



Latvijas Lauksaimniecības universitāte
Latvia University of Agriculture

Pārtikas tehnoloģijas fakultāte
Faculty of Food technology

Mg. oec. Ilga Gedrovica

**AR KALTĒTA TOPINAMBŪRA (*HELIANTHUS TUBEROSUS L.*)
PULVERI BAGĀTINĀTI MILTU KONDITOREJAS
IZSTRĀDĀJUMI**

**PASTRY PRODUCTS ENRICHED WITH DRIED
JERUSALEM ARTICHOKE (*HELIANTHUS TUBEROSUS L.*)
POWDER**

Promocijas darba **KOPSAVILKUMS**
inženierzinātņu doktora zinātniskā grāda iegūšanai
pārtikas zinātnes nozarē

SUMMARY of Doctoral thesis for acquiring
the Doctor's degree of Engineering Sciences
in sector of Food Science

Autore/ Author _____

Jelgava
2012

Promocijas darba vadītāja /
Scientific supervisor:

Prof., Dr. sc. ing.
Daina Kārklīņa

Promocijas darba konsultante /
Scientific adviser:

Prof., Dr. habil. sc. ing.
Lija Dukalska

Oficiālie recenzenti / *Official reviewers:*

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

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

Dr. chem. **Dace Vilcāne** (Pārtikas un veterinārā dienesta Novērtēšanas un reģistrācijas centrs / *Food and veterinary service Assessment and Registration Agency*)

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



Promocijas darba aizstāvēšana notiks LLU Pārtikas zinātnes nozares promocijas padomes atklātajā sēdē 2012. gada 13. jūnijā plkst. 12:00 145.auditorijā Pārtikas tehnoloģijas fakultātē, Lielā ielā 2, Jelgava.

The defence of the thesis in open session of the Promotion Board of Food Science will be held on 13th June, 2012, at 12:00 in auditorium 145, at the Faculty of Food Technology of LUA, 2 Liela Street, Jelgava.

Ar promocijas darbu un kopsavilkumu var iepazīties LLU Fundamentālajā bibliotēkā Lielā ielā 2, Jelgavā, LV-3001, un tiešsaistē:
<http://llu.fb.llu.lv/llu-theses.htm> .

Atsauksmes sūtīt Promocijas padomes sekretārei, LLU Pārtikas tehnoloģijas fakultātes docentei **Dr. phys. L. Markevičai** (Lielā iela 2, Jelgava, LV-3001, e-pasts: Lilija.Markevica@llu.lv).

The thesis and summary is available at the Fundamental Library of LUA, 2 Liela Street, Jelgava, and on internet: <http://llu.fb.llu.lv/llu-theses.htm>.

References are welcome to send to Dr. phys. L. Markevica, the Secretary of the Promotion Board in sector of Food Science of LUA, Faculty of Food Technology (2 Liela Street, Jelgava, LV-3001, e-mail: Lilija.Markevica@llu.lv).

SATURS

PĒTĪJUMA AKTUALITĀTE	4
ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA	6
MATERIĀLI UN METODES	9
PĒTĪJUMA REZULTĀTI UN DISKUSIJA	12
1. Topinambūra pulvera kvalitātes rādītāju izpēte	12
2. Topinambūra pulvera ietekme uz miltu maisījumu tehnoloģiskajām īpašībām un miltu konditorejas izstrādājumu mīklas reoloģiskās īpašības	13
3. Topinambūra pulvera ietekme uz miltu konditorejas izstrādājumu sensorajām īpašībām	15
4. Miltu konditorejas izstrādājumu ar topinambūra pulveri fizikāli ķīmiskie rādītāji	19
5. Inulīna un pārējo šķiedrvielu saturs miltu konditorejas izstrādājumos ar topinambūra pulveri	21
6. Miltu konditorejas izstrādājumu ar topinambūra pulveri uzturvērtība.....	23
7. Miltu konditorejas izstrādājumu ar topinambūra pulveri ekonomiskais izvērtējums un hierarhijas alternatīvu analīze.....	25
SECINĀJUMI	28

CONTENTS

TOPICALITY OF THE RESEARCH	30
APPROBATION OF THE RESEARCH	32
MATERIALS AND METHODS	33
RESULTS AND DISCUSSION	34
1. Study of quality parameters of Jerusalem artichoke powder	34
2. Jerusalem artichoke powder influence on the technological properties of flour mixtures and rheological properties of pastry products dough	35
3. Influence of adding of Jerusalem artichoke powder on sensory properties of pastry products	36
4. Physico-chemical parameters of pastry products with Jerusalem artichoke powder	38
5. Content of inulin and other dietary fibre in pastry products with Jerusalem artichoke powder	38
6. Nutritional value of the pastry products with Jerusalem artichoke powder	39
7. Economic assessment and hierarchy alternative analysis of pastry products with Jerusalem artichoke powder	40
CONCLUSIONS	41

PĒTĪJUMA AKTUALITĀTE

Cilvēki aizvien vairāk apzinās, cik svarīgi ir rūpēties par savu veselību, lietojot veselīgu pārtiku, līdz ar to pieaug vajadzība pēc jauniem veselīgiem produktiem. Viens no risinājumiem ir bagātināt iecienītos produktus ar bioloģiski aktīvajām vielām.

Nozīmīga pārtikas produktu grupa ir kviešu miltu izstrādājumi, no kuriem cilvēki vislabprātāk izvēlas kūkas, kūksus, cepumus, u.c. Latvijā vidēji uz vienu mājsaimniecības locekli 2010. gadā miltu konditorejas izstrādājumu patēriņš sasniedza 10,43 kg (LR Centrālās statistikas pārvalde, 2011). Kēksi un cepumi ir visizplatītākie miltu konditorejas izstrādājumi ar augstu enerģētisko vērtību. To gatavošanai galvenokārt izmanto augstākā labuma kviešu miltus, taukvielas un cukuru. Pievienojot ar šķiedrvielām bagātas sastāvdaļas, tiek paaugstināta produkta uzturvērtība. Zinātnieki pasaulē ir veikuši daudzus pētījumus par kviešu miltu izstrādājumu bagātināšanas iespējām ar sēklām, augļiem, dārzeņiem u.tml. Latvijas Lauksaimniecības universitātē ir veikti vairāki nozīmīgi pētījumi par augstākā labuma kviešu miltu maizes uzturvērtības paaugstināšanu ar dažādām augu valsts izcelsmes sastāvdaļām un produktiem – auzu un griķu miltiem, bioloģiski aktīvētiem graudiem, auzu hidrolizāta frakcijām, kaltētām ogu spiedpaliekām un tritikāles miltiem. Tā varētu būt arī viena no iespējām, kā paaugstināt kūksu un cepumu uzturvērtību.

Viens no mazāk pētītiem augu valsts produktiem ir topinambūrs (*Helianthus tuberosus* L.). Daudzi zinātnieki ir atklājuši, ka tas labvēlīgi ietekmē zarnu trakta darbību, stimulējot labvēlīgo baktēriju vairošanos. Topinambūru iesaka regulāri lietot normāla holesterīna līmeņa nodrošināšanai, stresu uzlabošanai, stresa izraisīto sēklu novēršanai, dažādu slimību profilaksei (zarnu audzēji, aknu slimības, liekais svars, osteoporozē) un lietot kā efektīvu līdzekli pret aterosklerozi, podagru, artrītu, nierakmeņiem, mazasinību, piena sekrēcijas veicināšanai un gremošanas orgānu darbības uzlabošanai. Latvijā topinambūri ir izplatīti augi, taču to izmantošana pārtikā ir niecīga. To varētu izskaidrot ar informācijas trūkumu par topinambūra sastāvu un īpašībām, tā pagatavošanas iespējām un lietošanu ikdienas ēdienkartē.

Topinambūrus izkaltējot, iegūst sausu pulverveida produktu, kura ķīmiskais sastāvs ir līdzīgs svaigiem topinambūra bumbuļiem. Tas satur minerālvielas, vitamīnus, olbaltumvielas, šķiedrvielas un vairāk kā 50%, no sausnas, inulīnu. Pulveri no kaltēta topinambūra bumbuļiem ir ērtāk uzglabāt un vieglāk izmantot tehnoloģiskajos procesos. To var arī ilgāk uzglabāt. Daļēja kviešu miltu aizvietošana ar kaltēta topinambūra pulveri miltu konditorejas izstrādājumos – kūksos un cepumos – ir viena no iespējām paaugstināt miltu konditorejas izstrādājumu uzturvērtību.

Miltu konditorejas izstrādājumu bagātināšana ar kaltēta topinambūra pulveri ir maz pētīta. Informācija par pētījuma rezultātiem būtu nozīmīga ražotājiem, uzsākot miltu konditorejas izstrādājumu ar topinambūra pulveri ražošanu.

Promocijas darba **aktualitāte**.

Ar katru gadu cilvēkiem pieaug saslimstība ar dažādām slimībām, kurām par iemeslu ir nepietiekama šķiedrvielu, vitamīnu un minerālvielu uzņemšana. Viena no iespējam profilaktiski rūpēties par veselību ir uzturā lietot produktus ar paaugstinātu šķiedrvielu, vitamīnu un minerālvielu saturu.

Topinambūrs (*Helianthus tuberosus* L.) ir bagāts ar šķiedrvielām un to var izmantot šķiedrvielu satura paaugstināšanai citos produktos.

Pievienojot to vai tā pārstrādes produktus miltu konditorejas izstrādājumiem var iegūt šķiedrvielām bagātus pārtikas produktus, kas būtu lieliska alternatīva klasiskajiem šāda veida miltu konditorejas izstrādājumiem.

Promocijas darba **hipotēze** – miltu konditorejas izstrādājumiem, kas bagātināti ar kaltēta topinambūra pulveri, mainās sensorās īpašības un fizikāli ķīmiskie rādītāji, līdz ar to samazinās produkta enerģētiskā vērtība un paaugstinās uzturvērtība.

Pētījuma **objekts** – kaltēta topinambūra (*Helianthus tuberosus* L.) pulveris, ar kaltēta topinambūra pulveri bagātinātu kēksu, smilšu un medus cepumu mīklas un gatavie izstrādājumi.

Laī pierādītu darba hipotēzi, promocijas darba **mērķis** bija pētīt dažādu ar kaltēta topinambūra pulveri bagātinātu miltu konditorejas izstrādājumu kvalitāti raksturojošas īpašības.

Darba mērķa sasniegšanai izvirzīti šādi **uzdevumi**:

- analizēt kaltēta topinambūra pulvera fizikāli ķīmiskos un mikrobioloģiskos rādītājus;
- pētīt ar kaltēta topinambūra pulveri bagātināto miltu konditorejas izstrādājumu mīklas kvalitātes rādītājus;
- novērtēt kēksu un cepumu ar kaltēta topinambūra pulveri sensorās īpašības un noteikt tiem pievienojamā kaltētā topinambūra pulvera daudzumu;
- noteikt ar kaltēta topinambūra pulveri bagātināto kēksu un cepumu fizikāli ķīmiskos rādītājus un to izmaiņas uzglabāšanas laikā;
- noteikt un analizēt šķiedrvielu saturu un to monomērus kaltēta topinambūra pulverī un miltu konditorejas izstrādājumos ar kaltēta topinambūra pulveri;
- aprēķināt kēksu un cepumu ar kaltēta topinambūra pulveri uzturvērtību;
- aprēķināt kēksu un cepumu ar kaltēta topinambūra pulveri izmaksas;
- ar hierarhijas alternatīvu analīzes metodi novērtēt eksperimentālo paraugu konkurētspēju ar tirgū esošajiem līdzīgiem miltu konditorejas izstrādājumiem.

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

- kaltēta topinambūra pulveris, salīdzinot to ar augstākā labuma kviešu miltiem, satur paaugstinātu šķiedrvielu, vitamīnu un minerālvielu daudzumu.
- aizvietojojam daļēji kviešu miltus ar kaltēta topinambūra pulveri, mainās kviešu mīklas kvalitatīvās īpašības.

- jauno miltu konditorejas izstrādājumu patikšanas pakāpi būtiski ietekmē pievienotais kaltētā topinambūra pulvera daudzums.
- pievienojot kaltēta topinambūra pulveri miltu konditorejas izstrādājumiem, izmainās to fizikāli ķīmiskie rādītāji, būtiski pieaug šķiedrvielu saturs, samazinās to enerģētiskā vērtība un paaugstinās to uzturvērtība.
- kaltēta topinambūra pulvera pievienošana izmaina miltu konditorejas izstrādājumu izmaksas, neietekmējot to konkurētspēju.

Pētījuma **novitāte** un **zinātniskais nozīmīgums**.

1. Ir pierādīta daļēja kviešu miltu aizvietošana ar kaltētu topinambūra pulveri, gatavojot kūksu, smilšu un medus cepumus (iesniegts pieteikums LR patentam *Kēksu ar topinambūra pulveri ražošanas paņēmieni*).
2. Ir izpētītas kaltēta topinambūra pulvera tehnoloģiskās īpašības un ar kaltēta topinambūra pulveri gatavoto mīklu reoloģiskās īpašības.
3. Ir noteikts kaltēta topinambūra pulverī un pētītajos miltu konditorejas izstrādājumos šķiedrvielu saturs un analizēts šķiedrvielu monomēru sastāvs un daudzums.
4. Ir izvērtēta kaltēta topinambūra pulvera ietekme uz kūksu un cepumu sensorajām īpašībām un uzturvērtību.

Promocijas darba **tautsaimnieciskā nozīmība**.

1. Iegūtie topinambūra pulvera un miltu konditorejas izstrādājumu ar topinambūra pulveri ķīmiskā sastāva dati papildina Latvijas pārtikas produktu sastāva datubāzi (www.partikasdb.lv/partikas-sastava-datubaze/par-datubazi/)
2. Izpētītie kūksi un cepumi ar kaltēta topinambūra pulveri paver iespējas pārtikas produktu ražotājam izmantot pētījuma rezultātus jaunu produktu ražošanas uzsākšanai un palielina patērētāja iespējas iegādāties miltu konditorejas izstrādājumus ar paaugstinātu uzturvērtību.
3. Pētījuma rezultāti veicinās jaunas, netradicionālas kultūras – topinambūra – audzēšanu, tādējādi nodrošinot pārtikas produktu ražošanas uzņēmumus ar šo izejvielu.

ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA

Par rezultātiem ziņots divpadsmit starptautiskajās zinātniskajās, zinātniski praktiskajās konferencēs un kongresos Latvijā, Lietuvā, Igaunijā, Īrijā, Grieķijā, Krievijā, Šveicē un Itālijā, trīs semināros Latvijā un trīs Starptautiskajās pārtikas izstādēs „Riga Food 2009, 2010, 2011”:

1. **Gedrovica I., Kārklīņa D.** (2012) Qualitative composition of dietary fibre in pastry products with Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) powder. 5th International Dietary Fibre Conference, Roma, Itālija, 7.–9. maijs, (*stenda referāts / poster presentation*).

2. **Gedrovica I.**, Kārklīņa D. (2012) Structure–mechanical properties of pastry dough and products with Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) powder. 6th International Symposium on Food Rheology and Structure, Črihe, Šveice, 10.–13. aprīlis, (*stenda referāts / poster presentation*).
3. **Гедровица И.**, Карклиня Д. (2011) Сенсорная оценка пряников с высоким содержанием некрахмальных полисахаридов. Starptautiskā zinātniski–praktiskā konference „Топинамбур – многофункциональная биотехнологическая культура XXI века”, Maskava, Krievija, 23.–26. novembris, (*mutiskais referāts / oral presentation*).
4. Kārklīņa D., **Gedrovica I.** (2011) Topinambūra (*Helianthus tuberosus* L.) daudzfunkcionālā nozīme tautsaimniecībā. Apvienotais Pasaules latviešu zinātnieku III kongress un Letonikas IV kongress „Zinātne, sabiedrība un nacionālā identitāte”, Jelgava, Latvija, 25. oktobris, (*stenda referāts / poster presentation*).
5. **Gedrovica I.**, Kārklīņa D. (2011) Vitamins B₁ and B₂ amount changes in cakes where Jerusalem artichoke powder added. 6. starptautiskā zinātniskā konference „Students on their Way to Science”, Jelgava, Latvija, 27. maijs, (*mutiskais referāts / oral presentation*).
6. **Gedrovica I.**, Kārklīņa D., Fras A., Jablonka O., Boros D. (2011) The Non–starch polysaccharides quantity changes in pastry products where Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) added. 11th International Congress on Engineering and Food „Food Process Engineering in a Changing World”, Atēnas, Grieķija, 22. – 26. maijs, (*stenda referāts / poster presentation*).
7. **Gedrovica I.**, Kārklīņa D. (2011) Influence of Jerusalem artichoke powder on dough rheological properties, 6th Baltic Conference of Food Science and Technology FOODBALT 2011 “Innovations for food science and production”, Jelgava, Latvija, 5.–6. maijs, (*mutiskais referāts / oral presentation*).
8. **Gedrovica I.**, Kārklīņa D. (2010) Evaluation of texture parameters of pastry products where added Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). 5th Baltic Conference of Food Science and Technology FOODBALT 2010 „Globalization and Individualization in Food Consumption: New Challenges for Science and Production”, Tallinn University of Technology, Tallina, Igaunija, 29.–30. oktobris, (*mutiskais referāts / oral presentation*).
9. **Gedrovica I.**, Kārklīņa D. (2010) Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) for healthy Latvian food. 5. Starptautiskā zinātniskā konference „Students on their Way to Science”, Jelgava, Latvija, 28. maijs, (*mutiskais referāts / oral presentation*).
10. **Gedrovica I.**, Kārklīņa D., Straumīte E. (2010) Sensory and instrumental evaluation of cakes with Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) powder. 16. Starptautiskā zinātniskā konference „Research for Rural Development 2010”, Jelgava, Latvija, 20. maijs, (*mutiskais referāts / oral presentation*).
11. **Gedrovica I.**, Kārklīņa D. (2010) Cake with Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L) Powder – New Healthier Product Chance for Latvian Consumers. International Scientific Conference „Functional Food 2010” – „Dietary

Optimisation of Gut Function and the Microbiota”, Korķa, Īriķa, 9.–11. marts, (*stenda referāts / poster presentation*).

12. **Gedrovica I.**, Kārķliņa, D. (2009) Characteristics of cakes enriched with Jerusalem artichoke powder. 4th Baltic Conference of Food Science and Technology **FOODBALT- 2009**, Kaunas University of Technology, Kauna Lietuva, 12.–13. maijs, (*mutiskais referāts / oral presentation*).
13. **Gedrovica I.**, Kārķliņa D. (2011) „Topinambūru (*Helianthus tuberosus* L.) ietekme uz ķēksu uzturvērtību”. 16. Starptautiskā izstāde „RīgaFood 2011”, zinātniski praktiskais seminārs “Pētniecība un inovācijas pārtikas nozarē. Ģaršīgā zinātnē mūsu veselībai”, Rīga, Latvija, 9. septembris, (*mutiskais referāts / oral presentation*).
14. **Gedrovica I.**, Kārķliņa D. (2011) „Topinambūru (*Helianthus tuberosus* L.) ietekme uz ķēksu uzturvērtību”. 16. Starptautiskā izstāde „RīgaFood 2011”, kopējais LLU stends „Inovācija Pārtikai”, Rīga Latvija, 7.-10.septembris, (*stenda referāts / poster presentation*).
15. **Gedrovica I.**, Kārķliņa D. (2011) Topinambūra (*Helianthus tuberosus* L.) uzturvērtība un plašais pielietojums uzturā. SIA „Latvijas Lauku konsultāciju un izglītības centra” Jelgavas nodaļas organizētais zinātniski praktiskais seminārs „Idejas un ieteikumi dārzeņu audzētājiem”, Jelgava, Latvija, 22. februāris, (*mutiskais referāts / oral presentation*).
16. Kārķliņa D., **Gedrovica I.** (2010) Pētījumi par topinambūru Latvijas Lauksaimniecības universitātes Pārtikas Tehnoloģijas fakultātē. Starptautiskais zinātniski praktiskais seminārs „Topinambūrs. *Helianthus tuberosus* L. Jerusalem artichoke”, Rīga, Latvija, 9. septembris, (*mutiskais referāts / oral presentation*).
17. **Gedrovica I.**, Kārķliņa D. (2010) Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) in Latvian food. 15. starptautiskā izstāde „RīgaFood 2010”, kopējais LLU stends „Inovācija Pārtikai”, Rīga Latvija, Rīga, 8.-11.septembris, (*stenda referāts / poster presentation*).
18. **Gedrovica I.**, Kārķliņa D. (2010) Topinambūra izmantošana konditorejas izstrādājumu gatavošanā. 15. starptautiskā izstāde „RīgaFood 2010”, zinātniski praktiskais seminārs “Pētniecība un inovācijas pārtikas nozarē”, Rīga, Latvija, 10. septembris, (*mutiskais referāts / oral presentation*).
19. **Gedrovica I.**, Kārķliņa D. (2009) Characteristics of cakes enriched with Jerusalem artichoke powder. 14. starptautiskā izstāde „RīgaFood 2009”, Rīga, Latvija, 9.-12.septembris, (*stenda referāts / poster presentation*).

Pētījumu rezultāti apkopoti un publicēti recenzējamos zinātniskos izdevumos, kā arī ir iesniegts LR patents:

1. **Gedrovica I.**, Kārķliņa D., Frās A., Jablonka O., Boros D. (2011) The non-starch polysaccharides quantity changes in pastry products where Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) added. *Procedia Food Science*, Vol.1, p. 1638–1644 [tiešsaiste] pieejams: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211601X11002434

2. **Гедровица И.**, Карклиня Д. (2011) Сенсорная оценка пряников с высоким содержанием некрахмальных полисахаридов. Материалы Международной научно–практической конференции „Топинамбур – многофункциональная биотехнологическая культура XXI века”, Москва, 23–26 ноября 2011 г., Москва: Современная гуманитарная академия, с. 110–112.
3. **Gedrovica I.**, Kārcliņa D., Fras A., Jablonka O., Boros D. (2011) The non-starch polysaccharides quantity changes in pastry products where Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) added. 11th International Congress on Engineering and Food (ICEF11), Food Process Engineering in a Changing World Congress Proceedings, Atēnas, Grieķija, CD formātā un publicētā izdevumā - Vol. III, p. 2149–2150.
4. **Gedrovica I.**, Kārcliņa D. (2011) Influence of Jerusalem artichoke powder on dough rheological properties. 6. Baltijas konference Pārtikas Zinātnē un Tehnoloģijās FOODBALT 2011 “Innovations for food science and production” rakstu krājums, Jelgava, Latvija, LLU, 7.–12. lpp.
5. **Gedrovica I.**, Kārcliņa D., Straumīte E. (2010) Sensory and qualitative (hardness and colour) evaluation of cakes with Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) powder. 16. starptautiskās zinātniskās konferences rakstu krājums „Research for Rural Development 2010”, Jelgava, Latvija, LLU, 138.–144. lpp.
6. **Gedrovica I.**, Kārcliņa D. (2009) Characteristics of cakes enriched with Jerusalem artichoke powder. Food Chemistry and Chemical Technology , Nr.3 (52), Kaunas, Lithuania, p. 50 – 55.

LR patents

7. LR patenta pieteikums Nr. P–12–12 ar prioritātes datumu 19.01.12. **Gedrovica I.**, Kārcliņa D. (2012) Kēksu ar topinambūra pulveri ražošanas paņēmiens.

MATERIĀLI UN METODEDES

Pētījuma laiks un vieta

- Pētījumi veikti laika posmā no 2008. līdz 2012. gadam;
- LLU Pārtikas tehnoloģijas katedras Pārtikas produktu analīžu, Iepakojuma materiālu īpašību izpētes, Mikrobioloģijas zinātniskajā, Pārtikas produktu sensorās novērtēšanas laboratorijās; Ķīmijas katedras Dabas vielu ķīmijas zinātniskajā, Agronomisko analīžu zinātniskā laboratorijās;
- LU Bioloģijas institūta Dzīvnieku bioķīmijas un fizioloģijas laboratorijā;
- SIA „BioLab Latvia” testēšanas laboratorijā;
- Polijas Augu Audzēšanas un Aklimatizācijas institūta Augu materiāla Kvalitātes Novērtēšanas laboratorijā;
- Izstāžu „RigaFood 2009” (2009., 9.-12.septembris, Rīga) un „RigaFood 2010” (2010., 8.-11.septembris, Rīga) laikā veikta apmeklētāju aptauja par kēksu, smilšu un medus cepumu, bagātinātu ar kaltēta topinambūra pulveri, vērtējumu un iespējamo piedāvājumu vietējā tirgū.

Pētījumā izmantotie materiāli

Miltu konditorejas izstrādājumu izejvielas: kaltēta topinambūra pulveris (SIA „Herbe”), augstākā labuma kviešu milti, cukurs, sausais vājpiens, olu pulveris, dzeramais ūdens, kukurūzas eļļa, cepamais pulveris, vaniļina cukurs, kakao pulveris, banānu biezeņa koncentrāts, moka koncentrāts, citronu un ruma konditorejas esences, saldkrējuma sviests, svaigas vistu olas, medus, dzeramā soda.

Paraugu sagatavošana

Eksperimentos pētīts kaltēta topinambūra pulveris (TP), augstākā labuma kviešu milti (KvM) un abu izejvielu maisījumi, kuros augstākā labuma kviešu miltus aizvietoja ar topinambūra pulveri 10%, 20%, 30%, 40% un 50% apmērā no kopējā miltu daudzuma. No maisījumiem pagatavoti kūksi, smilšu un medus cepumi pēc klasiskās šo izstrādājumu gatavošanas receptūras. Kā kontroles paraugus izmantoja miltu konditorejas izstrādājumus no augstākā labuma kviešu miltiem ar pievienotām receptūrā paredzētajām sastāvdaļām tādā pašā apjomā.

Pētījumā noteiktie rādītāji un lietotās metodes

Promocijas darbā noteiktie topinambūra pulvera, kviešu miltu un miltu konditorejas izstrādājumu mīklu un gatavo izstrādājumu fizikāli ķīmiskie rādītāji un to noteikšanas metodes apkopotas 1. tabulā.

1. tabula / *Table 1*

TP un kūksu, smilšu un medus cepumu ar TP rādītāju noteikšanas metodes / *Determination methods of JAP and cakes, butter and honey biscuits with JAP*

N. p.k. / No	Rādītāji / Indices	Metode, standarts vai iekārta / Method, standard or device used
1.	Mitrums / <i>Moisture</i> , %	ISO 6496:1999
2.	Krāsa / <i>Colour</i>	<i>CIE L* a* b*</i> krāsu sistēma / <i>CIE L* a* b* colour system</i>
3.	pH	LVS ISO 1132:2001
4.	Ūdens aktivitāte / <i>Water activity</i> , a_w	ISO 21807:2004
5.	Olbaltumvielas / <i>Proteins</i> , g 100 g ⁻¹	Kjeldāla metode / <i>Kjeldahl method</i> , ASN 3108; ASN 3112; AACC 46- 20; LVS EN ISO5983-1:2005
6.	Tauki / <i>Fats</i> , g 100 g ⁻¹	Soksleta metode / <i>Soxhlet method</i> , AOAC 2003.06; ASN 3414
7.	Kopējās diētiskās šķiedrvielas / <i>Total dietary fiber</i> , g 100 g ⁻¹	Upsalas metode / <i>Uppsala method</i> , AOAC 994.13, AACC 32–25
8.	Inulīns / <i>Inulin</i> , g 100 g ⁻¹	AOAC 999.03, AACC 32.32
9.	Cukuri / <i>Sugars</i> , g 100 g ⁻¹	AACC 80–04
10.	Aminoskābes / <i>Amino acids</i> , g 100 g ⁻¹	AOAC 994.12

1.tabulas turpinājums / Table 1 continued

11.	Taukskābju saturs / <i>Fatty acids content, %</i>	Gāzes-šķīduma hromatogrāfija / <i>Gas-liquid chromatography</i> (Aldai et al., 2006)
12.	Tiamīns, B ₁ / <i>Thiamin, mg 100⁻¹</i>	AOAC 986.27
13.	Riboflavīns, B ₂ / <i>Riboflavin, mg 100⁻¹</i>	AOAC 970.65
14.	Mg, mg 100 g ⁻¹	LVS EN ISO 6869: 2002
15.	K, mg 100 g ⁻¹	LVS EN ISO 6869: 2002
16.	P, mg 100 g ⁻¹	ISO 6491: 1998
17.	Ca, mg 100 g ⁻¹	ISO 6490/2: 1983
18.	Fe, mg 100 g ⁻¹	LVS EN ISO 6869: 2002
19.	Gatavais iznākums / <i>The finished outcome, g kg⁻¹</i>	Svara metode / <i>Scale method</i>
20.	Gaistošo aromātu veidojošo vielu savienojumi TP/ <i>Volatile compounds of JAP</i>	Gāzes hromatogrāfija / <i>Gas chromatography</i> (Dickes G. J., 1979)

Mitruma satura, cietības un mikrobioloģisko rādītāju izmaiņu novērtējumam uzglabāšanas laikā iekļauti paraugi, kuros 10%, 30% un 50% kviešu milti aizvietoti ar topinambūra pulveri. Paraugus analizēja to izcepšanas dienā un 7., 14., 21. un 28. uzglabāšanas dienā. Miltu konditorejas izstrādājumus iepakojā polipropilēna (PP) plēves maisiņos un uzglabāja telpas gaisa temperatūrā +18±5°C ar gaisa mitrumu <75%. Uzglabāšanai paredzētie izstrādājumi neatradās saskarē ar produktiem un vielām ar specifisku aromātu.

Raugu šūnu un pelējumu skaita noteikšana visiem analizētajiem paraugiem veikta saskaņā ar LVS ISO 21257-2:2008 „Pārtikas un dzīvnieku barības mikrobioloģija. Horizontālā metode rauga sēnīšu un pelējumsēnīšu skaitīšanai”.

Izejvielu maisījumu tehnoloģisko īpašību analīzēm izmantota iekārta „MIXOLAB” („Chopin Technologies”, Francija). Visi mērījumi veikti ar iekārtas „MIXOLAB” standartprotokolu „Chopin+” (ICC–Standard Method Nr. 173, 2006). Mīklas reoloģisko īpašību izpētei izmantots struktūras analizators „TA.XT plus TEXTURE ANALYSER”.

Eksperimentālo paraugu sensorās īpašības izvērtētas ar garšas + smaržas + struktūras profilēšanas metodi (vērtēšanā piedalījās apmācīti 19-24 vērtētāji) un hēdonisko skalu (paraugu vērtēšanā piedalījās 50 vērtētāji).

Ar hierarhijas alternatīvu analīzes metodi novērtēta jauno izstrādājumu konkurētspēja un salīdzināta ar alternatīvām – tirgū esošiem līdzīgiem produktiem.

Datu matemātiskai apstrādei lietotas programmas *SPSS 14.0 for Windows* un *Microsoft Excel for Windows 7.0*. Iegūtajiem rezultātiem aprēķināta vidējā aritmētiskā vērtība un standartnovirze. Datu interpretācijai izmantota vienfaktora un daudzfaktoru dispersijas analīze (ANOVA). Sakarību ciešums starp

noteiktajiem rādītājiem noteikts ar korelācijas analīzi. Sensorā vērtējuma rezultāti analizēti ar statistiskajām metodēm: divfaktoru dispersijas analīzi, Tjukija, Frīdmena testu un t–testu (Castura J. C., Findaly C. J., 2006).

PĒTĪJUMA REZULTĀTI UN DISKUSIJA

1. Topinambūra pulvera kvalitātes rādītāju izpēte

Eksperimentāli noteiktais topinambūra pulvera un augstākā labuma kviešu miltu ķīmiskais sastāvs attēlots 2. tabulā.

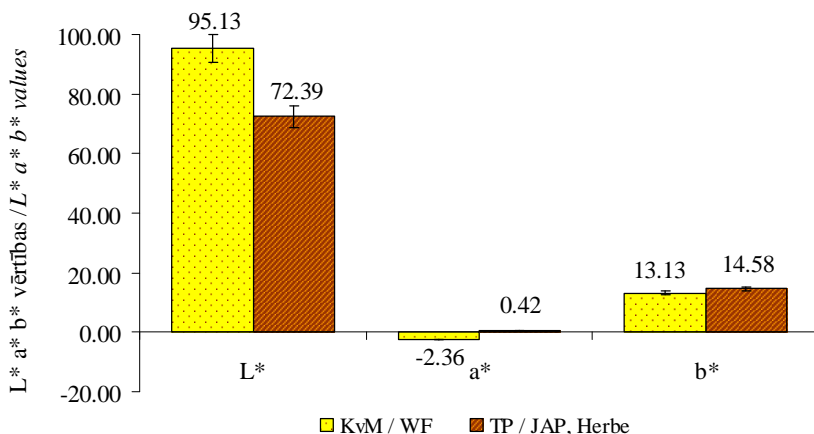
2. tabula / Table 2

**Topinambūra pulvera un kviešu miltu ķīmiskie rādītāji /
Chemical parameters of Jerusalem artichoke powder and wheat flour**

Ķīmiskie rādītāji / Chemical parameters	TP „Herbe” / JAP „Herbe”	Kviešu milti / Wheat flour
Sausna / Dry matter, % Tai skaitā / Of which:	96.00±1.92	88.0±2.58
Olbaltumvielas / Proteins, g 100 g ⁻¹	6.26±0.19	10.3±0.31
Tauki / Fats, g 100 g ⁻¹	0.33±0.01	1.1±0.03
Cukuri / Sugars, g 100 g ⁻¹	11.09±0.33	2.0±0.04
Kopējās diētiskās šķiedrvielas, izņemot inulīnu / Total dietary fibre, except inulin, g 100 g ⁻¹ :	14.05±0.42	2.4±0.07
Inulīns / Inulin, g 100 g ⁻¹	58.90±1.76	0.8±0.02
Vitamīni / Vitamins, mg 100 g ⁻¹ :		
• Tiamīns, B1 / Thiamine	1.71±0.03	0.13±0.01
• Riboflavīns, B2 / Riboflavin	0.37±0.007	0.08±0.01
Minerālvielas / Minerals, g 100 g ⁻¹ :	2.37±0.07	0.4±0.01
Tai skaitā / Of which:		
• Mg, mg 100 g ⁻¹	70.00±1.40	30.00±0.60
• K, mg 100 g ⁻¹	1890±40	149±3
• P, mg 100 g ⁻¹	280.0±5.6	100.5±2.1
• Ca, mg 100 g ⁻¹	120.0±2.4	21.0±0.4
• Fe, mg 100 g ⁻¹	6.83±0.14	1.65±0.03

Iegūtie rezultāti parāda, ka topinambūra pulvera un augstākā labuma kviešu miltu ķīmiskais sastāvs ir būtiski atšķirīgs ($p < 0,05$). Topinambūra pulverim ir zemāks mitrums, olbaltumvielu un tauku saturs salīdzinājumā ar augstākā labuma kviešu miltiem, bet augstāks šķiedrvielu, cukuru, vitamīnu un minerālvielu daudzums.

Pastāv būtiskas atšķirības starp augstākā labuma kviešu miltu paraugu krāsu un topinambūra pulvera paraugu krāsu ($p < 0,05$), kur viskrasākās atšķirības ir krāsu komponentes L^* vērtībai.



1.att. . Kviešu miltu un topinambūra pulvera krāsas intensitāte

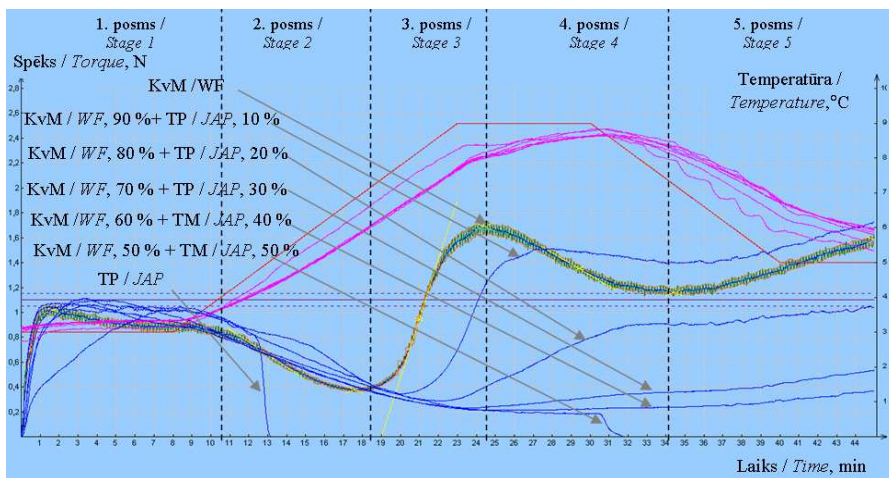
Fig. 1 Colour intensity in Jerusalem artichoke powder and in wheat flour

Analizējot topinambūra pulvera, augstākā labuma kviešu miltu un abu izejvielu maisījumu mikrobioloģisko kvalitāti, tika konstatēta raugu un pelējumu klātbūtne, taču to skaits nepārsniedz pieļaujamās normas. Salīdzinot ar augstākā labuma kviešu miltiem, topinambūra pulvera un kviešu miltu maisījums raugu un pelējumu skaits samazinās, palielinoties pievienotā topinambūra pulvera daudzumam. Cieša negatīva lineāra korelācija ($r = -0,923$; $R^2 = 0,8519$) pastāv starp topinambūra pulvera daudzumu un pelējumu skaitu. Topinambūra pulvera gaistošo aromātu veidojošo vielu sastāvā atrastā benzoscābe (5,8%) un kaprīlscābei (0,7%) var nomākt raugu un pelējumu augšanu.

No pētījuma izriet, ka topinambūra pulveri var izmantot dažādu izstrādājumu bagātināšanai, tādējādi paaugstinot tajos vitamīnu, minerālvielu un šķiedrvielu saturu, bet ir jānosaka tā ietekme uz mīklas kvalitāti.

2. Topinambūra pulvera ietekme uz miltu maisījumu tehnoloģiskajām īpašībām un miltu konditorejas izstrādājumu mīklas reoloģiskās īpašības

Topinambūra pulvera, topinambūra pulvera un augstākā labuma kviešu miltu maisījumu tehnoloģiskās īpašības, tika pētītas ar „MIXOLAB” iekārtu un iegūtie dati ir redzami 2. attēlā.



2.att. Kviešu miltu maisījumu ar topinambūra pulveri tehnoloģisko īpašību raksturojums, lietojot MIXOLAB

Fig. 2 Characterization of technological properties of wheat flour mixture with Jerusalem artichoke powder by MIXOLAB

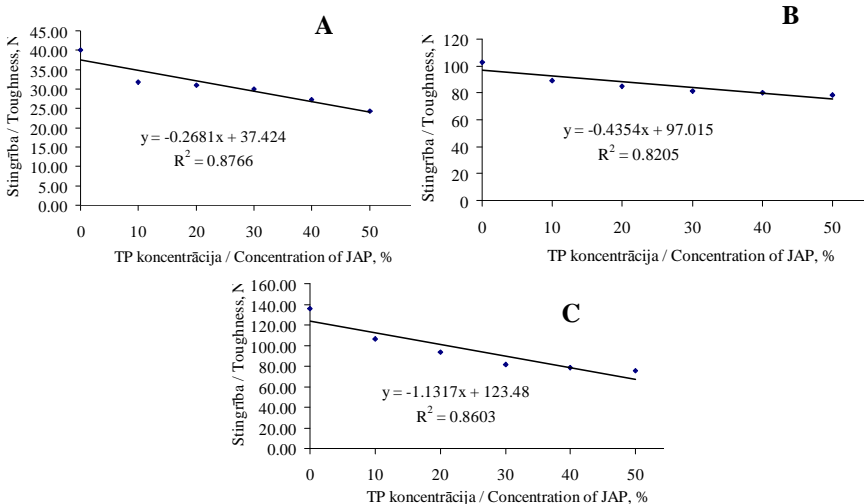
Piezīmes / Comments: Standartlīknes pieci posmi: 1. – mīklas iemīcīšana, 2. – lipekļa stiprība,

3. – mīklas elastība, 4. – amilāzes aktivitāte, 5. – cietes retrogradācija /

Five stages of standard curve: 1. – dough formation time, 2. – gluten strength, 3. – dough elasticity,

4. – amylase activity, 5. – starch retrogradation

Rezultāti rāda, ka, aizvietojojot augstākā labuma kviešu miltu daļu ar topinambūra pulveri, tā daudzumam ir būtiska ietekme uz maisījumu tehnoloģiskajām īpašībām: pagarinās mīklas iemīcīšanas laiks un mīklas atslābināšanas ilgums, samazinās mīklas elastība un mīklas noturība pret mehānisku iedarbību. Pētījuma dati liecina, ka aizvietojojot 10% līdz 20% kviešu miltus ar topinambūra pulveri, maisījuma tehnoloģiskās īpašības praktiski ir līdzīgas augstākā labuma kviešu miltu tehnoloģiskajām īpašībām. Lielākas izmaiņas ir vērojamas, ja topinambūra pulvera koncentrāciju palielina līdz 30%. Aizvietojojot 40% un vairāk kviešu miltu ar topinambūra pulveri, viendabīga mīkla neveidojas un mīklas gatavošanas laikā disulfidsaites tiek sarautas un mīklas struktūra izjaukta. Mīklas gatavošana tikai no topinambūra pulvera ir neiespējama. Aizvietojojot daļēji augstākā labuma kviešu miltus ar topinambūra pulveri, maisījumu tehnoloģiskās īpašības būtiski samazinās ($p < 0,05$). Miltu maisījumos samazinās kviešu miltos esošais lipekļa daudzums, kas nodrošina mīklas struktūru, un paaugstinās šķiedrvielu saturs. Topinambūra pulveris nesatur lipekli veidojošas olbaltumvielas.



3. att. Korelācija starp kaltētā topinambūra pulvera daudzumu miltu maisījumos un mīklas stingrību (kēksu – A, smilšu cepumu –B, medus cepumu – C)

Fig. 3 Correlation between concentration of Jerusalem artichoke powder and dough toughness (cakes – A, butter biscuits –B, honey biscuits – C)

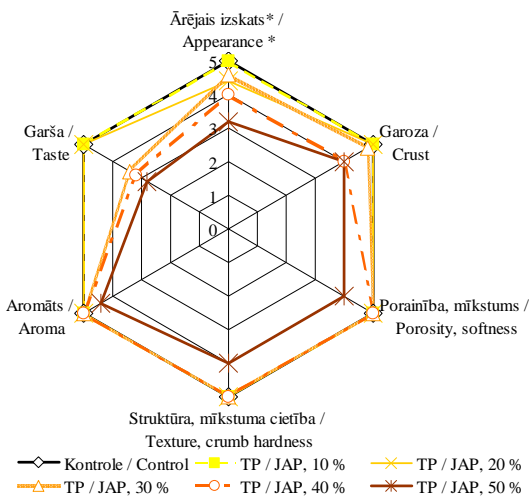
Ekspperimentālo paraugu mīklas stingrība vērtēta ar struktūras analizatoru. Mīklas stingrību būtiski ietekmē pievienotais topinambūra pulvera daudzums (3.attēls, A, B, C). Starp mīklas stingrību un pievienotā topinambūra pulvera daudzumu, pastāv lineāra negatīva korelācija (kēksiem $r = -0,936$, $R^2 = 0,8766$; smilšu cepumiem $r = -0,906$, $R^2 = 0,8205$; medus cepumiem $r = -0,928$, $R^2 = 0,8603$), kas norāda, ka mīklas stingrība samazinās palielinoties maisījumā topinambūra pulvera daudzumam.

3. Topinambūra pulvera ietekme uz miltu konditorejas izstrādājumu sensorajām īpašībām

Piedāvājot patērētājam jaunus pārtikas produktus, bieži vien izšķiroša nozīme ir to sensorajām īpašībām. Tāpēc kēksiem, smilšu un medus cepumiem ar topinambūra pulveri un kontroles paraugiem novērtētas sensorās īpašības. Sensoro pētījumu rezultāti var būt par pamatu miltu aizvietošanas ar topinambūra pulveri maksimālā daudzuma noteikšanai, kas būtu akceptējama patērētājiem.

Kēksu sensoro īpašību vērtējums bija salīdzinoši augsts (4.attēls), vienīgi sensorā īpašība *garša* pēc ekspertu vērtējuma bija novērtēta zemu un ekspertu ieteikums bija to uzlabot, kas tika izdarīts ar dažādiem garšas un smaržas bagātinātājiem – vaniļna cukuru, banānu biezeni, moka koncentrātu, kakao

pulveri, citronu un ruma esencēm Kēksi, kuros aizstātais augstākā labuma kviešu miltu daudzums ar topinambūra pulveri nepārsniedza 30%, saņēma augstu kopīgo sensoro īpašību novērtējumu.



4. att. Kēksu ar topinambūra pulveri sensoro īpašību intensitātes staru diagramma
Fig. 4 Star diagram of the intensity of sensory properties of cakes with Jerusalem artichoke powder

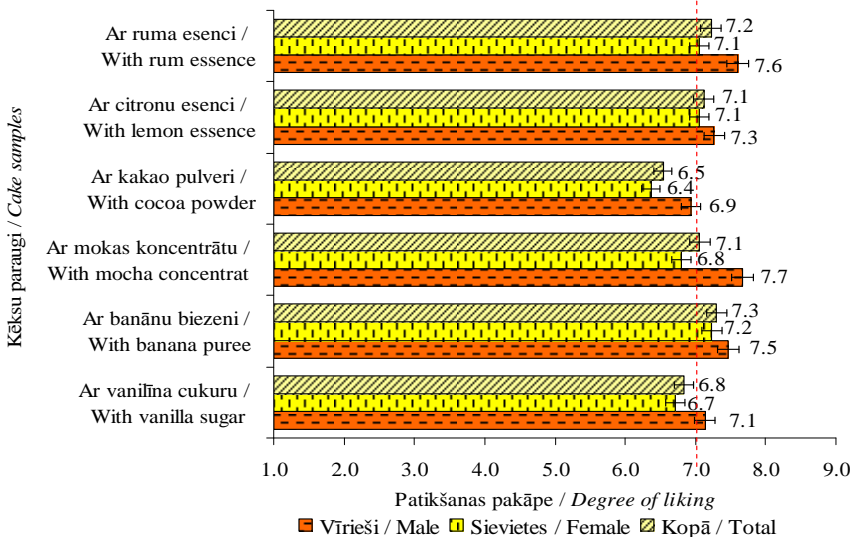
* Kēksu krāsa, forma, apjoms / Colour, shape and volume of cakes

Smilšu cepumu gatavošanā maksimālais augstākā labuma kviešu miltu aizstājamais daudzums ar topinambūra pulveri būtu 30%. Smilšu cepumi ir pietiekami trausli, iegūst labu garšu ar patīkamu topinambūra pēcgaršu, aromāta un krāsas intensitāte ir optimāla un cepuma forma veidojas pieņemama.

Medus cepumu gatavošanā optimālais augstākā labuma kviešu miltu aizstājamais daudzums ar topinambūra pulveri būtu 30%. Medus cepumu ārējais izskats pēc formas, apjoma, garozas un krāsas ir pievilcīgs, smarža ir patīkama, struktūra nav pārāk cieta vai mīksta, garša laba, ar izteismīgu medus un topinambūra garšas niansi.

Pētāmo miltu konditorejas izstrādājumu ar topinambūra pulveri hēdoniskais novērtējums ir robežās no 6 (mazliet patīk) līdz 8 (ļoti patīk).

Kēksu patikšanas pakāpe ir attēlota 5. attēlā. Rezultāti parāda, ka vidējais novērtējums ir robežās no $6,5 \pm 0,2$ (mazliet patīk) līdz $7,3 \pm 0,2$ (vidēji patīk), bet vidējais kēksu vērtējums ir $7,0 \pm 0,2$ (vidēji patīk). Augstāko novērtējumu saņēma kēksi ar banānu biezeni (7,3) un ruma esenci (7,2), bet vismazāko – ar kakao pulveri (6,5).



5. att. Kēksu ar topinambūra pulveri hēdoniskā novērtējuma rezultāti
Fig. 5 Results of hedonic scaling of cakes with Jerusalem artichoke powder

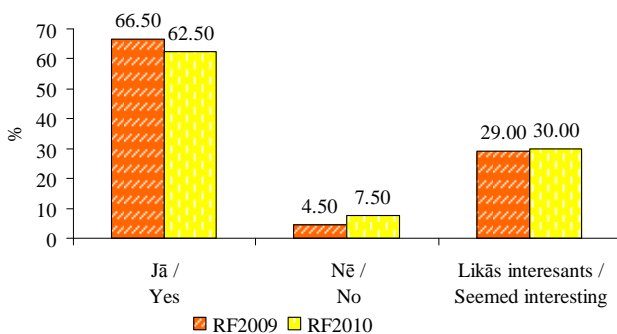
Dispersijas analīzes rezultāti parādīja, ka pievienotā topinambūra pulvera daudzumam ir būtiska ietekme uz smilšu cepumu patikšanas pakāpi ($p < 0,05$). Sensorās vērtēšanas rezultātus analizējot, tika noskaidrots, ka pastāv būtiska atšķirība patikšanas ziņā starp vērtētajiem smilšu cepumu paraugiem. Dispersijas analīzes rezultāti parādīja, ka paraugiem ar 10% topinambūra pulvera $F_{apr.} = 1,39$ un paraugiem ar 20% topinambūra pulvera $F_{apr.} = 3,15$ nepārsniedz $F_{krit.} = 4,01$ ($n_1 = 5$, $n_2 = 174$, $\alpha = 0,05$), tāpēc var teikt, ka starp šiem smilšu cepumu paraugiem patikšanas ziņā nepastāv būtiskas atšķirības. Tas nozīmē, ka vērtētajiem vienlīdz labi patīk abi vērtētie smilšu cepumu paraugi. Savukārt dispersijas analīzes rezultāti pārējiem smilšu cepumu parādīja, ka paraugiem ar 30% topinambūra pulveri $F_{apr.} = 6,57$, paraugiem ar 40% topinambūra pulveri $F_{apr.} = 15,19$ un paraugiem ar 50% topinambūra pulveri $F_{apr.} = 15,63$ ($n_1 = 5$, $n_2 = 174$, $\alpha = 0,05$). Tas nozīmē, ka šie smilšu cepumi patikšanas ziņā būtiski atšķiras no kontroles parauga. Smilšu cepumu patikšanas pakāpes vērtējums ir no $6,2 \pm 0,2$ (mazliet patīk) līdz $7,7 \pm 0,2$ (ļoti patīk).

Dispersijas analīzes rezultāti parādīja, ka pievienotā topinambūra pulvera daudzumam ir būtiska ietekme uz medus cepumu patikšanas pakāpi ($p < 0,05$). Sensorās analīzes rezultātus izvērtējot, tika noskaidrots, ka pastāv būtiska atšķirība patikšanas ziņā starp vērtētajiem medus cepumu paraugiem. Dispersijas analīzes rezultāti parādīja, ka paraugiem ar 10% topinambūra pulveri $F_{apr.} = 2,43$, paraugiem ar 20% topinambūra pulveri $F_{apr.} = 3,35$, paraugiem ar 40%

topinambūra pulveri $F_{apr.} = 1,14$, paraugiem ar 50% topinambūra pulveri $F_{apr.} = 0,29$, bet $F_{krit.} = 4,01$ ($n_1 = 5$, $n_2 = 174$, $\alpha = 0,05$). Tas nozīmē, ka starp šiem medus cepumu paraugiem patikšanas ziņā nepastāv būtiskas atšķirības. Savukārt dispersijas analīzes rezultāti paraugiem ar 30% topinambūra pulveri $F_{apr.} = 13,07$, tāpēc var teikt, ka šie medus cepumi patikšanas ziņā būtiski atšķiras no kontroles parauga ($n_1 = 5$, $n_2 = 174$, $\alpha = 0,05$). Medus cepumu patikšanas pakāpes vērtējums ir robežās no $5,9 \pm 0,2$ (mazliet patīk) līdz $7,1 \pm 0,2$ (vidēji patīk).

Kopumā vērtējot miltu konditorejas izstrādājumus ar topinambūra pulveri, dispersijas analīzes rezultāti parādīja, ka pievienotā topinambūra pulvera daudzumam ir būtiska ietekme uz miltu konditorejas izstrādājumu sensoro īpašību novērtējumu ($p < 0,05$). Būtiski tiek ietekmēta kēksu garša, smilšu cepumu krāsa un garša, medus cepumu apjoms, krāsa, struktūra un garša, aizvietojot kviešu miltus ar topinambūra pulveri. Maksimālais topinambūra pulvera daudzums ir 30%, ar kuru var aizvietot augstākā labuma kviešu miltus, gatavojot kēksus, smilšu un medus cepumus, un šādi miltu konditorejas izstrādājumi ir saņēmuši augstu visu sensoro īpašību novērtējumu.

Lai vietējā tirgū ieviestu zinātniski pamatotu un praktiski pārbaudītu pārtikas produktu, potenciālos pārtikas patērētājus iepazīstināja ar jauniem miltu konditorejas izstrādājumiem ikgadējās starptautiskās pārtikas izstādes „Rīga Food 2009” (RF2009) un „Rīga Food 2010” (RF2010).



6. att. Patērētāju novērtējums miltu konditorejas izstrādājumiem ar topinambūra pulveri
Fig. 6 Consumers evaluation of pastry products with Jerusalem artichoke powder

Patērētāju veiktās aptaujas rezultāti parāda, ka topinambūra un tā produktu lietojums Latvijas iedzīvotāju uzturā ir zems: tikai 29% respondentu savā uzturā iekļauj topinambūrus un to izstrādājumus. Izstādes dalībnieku vērtējums eksperimentālajiem miltu konditorejas izstrādājumiem ar topinambūra pulveri bija pozitīvs (6.attēls) un lielākajai daļai respondentu tie patika un tos labprāt lietoja uzturā.

4. Miltu konditorejas izstrādājumu ar topinambūra pulveri fizikāli ķīmiskie rādītāji

Miltu konditorejas izstrādājumiem, kuros 30% augstākā labuma kviešu milti aizvietoti ar topinambūra pulveri, samazinās mitruma saturs, cietība (izņemot kūkiem), pH, ūdens aktivitāte, olbaltumvielu un tauku saturs, palielinās iznākuma daudzums, krāsa kļūst tumšāka (3. tabula) salīdzinājumā ar kontroles paraugu.

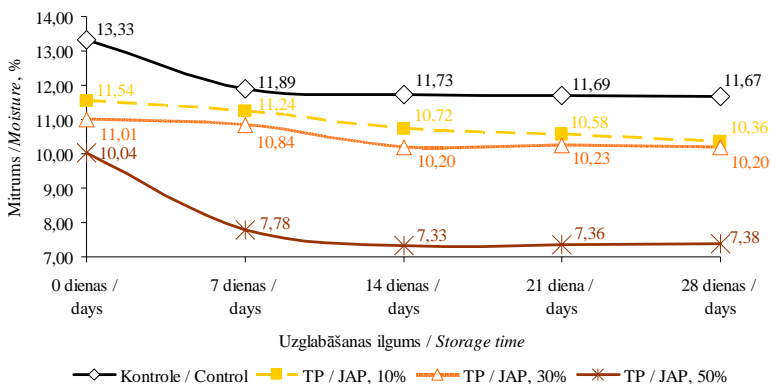
3. tabula / Table 3

Miltu konditorejas izstrādājumu ar topinambūra pulveri fizikāli ķīmiskie rādītāji / Physical-chemical parameters of pastry products with of Jerusalem artichoke powder

Rādītāji / <i>Indices</i>	Kūksi / <i>Cakes</i>		Smilšu cepumi / <i>Butter biscuits</i>		Medus cepumi / <i>Honey biscuits</i>	
	Kontrole/ <i>Control</i>	ar TP / with <i>JAP,</i> 30%	Kontrole/ <i>Control</i>	ar TP / with <i>JAP,</i> 30%	Kontrole/ <i>Control</i>	ar TP / with <i>JAP,</i> 30%
Mitruma / <i>Moisture, %</i>	19.97	19.83	1.21	1.24	13.33	11.01
Cietība / <i>Hardness, N</i>	2.44	3.80	5.91	2.70	96.20	63.58
pH	7.6	7.2	6.9	6.5	7.8	7.5
a _w	0.804	0.790	0.207	0.165	0.655	0.503
Gatavais iznākums / <i>The finished outcome,</i> g kg ⁻¹	895.88	920.10	905.17	918.10	887.10	899.19
Olbaltumvielas <i>Proteins,</i> g 100 g ⁻¹	8.78	7.98	6.81	5.76	8.29	6.75
Tauki / <i>Fats,</i> g 100 g ⁻¹	18.89	17.59	31.02	28.80	6.25	5.56
L* krāsu komponente/ <i>Colour component</i> L*	71.86	54.95	65.10	47.76	61.48	53.18

Mitruma satura, cietības un mikrobioloģisko rādītāju izmaiņu novērtējumam uzglabāšanas laikā tika iekļauti paraugi, kuros 10%, 30% un 50% kviešu milti aizvietoti ar topinambūra pulveri. Pēc pirmajām septiņām dienām paraugu uzglabāšanas laikā novēroja vislielākās izmaiņas mitruma satura ziņā un

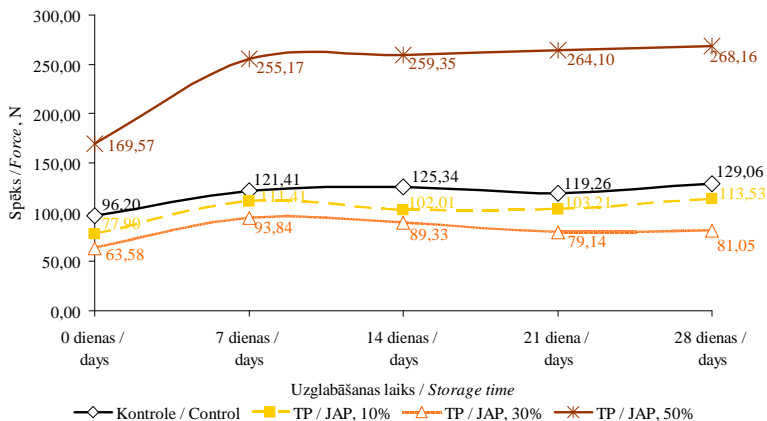
izstrādājumu cietībā. Kēksu mitruma saturs samazinājās par 1–2%, medus cepumu mitruma saturs samazinājās par 0,2–2,3% (7. attēls), bet smilšu cepumu mitruma saturs pieauga divas reizes.



7. att. Mitruma satura izmaiņas uzglabāšanas laikā medus cepumos ar topinambūra pulveri

Fig. 7 Changes of moisture content during storage time in honey biscuits with Jerusalem artichoke powder

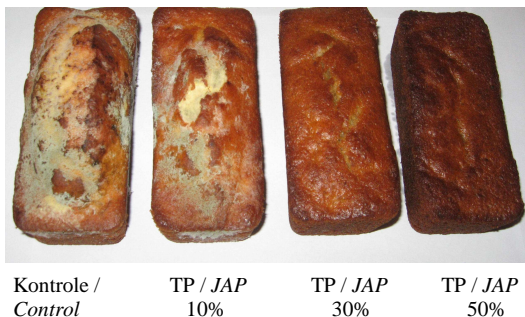
Kēksu cietība pieauga 2,1–4,2 reizes, smilšu cepumu cietība pieauga par 25,2–39,3%, bet medus cepumu cietība pieauga par 26,2–50,5% (8.attēls).



8. att. Cietības izmaiņas uzglabāšanas laikā medus cepumos ar topinambūra pulveri

Fig. 8 Changes of hardness during storage time in honey biscuits with Jerusalem artichoke powder

Uz pētāmo smilšu un medus cepumu virsmām uzglabāšanas laikā nekonstatēja mikroorganismu attīstību. No kūksiem pirmais sāka bojāties kontroles paraugs, tam sekoja paraugs ar 10% topinambūra pulvera daudzumu (9 attēls).

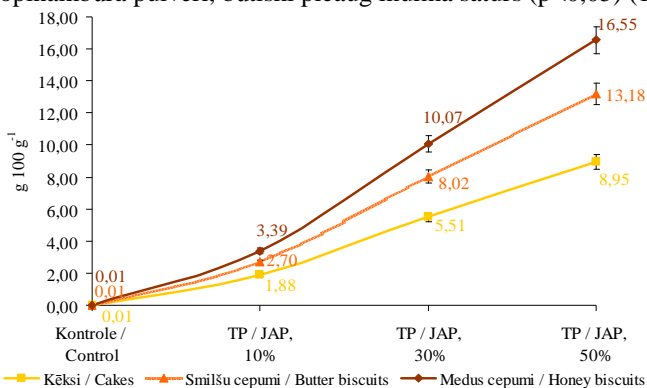


9. att. Mikroorganismu attīstība 25 dienas uzglabātos kūkās
Fig. 9 Development of micro-organisms in the cakes stored for 25 days

Ja aizvieto 30% un vairāk augstākā labuma kviešu miltus ar topinambūra pulveri, tad pievienotais topinambūra pulvera daudzums būtiski kavē raugu un pelējumu attīstību kūkās ($p < 0,05$).

5. Inulīna un pārējo šķiedrvielu saturs miltu konditorejas izstrādājumos ar topinambūra pulveri

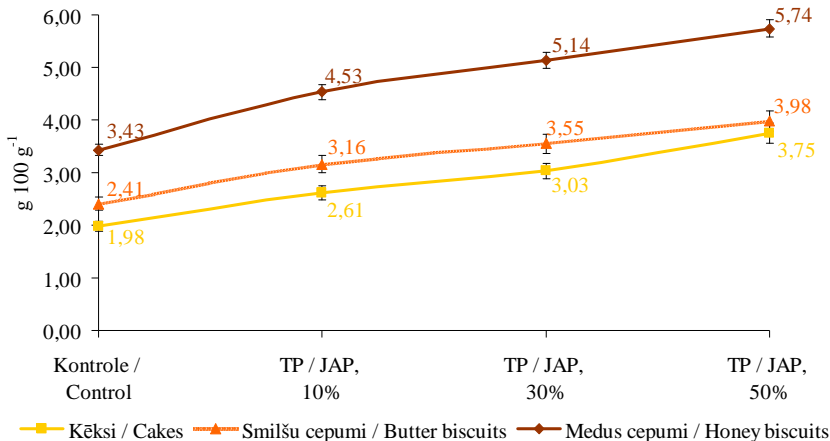
Miltu konditorejas izstrādājumi, kuros daļu augstākā labuma kviešu miltus aizvieto ar topinambūra pulveri, būtiski pieaug inulīna saturs ($p < 0,05$) (10. attēls).



10. att. Inulīna saturs miltu konditorejas izstrādājumos ar topinambūra pulveri
Fig. 10 Inulin content in pastry products with Jerusalem artichoke powder

Aizvietojot 30% augstākā labuma kviešu miltus ar topinambūra pulveri, inulīna saturs gēksos ir 5,51 g, smilšu cepumos 8,02 g, bet medus cepumos – 10,07 g 100 g⁻¹.

Pētījumā iegūtie rezultāti pierādīja, ka klasiskajos gēksos un smilšu cepumos, kas gatavoti, izmantojot augstākā labuma kviešu miltus, šķiedrvielu saturs, ir mazāks par 3 g 100 g⁻¹, izņemot medus cepumus, kuros tas ir augstāks (11. attēls).



11. att. Šķiedrvielu saturs miltu konditorejas izstrādājumos ar topinambūra pulveri

Fig. 11 Total dietary fibre content in pastry products with Jerusalem artichoke powder

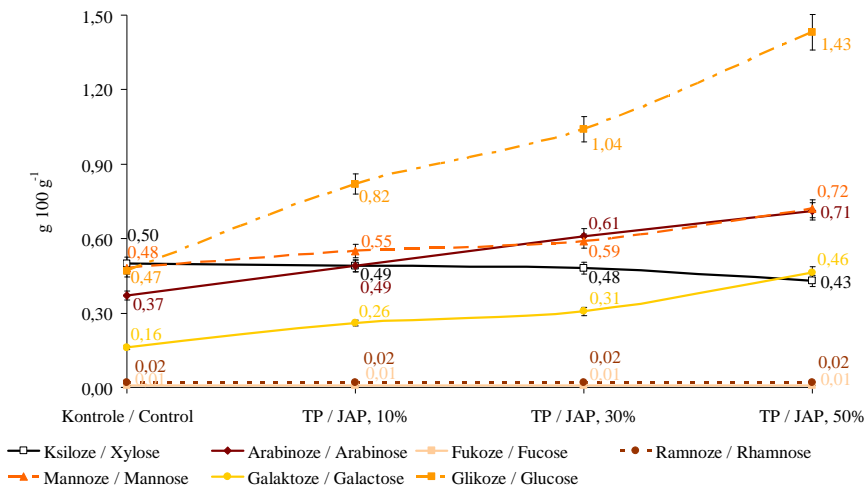
Aizvietojot augstākā labuma kviešu miltus ar topinambūra pulveri, šķiedrvielu saturs, miltu konditorejas izstrādājumos būtiski pieaug ($p < 0,05$). Aizvietojot kviešu miltus ar 30 % topinambūra pulvera, kopējais šķiedrvielu saturs, izņemot inulīnu, 100 g kēksa ir 3,03 g, smilšu cepumos – 3,55 g, bet medus cepumos – 5,14 g, tādējādi šos miltu konditorejas izstrādājumus var saukt par „šķiedrvielu avotu”.

Eksperimentu rezultāti parāda, ka gēksos (12.attēls), līdzīgi kā smilšu un medus cepumos, esošie šķiedrvielu monosaharīdu atlikumi ir arabinoze, ksiloze, glikoze, galaktoze, mannoze, ramnoze un fukoze. Visu monosaharīdu atlikumu daudzumi, izņemot ksilozi, pētāmajos izstrādājumos, proporcionāli palielinājās, pieaugot topinambūra pulvera daudzumam miltu maisījumos.

Glikozes saturs visos pētāmajos miltu konditorejas izstrādājumos divkārtšojas, aizvietojot 30 % kviešu miltus ar topinambūra pulveri.

Arabinoze ir otrais visplašāk pārstāvētais monomērs kēksu un cepumu šķiedrvielās, tās saturs pieaug par 32–48%, ja pievienotais topinambūra pulvera daudzums ir 10%, par 54–66% pieaug, ja pievienotais topinambūra pulvera

daudzums ir 30%, savukārt par 71–92%, ja topinambūra pulvera koncentrācija ir 50%.



**12. att. Šķiedrvielu monosaharīdu atlikumi kūksos /
Fig.12 Amount of dietary fibre monomers in cakes**

Ksiloze ir vienīgais monomērs, kura saturs miltu konditorejas izstrādājumos ar topinambūra pulveri samazinās. Tas vērtējams negatīvi, jo nevēlami ietekmē miltu konditorejas izstrādājumu apjomu.

Atrastais monosaharīdu atlikumu kvalitatīvais saturs topinambūra pulverī ļauj prognozēt iespējamās šķiedrvielas. Tās varētu būt šķīstošās pektīnvielas, protopektīns, hemiceluloze un celuloze.

6. Miltu konditorejas izstrādājumu ar topinambūra pulveri uzturvērtība

Receptūrā paredzēto sastāvdaļu, daļēji aizstājot ar kādu citu izejvielu, ir iespējams izmainīt šī produkta izskatu, sensoro novērtējumu un uzturvērtību, t. sk., enerģētisko vērtību. Eksperimentos pētītie kūksi, smilšu un medus cepumi ir gatavoti pēc klasiskās šo miltu konditorejas izstrādājumi receptūras, tikai tie ir nedaudz izmainīti, augstākā labuma kviešu miltus daļēji aizstājot ar topinambūra pulveri. Šo izmaiņu rezultātā ir izmainījusies šo produktu uzturvērtība un enerģētiskā vērtība.

Rezultāti parāda, ka, aizvietojo ar augstākā labuma kviešu miltus ar 30% topinambūra pulveri, kūksu enerģētiskā vērtība samazinās par 5,9% smilšu cepumos par 6,6%, medus cepumos par 7,2 % (4. tabula).

**Enerģētiskā vērtība miltu konditorejas izstrādājumiem ar
topinambūra pulveri**
Energetic value for pastry products with Jerusalem artichoke powder

Paraugi / Samples	Kēksi / Cakes		Smilšu cepumi / Butter biscuits		Medus cepumi / Honey biscuits	
	kcal· 100g ⁻¹	kJ· 100 g ⁻¹	kcal· 100g ⁻¹	kJ· 100 g ⁻¹	kcal· 100g ⁻¹	kJ· 100 g ⁻¹
Kontrole / Control	406.7	1723.5	540.6	2289.9	364.2	1546.3
TP / JAP, 10%	387.4	1641.6	523.3	2216.4	356.9	1515.3
TP / JAP, 30%	382.7	1621.8	504.8	2137.6	338.0	1434.5
TP / JAP, 50%	376.0	1593.2	489.8	2073.6	321.9	1365.5

Kēksos (5.tabula), līdzīgi kā smilšu un medus cepumos, kuros 30 % augstākā labuma kviešu milti aizvietoti ar topinambūra pulveri, paaugstinājās tiamīna, riboflavīna, kā arī magnija, kālija, fosfora, kalcija un dzelzs saturs, salīdzinājumā ar kontroles paraugiem.

Vitamīnu un minerālvielu saturs kēksos /
Vitamins and mineral substances in cakes, mg 100 g⁻¹

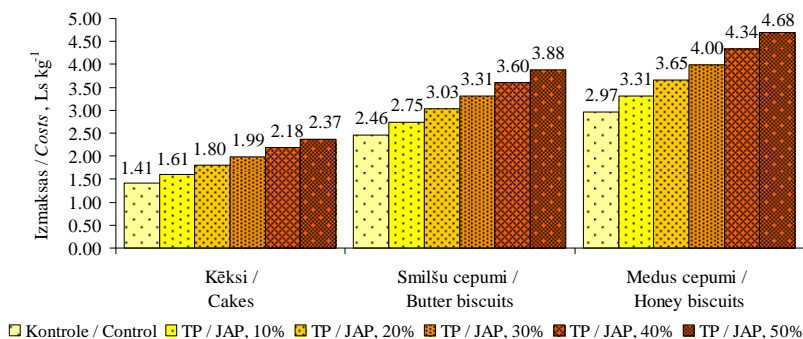
Ķīmiskie rādītāji / Chemical parameters	Kontrole / Control	Kēkss ar TP / Cake with JAP, 30%
Tiamīns B ₁ / <i>Tiamin</i>	0.39±0.01	0.49±0.01
Riboflavīns B ₂ / <i>Riboflavin</i>	0.11±0.01	0.17±0.01
Mg	10.0±0.1	20.0±0.1
K	140.0±2.8	360.0±7.2
P	210.0±4.2	310.0±6.2
Ca	60.0±1.2	80.0±1.6
Fe	0.99±0.01	1.01±0.01

Miltu konditorejas izstrādājumos, kas gatavoti aizvietojo augstākā labuma kviešu miltus ar topinambūra pulveri, paaugstinās to uzturvērtība, jo tajos paaugstinās šķiedrvielu, vitamīnu un minerālvielu saturs un samazinās tauku daudzums.

7. Miltu konditorejas izstrādājumu ar topinambūra pulveri ekonomiskais izvērtējums un hierarhijas alternatīvu analīze

Miltu konditorejas izstrādājumu ar topinambūra pulveri izejvielu izmaksu aprēķini apkopoti 13. attēlā.

Topinambūra pulvera izmantošana miltu konditorejas izstrādājumu ražošanā izejvielu izmaksas palielina, un tās pieaug līdz ar topinambūra pulvera daudzuma izstrādājumu izstrādājumā. Izejvielu izmaksu sadārdzinājums ir skaidrojams ar augstākā labuma kviešu miltu un topinambūra pulvera cenu atšķirību (augstākā labuma kviešu miltu 1 kg cena ir 0,52 Ls, topinambūra pulvera 1 kg cena ir 6,50 Ls).



13. att. . Eksperimentālo miltu konditorejas izstrādājumu izejvielu izmaksas / *Fig.13 Costs of raw materials for experimental pastry products*

Miltu konditorejas izstrādājumu ar topinambūra pulveri konkurētspējas izvērtēšana ar līdzīgiem tirgū esošiem miltu konditorejas izstrādājumiem veikta ar hierarhijas alternatīvu analīzi.

Par alternatīvām izvirzītas trīs miltu konditorejas izstrādājumu grupas:

- 1.alternatīva – klasiskie miltu konditorejas izstrādājumi (KI klasiskie / *PP classical*);
- 2.alternatīva – miltu konditorejas izstrādājumi ar TP (KI ar TP / *PP with JAP*);
- 3.alternatīva – miltu konditorejas izstrādājumi ar sēklām (KI ar sēklām / *PP with seeds*) (6.tabula).

Katra izstrādājumu grupa ietver dažādus miltu konditorejas izstrādājumus (kēksus, cepumus u.c.), kuru gatavošanas tehnoloģijas ir līdzīgas.

Balstoties uz darbā veiktajiem teorētiskajiem un eksperimentāliem pētījumiem, alternatīvu analīzei tika izvirzīti 8 kritēriji, kas bija sekojoši:

1. kritērijs – vitamīnu saturs,
2. kritērijs – minerālvielu saturs,
3. kritērijs – šķiedrvielu saturs,
4. kritērijs – garšas īpašības,
5. kritērijs – ārējais izskats,

6. kritērijs – struktūra,
7. kritērijs – uzglabāšanās laiks,
8. kritērijs – atpazīstamība.

Definēto alternatīvu un kritēriju apraksts attēlots 6. tabulā, kurā iekrāsotā sūna katra kritērija rindā norāda uz visvēlamāko un augstāk novērtēto alternatīvu attiecībā uz šo kritēriju.

6. tabula / Table 6

Alternatīvu apraksts pēc kritērijiem
Alternatives description of the criteria

Kritēriji / Criteria	Alternatīvas / Alternatives		
	KI klasiskie / PP classical	KI ar TP / PP with JAP	KI ar sēklām / PP with seeds
Vitamīnu saturs / <i>Vitamins content</i>	Neliels / <i>Small</i>	Paaugstināts / <i>Heightened</i>	Paaugstināts / <i>Heightened</i>
Minerālvielu saturs / <i>Minerals content</i>	Neliels / <i>Small</i>	Ļoti augsts / <i>Very high</i>	Augsts / <i>High</i>
Šķiedrvielu saturs / <i>Dietary fiber content</i>	Nepietiekams / <i>Insufficient</i>	Augsts / <i>High</i>	Ļoti augsts / <i>Very high</i>
Garšas īpašības / <i>Taste qualities</i>	Tradicionālas / <i>Traditional</i>	Neierastas / <i>Unusual</i>	Labi atpazīstamas / <i>Well-recognizable</i>
Ārējais izskats / <i>Appearance</i>	Visvēlamākais, jo tradicionāls / <i>Most desirable because traditional</i>	Vēlams, bet nepierasts / <i>Desirable, but unusable</i>	Pieņemams, jo iepazīts / <i>Acceptable because acquainted</i>
Struktūra / <i>Texture</i>	Standarta / <i>Standard</i>	Neparastas / <i>Unusual</i>	Pieņemama / <i>Acceptable</i>
Uzglabāšanas laiks / <i>Storage time</i>	Neilgs / <i>Short</i>	Visilgākais / <i>Longest</i>	Neilgs / <i>Short</i>
Atpazīstamība / <i>Recognition</i>	Augsta / <i>High</i>	Vāja / <i>Low</i>	Augsta / <i>High</i>

2.līmeņa kritēriju salīdzinājuma matrica attēlota 7. tabulā. Prioritāšu vektora komponentes norāda kritēriju nozīmības līmeni, līdz ar to var redzēt, ka visnozīmīgākais kritērijs ir *garšas īpašības*, kura novērtējums ir 0,27 jeb 27%. Nākošais nozīmīgākais kritērijs ir *ārējais izskats* ar augsto vērtējumu 0,24 jeb 24%, bet pēc tam seko kritēriji, kas saistīti ar miltu konditorejas izstrādājumu uzturvērtību – *šķiedrvielu saturs* (0,16 jeb 16%), *minerālvielu saturs* (0,13 jeb

13%) un *vitamīnu saturs* (0,09 jeb 9%). Vismazāk svarīgais kritērijs ir kritērijs *atpazīstamība* ar 0,02 jeb 2%.

7. tabula / Table 7

Miltu konditorejas izstrādājumu novērtēšanas kritēriju salīdzinājuma matrica

The comparison matrix of evaluation criteria of pastry products

2. līmenis / 2 nd level		Kritēriji / Criteria								Prioritāšu vektors / Priority vector
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	
Kritēriji / Criteria	1.	1	1/2	1/3	1/4	1/5	6	4	7	0.09
	2.	2	1	1/2	1/3	1/4	7	5	6	0.13
	3.	3	2	1	1/3	1/4	6	5	7	0.16
	4.	4	3	3	1	2	4	4	5	0.27
	5.	5	4	4	1/2	1	4	3	5	0.24
	6.	1/6	1/7	1/6	1/4	1/4	1	1/4	6	0.03
	7.	1/4	1/5	1/5	1/4	1/3	4	1	5	0.05
	8.	1/7	1/6	1/7	1/5	1/5	1/6	1/5	1	0.02
SA =		0.15								

Saskaņā ar T. Saati teoriju, saskaņotības attiecībai jābūt mazākai par 10% vai 0,10, bet galējā robeža ir līdz 20%. 2. līmeņa kritēriju salīdzinājuma matricas saskaņotības attiecība ir 0,15 (7. tabula) jeb 15%, kas ir pieļaujamajās robežās, tāpēc kritēriju novērtējums ir uzskatāms par korektu un vērā ņemamu.

3.līmeņa alternatīvu salīdzinājuma matricās visu astoņu kritēriju saskaņotības attiecības ir pieļaujamajās robežās no 0 līdz 13%, kas norāda uz kritēriju novērtējuma korektumu un rezultātu augsto ticamības līmeni.

Globālo prioritāšu aprēķinātie rezultāti parāda, ka par optimālo alternatīvu uzskatāma 2. alternatīva jeb *miltu konditorejas izstrādājumi ar topinambūra pulveri*, jo globālās prioritātes vektors ir 0,37 jeb 37%, kas ir visaugstākais vērtējums salīdzinājumā ar pārējiem.

Tomēr jāatzīmē, ka vērtējums abām pārējām alternatīvām atšķirās tikai nedaudz, jo alternatīvai *klasiskie konditorejas izstrādājumi* prioritāte bija 35% un, savukārt alternatīvai *konditorejas izstrādājumi ar sēklām* – 28% (8.tabula).

Globālo prioritāšu aprēķins miltu konditorejas izstrādājumiem
The calculation of global priorities for pastry products

Alternatīvas / Alternatives	Kritēriji / Criteria								Globālās prioritātes / Global priorities
	Vitamīnu saturs / Vitamins content	Mīnērālvielu saturs / Minerals content	Šķiedrvielu saturs / Dietary fiber content	Garšas īpašības / Taste qualities	Ārējais izskats / Appearance	Struktūra / Structure	Uzglabāšanas laiks / Storage time	Atpažināmība / Recognition	
	0.09	0.13	0.16	0.27	0.24	0.03	0.05	0.02	
KI klasiskie / PP classical	0.14	0.16	0.06	0.53	0.54	0.60	0.07	0.45	0.35
KI ar TP / PP with JAP	0.43	0.54	0.35	0.33	0.30	0.29	0.65	0.09	0.37
KI ar sēklām / PP with seeds	0.43	0.30	0.59	0.14	0.16	0.10	0.28	0.45	0.28
Kopā / Total									1

Hierarhijas alternatīvu analīzes metodes aprēķinātās globālās prioritātes parāda, ka miltu konditorejas izstrādājumi ar topinambūra pulveri var būt konkurētspējīga ar citiem tāda paša veida miltu konditorejas izstrādājumiem.

SECINĀJUMI

- Darbā izvirzītā hipotēze ir pierādīta – bagātinot miltu konditorejas izstrādājumus ar kaltēta topinambūra pulveri, mainās to sensorās īpašības un fizikāli-ķīmiskie rādītāji, kā rezultātā samazinās produkta enerģētiskā vērtība un paaugstinās uzturvērtība.
- Eksperimentos lietotais rūpnieciski ražotais kaltēta topinambūra pulveris, salīdzinot ar augstākā labuma kviešu miltiem, satur paaugstinātu inulīna ($58,90 \pm 1,76 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) un pārējo šķiedrvielu ($14,05 \pm 0,28 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) daudzumu, kā arī tiamīna ($1,71 \pm 0,03 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), riboflavīna ($0,37 \pm 0,03 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), magnija ($70,0 \pm 1,4 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), kālija ($1890,0 \pm 37,8 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), fosfora ($280,0 \pm 5,6 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), kalcija ($120,0 \pm 2,4 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) un dzelzs ($6,83 \pm 0,14 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) daudzumu.

3. Aizvietojot augstākā labuma kviešu miltus ar kaltēta topinambūra pulveri miltu konditorejas izstrādājumu gatavošanā, būtiski pagarinās mīklas iemīcīšanas laiks un mīklas atslābināšanas ilgums, samazinās mīklas elastība un mīklas noturība pret mehānisku iedarbību ($p < 0,05$). Viendabīgas mīklas veidošana ir neiespējama, ja kaltēta topinambūra pulvera piedeva miltos ir vairāk kā 40 %.
4. Kaltētā topinambūra pulvera pievienošana miltu konditorejas izstrādājumiem būtiski ietekmē krāsu, cietību, olbaltumvielu, tauku, šķiedrvielu, vitamīnu un minerālvielu saturu ($p < 0,05$). Aizvietojot augstākā labuma kviešu miltus ar topinambūra pulveri koncentrācijā 30% un vairāk, tas būtiski kavē raugu un pelējumu attīstību ķēksos ($p < 0,05$) un pagarina ķēksu uzglabāšanas laiku līdz 21 dienai.
5. Pētāmo miltu konditorejas izstrādājumu ar kaltēta topinambūra pulveri patīkšanas pakāpi, patērētāji vērtēja no mazliet patīk līdz ļoti patīk. Par maksimālo topinambūra pulvera daudzumu, ar ko var aizvietot augstākā labuma kviešu miltus, vērtētāji atzina miltu konditorejas izstrādājumus ar 30% topinambūra pulvera piedevu. Jaunie miltu konditorejas izstrādājumi ar topinambūra pulveri patērētāju lielākajai daļai patika un viņi tos labprāt lietoja uzturā.
6. Aizvietojot 30% augstākā labuma kviešu miltus ar topinambūra pulveri, inulīna un pārējo šķiedrvielu saturs ķēksos ir attiecīgi 5,51 g un 3,03 g, smilšu cepumos – 8,02 g un 3,55 g, bet medus cepumos – 10,07 g un 5,14 g 100 g-1. Noteiktie šķiedrvielu monosaharīdu atlikumi miltu konditorejas izstrādājumos ar topinambūra pulveri ir arabinoze, ksiloze, glikoze, galaktoze, mannoze, ramnoze un fukoze.
7. Aizvietojot augstākā labuma kviešu miltus ar 30% topinambūra pulveri, ķēksu enerģētiskā vērtība samazinās par 5,9%, smilšu cepumu par 6,6%, medus cepumu par 7,2%. Paaugstinoties šķiedrvielu, vitamīnu un minerālvielu saturam un samazinoties tauku daudzumam miltu konditorejas izstrādājumos ar topinambūra pulveri, ievērojami pieaug to uzturvērtība.
8. Miltu konditorejas izstrādājumos, daļēji aizvietojot augstākā labuma kviešu miltus ar topinambūra pulveri, to izmaksas pieaug par 1,5–13,5%, atkarībā no pievienotā topinambūra pulvera daudzuma un miltu konditorejas izstrādājuma veida.
9. Hierarhijas alternatīvu analīze parāda, ka miltu konditorejas izstrādājumi ar kaltēta topinambūra pulveri ir spējīgi konkurēt tirgū ar citiem tāda paša veida miltu konditorejas izstrādājumiem.

TOPICALITY OF THE RESEARCH

People become more and more aware of the importance of taking care of their health by using wholesome food that results in the need for new healthy products. One of the solutions is to enrich the favourite food with biologically active substances.

An important group of foodstuffs is baked goods of wheat flour of which people are willing to choose - sponge cakes, cakes, biscuits, etc. In Latvia in 2010, consumption of pastry products reached on average 10,43 kg per one member of a household (Central Statistical Bureau of RL, 2011). Cakes and biscuits are the most widespread pastry products with a high-energy value. They mostly contain high quality wheat flour, fats, and sugar. By adding fiber-rich ingredients, the food value of the product increases. Scientists in the world have carried out lots of investigations on the possibilities to enrich the pastry products of wheat flour with seeds, fruit, vegetables etc. At the Latvia University of Agriculture, several important studies have been done on the increase of the nutritional value of bread baked of high quality wheat flour with various constituents and products of plant origin – oatmeal, buckwheat flour, biologically activated grain, oat hydrolyzate fractions, dried marc berries, and triticale flour. This could be also one of the possibilities how to increase the food value of cakes and biscuits.

One of less investigated plant products is Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L). Many scientists have discovered that it has a beneficial effect on the gastro-intestinal activity stimulating reproduction of beneficial bacteria. Jerusalem artichoke is recommended to use regularly for managing normal cholesterol level, improvement of vision, prevention of stress caused sequels, and different diseases (intestinal tumours, liver diseases, obesity, osteoporosis) as well as to use as an effective means against atherosclerosis, gout, arthritis, kidney stones, anemia, for promoting milk secretion, and improvement of the activity of digestive organs. In Latvia, Jerusalem artichoke is a widespread plant; however, its use in the diet is minor. That could be explained by lack of information on the constituents and qualities of Jerusalem artichoke, possibilities of its preparation and use in daily menu.

By drying Jerusalem artichoke, we obtain a dry powdered product the chemical composition of which is similar to that of raw Jerusalem artichoke tubers. It contains minerals, vitamins, proteins, dietary fibre, and more than 50% (of dry matter) of inulin. Powder of dried Jerusalem artichoke tubers is more convenient to store for a longer time and easier to use in technological processes. Partial substitution of wheat flour with dried Jerusalem artichoke powder in pastry products – cakes and biscuits – is one of the possibilities to increase the nutritional value of pastry products.

There are few studies on enrichment of pastry products with dried Jerusalem artichoke powder. This information about the study results could be important for producers starting production of pastry foods with Jerusalem artichoke powder.

Topicality of the research

From year to year, the incidence of different diseases is increasing in humans, and the cause is inadequate intake of dietary fibre, vitamins, and minerals. One of the possibilities to take care of your health preventively is including in the diet products with increased dietary fibre, vitamin, and mineral content.

Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) is rich in dietary fibre and it can be used for increasing the fibre content in other products. By adding it or its processed products to pastry goods, we can obtain a fibre-rich food that could be an excellent alternative to the classical pastry products of this kind.

Hypothesis of the thesis – in pastry products enriched with dried Jerusalem artichoke powder, sensory properties, and physico-chemical parameters are changed resulting in reduction of energy value and increase in nutritional value of the product.

Object of the research – dried Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) powder, dough and finished final products of cakes, butter and honey biscuits enriched with dried Jerusalem artichoke powder.

To prove the hypothesis, the **aim** of the thesis was to investigate properties characterizing the quality of different pastry products enriched with Jerusalem artichoke powder.

To reach the aim of the study, the following **tasks** were set:

- analyze the physico-chemical and microbiological parameters of dried Jerusalem artichoke powder;
- study the quality indices of pastry products dough enriched with dried Jerusalem artichoke powder;
- assess the sensory properties of cakes and biscuits with dried Jerusalem artichoke powder and determine the amount of the added Jerusalem artichoke powder;
- determine the physico-chemical parameters and their changes during the storage of cakes and biscuits enriched with dried Jerusalem artichoke powder;
- determine and analyze the dietary fibre content and its monomers in dried Jerusalem artichoke powder and pastry products with dried Jerusalem artichoke powder;
- calculate the nutritional value of cakes and biscuits with dried Jerusalem artichoke powder;
- calculate the cost of cakes and biscuits with dried Jerusalem artichoke powder;
- evaluate the competitiveness of the experimental samples with similar pastry products existing in the market using hierarchy alternative analysis.

The following **theses** have proved the hypothesis of the research

- The dried Jerusalem artichoke powder compared to the high quality wheat flour contains increased amount of dietary fibre, vitamins, and minerals.

- Partly substituting wheat flour with dried Jerusalem artichoke powder, quality indices of the wheat flour dough are changed.
- The amount of the added dried Jerusalem artichoke powder influenced significantly the level of liking of the new pastry products.
- The addition of dried Jerusalem artichoke powder to pastry products changes their physico-chemical parameters, increases significantly their dietary fibre content, reduces energy value, and increases nutritional value.
- The addition of dried Jerusalem artichoke powder changes the costs of pastry products without affecting their competitiveness.

Scientific **novelty** and **importance** of the research

1. Partial replacement of wheat flour with dried Jerusalem artichoke powder has been proved making cakes, butter biscuits, and honey biscuits (application is submitted for RL patent *Method of production of cakes with Jerusalem artichoke powder*).
2. The technological properties of dried Jerusalem artichoke powder and rheological properties of the pastry products dough prepared with dried Jerusalem artichoke powder have been investigated.
3. The dietary fibre content has been determined in dried Jerusalem artichoke powder and in the investigated pastry products, as well as analyzed the content and amount of dietary fibre monomers.
4. The effect of dried Jerusalem artichoke powder on the sensory properties, and nutritional value of cakes and biscuits has been evaluated.

Economic importance of the research

1. The data obtained on the chemical composition of Jerusalem artichoke powder and pastry products with Jerusalem artichoke powder supplement the Latvian food products database (www.partikasdb.lv/partikas-sastava-datubaze/par-datubazi/)
2. The obtained research results, studying cakes and biscuits with dried Jerusalem artichoke powder, open up opportunities for food producers and might be well applied in production of new bakery products, as well as increase consumers' chance to obtain pastry products with elevated nutritional value.
3. The research results will promote growing of a new perennial vegetable crop - Jerusalem artichoke; thus, providing enterprises of food production with this raw material.

APPROBATION OF THE SCIENTIFIC WORK

Results have been reported at twelve international scientific, scientific and practical conferences and congresses in Latvia, Lithuania, Estonia, Ireland, Greece, Russia, Switzerland and Italy, and at three seminars in Latvia, and the International Food Exhibition "Riga Food 2009, 2010, 2011",

Research results are summarized and published in reviewed scientific publications (the list of attended conferences and publications see on pages 6–9).

Patent of LR

RL patent application No. P-12-12 with priority date 19.01.2012. **Gedrovica I., Kārklīņa D.** (2012) *Method of production of cakes with Jerusalem artichoke powder.*

MATERIALS AND METHODS

Time and place of the research

Experiments have been carried out during the period from 2008 to 2012 at the following places:

- Laboratory of Food Analyses, Laboratory of Packaging Material Investigations, Research Laboratory of Microbiology, Laboratory of Food Sensory Evaluation of the Department of Food Technology, Latvia University of Agriculture (LUA); Research Laboratory of Natural Substances Chemistry, and Research Laboratory of Agronomic Analyses of the Department of Chemistry, LUA.
- Laboratory of Animal Biochemistry and Physiology of the Biology Institute, Latvia University (LU).
- Testing Laboratory of “BioLab”, Ltd.
- Laboratory of Quality Evaluation of Plant Materials at the Institute of Plant Breeding and Acclimatization in Poland.
- Survey of visitors - their evaluation of cakes, butter biscuits, honey biscuits enriched with dried Jerusalem artichoke powder and their possible offer in the local market – carried out at the “RīgaFood 2009” (9-12 September 2009, Rīga) and “RīgaFood 2010” (8-11 September 2010, Rīga) exhibitions.

Materials used in the research

Raw materials used for pastry products: dried Jerusalem artichoke powder (LLC *Herbe*), commercial high quality wheat flour, sugar, dry skim milk powder, dehydrated eggs, drinking water, corn oil, baking powder, vanilla sugar, cocoa powder, banana puree concentrate, mocha concentrate, lemon and rum essences, sweet cream butter, fresh chicken eggs, honey, baking soda.

Sample preparation

Dried Jerusalem artichoke powder (JAP), high quality wheat flour (WF), and mix of both raw materials, where part of high quality wheat flour was replaced by Jerusalem artichoke powder at concentrations of 10%, 20%, 30%, 40%, and 50% of total flour amount, have been experimentally studied. Cakes, butter biscuits, and honey biscuits were baked according to the classical recipes and technologies of these products. As control samples, pastry products were made of high quality wheat flour, and other ingredients required by the recipe in the same quantities.

The determined parameters and methods used in the research

The determined physico-chemical parameters and determination methods used of Jerusalem artichoke powder, wheat flour, dough, and finished pastry products are summarized in Table 1.

For evaluation of moisture content, hardness, and microbiological parameter changes during the storage time, samples were included where 10%, 30%, and 50% of wheat flour were replaced with Jerusalem artichoke powder. Samples were analyzed on their baking day and then on the 7th, 14th, 21st, and 28th day of storage. Pastry products were packaged into polypropylene (PP) film bags and kept in room temperature at $+18\pm 5$ °C and air moisture <75%. The stored products did not contact products and substances with a specific aroma.

Determination of the yeast cells and mould number for all the analyzed samples was done in compliance with LVS ISO 21257-2:2008 “Microbiology of Food and Animal Feed. Horizontal method for counting yeast and mould fungi.”

For analyses of technological properties of raw material mixes, equipment “MIXOLAB” (“Chopin Technologies”, France) was used. All the measurements were performed using “MIXOLAB” standard protocol “Chopin+”. The dough rheological properties were analyzed using a structure analyzer “TA.XT plus TEXTURE ANALYSER”.

For evaluation of sensory properties of experimental samples, this study used profiling method of *taste + aroma + texture* and hedonic scale. Trained panelists took part in evaluation of samples. *profilēšanas metodi* Using the hierarchy alternative analysis method, we evaluated competitiveness of the new product and compared it with alternatives of similar products existing in the market.

Data mathematical processing

Programme SPSS 14.0 for Windows and Microsoft Excel for Windows 7.0 processed the data mathematically. Mean arithmetic value and standard deviation were calculated for the obtained results. Data were interpreted by single factor and multifactor analysis of variance (ANOVA). Correlation closeness between the determined parameters was calculated by correlation analysis. Results of sensory evaluation were analyzed by statistical methods: two-factor variance analysis, Tukey’s, Friedman’s tests, and t-test (Castura J. C., Findaly C. J., 2006).

RESULTS AND DISCUSSION OF THE RESEARCH

1. Study of quality parameters of Jerusalem artichoke powder

Experimentally determined chemical composition of Jerusalem artichoke powder and high quality wheat flour is presented in Table 2. The obtained results show that the chemical composition of Jerusalem artichoke powder and high quality wheat flour differs significantly ($p < 0,05$). Jerusalem artichoke powder has lower moisture, protein, and fat content in comparison with the high quality wheat flour but the dietary fibre, sugars, vitamins, and minerals amount is higher.

Comparing high quality wheat flour with Jerusalem artichoke powder sample, there are significant differences between the samples colour ($p < 0,05$) with the most radical differences in colour component L^* values (Fig. 1).

When analyzing the microbiological quality of Jerusalem artichoke powder, high quality wheat flour, and mixture of both raw materials, yeast cells and mould number presence was identified without exceeding the allowed concentrations. The number of yeast cells and mould in the mixtures of Jerusalem artichoke powder and high quality wheat flour decreased with the increase of Jerusalem artichoke powder amount. There is a close negative linear correlation ($r = -0,923$; $R^2 = 0,8519$) between the amount of Jerusalem artichoke powder and mould number. Benzoic acid (5,8%) and octanoic acid (0,7%), which was found in the content of volatile aroma forming compounds, might prevent the growth of yeast cells and mould number.

The study indicates that Jerusalem artichoke powder can be used for enrichment of various products so increasing their vitamin, mineral and dietary fibre content; however, its influence on the dough quality should be determined.

2. Jerusalem artichoke powder influence on the technological properties of flour mixtures and rheological properties of pastry products dough

Technological properties of Jerusalem artichoke powder and mixture of Jerusalem artichoke powder with high quality wheat flour were studied by using MIXOLAB equipment, and the obtained data are presented in Figure 2.

Results show that replacing part of high quality wheat flour with Jerusalem artichoke powder, the amount of it had a significant influence on the baking qualities of the mixture: time of dough kneading and dough weakening, became longer, dough elasticity and dough resistance against mechanical action decreased. Study shows evidence that replacing from 10% to 20% of wheat flour with Jerusalem artichoke powder, technological properties of the mixture were similar to those of the high quality wheat flour baking qualities. Changes that are more notable were observed when the concentration of Jerusalem artichoke powder was increased up to 30%. Replacing flour with Jerusalem artichoke powder 40% and more, smooth dough did not form, and during the dough preparation, disulphide bond break took place disrupting the texture of the dough. A partly replacement of high quality wheat flour with Jerusalem artichoke powder significantly changed the technological qualities of mixtures ($p < 0,05$) The amount of gluten, which is present in wheat flour and ensures the dough texture, decreases in mixtures, and dietary fibre content increases. Jerusalem artichoke powder does not contain gluten-forming proteins.

A texture analyzer evaluated dough toughness of experimental samples. The added amount of Jerusalem artichoke powder influenced the dough texture (Fig. 3, A, B, C). There is a linear negative correlation between the dough

toughness and the added quantity of Jerusalem artichoke powder (cakes $r = -0,936$, $R^2 = 0,8766$; butter biscuits $r = -0,906$, $R^2 = 0,8205$; honey biscuits $r = -0,928$, $R^2 = 0,8603$) showing that the dough toughness decreases with increasing of Jerusalem artichoke powder amount in the mixture.

3. Influence of Jerusalem artichoke powder on sensory properties of pastry products

Very often, sensory properties play a decisive role when you offer the consumer a new food product. That was the reason why cakes, butter biscuits and honey biscuits with Jerusalem artichoke powder and control samples were sensory evaluated. Results of sensory evaluation could be the basis for the maximum amount of the replaced flour with Jerusalem artichoke powder that could be acceptable by consumers.

Evaluation of cakes sensory properties was comparatively high (Figure 4). Only sensory property *taste*, experts evaluated as low. Experts had recommended improving the taste and it was done with taste and aroma enrichers: vanilla sugar, banana puree, mocha concentrate, cocoa powder, lemon and rum essences. Cakes where the replaced high quality wheat flour amount of Jerusalem artichoke powder did not exceed 30% received high evaluation of total sensory properties.

For butter biscuits, the maximum amount of high quality wheat flour replaceable with Jerusalem artichoke powder could be 30%. Butter biscuits were sufficiently crispy, obtained good flavour with a pleasant Jerusalem artichoke after taste; intensity of aroma and colour was optimal, and the shape of biscuits was acceptable.

For honey biscuits, the maximum amount of high quality wheat flour replaceable with Jerusalem artichoke powder could be 30%. Honey biscuits appearance and their shape, volume, crust and colour were attractive, aroma was pleasant, texture was not too hard or soft, and flavour was good with expressive honey and Jerusalem artichoke taste nuance.

Hedonic evaluation of the studied pastry products with Jerusalem artichoke powder was within the range from six (like a little) to eight (like very much).

Liking degree of cakes is depicted in Figure 5. Results show that the average evaluation was within the range from $6,5 \pm 0,2$ (like a little) to $7,3 \pm 0,2$ (medium like), but the average cake evaluation was $7,0 \pm 0,2$ (medium like). The highest degree of evaluation received cakes with banana puree (7,2) but the lowest one with cocoa powder (6,5).

Analysis of variance showed that the added amount of Jerusalem artichoke powder has significant impact on liking degree of butter biscuits ($p < 0,05$). With a sensory evaluation analysis was revealed that there was a significant difference in liking degree between evaluated butter biscuits samples. Analysis of variance showed that $F_{\text{calculated}} = 1,39$ for samples with 10% of Jerusalem artichoke powder and $F_{\text{calculated}} = 3,15$ for samples with 20% Jerusalem artichoke powder not exceed

$F_{\text{critical}} = 1,01$ ($n_1 = 5$, $n_2 = 174$, $\alpha = 0,05$), so we can say that among these butter biscuits samples not exist significant differences in liking degree. It means that

evaluators like both rated butter biscuits samples equally well. The results of analysis of variance of the remaining butter biscuits showed that $F_{\text{calculated}} = 6,57$ for the samples with 30% of Jerusalem artichoke powder, $F_{\text{calculated}} = 15,19$ for the samples with 40% of Jerusalem artichoke powder, and $F_{\text{calculated}} = 15,63$ for the samples with 50% of Jerusalem artichoke powder ($n_1 = 5$, $n_2 = 174$, $\alpha = 0,05$). It means that these butter biscuits liking degree has significant difference from control sample. Liking degree evaluation of butter biscuits was from $6,2 \pm 0,2$ (like a little) to $7,7 \pm 0,2$ (like very much).

Analysis of variance showed that the added amount of Jerusalem artichoke powder has significant impact on liking degree of honey biscuits ($p < 0,05$). With a sensory evaluation analysis was revealed that there was a significant difference in liking degree between evaluated honey biscuits samples. Analysis of variance showed that $F_{\text{calculated}} = 2,43$ for samples with 10% of Jerusalem artichoke powder, $F_{\text{calculated}} = 3,35$ for samples with 20% Jerusalem artichoke powder, $F_{\text{calculated}} = 1,14$ for samples with 40% of Jerusalem artichoke powder, and $F_{\text{calculated}} = 0,29$ for samples with 50% of Jerusalem artichoke powder, but $F_{\text{critical}} = 4,01$ ($n_1 = 5$, $n_2 = 174$, $\alpha = 0,05$). It means that between the honey biscuits samples in liking degree there are significant differences. The results of analysis of variance of the samples with 30% of Jerusalem artichoke powder $F_{\text{calculated}} = 13,07$, so we can say that these honey biscuits differ significantly in liking degree of control sample ($n_1 = 5$, $n_2 = 174$, $\alpha = 0,05$). Liking degree evaluation of honey biscuits was within the range from $5,9 \pm 0,2$ (like a little) to $6,8 \pm 0,2$ (medium like).

Overall evaluation of pastry products with Jerusalem artichoke powder using analysis of variance showed that the added amount of Jerusalem artichoke powder has significant impact on the sensory properties evaluation of pastry products ($p < 0,05$). It was found out that there was significant affects on taste of cakes, on colour and taste of butter biscuits, and on volume, colour, texture and taste of honey biscuits when high quality wheat flour was replaced with Jerusalem artichoke powder. The maximum amount of Jerusalem artichoke powder was 30% for replacement of high quality wheat flour in cakes, butter and honey biscuits; that percentage received the highest evaluation for all sensory properties.

To introduce a new scientifically based and approbated food product in the local market, potential food consumers were acquainted with the new pastry products at international yearly exhibitions "RigaFood 2009" (RF2009) and "RigaFood 2010" (RF2010). Results of consumers' surveys have shown that consumption of Jerusalem artichoke and its products in the Latvian people' diet was low: only 29% of respondents included Jerusalem artichoke and its products in their diet. Evaluation of experimental pastry products with Jerusalem artichoke powder was positive among the exhibition participants (Figure 6), the majority of respondents liked them and would willingly use them in the diet.

4. Physico–chemical parameters of pastry products with Jerusalem artichoke powder

In pastry products that were prepared by replacing 30% of high quality wheat flour with Jerusalem artichoke powder, moisture content, hardness (except cakes), pH, water activity, protein and fat content decreased, the quantity of finished outcome increased, and the colour became darker (Table 3) in comparison with the control sample.

Samples of 10% and 50% replaced wheat flour with Jerusalem artichoke powder were also included into evaluation of moisture content, hardness, and microbiological changes during the storage time. In first seven days of the storage time of samples, the greatest changes were detected in terms of moisture content and hardness of products. The moisture content of cakes decreased by 1%–2%, moisture content of honey biscuits decreased by 0,2%–2,3% (Figure 7), but in butter biscuits moisture content increased two times.

Hardness of cakes increased 2,1–4,2 times, hardness of butter biscuits increased by 25,2%–39,3%, and hardness of honey biscuits increased by 26,2%–50,5% (Figure 8).

Development of microorganisms was not detected on the surfaces of experimental butter and honey biscuits samples during their storage. From the cakes, the first that started to spoil was the control sample followed by the sample with 10% of Jerusalem artichoke powder (Figure 9). Replacement of wheat flour with Jerusalem artichoke powder more than 30% showed that the added Jerusalem artichoke powder inhibited significantly the development of yeasts cells and moulds number in cakes ($p < 0,05$).

5. Content of inulin and other dietary fibre in pastry products with Jerusalem artichoke powder

In pastry products in which high quality flour was replaced with Jerusalem artichoke powder, the content of inulin increased significantly ($p < 0,05$) (Figure 10). Replacing 30% of high quality wheat flour with Jerusalem artichoke powder, inulin content in cakes was 5,51 g, in butter biscuits 8,02 g, and in honey biscuits, it was 10,07 g 100 g⁻¹.

The experimental results showed that in classical cakes and butter biscuits made of high quality wheat flour the dietary fibre content was less than 3 g 100g⁻¹, while in honey biscuits it was higher (Figure 11). Replacing high quality wheat flour with Jerusalem artichoke powder, amount of dietary fibre increased significantly ($p < 0,05$) in pastry products. Replacing wheat flour with 30% of Jerusalem artichoke powder, dietary fibre content in 100 g of cakes was 3,03 g, in butter biscuits – 3,55 g, but in honey biscuits – 5,14 g; therefore, these pastry products may be called as “dietary fibre source”.

The experimental results demonstrate that in cakes (Figure 12), and similarly also in butter and honey biscuits, monomers of dietary fibre are arabinose, xylose, glucose, galactose, mannose, rhamnose, and fucose. All amounts of monomers in the studied products, except xylose, proportionally increased with increasing of Jerusalem artichoke powder concentration in the flour mixtures. Glucose increased twice in all studied pastry products when wheat flour was replaced with 30% of Jerusalem artichoke powder.

Arabinose was the second most widely represented monomer in the cake and biscuit dietary fibre; its content increased by 32% – 48% if the added Jerusalem artichoke powder was 10%, by 54% – 66% if the quantity of the added Jerusalem artichoke powder was 30%, in its turn by 71% – 92% if the concentration of Jerusalem artichoke powder was 50%.

Xylose was the only monomer the content of which decreased in pastry products with Jerusalem artichoke powder. This property had a negative effect on the gas retention in the product and loaf volume.

Discovered qualitative content of the monomers makes it possible to predict the possible dietary fibre of Jerusalem artichoke powder. They may be soluble pectin, protopectin, hemicellulose, and cellulose.

6. Nutritional value of pastry products with Jerusalem artichoke powder

By addition to recipes only one ingredient, it is possible to change the appearance of the product, sensory evaluation and nutritional value, including energy value. In experiments investigated cakes, butter and honey biscuits are made by these pastry product classic recipes, they are only slightly modified: high quality wheat flour is partly replaced with Jerusalem artichoke powder. In results these changes have altered the product nutritional and energy value.

The results show that replacing high quality wheat flour with 30% of Jerusalem artichoke powder the energy value in cakes decreased by 5,9%, in butter biscuits by 6,6%, in honey biscuits by 7,2% (Table 4).

In cakes (Table 5), in a similar way as in butter and honey biscuits, where 30% of wheat flour were replaced with Jerusalem artichoke powder, the content of thiamine and riboflavin as well as Mg, K, P, Ca and Fe increased in comparison with control samples.

In pastry products with Jerusalem artichoke powder, the nutritional value increased because the content of dietary fibre, vitamins and mineral substances increased and fat content decreased.

7. Economic assessment and hierarchy alternative analysis of pastry products with Jerusalem artichoke powder

Calculations of costs of raw materials for pastry products with Jerusalem artichoke powder are summarised in Figure 13.

The use of Jerusalem artichoke powder in production of pastry products raised the costs of raw materials with increasing the quantity of Jerusalem artichoke powder in the product. The rise of raw material costs is explained by the price differences between high quality wheat flour and Jerusalem artichoke powder (price of 1 kg of high quality wheat flour is 0.52 LVL, 1 kg of Jerusalem artichoke powder is 6.50 LVL).

The competitiveness of pastry products with Jerusalem artichoke powder with similar pastry products existing in the market was evaluated by hierarchy alternative analysis.

As alternatives were advanced three pastry product groups (Table 6): alternative 1 – classical pastry products (PP classical); alternative 2 – pastry products with Jerusalem artichoke powder (PP with JAP); alternative 3 - pastry products with seeds (PP with seeds).

Each group of pastry products included various pastry products (cakes, biscuits etc.) that had a similar baking technology.

Basing on the theoretical and experimental studies of the present research, eight criteria were advanced for alternative analysis, which were as follows:

- 1st criteria – vitamins content;
- 2nd criteria – minerals content;
- 3th – dietary fiber content;
- 4th – taste qualities;
- 5th – appearance;
- 6th – structure;
- 7th – storage time;
- 8th – recognition.

The defined alternatives and criteria description is given in Table 6 where the coloured cell in each line indicates the most desirable and above evaluated alternative relating to this criterion.

Criteria comparison matrix of the 2nd level is presented in Table 7. The priority vector components indicate the level of criteria importance. We can see that the most important criterion is *sensory properties* the evaluation of which is 0,27 or 27%. The next important is criterion *appearance* with a high evaluation 0,24 or 24%, then come criteria that are connected with the pastry product nutritional value – *dietary fibre content* (0,16 or 16%), *mineral content* (0,13 or 13%), and *vitamin content* (0,09 or 9%). The least important criterion turned out to be *recognition* (0,02 or 23%).

According to T. Saati theory coordination relation must be less than 10% or 0,10, but the extreme limit for it is up to 20%. Value of coordination relation of criteria comparison matrix at 2nd level is 0,15 (Table 7) or 15%, which falls in

permissible limit, so the evaluation correctness of criteria is considered to be correct and significant.

Coordination relations of all eight criteria in 3th level comparison matrixes are within the allowed limits from 0 to 13% that indicates the evaluation correctness of criteria and the high validity level of results.

The calculated results of global priorities show that the optimal alternative was considered to be the 2nd alternative or *pastry product with Jerusalem artichoke powder (PP with JAP)* because the global priority vector was 0,37 or 37% that was the highest evaluation in comparison with others. However, it should be noted that evaluation of the two other alternatives differed only slightly as the alternative *classical pastry product (PP classical)* had priority percentage 35, and alternative *pastry products with seeds (PP with seeds)* 28% (Table 8).

The global priorities calculated by hierarchy alternative analysis show that pastry products with Jerusalem artichoke powder might have a competitive capacity to compete with other pastry products of that type.

CONCLUSIONS

1. The advanced hypothesis is proved that by enriching pastry products with dried Jerusalem artichoke powder their sensory properties and physico-chemical parameters change resulting in a decrease of energy value of the product and increase of nutritional value.
2. Experimentally used dried Jerusalem artichoke powder, which was commercially produced, compared to the high quality wheat flour contains elevated amount of inulin ($58,90 \pm 1,76 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) and dietary fibre ($14,05 \pm 0,28 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), as well thiamine ($1,71 \pm 0,03 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), riboflavin ($0,37 \pm 0,03 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), magnesium ($70,0 \pm 1,4 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), potassium ($1890,0 \pm 37,8 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) phosphorus ($280,0 \pm 5,6 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), calcium ($120,0 \pm 2,4 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), and iron ($6,83 \pm 0,14 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$).
3. Replacing high quality wheat flour with dried Jerusalem artichoke powder and preparing the dough, time of dough kneading and dough weakening is prolonged significantly ($p < 0,05$), dough elasticity and dough resistance against mechanical action is reduced in comparison with wheat flour dough.
4. Addition of dried Jerusalem artichoke powder to pastry products influences significantly their colour, hardness, content of proteins, fats, dietary fibre, vitamins, and mineral ($p < 0,05$). If the wheat flour is replaced with Jerusalem artichoke powder more than 30%, then the quantity of the added Jerusalem artichoke powder inhibits significantly the development of yeasts cells and moulds number in cakes.

5. Consumers evaluated the liking degree of the experimental pastry products with dried Jerusalem artichoke powder form *like a little* to *like very much*. Respondents considered pastry products with 30% of Jerusalem artichoke powder supplement as the maximum amount of the replaced wheat flour with Jerusalem artichoke powder. The majority of respondents like the new pastry products with Jerusalem artichoke powder, and would willingly use them in the diet in future.
6. Replacing 30% of wheat flour with Jerusalem artichoke powder, content of inulin and other dietary fibre is in cakes 3,03 g and 5,51 g; in butter biscuits 3,55 g and 8,02 g; in honey biscuits 5,14 g and 10,07 g 100 g⁻¹, respectively. The determined monomers of dietary fibre in pastry product with Jerusalem artichoke powder are arabinose, xylose, glucose, galactose, mannose, rhamnose, and fucose.
7. Replacing high quality wheat flour with 30% of Jerusalem artichoke powder, energy value of cakes decreases by 5,9%, that of butter biscuits by 6,6%, and of honey biscuits by 7,2%. Increasing the content of dietary fibre, vitamins and mineral substances and decreasing the amount of fats in pastry products with Jerusalem artichoke powder, their nutritional value increases as compared with the control product.
8. Pastry products with Jerusalem artichoke powder costs rise by 1,5%–13,5% depending on the quantity of the added Jerusalem artichoke powder and the type of pastry product.
9. Hierarchy alternative analysis shows that pastry products with dried Jerusalem artichoke powder have the competitive capacity to compete in the market with other pastry products of the similar type.