cocoa butter and vegetable fat; sweet substances: sucrose, glucose (glucose syrup and anhydrous glucose), fructose, lactose; sweeteners: sorbitol and maltitol; emulsifiers: soy lecithin, ammonium phosphatide; acids: citric acid; flavourings: vanillin and vanilla; other ingredients: cocoa beans and apple puree, water.

**The objective of the Doctoral dissertation** is to analyze the interaction of confectionery ingredients to ensure confectionery products stability and quality.

**The tasks of the Doctoral dissertation are**

1. To evaluate the effect of carbohydrates to ensure stability of fats.
2. To verify the stability of various fats to ensure confectionery products quality.
3. To analyze cocoa beans composition and its impacts on the final product quality.
4. To investigate the influence of the biologically active components to ensure confectionery products quality.

**Scientific novelty of the Doctoral dissertation**

1. Evaluated mutual interaction of ingredients used in confectionery analyzing their role in quality assurance.
2. During experimental studies there are obtained new ideas about possibilities to minimize content of peroxides and free fatty acids during production and storage processes of confectionery.
3. Approved by experiments that carbohydrates prevent oxidation processes in fat-rich confectionery products.



### **Economical significance of the Doctoral thesis**

1. The results of the research are applicable to the production of classical and new confectionery products to ensure quality and maintain their nutritional value.
2. The findings of the experiments justify the necessity to determine additional criteria for ingredients (peroxides, free fatty acids, heavy metals) to ensure the quality of the ingredients used for the production of confectionery products.
3. The results of the doctoral thesis allow to continue investigations with the aim to reduce the usage of the synthetic food additives in confectionery products.

### ***APPROBATION OF THE RESEARCH WORK***

**The study results are summarized and published** in 8 peer-reviewed scientific publications (see the list on page 7).

**The results of the research work have been presented** in 7 international scientific conferences: Latvia, Lithuania, Austria and Spain (see the list on page 9).

### ***MATERIALS AND METHODS***

**The research has been performed** from 2003 until 2018 year at the:

Laboratory of SC Laima (determination of peroxides, free fatty acids, dry matter and fat content, sensory indicators) and Microbiological laboratory (determination of total plate count, coliform bacteria, yeasts and moulds).

Laboratory of Chemistry at the Faculty of Food Technology of Latvia University of Agriculture (determination of peroxides, lysozyme activity).

Laboratory of the Faculty of Materials Science and Applied Chemistry of the Riga Technical University (determination of peroxides).

Laboratory of Food Surveillance of the Food and Veterinary Service (determination of peroxides, composition and quantity of free fatty acids, fiber content, macro- and microelements (Ca, Mg, Fe, Na)).

Institute of Food safety, Animal Health and Environment "BIOR" (determination of Se, Zn, Ca, K, Fe, Na, Al, Hg, As, Pb, Cd). Laboratory of Institute of Microbiology and Biotechnology of the University of Latvia (determination of concentration of amber acid).

Laboratory of SC "Palsgaard" (Denmark) (determination of glucuronic acid and gluconic acid).

#### **Materials used in the study**

Sugars and sweeteners. Monosaccharides (anhydrous glucose, glucose syrup and fructose), disaccharides (sucrose, lactose) and sweeteners - polyols (sorbitol, maltitol) are used in the study.

Lipids. Butter with fat content 82.5 % and moisture 16 % produced at SC „Riga dairy”, cocoa butter produced from Ghana’s cocoa beans and vegetable fats „Confao” and „Akofect ” (producer “AAK”, Sweden), „Ekond” (producer “Efko”, Russia) and „Akotres” (producer “AAK”, Sweden) were used for experiments.

Emulsifiers. Soy lecithin (E322) and ammonium phosphate (E442) were used in the study.

Flavourings and citric acid. In the experiments Madagascar Bourbon vanilla powder, vanillin (identical natural) and citric acid were used.

Other ingredients. The quality of cocoa beans was analyzed evaluating Cameroon, Ecuador, Nigeria, Ghana cocoa beans, an apple puree was tested. as well.

**The direction of the doctoral dissertation** is the study of the quality of confectionery products, by analyzing the mutual interaction of ingredients and by evaluating the formation of fat oxidation and hydrolyses products as well as factors that inhibit these processes. The study’s structure schematically is shown in Fig. 1.

The most widely used confectionery ingredients like butter, sugar, cocoa, vanillin and vanilla were used in experiments. The variety of confectionery ingredients, their seasonality and differences in origin were evaluated and series of studies were carried out in the work. This can explain the different peroxide values in different experiments due to the use of diverse ingredients and time in the study. The results obtained in all experiments (peroxide value) are expressed in  $\text{mmol kg}^{-1}$  lipid.

Special model systems with basic confectionery ingredients were developed for the study to investigate mutual interactions and processes in confectionery products during storage time compared to oxidation of pure fat.

Test samples were prepared under the same conditions and stored in a thermostat during 30 and 90 days at  $28 \pm 2$  °C. Separated studies were performed with samples stored at  $5 \pm 2$ °C for 210 days. The selected temperature of  $28 \pm 2$ °C corresponds to the conditions of accelerated product deterioration.

It allows to accelerate research progress, to judge the quality / stability of samples and to obtain data for the assessment of the situation.

This process is implemented using Q10 value. Q10 value means the temperature difference (10°C) expressed by the following equation:

$$Q10 = t \text{ (}^\circ\text{C)} + 10^\circ\text{C} \quad (1)$$

where: Q10-accelerated damage conditions

t- accepted temperature for storage of sweets (18-20°C), °C.

If the sample/ product is stable during the selected storage period, it will show 2 times more stability under normal storage conditions (Kong, Singh, 2011; Taoukis et al., 2015).

Such research conditions are practiced in the food industry and used in experimental laboratories of various foreign firms to analyze the possible deterioration of food products and to model processes and solutions to prevent them.

At the beginning of the experiment, the peroxide value in pure fat and in samples with different additives measured.

In the study was controlled:

1. Quality of mix of carbohydrates and fats in model systems, by analyzing formation of peroxides and free fatty acids. Butter was used as a basic ingredient to study fat stability, therefore peroxides and free fatty acids were determined.
2. Effect of vanillin, vanilla and citric acid as well as influence of water to the quality of confectionery products.
3. Influence of cocoa beans, apple puree and sea buckthorn on chocolate and zephyr quality.
4. The influence of metal ions ( $\text{Cu}^{2+}$ ) on the formation of peroxides in experimental samples and the presence of carbohydrates oxidation products - glucuronic acid and gluconic acid was checked.
5. The microbiological quality of experimental samples during accelerated product deterioration time.

In the study new recipes of chocolate sweets and zephyr in chocolate were developed, and verification of recipes was carried out in production conditions.

Tested samples were prepared under the same conditions and stored in a thermostat during 30 and 90 days at  $28 \pm 2$  °C. Separated studies were performed with samples that were stored at  $5 \pm 2$ °C for 210 days. The selected modes allow to evaluate the stability of the products, including changes of quality in accelerated deterioration conditions.

### **Applied research methods**

Analyses methods and standards have been summarized in Table 1.

### **The data analysis**

Data analysis was performed using data statistical methods. Mean value and standard deviation were determined from the experimental results obtained in five repetition. Data were analyzed by one factor dispersion analysis using MS Excel and SPSS program package SPSS 11.0. and program package MathCad 14. Analytical connections among amount of peroxides and vanilla and glucose concentration were developed on the short – range order quadratic method. Results of sensory evaluation were analyzed by analysis of variance ANOVA.

## **RESULTS AND DISCUSSION**

### ***1. Carbohydrates and sweeteners for ensuring of confectionery stability***

In the first stage of the study, the stability of the main confectionery ingredients - fats and carbohydrates, its blends (Fig. 2) - was analyzed at  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  for 30 days.

In the presence of glucose syrup, the growth of microorganisms has been delayed reducing the oxidation speed of samples with 15% and 30% of glucose syrup. Addition of 50% of glucose syrup inhibited peroxides formation in the sample after 30 days of storage at  $28 \pm 2^\circ\text{C}$ .

The effect of peroxides formation reduction can be explained by the presence of glucose aldehyde group and hydroxyl groups influence on peroxide formation (Walton et al., 2003).

The amount of peroxides in the samples with carbohydrates and sweeteners was different and relevant to the original data after 30 and 90 days of samples storage. (Fig. 3). After 30 days of storage, the peroxide value in the samples with carbohydrates was lower or close to the initial data, which could be attributed to inhibition of microorganism growth at higher osmotic pressure. After 90 days of storage, samples with carbohydrates and sweeteners have shown similar results ( $p > 0.05$ ).

The amount of peroxides in the sample with sorbitol has decreased more intensively during 30 days of storage. The polyol structure contains hydroxyl groups that provide higher water binding capacity and reduce peroxide formation (Owen, McClements, 2012). Effect to inhibition of peroxides formation of carbohydrate due to the temperature and storage time was decreased, that in its turn has increase the quantity of peroxides. It was established that storage conditions at lower temperature ( $5 \pm 2^\circ\text{C}$ ) and prolonged storage time showed the same tendencies in peroxide value changes. The amount of peroxides in the product depends on the storage conditions as well as on the type of added carbohydrates and their concentration.

One of the factors that can influence the quality of products during storage time is water content and because of this, performance of ingredients in the recipe is different as water acts as a solvent and can contribute to the hydrolysis of fat. This process depends on the chemical nature of the ingredients (acid or alkaline), it can also affect pH of ingredients and products.

Experiments showed that peroxides formation was reduced in the experimental samples with different glucose syrup concentration after 30 and 90 days of the storage at  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  temperature (Fig. 4). Carbohydrates can bind free water, reducing the contact of fat molecules with oxygen leading to preventing oxygen absorption in the samples (Jeffrey, Saenger 1994). Analyzing the study results, it is noted that peroxide formation in the sample with the presence of glucose syrup was slower compared to the samples with presence of water.

Addition of citric acid in the experimental samples has not inhibited the peroxides formation during accelerated storage conditions. On the contrary, in the presence of citric acid, the amount of peroxides has increased in the samples, in contrast to its known antioxidant functions. In the presence of glucose syrup citric acid has not reduced peroxides formation but doubled them after 90 days of storage (Fig. 5).

The study results revealed that it is necessary to work out the specific action of antioxidant activity for different ingredients and additives, which could help to make suggestions for better combinations in formulas for production of confectionery products. Consequently, fruit, berry puree added to fat-rich fillings in presence of citric acid can promote the quality decrease (formation of peroxides and free fatty acids) during long term storage.

## ***2. Analysis of vanillin and vanilla used in confectionery products product quality assurance***

In the study was necessary to verify the effect of some widely used flavorings, for instance, vanillin and its natural analogue - vanilla beans extract - to the quality of the products. The results of the research are summarized in Figure 6. Molecule of vanillin like some carbohydrates (glucose, galactose, mannose, starch hydrolysates) has a group of aldehyde and hydroxyl- group, which can ensure its protection against peroxides formation (Walton et al., 2003). The results showed that vanillin has some effect on peroxides formation speed which was not significantly different in the samples with 0.05 % and 0.2% of vanillin ( $p > 0.05$ ) after they have been stored for 30 and for 90 days at the temperature of  $28^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ . In the samples with vanilla was observed rapid peroxide formation in some concentrations (Fig. 6). It can be concluded that, in fat-rich products it is better to add vanillin instead of vanilla.

The stability of experimental samples with glucose and vanillin during accelerated storage condition was also analyzed, data are summarized in Figure 7. In the study it was established that in the samples with glucose and vanillin peroxide value is rising faster than in the sample without vanillin.

Mutual effect of vanillin and glucose on peroxides formation has showed planar contours (Fig.8, Fig. 9). To compare data from samples that were stored 30 and 90 days we can see that amount of peroxides in product is affected by quantity of added glucose. Most of all peroxides were growing in the sample with 30 % of glucose and 0.5 % of vanillin after 30 and 90 days (Fig. 8 and Fig. 9, P 1.2-1.4). Maximum effect gave 5 % of glucose and vanillin from 0.4 till 0.5 % in samples (Fig.8). In samples stored for 90 days, positive effect gave vanillin which was added from 0.4 till 0.5 % (Fig.9).

Forming of peroxides in butter with vanillin additive during storage shows that vanillin in dosage from 0.2 - 0.3 % hinder formation of peroxides with

maximal value 0.26% (Fig.10). If vanillin is not added or added more, the quantity of peroxides increases faster.

It should be noted that the addition of pure glucose increases peroxide value comparing with control sample and sample with glucose syrup. It could be explained with distribution of glucose at the whole sample instead of glucose syrup distribution.

### ***3. Monosaccharide oxidation in confectionery products***

In the research work, glucose oxidation was studied in samples stored at accelerated storage conditions. In addition, it was important to identify the effect of glucose oxidation products on the fat stability.

The effect of glucose oxidation products was tested to the fat stability adding gluconic and glucuronic acids at the concentration of 0.5% to the experimental samples.

Figure 11 shows that gluconic and glucuronic acids have promoted the increasing of peroxide value after 30 and 90 days of samples storage. The glucose oxidation products: gluconic and glucuronic acids were not observed during the accelerated storage conditions of experimental samples with 30% glucose after 90 days of storage at  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  temperature.

### ***4. Research of affect of copper ions on peroxide formation in experimental samples***

In the research the effect of synthetic antioxidant (butylated hydroxytoluene (BHT)) was analyzed to ensure experimental samples stability. The results clearly demonstrated that BHT addition did not inhibit the formation of peroxides in the experimental samples after 30 days of storage at  $28 \pm 2^\circ\text{C}$ .

In the research also the influence of copper ions was evaluated to experimental samples stability. The results had approved that the impact of metals ions on the multi-component system oxidation is slower than on pure fats (Fig. 12).

Butter contains approximately  $0.08 \text{ mg kg}^{-1}$  of various metals that can contribute to the formation of peroxides, as well as other minerals that have passed from milk to butter. Although the addition of BHT had not inhibited fat oxidation, although the presence of copper ions intensified the effectiveness of BHT especially in the experimental samples with sucrose.

## **5. The study of different vegetable fats on confectionery quality assurance**

### **5.1. Sensibility of cis- and trans- fatty acids to peroxides formation**

The stability of the different fats in model systems had been analyzed and results showed that the multicomponent samples were more stable than pure fats.

Figure 13 shows that the lowest peroxide value ( $0.27 \pm 0.02 \text{ mmol kg}^{-1}$ ) was detected in „Ekond” fats after 30 days of storage at  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  temperature. At the beginning of experiments „Acofect”, „Ekond” and „Akotres” fats peroxide value did not change significantly ( $p > 0.05$ ). The amount of peroxides in the vegetable fats “Confao”, “Acofect” and “Akotres” was not significantly differ after 90 days of storage ( $p > 0.05$ ). It was established that molecule configuration –cis or -trans has not significant influence on fat oxidation.

Different combinations of ingredients are used in confectionery recipes, therefore we analyzed these findings in the further studies.

Soy lecithin and ammonium phosphatide derived from rapeseed, soy and sunflower oils are mostly used in confectionery. In the study, the effect of emulsifiers was analyzed to check how and why emulsifiers do affect peroxides formation.

The results showed, that peroxides formation has increased in samples with soy lecithin or ammonium phosphatide during 30 and 90 days of storage at  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  temperature (Table 2). Because of the experiment, emulsifiers have been found to contribute to the formation of peroxides. When emulsifying fatty acids, there is an interaction between fatty acids and oxygen.

Presence of additives can affect formation of peroxides in mixtures with different configurations of fats, to promote or inhibit formation of peroxides (Fig.14).

The obtained results have showed that peroxides formation in confectionery products can promote ingredients used in fillings as well as parameters of technological processes and storage conditions. In fillings of sweets with fruit-berry puree, condensed milk and other water-based ingredients, it is better to use “Acofect” fat, because it is more stable during long-term storage.

### **5.2. The study of free fatty acids formation in confectionery model systems under influence of different ingredients**

There are still a lot of uncertain questions concerning free fatty acid formation in the confectionery products. It created the necessity to clarify free fatty acid formation promoting and inhibiting factors. In the experimental samples with mono- and disaccharides, as well as with polyols, different free fatty acid concentration was formed (Fig. 15). Figure 15 shows that in samples with different carbohydrates (except lactose) free fatty acids have been formed after 90 days of storage at high temperatures. The quantity of free fatty acids in butter

with sucrose additive was low after storage for 30 days ( $0.51 \pm 0.01$  %), as well as after storage for 90 days ( $0.67 \pm 0.01$ %).

Quantity of free fatty acids differ significantly from control after storage for 30 days in samples with sorbitol and maltitol. Comparing the formation of free fatty acids with the peroxides in the samples with carbohydrates and sweeteners (Fig. 2), it was found that storage conditions was promoted the formation of free fatty acids and peroxides. The amount of free fatty acids in analyzed samples affected the water content in the product. The formation of free fatty acids in the experimental samples with glucose syrup has increased rapidly at the presence of citric acid after 90 days of storage (Fig.16).

The formation of free fatty acids in butter has been affected by vanillin, which in the sample with glucose syrup and also with glucose has increase the formation of free fatty acids by comparing results in the sample with pure glucose during storage (Fig.17).

In confectionery products the amount of sugar varies a lot, therefore in the study it was needed to find out how stability of fats is affected by the amount of carbohydrates added, also by NaCl as possible promoter of hydrolysis. To determine the stability of fats, sucrose was added at the concentration of 15% and 30% and 1% NaCl in all fats. The obtained results showed the different levels of free fatty acids content in the experimental samples (Table 3). In addition, results can also be explained by the different composition of products. Hydrogenated fats contain only fat, but butter additionally contains minerals, lactose, proteins, vitamins and also enzymes.

The research established, that formation of free fatty acids is affected by amount of sucrose, storage time and temperature as well as quantity of fatty acids during the storage period. Free fatty acids in butter with added sucrose of different concentrations after 30 and 90 days of storage has been slower than in pure butter. The quantity of free fatty acids in cocoa butter containing 15 % of sucrose did not substantially differ after 30 and 90 days of storage ( $p > 0.05$ ), but the quantity of free fatty acids in butter with 30 % of sucrose was lower. In the sample with hydrogenated vegetable fat and 15% sucrose, as well as with 30% sucrose, free fatty acid content has not changed significantly after 30 and 90 days of storage.

According the results showed, the formation of free fatty acids in product has been affected by NaCl. In the sample with butter especially (see sample 4 in Table 3). The quantity of free fatty acids in butter sample with 1 % of salt was  $0.72 \pm 0.01$  %, but in control -  $0.96 \pm 0.01$ % after 30 days of storage.

Our study results showed that free fatty acid formation was delayed in the presence of salt in confectionery products during storage time.



### ***5.3. The study of microbiological indices of experimental samples***

Microbiological parameters of experimental samples were checked in the research. Total plate count, *Enterobacteriaceae*, yeasts and molds were determined in the experimental samples with 10 and 30 % of carbohydrates after 30 days of storage at  $28 \pm 2$  °C temperature. In the sample with 10 % of glucose has higher total plate count CFU (Fig. 18) comparing to samples with 30 % of glucose as well as with 30 % of sucrose has prevented the growth of yeast and mold in the analyzed sample (Fig. 19).

Molds CFU decrease and this is affected by osmotic pressure by reducing water activity in product means reducing the amount of free water that is needed for yeast and mold growth (Parish, 2007).

In the research was evaluated the preservative effect of vanillin to inhibit the growth of microorganisms in the experimental sample during storage.

In the sample with vanillin colony forming units did not change during storage time (Fig. 20, 21). Also 1% of NaCl additive hinders the propagation of aerobic mesophilic and facultative anaerobic microorganisms (Fig.20).

The main factors affecting mold growth are product composition, storage conditions (temperature, relative humidity), product pH and water activity.

We can conclude from results of research that addition of 30% carbohydrates is able to inhibit the growth of microorganisms during storage of samples in high temperature. In addition, the used concentration of salt and flavoring (vanillin), can prevent the growth of microorganisms.

It should be noted that confectionery products are rich in fat and from the quality point of view it is important to inhibit / prevent the oxidation and hydrolysis of fat, which is a guarantee of quality and safety of these products.

## ***6. Evaluation of quality parameters of some confectionery ingredients and products***

Confectionery ingredients and compounds formed during production process can influence the end products quality. During production process, the main question should be product quality. In confectionery industry it is very important to check quality for ingredients, as they are sourced practically in all regions of the world.

### ***6.1. Indicators of cocoa beans quality***

Forastero varieties of cocoa beans from Cameroon, Ecuador, Nigeria and Ghana research were analyzed. The number of microelements and heavy metals was determined as well as oxidative stability of cocoa beans was analyzed to ensure quality of confectionery products.

Table 4 shows the content of heavy metals in cocoa beans from different origins. The results showed a significant difference in the content of heavy metals in cocoa beans, especially in lead and cadmium concentrations. There were no differences in mercury and arsenic concentrations. The highest cadmium concentration was found in Ecuadorian cocoa beans.

The content of zinc did not differ significantly ( $p > 0.05$ ) in the analyzed cocoa bean kernel samples. Content of zinc was higher in shell of cocoa beans, especially in shell of Ecuador cocoa beans ( $p < 0.05$ ), and differences between samples were significant ( $p < 0.001$ ) (Table 5).

The properties of the antioxidants effect of cocoa beans were confirmed by testing experimental samples during accelerated auto-oxidation.

The antioxidant effect of cocoa beans in butter was determined by adding 36 % of roasted and grinded cocoa bean kernels and kept the samples in the model environment 30 days at  $28 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ . The content of cocoa was chosen similar to the concentration of cocoa in milk chocolate.

The experiment showed that no significant differences in the samples with cocoa beans kernels from Ghana and Nigeria ( $p < 0.05$ ) during storage time and their oxidative stability was practically the same. The research established that Ecuador cocoa beans most effectively eliminated the peroxide formation in samples. Analyzing the certain indicators, we can choose the most appropriate cocoa beans to develop new recipes.

In formulations where milk fat is predominantly used, it is recommended to select cocoa beans with higher antioxidant capacity, such as Ecuador cocoa beans, which most effectively prevented the formation of peroxides in the analyzed samples.

## ***6.2. Quality evaluation of chocolate and zephyr***

Antioxidant stability of various chocolate masses with different content of cocoa - 36 %, 53 %, 70 % during storage time were determined in the work. By comparing quantity of peroxides in milk, dark and bitter chocolate, we can conclude, that antioxidant stability of cocoa was practically the same. That means, the quantity of polyphenols in cocoa mass is enough to inhibit formation of peroxides. In its turn, addition of cocoa in recipes can change content of other biological active compounds in product, like amount of micro- and macro elements and therefore influencing quality of confectionery products (Sager, 2012). As you can see in Table 6 amount of iron and potassium was the highest in bitter chocolate. Calcium was the highest in milk chocolate.

Based on the findings of the research, the recipe for assorted chocolate with 99.9 % of cocoa content in chocolate without sugar was developed, and sensory evaluation was performed. In content of fillings was added apple puree, sugar but menthol, ginseng extract and ginger were added to increase biological value of sweets.

New recipe was developed for zephyr using apple puree and sea buckthorn marc, that increased the content of carboxylic acids and content of fibers (Table 7). Zephyr was coated with chocolate with 99.9% of cocoa content. It is important in development of recipes to use ingredients with biologically active compounds as well as to maintain their activity during production process.

According to results, it was established, that 3 % of sea buckthorn marc additive increased content of fibers in zephyr and perfected sensory indicators but did not change activity and quantity of bioactive compounds. In zephyr samples with sea buckthorn marc content of lysozyme was 1-2  $\mu\text{g ml}^{-1}$ .

### ***7. Summary of results obtained from experiments and suggestions***

It was experimentally established, that presence of carbohydrates inhibits formation of peroxides and/ or ensure stability of experimental samples. It was established that formation of peroxides and free fatty acids in the products is affected by ingredients that are used in composition of recipe, their content, presence of food additives, parameters of technological process and storage conditions. Experimental data from researches can be used for new recipe development of confectionery products.

In this study of the promotion work experimentally was established hypotheses that ingredients used for production of confectionery products affect quality of products and storage time by mutual interaction between them. It is possible to prevent formation of undesirable compounds and wherewith to ensure production of qualitative products by changing their ingredients. **Developing confectionery formulations with higher nutrition value and quality, it is necessary to consider**

1. Before development of recipe it is necessary to verify interaction of ingredients used in recipe to peroxides formation, if necessary, varying the choice of additives, for example by replacing carbohydrates with sweeteners, and testing their interaction with other ingredients in the recipe, mainly fat.
2. Stability of fats against hydrolyses and oxidation must be verified in temperatures that are specific in technological process. It is also necessary to check the stability of fats in presence of additives which are used in the recipe as well.
3. In high fat fillings addition of fruit and berry purees can lead to the formation of peroxides, free fatty acids during prolonged storage.
4. Basic ingredients – cocoa beans and others must be verified regarding content of micro, - macro elements.
5. Within research works more effective analytical methods should be developed and obtained results should be used to ensure quality of products.

## *CONCLUSIONS*

1. Acquired results of the study confirm the proposed hypothesis: interactions among confectionery ingredients affect the quality and shelf life of products.
2. Investigated carbohydrates and sweeteners (polyols) differently affect fat stability during storage time, added in the same concentrations. Polyols contain more free hydroxyl groups ensuring water binding properties and delaying peroxide formation.
3. Added glucose syrup, its amount (15 to 50%) has a significant impact on the stability of fat blends. Increasing the amount of binded water in the fat blends, it reduces the formation of peroxides in studied model systems.
4. The presence of free water in fat blends contributes to faster growth of peroxides during simulated storage conditions.
5. In the research was established, that vanillin inhibits more efficiently peroxides formation than vanilla. This is explained by vanillin composition and its functional groups properties.
6. The interaction of butylated hydroxytoluene with sucrose reduced the formation of copper ions-boosted peroxides in samples after 30 days at  $28\pm 2^{\circ}\text{C}$ , demonstrating that the effect of metal ions is slower in the multi-component system than in pure fats.
7. The content of free fatty acids in the investigated experimental samples is influenced by the amount of added sucrose and fat, as well as storage time and temperature.
8. Selected ingredients combinations of experimental samples are able to prevent the growth of total plate count, as well as yeasts and molds.
9. The analysed cocoa beans differ in pH, water, fat, lead, cadmium, aluminium and zinc content. Differences in composition and quality should be taken into account selecting ingredients for confectionery products quality ensurance and oxidation process delaying.