



LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE
LATVIA UNIVERSITY OF AGRICULTURE

PĀRTIKAS TEHNOLOGIJAS FAKULTĀTE
FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY



Mārtiņš Šabovics
Mg. sc. ing.

**TRITIKĀLES MAIZES KVALITĀTES UN
GAISTOŠO VIELU IZVĒRTĒJUMS**

**THE EVALUATION OF TRITICALE BREAD
QUALITY AND ITS VOLATILE COMPOUNDS**

Promocijas darba kopsavilkums
inženierzinātņu doktora zinātniskā grāda iegūšanai
pārtikas zinātnes nozarē

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

Jelgava, 2014

Promocijas darba vadītāja /
Scientific supervisor:
Promocijas darba konsultante /
Scientific adviser:

Vad.pētniece, *Dr.sc.ing.* **Evita Straumīte**
Prof., *Dr.sc.ing.* **Ruta Galoburda**

Oficiālie recenzenti / *Official reviewers:*

Prof. *Dr.habil.sc.ing.* **Uldis Iljins** (Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Informācijas Tehnoloģiju fakultāte, Latvija / *Latvia University of Agriculture, Faculty of Information Technologies, Latvia*)

Asoc. prof., *Dr.chem.* **Ida Jākobsone** (Latvijas Universitāte, Ķīmijas fakultāte, Latvija / *Latvia University, Faculty of Chemistry, Latvia*)

Prof., *Dr.* **Elena Bartkienė** (Lietuvas Veselības zinātņu universitāte, Veterinārmedicīnas fakultāte, Lietuva / *Lithuanian University of Health Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Lithuania*)

Darba izstrāde un noformēšana veikta ar ESF projekta „Pārtikas nozares zinātniski pētnieciskās grupas izveide”, Nr. 2009/0232/IDP/1.1.1.2.0/09/APIA/VIAA/122, ESF projekta „Atbalsts LLU doktora studiju īstenošanai”, Nr. 2009/0180/IDP/1.1.2.1.2.0/09/IPIA/VIAA/017 un Valsts Pētījumu Programmas NatRes projekta Nr. 3. „Vietējo lauksaimniecības resursu ilgtspējīga izmantošana paaugstinātās uzturvērtības pārtikas produktu izstrādei (PĀRTIKA)” atbalstu.

Doctoral thesis has been worked out by financial support of ESF project „Formation of the Research Group in Food Science”, No. 2009/0232/IDP/1.1.1.2.0/09/APIA/VIAA/122, ESF grant „The support for implementation of LLU doctoral studie”, No. 2009/0180/IDP/1.1.2.1.2.0/09/IPIA/VIAA/017 and State Research Programme NatRes Project no. 3. „Sustainable use of local agricultural resources for development of high nutritive value food products (Food)“.



Promocijas darba aizstāvēšana notiks LLU Pārtikas zinātnes nozares promocijas padomes atklātajā sēdē 2014. gada 16. jūnijā plkst. 12⁰⁰ 145. auditorijā Pārtikas tehnoloģijas fakultātē, Lielā ielā 2, Jelgavā.

The defence of the thesis in open session of the Promotion Board of Food Science will be held on June 16th, 2014, at 12⁰⁰ a.m. in auditorium 145, at the Faculty of Food Technology of LLU, Liela street 2, Jelgava.

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

The thesis is available at the Fundamental Library of the Latvia University of Agriculture, Liela street 2, Jelgava LV-3001, and on internet: <http://llufb.llu.lv/llu-theses.htm>. References are welcome to send to Dr.sc.ing. I. Beītāne, the Secretary of the Promotion Board in sector of Food Science at LLU, Faculty of Food Technology, Liela street 2, Jelgava, LV-3001, Latvia or e-mail: ilze.beitane@llu.lv.

SATURS

PĒTĪJUMA AKTUALITĀTE.....	4
ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA.....	6
MATERIĀLI UN METODES.....	9
PĒTĪJUMA REZULTĀTI UN DISKUSIJA.....	14
1. Miltu un miltu maisījumu kvalitātes rādītāju izpēte	14
2. Kvalitātes un gaistošo vielu izpēte kviešu maizes gatavošanas tehnoloģiskajā procesā	17
3. Kvalitātes un gaistošo vielu izpēte tritikāles miltu maisījuma maizes gatavošanas tehnoloģiskajā procesā	21
4. Kvalitātes un gaistošo vielu izpēte tritikāles miltu maisījuma maizes ar ieraugu gatavošanas tehnoloģiskajā procesā.....	30
5. Kopsavilkums par gaistošo savienojumu dinamiku maizes gatavošanas tehnoloģiskajā procesā.....	32
SECINĀJUMI UN PRIEKŠLIKUMI	37

CONTENT

TOPICALITY OF THE RESEARCH	38
APPROBATION OF THE RESEARCH	40
MATERIALS AND METHODS	40
THE RESULTS AND DISCUSSION	42
1. The analyses of quality indices of flour and flour blend.....	42
2. The analyses of quality and volatile compounds in the technological processes of wheat bread production.....	44
3. The analyses of quality and volatile compounds in the technological processes of triticale flour blend bread production	46
4. The analysis of quality and volatile compounds in the technological processes of triticale flour blend bread with sourdough	49
5. Summary about the dynamics of volatile compounds in the technological process of bread production	52
CONCLUSIONS AND PROPOSALS	55

PĒTĪJUMA AKTUALITĀTE

Graudaugu produktiem ir liela nozīme patēriņā ikdienas uzturā. Kvieši, kukurūza un rīsi ir līderi visā pasaule (Bushuk, 2001). Plašāk sāk izmantot arī tādus graudaugus, kā tritikāli, kailgraudu miežus, jo zināms, ka tritikāle ir bagātīgs šķiedrvielu un olbaltumvielu avots, mieži – šķiedrvielu, it īpaši β -glikāna avots. Rīsu miltus dažādu produktu ražošanai izmanto Ķīnā, Japānā, Indijā, Taizemē, bet kukurūzas miltus vairāk – ASV. Latvijā, maizes ražošanai minimāli tiek izmantota tritikāle, mieži, rīsi, kukurūza. Tāpēc nepieciešams meklēt risinājumus Latvijā izaudzēto tritikāles un kailgraudu miežu izmantošanai, palielinot dažādu graudaugu izmantošanu miltu izstrādājumu ražošanā, tādejādi dažādojot sortimentu un palielinot izstrādājumu uzturvērtību. Maizē ir aptuveni 45–55% oglhidrātu, 6–10% olbaltumvielu un 1–2% tauku, lai gan to saturs ir atkarīgs no izmantojamā grauda veida. Uzturā vērtīgāka ir maize no rupja maluma miltiem, jo tā ir ne tikai enerģijas avots, bet arī bagātīgi satur šķiedrvielas, minerālvielas un B grupas vitamīnus, tāpēc arī patēriņāji daudz plašāk uzturā sāk izmantot pilngraudu miltu izstrādājumus (Poutanen, 1999; Poutanen and Liukkonen, 2000; Mälkki and Virtanen, 2001; Calvel et al., 2001).

Tritikāle, kailgraudu mieži, rīsi un kukurūza pieder pie graudu kultūrām, kas nav maizes labība, kopīgs šiem graudaugiem ir tas, ka to olbaltumvielas neveido lipekli. Līdz ar to šie graudaugi veido blīvu, smagu, lipīgu un grūti apstrādājamu mīklu, kurai pēc maizes izcepšanas ir mazs apjoms, sauss un drupans mīkstums (Calvel et al., 2001). Tāpēc, lai šos graudaugus varētu izmantot maizes ražošanā, ir nepieciešams pētīt miltu reoloģiskās īpašības, un izvērtēt, kā tās uzlabot. Miltu reoloģisko īpašību izpētē, parasti tiek vērtēta miltu ūdens absorbcijas spēja, mīklas veidošanās laiks un mīklas stabilitāte, izmantojot dažāda veida iekārtas (Catterall and Cauvain, 2007; Dapčevic-Hadnadev et al., 2011).

Patēriņājiem novērtējot maizes kvalitāti, svarīgs ir tās ārējais izskats, apjoms, krāsa, garša un smarža. Attīstoties analītisko pētījumu iespējām, pēdējos gados konstatēts, ka maizes izstrādājumos ir aptuveni 500 aromātu veidojošie savienojumi (spirti, aldehīdi, ketoni, esteri, pirazīni, piroli u.c.). Maizes aromāta komponenti veidojas miltu pārstrādes laikā, lai gan 90% no visām maizes aromātvielām rodas tieši temperatūras iedarbības ietekmē cepšanas procesa laikā (Hansen and Schieberle, 2005). Gaistošo vielu noteikšanai izmanto dažāda veida iekārtas un metodes, taču viena no plašāk pielietojamām ir cietās fāzes mikroekstrakcijas metode tandemā ar gāzu hromotogrāfu un masas spektrometru (Ruiz et al., 2003; Poinot et al., 2008; Vernocchi et al., 2008; Jensen et al., 2011).

Miltu kvalitatīvie rādītāji un gaistošo vielu kvalitatīvais un kvantitatīvais sastāvs var mainīties tehnoloģiskajos procesos, tāpēc nepieciešams izvērtēt mīklas izmaiņas mīcīšanā, raudzēšanā un cepšanā. Pasaulei, zinātniskā literatūra apraksta kvalitatēs un gaistošo vielu sastāva pētījumus attiecībā uz kviešu un rudzu maizi, bet nav šādu pētījumu par tritikāli un tritikāles maizi. Tāpēc ir nepieciešams veikt pētījumus par tritikāles izmantojamību maizes ražošanā, kā arī izpētīt tās kvalitatīvo īpašību un gaistošo vielu profila izmaiņas maizes gatavošanas tehnoloģiskajā procesā.

Promocijas darba hipotēze: izmantojot tritikāles miltus maizes gatavošanā, var iegūt labas kvalitātes un aromātisku produktu.

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

1. miltu veids un miltu attiecības tritikāles miltu maisījumā ietekmē tā reoloģiskās īpašības un ķīmisko sastāvu;
2. miltu gaistošo vielu kvalitatīvo un kvantitatīvo sastāvu veido spirti, karbonskābes, aldehīdi, terpēni un alkāni;
3. kviešu mīklas un maizes gaistošo vielu kvalitatīvais un kvantitatīvais sastāvs mainās tehnoloģiskā procesā;
4. tritikāles miltu maisījuma mīklas gatavošanā būtiska loma ir temperatūrai un laikam;
5. tritikāles maisījuma maizes gatavošanas tehnoloģiskā procesa parametru modifikācija ietekmē gaistošo vielu kvalitatīvo un kvantitatīvo sastāvu;
6. ieraugs būtiski ietekmē tritikāles maisījuma maizes kvalitāti un gaistošo vielu kvalitatīvo un kvantitatīvo sastāvu.

Promocijas darba objekts: tritikāles miltu maisījums un no tā gatavota maize.

Promocijas darba mērķis: pētīt tritikāles miltu izmantošanas iespējas un gaistošo vielu kvalitatīvā un kvantitatīvā sastāva izmaiņas maizes gatavošanā.

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

1. izvērtēt reoloģiskās īpašības, fizikāli-ķīmiskos rādītājus un gaistošo vielu sastāvu tritikāles, rudzu, kailgraudu miežu, rīsu un kukurūzas miltiem;
2. noteikt optimālo miltu attiecību tritikāles miltu maisījumā pēc reoloģisko īpašību izpētes;
3. analizēt gaistošo vielu kvalitatīvo un kvantitatīvo sastāvu kviešu maizes gatavošanā;
4. izvērtēt, kā tehnoloģiskā procesa parametri ietekmē tritikāles miltu maisījuma mīklas un maizes kvalitāti;
5. analizēt gaistošo vielu kvalitatīvā un kvantitatīvā sastāva izmaiņas tritikāles miltu maisījuma maizes gatavošanā;
6. analizēt ieraugu ietekmi uz gaistošo vielu kvalitatīvo un kvantitatīvo sastāvu tritikāles miltu maisījuma maizes ar ieraugu gatavošanā.

Promocijas darba **novitāte un zinātniskais nozīmīgums**.

1. Izstrādāts miltu maisījums, kura sastāvā ir pilngraudu tritikāle, kailgraudu mieži un rudzi, rīsi un kukurūza.
2. Izpētītas tritikāles miltu maisījumu mīklas un maizes īpašību izmaiņas gatavošanas tehnoloģiskajā procesā.
3. Izpētītas aromātu veidojošo vielu kvalitatīvās un kvantitatīvās izmaiņas tritikāles miltu maisījuma maizes gatavošanas tehnoloģiskajā procesā.

Promocijas darba **tautsaimnieciskā nozīme** – rasti risinājumi Latvijā izaudzēto tritikāles un kailgraudu miežu izmantošanai jaunu šķiedrvielām bagātu produktu ražošanā.

ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA

Pētījumu rezultāti apkopoti un publicēti monogrāfiju nodaļas un apakšnodaļas, recenzējamos zinātniskos izdevumos, no kuriem 3 indeksēti starptautiski citējamās datu bāzes – *SCOPUS* un *EBSCO*.

Monogrāfiju nodaļas un apakšnodaļas / The chapters and sub-chapters of the monograph – 4

1. Šabovics M., Kļava D., Radenkovs V. (2012) *Šķiedrvielas graudos*. No: Straumīte E. Bioloģiski aktīvās vielas pārtikas produktos. Jelgava: Latvijas Lauksaimniecības universitāte, 160.–161. lpp.
2. Šabovics M. (2012) *Šķiedrvielas miltos*. No: Straumīte E. Bioloģiski aktīvās vielas pārtikas produktos. Jelgava: Latvijas Lauksaimniecības universitāte, 166.–167. lpp.
3. Šabovics M., Krūma Z. (2012) *Gaistošo savienojumu ķīmiskā uzbūve un iedalījums*. No: Straumīte E. Bioloģiski aktīvās vielas pārtikas produktos. Jelgava: Latvijas Lauksaimniecības universitāte, 248.–251. lpp.
4. Šabovics M. (2012) *Gaistošo savienojumu izmaiņas maizes ražošanas procesā*. No: Straumīte E. Bioloģiski aktīvās vielas pārtikas produktos. Jelgava: Latvijas Lauksaimniecības universitāte, 260.–266. lpp.

Publikācijas / Publications – 9

1. **Sabovics M.**, Straumite E., Galoburda R. (2014) The influence of baking temperature on the quality of triticale bread. In: *Conference Proceedings of 9th Baltic Conference on Food Science and Technology „Food for Consumer Well-Being“ FOODBALT-2014*, Jelgava, p. 228–233.
2. **Sabovics M.**, Ruse K., Straumite E., Galoburda R. (2013) Evaluation of the triticale flour blend dough in the mixing and fermentation processes. *International Journal of Agricultural, Biosystems Science and Engineering*, Vol. 7, No. 9, pp. 309–315.
3. **Sabovics M.**, Straumite E., Ruse K., Galoburda R. (2013) Volatile compounds evaluation of triticale (*Triticosecale wittmack*) flour blend dough in fermentation process. In: *Proceedings of FaBE2013 (Food and Biosystems Engineering) International Conference*, Volume II, Skiathos Island, Greece, p. 23–32.
4. **Sabovics M.**, Straumite E., Galoburda R., Kantike I. (2013) Attitude of Latvian consumers towards new products made from triticale and other flour blend. *Chemine Technologija (Journal of Chemical Technology)*, Nr.1 (63), p. 49–54.
5. **Sabovics M.**, Straumite E. (2012) Rheological properties of triticale (*Triticosecale Wittmack*) flour blends dough. In: *Proceedings of the Research for Rural Development 2012*, Jelgava, Latvia, p. 143–148 (SCOPUS, EBSCO).
6. **Sabovics M.**, Straumite E., Galoburda R. (2012) Detection of volatile compounds in dough during mixing. In: *Proceedings of the 6th Central European Congress on Food*, p. 650–655.
7. **Sabovics M.**, Straumite E. (2011) Assessment of the rheological properties of flour using the Mixolab. In: *Conference Proceedings of 6th Baltic Conference*

on Food Science and Technology „Innovations for Foods and Production” FOODBALT-2011, Jelgava, p. 33–38 (SCOPUS).

8. **Sabovics M.**, Straumite E., Galoburda R. (2011) Detection of volatile compounds during yeast fermentation. In: *Proceedings of the Research for Rural Development 2011*, Jelgava, Latvia, p. 93–99 (SCOPUS, EBSCO).
9. **Sabovics M.**, Straumite E., Galoburda R., Kronberga A. (2010) Analysis of Volatile Compounds in Flour Blend from Non-traditional Cereals in Latvia. In: *Proceedings of International conference on Food Innovation “FoodInnova 2010”*, 4 p. [Electronic resource]. – 1 CD.

Citas publikācijas / Others publications – 1

1. **Šabovics M.** Netradicionālie graudaugi maizes ražošanā. *Saimnieks*, 2013.gada janvāris, 48–49 lpp.

Par rezultātiem ziņots 12 starptautiskās zinātniskās konferencēs un kongresos Grieķijā, Itālijā, Krievijā, Latvijā, Lietuvā, Serbijā, Spānijā un Vācijā, kā arī trīs izstādēs – starptautiskajā Euroscience Open Forum (ESOF) izstādē, Dublinā un starptautiskajās izstādēs „Riga Food 2010, 2011”.

1. **Sabovics M.**, Straumite E., Galoburda R. The influence of baking temperature on the quality of triticale bread. *9th Baltic Conference on Food Science and Technology „Food for Consumer Well-Being” FOODBALT-2014*, 8–9 May 2014, Jelgava, Latvia. (stenda referāts / poster presentation)
2. **Sabovics M.**, Ruse K., Straumite E., Galoburda R. (2013) Evaluation of the triticale flour blend dough in the mixing and fermentation processes. *International Conference of World Academy of Science, Engineering and Technology, WASET-2013*, 26–27 September, 2013, Rome, Italy. (mutiskais referāts / oral presentation).
3. **Sabovics M.**, Straumite E., Ruse K., Galoburda R. Volatile compounds evaluation of triticale (*Triticosecale wittmack*) flour blend dough in fermentation process. *International Conference on Food and Biosystem Engineering 2013, „FaBE2013”*, 30 May–2 June, 2013, Skiathos Island, Greece. (mutiskais referāts / oral presentation).
4. **Sabovics M.**, Straumite E., Galoburda R. Rheological properties of triticale (*Triticosecale wittmack*) flour blends dough. *18th International scientific conference Research for Rural Development*, 16–19 May, 2012, Jelgava, Latvia. (mutiskais referāts / oral presentation).
5. **Sabovics M.**, Straumite E., Galoburda R. Attitude of Latvian consumers towards new products made from triticale and other flour blend. *7th Baltic conference on Food Science and Technology FOODBALT-2012*, 17–18 May, 2012, Kaunas, Lithuania. (mutiskais referāts / oral presentation).
6. **Sabovics M.**, Straumite E., Galoburda R. Detection of volatile compounds in dough during mixing. *6th Central European Congress on Food*, 23–26 May, 2012, Novi Sad, Serbia. (stenda referāts / poster presentation).
7. **Sabovics M.** Flour blend from non-traditional cereals can be used for bread and pastry production. *Euroscience Open Forum „ESOF 2012”*, 11–15 July, 2012, Ireland, Dublin. (mutiskais referāts / oral presentation).

8. **Sabovics M.**, Straumite E., Galoburda R. Development of volatile compound in wheat dough. *C&E Spring Meeting Texture, Flavour and Taste*, 11–13 April, 2011, Freising-Weihenstephan, Germany. (mutiskais referāts / oral presentation).
9. **Sabovics M.**, Straumite E., Galoburda R. Assesment of the rheological properties of flour using the Mixolab. *6th Baltic Conference on Food Science and Technology „Innovations for Foods and Production” FOODBALT-2011*, 5–6 May 2011 Jelgava, Latvia. (stenda referāts / poster presentation).
10. **Sabovics M.**, Straumite E., Galoburda R. Detection of volatile compounds during yeast fermentation. *Annual 17th International scientific conference research for rural development 2011*, 18–20 May 2011, Jelgava, Latvia. (mutiskais referāts / oral presentation).
11. Skudra I., **Šabovics M.**, Dabiņa-Bicka I., Ozola L., Kozlinskis E., Kunkulberga D., Straumīte E., Kerčs G., Dimiņš F., Klava D., Kantīke I. Jaunākie pētījumi par graudiem un to pārstrādes produktiem. *16. Starptautiskā izstāde „Riga Food 2011”*, 2011.gada 9. septembris, Latvija, Rīga. (mutiskais referāts / oral presentation).
12. Straumite E., **Sabovics M.**, Gramatina I., Galoburda R., Kronberga A. Flours blend from non-traditional cereals in Latvia. *Final HEALTHGRAIN conference*, 5–7 May 2010, Lund, Sweden. (stenda referāts / poster presentation).
13. **Šabovics M.**, Straumīte E., Grāmatiņa I., Galoburda R., Sarvi S. Graudaugu izmantošana inovatīvu miltu izstrādājumu ražošanā. *15. Starptautiskā izstāde „Riga Food 2010” kopējais LLU stends „Inovācija Pārtikai”*, 2010. gada 11. septembris, Latvija, Rīga. (stenda referāts / poster presentation).
14. Skudra I., **Šabovics M.**, Dabiņa-Bicka I., Ozola L., Gedrovica I., Ozoliņa V., Kozlinskis E., Kunkulberga D., Straumīte E., Kerčs G. Graudi un to pārstrādes produkti inovatīvu produktu izstrādē. *15. Starptautiskā izstāde „Riga Food 2010”*, 2010. gada 10. septembris, Latvija, Rīga. (mutiskais referāts / oral presentation).
15. Kantīke I., **Sabovics M.**, Straumite E. Consumer satisfaction ratings for confectionery goods. *1st Hygienic engineering and design conference for food factories-EHEDG Russia*, 4–5 October 2010, Saint Petersburg, Russia. (stenda referāts / poster presentation).
16. **Sabovics M.**, Straumite E., Galoburda R., Kronberga A. Analysis of volatile compounds in flour blend from non-traditional cereals in Latvia. *International Conference of Food Innovation – FoodInnova2010*, 25–29 October 2010, Valencia, Spain. (stenda referāts / poster presentation).

MATERIĀLI UN METODES

Pētījuma laiks un vieta

Eksperimenti veikti laika posmā no 2010. līdz 2014. gadam.

Pētījumi veikti:

- Latvijas Lauksaimniecības universitātes, Pārtikas tehnoloģijas fakultātes, Pārtikas tehnoloģijas katedras:
 - ✓ Iepakojuma materiālu īpašību izpētes laboratorijā (cietība, krāsa, gaistošo savienojumu sastāvs);
 - ✓ Prof. P. Delles pārtikas produktu laboratorijā (miltu reoloģiskās īpašības, šķiedrvielu, olbaltumvielu saturs);
 - ✓ Maizes tehnoloģijas laboratorijā (mitrums, pH, skābums, kontrolcepieni);
- Pārtikas drošības, dzīvnieku veselības un vides zinātniskā institūta „BIOR” laboratorijās (mikotoksīni miltos – T2 toksīns, deoksinivalenols, zearalenons).

Pētījumā izmantoti materiāli

Pētījumos izmantoti tritikāles (šķirne ‘Inarta’), rudzu (šķirne ‘Kaupo’) un kailgraudu miežu (šķirne ‘Irbe’) graudi, kas selekcionēti Valsts Priekuļu laukaugu selekcijas institūtā. Rīsu un kukurūzas milti iegādāti Lietuvā SIA „Ustukiu Malunas”, bet kviešu milti (405. tips) iegādāti AS „Dobeles dzirnavnieks.” Maizes gatavošanā izmantotās izejvielas: 405. tipa kviešu milti, tritikāles miltu maisījums, dzeramais ūdens, sausais raugs, sāls, cukurs, 2-pakāpu ieraugs, *Sapore Fidelio* ieraugs.

Pētījumā izmantoto miltu maisījumu raksturojums dots 1. tabulā.

1. tabula / Table 1

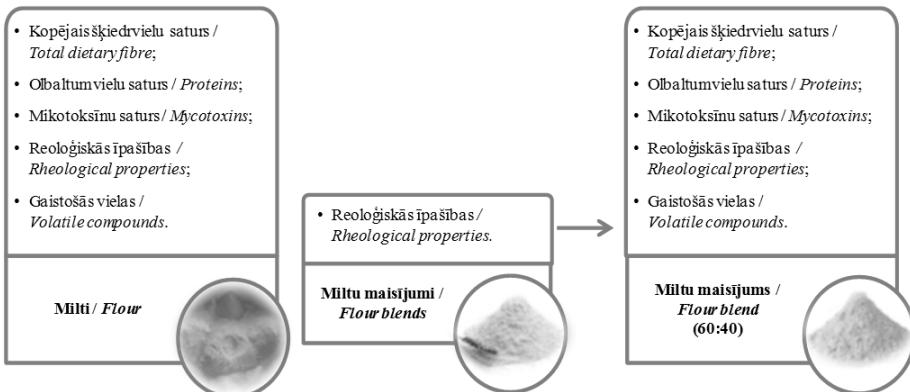
Miltu attiecības 100 gramos miltu maisījuma / Flour ratio in 100 grams of flour blend

Miltu veidi / Types of flour	Miltu maisījumi / Flour blends			
	A	B	C	D
Pilngraudu tritikāles milti / <i>Whole grain triticale flour</i>	90.00	80.00	70.00	60.00
Pilngraudu rudzu milti / <i>Whole grain rye flour</i>	3.75	7.50	11.25	15.00
Pilngraudu kailgraudu miežu milti / <i>Whole grain hull-less barley flour</i>	3.75	7.50	11.25	15.00
Rīsu milti / <i>Rice flour</i>	1.25	2.50	3.75	5.00
Kukurūzas milti / <i>Maize flour</i>	1.25	2.50	3.75	5.00
Tritikāles un citu miltu attiecības / <i>Ratio of triticale to other flour, %</i>	90 : 10	80 : 20	70 : 30	60 : 40

Tritikāles, rudzu un kailgraudu miežu graudi mali, izmantojot „Hawos” graudu malšanas dzirnavas (Hawos Kornmühlen GmbH, Vācija), iegūstot pilngraudu miltus.

Pētījuma struktūra

Pētījumā izmantotajiem miltiem un miltu maisījumiem noteikts - kopējo šķiedrvielu, olbaltumvielu saturs, reoloģiskās īpašības un gaistošo vielu kvalitatīvais un kvantitatīvais sastāvs (1. att.).



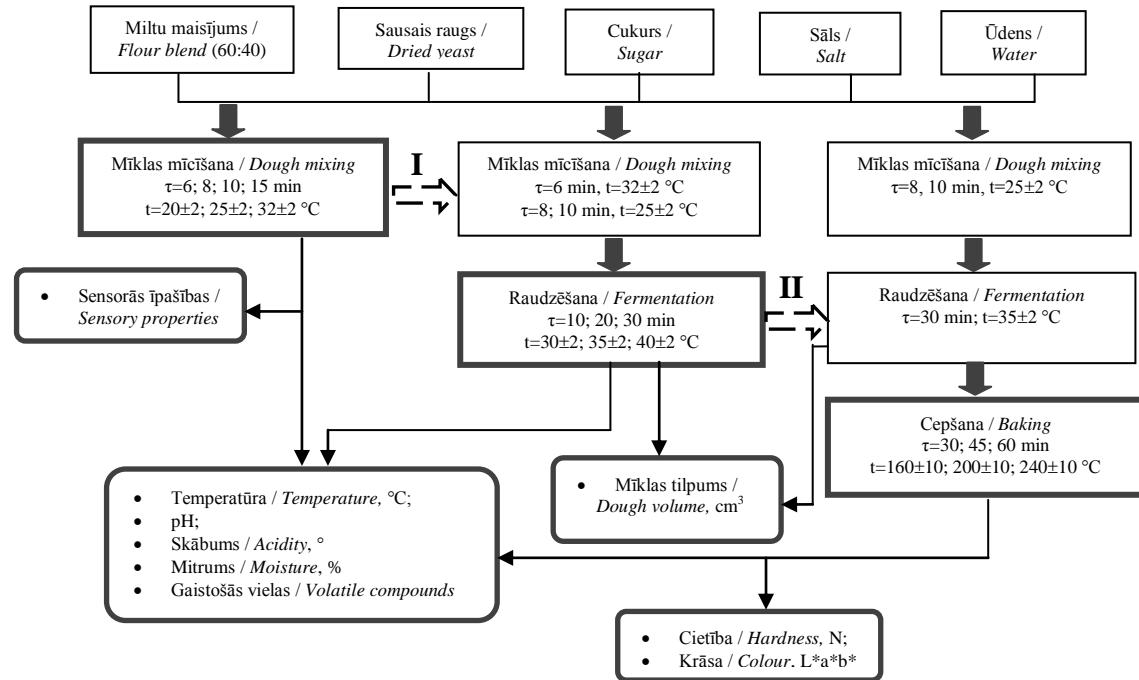
1. att. Miltu un miltu maisījumu izpētes vispārīgā shēma /

Fig. 1. General research scheme of flour and flour blends

Miltu maisījuma (60:40) mīklas mīcīšanas, raudzēšanas un cepšanas izpētes shēma un veiktās analīzes parādītas 2. attēlā. Mīcīšanai izvēlēti četri mīcīšanas laiki (6, 8, 10 un 15 min) un trīs mīklas temperatūras (20 ± 2 , 25 ± 2 un 32 ± 2 °C). Pēc mīklas samīcīšanas novērtētas tās sensorās īpašības (konsistence, staipīgums un lipīgums) un veiktas analīzes atbilstoši 2. attēlā dotajai shēmai. Sensoro novērtēšanu veica ekspertu grupa – pieci apmācīti vērtētāji.

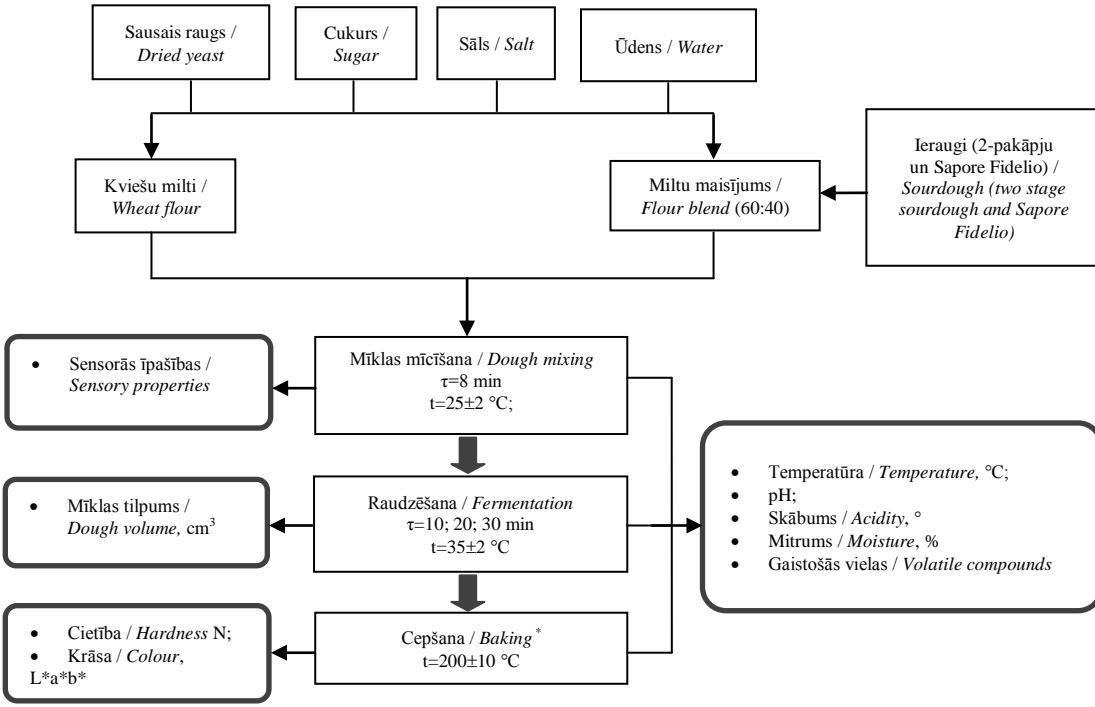
Pēc sensorās novērtēšanas raudzēšanai izvēlēti trīs paraugi, kuriem mīcīšanas laiks ir 6 min, mīklas temperatūra 32 ± 2 °C, 8 un 10 min, mīklas temperatūra 25 ± 2 °C. Raudzēšanai izvēlēti trīs raudzēšanas laiki (10, 20 un 30 min) un trīs raudzēšanas temperatūras (30 ± 2 , 35 ± 2 un 40 ± 2 °C).

Eksperimentiem, kas saistīti ar cepšanu, izvēlēti šādi mīcīšanas apstākļi – 8 un 10 min, mīklas temperatūra 25 ± 2 °C un raudzēšanas temperatūra 35 ± 2 °C. Cepšanai izvēlēti trīs cepšanas laiki (30, 45 un 60 min) un trīs cepšanas temperatūras (160 ± 10 , 200 ± 10 un 240 ± 10 °C).



I - Pēc sensorās novērtēšanas raudzēšanai izvēlēti trīs paraugi, kuriem mīcīšanas laiks ir 6 min, mīklas temperatūra $32\pm2 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 8 un 10 min, mīklas temperatūra $25\pm2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ /
After sensory evaluation, for fermentation process there were selected three samples with mixing time 6 min, dough temperature $32\pm2 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 8 and 10 min, dough temperature $25\pm2 \text{ }^{\circ}\text{C}$.
II – Cepšanas procesam izvēlēti divi paraugi, kuriem mīcīšanas laiks 8 un 10 min, mīklas temperatūra $25\pm2 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Raudzēšanas temperatūra $35\pm2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ /
For baking process there were selected two samples with mixing time 8 and 10 min, dough teperature $25\pm2 \text{ }^{\circ}\text{C}$, fermentation temperature $35\pm2 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

**2. att. Pētījuma struktūra tritikāles miltu maišjuma maizes gatavošanai /
 Fig. 2. Research structure of the triticale flour blend for bread making**



* $\tau = 25 \text{ min} - \text{Kviešu maize / Wheat bread}; \tau = 45 \text{ min} - \text{Tritikāles maize / Triticale bread}$

3. att. Pētījuma struktūra kviešu miltu un tritikāles miltu maijuma ar ieraugu maizes gatavošanai / Fig. 3. Research structure of the wheat flour and triticale flour blend with sourdough for bread making

Kvalitātes parametru noteikšanas metodes

Promocijas darbā kvalitātes, fizikāli-ķīmisko rādītāju, gaistošo vielu sastāva noteikšanas metodes apkopotas 2. tabulā.

2. tabula / Table 2

Pētījumā paraugu analīzēm izmantotie standarti un analīžu metodes / Standards and analytical methods for analysis of the research samples

Nr. / No.	Nosakāmie rādītāji / Determined indicators	Standarti un metodes / Standards and methods
1.	Kopējās diētiskās šķiedrvielas ^a / Total dietary fibre, g 100 g ⁻¹	AOAC 994.13 (Upsalas metode / Uppsala method)
2.	Krāsa ^b / Colour	CIE L* a* b* sistēmā / in the system of CIE L* a* b*
3.	Mitrums ^b / Moisture, %	LVS EN ISO 712:2010 A
4.	pH ^b	LVS ISO 1132:2001
5.	Skābums ^b / Acidity, °	AACC Method no. 02-31.01
6.	Olbaltumvielas ^a / Proteins, g 100 g ⁻¹	Kjeldāla metode / Kjeldahl method, AACC Method no. 46-20; LVS EN ISO 5983-1:2005
7.	Mikotoksīni ^a / Mycotoxins	NDC-T-012-057-2007
8.	Krišanas skaitlis ^a / Falling Number, s	LVS 274:2000
9.	Reoloģiskās īpašības ar Brabender farinogrāfu ^a / Rheological properties with Brabender faninograph	ICC-Standard no. 115/1; AACC Method no. 54-21; ISO 5530-1.
10.	Reoloģiskās īpašības ar Mixolab ^a / Rheological properties in Mixolab	ICC 173
11.	Cietība ^b / Hardness, N	AACC Method no. 74-09.01
12.	Gaistošo vielu noteikšana mīcīšanas un raudzēšanas procesā ^a / Detection of volatile compounds in mixing and fermentation process	Hromatogrāfijas metode / Chromatographic method (Sabovics et al., 2013)
13.	Sensorās īpašības ^a / Sensory properties	Raksturojošās metodes / Characteristic methods (Sabovics et al., 2013)

^a – atkārtojumu skaits (n=5) / the number of repetitions (n=5)

^b – atkārtojumu skaits (n=10) / the number of repetitions (n=10)

Paraugu apzīmējumi pētījumā

Pētīto paraugu datu interpretācijai paraugi ir šifrēti. Paraugu šifrs satur burtus un ciparus, kuri raksturo noteiktu procesu un parametru rādītājus.

Piemēram:

- M8-T25 – samīcītas mīklas paraugs, kur M8 ir mīcīšanas laiks 8 min, bet T25 – mīklas temperatūra 25 °C;

- M8-R10-T35 – raudzētas mīklas paraugs, kur M8 – mīkla mīcīta 8 min, R10 – raudzēta 10 min, T35 –raudzēšanas temperatūra 35 °C. Raudzēšanā, mīklas temperatūra ir tā pati, kāda ir attiecīgajam mīklas paraugam; M8-C45-T200 – maizes paraugs, kas mīcīts 8 min (M8), C45 – cepts 45 min, T200 – temperatūra krāsnī. Maizes paraugam sagatavotās mīklas temperatūra attiecīgi ir 25 °C, raudzēšanas laiks 30 min, raudzēšanas temperatūra 35 °C.

Paraugu apzīmēšanai lietotie burti KV, TSK un SF raksturo:

- KV – kviešu mīkla un maize;
- TSK – mīkla un maize ar 2-pakāpu ieraugu;
- SF – mīkla un maize ar *Sapore Fidelio* ieraugu.

Rezultātu matemātiskā apstrāde

Iegūto datu apstrāde veikta ar matemātiskās statistikas metodēm. Darbā attēli un tabulas izveidotas un aprēķini veikti MS Excel programmā un principālā komponentu analīze (PCA) veikta, izmantojot MultiBase2014 statistikas programmu. Izvairītās hipotēzes pārbaudītas ar p-vērtību (kuras faktori novērtēti kā būtiski, ja $p\text{-vērtība} < \alpha_{0,05}$) un Fišera kritēriju. Rezultātu interpretācijai pieņemts, ka $\alpha = 0,05$ ar 95% ticamību, ja nav norādīts citādi. Pēc nepieciešamības datu apstrādē ar divfaktoru dispersijas analīzi (ANOVA) izvērtē divu dažādu faktoru mijiedarbības ietekmi.

Visiem iegūtajiem rezultātiem aprēķināti šādi rādītāji: vidējais aritmētiskais un standartnovirze.

PĒTĪJUMA REZULTĀTI UN DISKUSIJA

1. Miltu un miltu maisījumu kvalitātes rādītāju izpēte

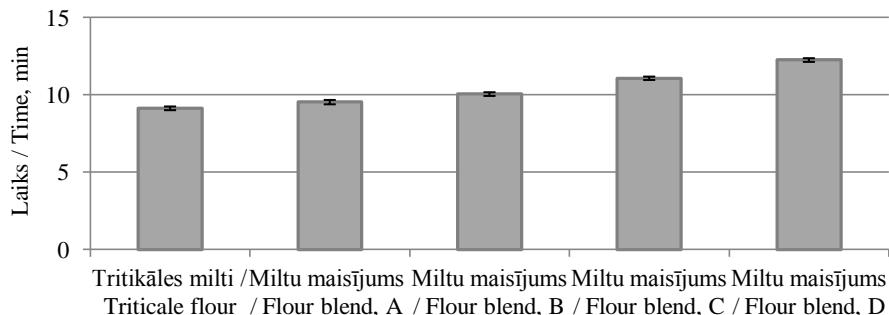
Reoloģisko īpašību izpēte

Reoloģisko īpašību izpētei izmantoti kviešu, pilngraudu tritikāles, pilngraudu kailgraudu miežu, pilngraudu rudzu, kukurūzas, rīsu milti un četru miltu maisījumi, kuros tritikāles un pārējo miltu maisījuma attiecības ir 90 (tritikāle):10 (pārējo miltu maisījums); 80:20; 70:30 un 60:40. Lai iegūtu viendabīgu kviešu mīklas konsistenci, kviešu miltiem nepieciešamas $2,40 \pm 0,07$ min, tritikāles miltiem $5,95 \pm 0,08$ min, bet tritikāles miltu maisījumam ar attiecību 60:40 mīklas iemīcīšanai jāpatēri $4,74 \pm 0,07$ min. Tritikāles miltu maisījuma mīklas veidošanās laiku būtiski ieteikmē ($p=0,02$) tritikāles un citu miltu proporcijas maisījumā. Samazinot tritikāles miltu daudzumu maisījumā, mīklas veidošanās laiks samazinās, rezultātā ražošanas apstākļos būs nepieciešams īsāks laiks mīklas samīcīšanai.

Labas kvalitātes mīklas stabilitātei jābūt robežās no 4 līdz 12 min (Koppel and Ingver, 2010; Moreira et al., 2011). Kviešu mīklas veidošanās laikā lipeklis veido elastīgas konsistences mīklu, tāpēc kviešu miltiem konstatēts ilgākais mīklas stabilitātes laiks, kas farinogrāfā ir $9,24 \pm 0,04$, bet Mixolab – $10,21 \pm 0,07$ min. Tritikāles miltu mīklas stabilitātes laiks ir no $3,66 \pm 0,12$ (farinogrāfs) līdz $3,89 \pm 0,09$ (Mixolab) min, kas parāda tritikāles miltu nespēju nodrošināt labas kvalitātes mīklu. Turpretī, tritikāles miltu maisījums (60:40) ļauj izveidot labas kvalitātes mīklu, jo

mīkla stabilitāte ir virs 7 min. Tritikāles miltu maisījuma mīkla stabilitāti būtiski uzlabo ($p=0,03$) citu miltu daudzuma palielināšana miltu maisījumā.

Salīdzinot tritikāles miltu un tritikāles miltu maisījumu mīkla noturību mīcīšanas laikā, var secināt, ka to būtiski ietekmē ($p=0,02$) pievienotais citu miltu daudzums – palielinoties citu miltu proporcijai, palielinās mīkla noturības laiks (4. att.).



4. att. Tritikāles miltu un tritikāles miltu maisījumu mīkla noturības laiks mīcīšanā /

Fig. 4. Dough time to breakdown of triticale and triticale flour blends in the mixing

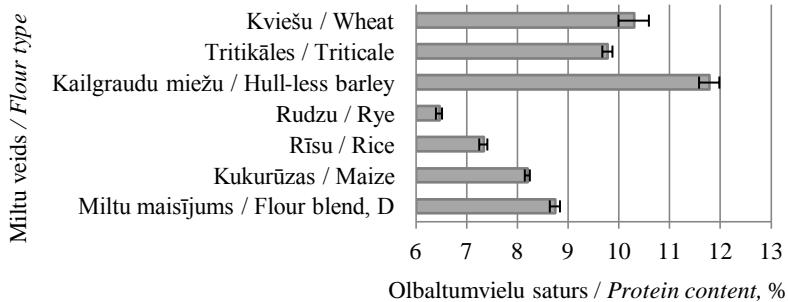
Mīkla noturības laiks mīcīšanas laikā tritikāles miltu maisījumam D (60:40) palielinājās par 2,72 min (A – 9,53 min, D – 12,25 min), nodrošinot labākas mīkla īpašības – mīkla ir noturīgāka salīdzinājumā ar pārējiem pētītajiem miltu maisījumiem. Līdz ar to var secināt, ka tritikāles miltu maisījumā palielinoties citu miltu daudzumam, palielinās mīkla stabilitāte un noturība mīcīšanas laikā, bet samazinās mīkla veidošanās laiks. Mīkla veidošanās laika samazināšanās ir pozitīvs aspeks maizes ražotājiem, jo nepieciešams īsāks laiks mīkla samīcīšanai.

Rudzu maizes gatavošanai par optimālu krišanas skaitli miltiem uzskata 160–180 s, kviešu – 220 līdz 260 s (Henry and Kettlewell, 1996; Hruškova et al., 2004). Pētījumā kviešu miltiem noteiktais krišanas skaitlis ir $230,50 \pm 1,41$ s, kas saskaņā ar literatūras datiem ir optimāls. Zems krišanas skaitlis konstatēts tritikāles miltiem – $67,50 \pm 0,71$ s, kas liecina par lielu α -amilāzes aktivitāti miltos. Līdz ar to var prognozēt, ka maizes mīkstums būs jēls, lipīgs, it kā neizcepies. Tritikāles miltiem pievienojot kailgraudu miežu, rudzu, rīsu un kukurūzas miltus, visiem analizētajiem miltu maisījumu paraugiem krišanas skaitlis palielinājās (A – $75,00 \pm 1,41$ s līdz D – $183,50 \pm 2,12$ s). Krišanas skaitlis būtiski palielinās ($p=0,015$), samazinoties tritikāles miltu daudzumam maisījumā.

Izvērtējot iegūtos reologisko īpašību rādītājus un krišanas skaitli, turpmākajiem pētījumiem izmantots tritikāles miltu maisījums (D), kurā 60% ir pilngraudu tritikāles milti un 40% pārējo miltu (pilngraudu kailgraudu miežu, pilngraudu rudzu, kukurūzas un rīsu) maisījums.

Olbaltumvielu, šķiedrvielu un mikotoksīnu izpēte

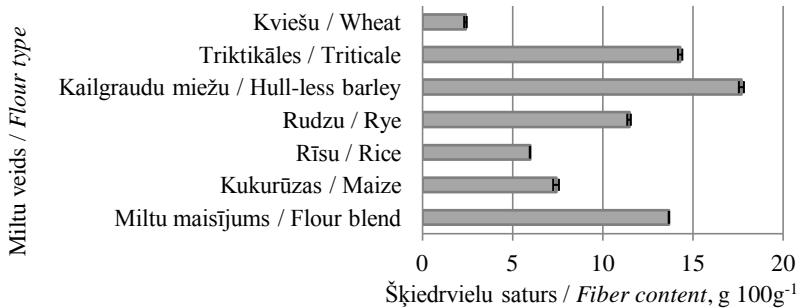
Vērtējot olbaltumvielu saturu (5. att.), augstākais to saturs noteikts kailgraudu miežu miltos – $11,79 \pm 0,2\%$., 405. tipa kviešu miltos – $10,3 \pm 0,3\%$ un tritikāles – $9,78 \pm 0,1\%$.



5. att. Olbaltumvielu saturs miltu paraugos /

Fig. 5. Protein content in the flour sample

Vismazākais olbaltumvielu saturs konstatēts rudzu miltos ($6,46 \pm 0,1\%$). Tritikāles miltu maisījumā olbaltumvielu saturs ir $8,75 \pm 0,1\%$, kas ir vidējs rādītājs starp pētītajiem paraugiem. Pēc olbaltumvielu satura tritikāles miltu maisījums ir līdzīgs kviešu miltiem, bet vērtējot šķiedrvielu saturu (6. att.) miltu maisījumā, tas ir 5 reizes lielāks nekā 405. tipa kviešu miltos. Visvairāk šķiedrvielu konstatēts kailgraudu miežu miltos – $17,71 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ – un tritikāles miltos – $14,31 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$. Vismazāk šķiedrvielu konstatēts rīsu miltos – $5,98 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$.



6. att. Šķiedrvielu saturs miltu paraugos /

Fig. 6. Dietary fiber content in the flour samples

Rudzu miltos konstatēts $11,47 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ šķiedrvielu, pēc kā var uzskatīt, ka tie ir bagāti ar šķiedrvielām. Miltu maisījumā (attiecība 60:40) konstatēts, ka šķiedrvielas ir $13,69 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, kas ļauj secināt, ka izveidotais maisījums ir ar augstu šķiedrvielu saturu, jo pārtikas produktu, kurā šķiedrvielu saturs ir robežas no 10 līdz $20 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, uzskata par bagātu ar šķiedrvielām (Buttriss and Stokes, 2008).

Tā kā tritikāles miltu maisījuma pamatā ir dažādi pilngraudu milti, tad tika noteikts deoksinivalenola, zearalenona un T-2 mikotoksīnu saturs miltos. Paraugos

deoksinivalenola, zearalenona un T-2 mikotoksīna saturs nepārsniedz EK regulas Nr. 1881/2006, ar ko nosaka piesārņotāju maksimāli pieļaujamo koncentrāciju pārtikas produktos, noteikto līmeni.

Gaistošo vielu kvalitatīvā un kvantitatīvā sastāva izpēte

Miltiem un tritikāles miltu maisījumam, noteikts gaistošo vielu kvalitatīvais un kvantitatīvais sastāvs, kur no identificētajām gaistošajām vielām 13 ir spirti, trīs esteri, četri aldehīdi, sešas karbonskābes, pieci terpēni, viens heterociklisks organisks savienojums, viens terpēna spirts, viens cikloalkāns, viens amīns, viens aromātiskais amīns, viens alkēns, viens laktāms un viena aminoskābe. Rudzu, rīsu un kukurūzas miltos lielākie smaiļu laukumi identificēti heksanālam, kas tiek raksturots kā svaigi plautas zāles jeb zaļuma aromāts. Mazākie heksanāla smaiļu laukumi identificēti tritikāles, kailgraudu miežu miltos un tritikāles miltu maisījumā. Otrs nozīmīgākais savienojums pēc smailes laukuma, kas identificēts tritikāles miltu maisījumā, pilngraudu tritikāles un rudzu miltos, ir heksān-1-ols, kurš miltu aromātu papildina ar zaļas zāles smaržu. Miltu maisījumā heksān-1-ols identificēts ar lielāko smailes laukumu. Pilngraudu tritikāles miltos konstatētas 28 gaistošās vielas, pilngraudu rudzu miltos – 24, pilngraudu kailgraudu miežu miltos – 17, rīsu miltos – 22, kukurūzas miltos – 27 un miltu maisījumā – 31 gaistošā viela.

2. Kvalitātes un gaistošo vielu izpēte kviešu maizes gatavošanas tehnoloģiskajā procesā

Gadsimtiem ilgi kviešu maize ir pieprasīta visā pasaulei, un popularitāte ir iegūta, pateicoties tās sensorajām un struktūras īpašībām (*Patel et al.*, 2005). Mīklas mīcīšanas, raudzēšanas un cepšanas laikā notiek fizikāli-ķīmisko parametru izmaiņas un gaistošo vielu veidošanās maizes mīkstumā un garozā, kā rezultātā mainās maizes īpašības (*Cauvain*, 2003; *Ktenioudaki et al.*, 2010).

Kviešu mīklas un maizes fizikāli-ķīmisko rādītāju izmaiņas

Mīcīšanā svarīga loma ir mīklas temperatūrai, jo tā ietekmē ne tikai mīklas nobriešanas ātrumu un raudzēšanu, bet arī mīklas apstrādes īpašības un izstrādājumu kvalitāti. Zinātniskajā literatūrā aprakstīti pētījumi, kas pierāda, ka optimālai kviešu mīklas temperatūrai ir jābūt robežās no 24 līdz 28 °C (*Cauvain*, 2003). Lielākais mitruma saturs (46,55%) ir kviešu mīklai, kas raudzēta 30 min, 35 °C temperatūrā. Samīcītas mīklas mitruma saturs ir $45,08 \pm 0,02\%$. Mitrums 30 min raudzētā mīklā palielinās par 1,47%, salīdzinot tikko samīcītu mīklu. Mīklas mitruma palielināšanās varētu būt saistīta ar to, ka mīkla piesaista papildus mitrumu no gaisa, jo raudzēšanas kamerā raudzēšanas laikā tiek uzturēts $85 \pm 5\%$ gaisa relatīvais mitrums.

Tikko samīcītas kviešu mīklas pH ir $5,994 \pm 0,004$, bet skābums – $1,07 \pm 0,07^\circ$, pēc 30 min raudzēšanas mīklas pH samazinājās līdz $5,591 \pm 0,010$, bet skābums palielinājās līdz $2,06 \pm 0,03^\circ$. Šīs izmaiņas mīklā saistītas ar raudzēšanas procesu, kad mīklā uzkrājas rūgšanas produkti – dažādas skābes, kas rada skābu vidi. Maizes raugs *Saccharomyces cerevisiae* mīklā izdala fermentus, kuri ir atbildīgi par oglhidrātu šķelšanu līdz etiķskābei, pienskābei un citām vielām (*Sluimer*, 2005).

Kviešu mīklas apjoms pirms raudzēšanas ir 201 ± 1 cm³, kas pēc 30 min raudzēšanas palielinājās par 249 ± 2 cm³. Mazākais mīklas apjoms (271 ± 1 cm³) konstatēts mīklai, kas raudzēta 10 min. Pēc 20 min raudzēšanas mīklas apjoms ir 405 ± 2 cm³, kas ir 2 reizes lielāks nekā tikko samīcītai mīklai.

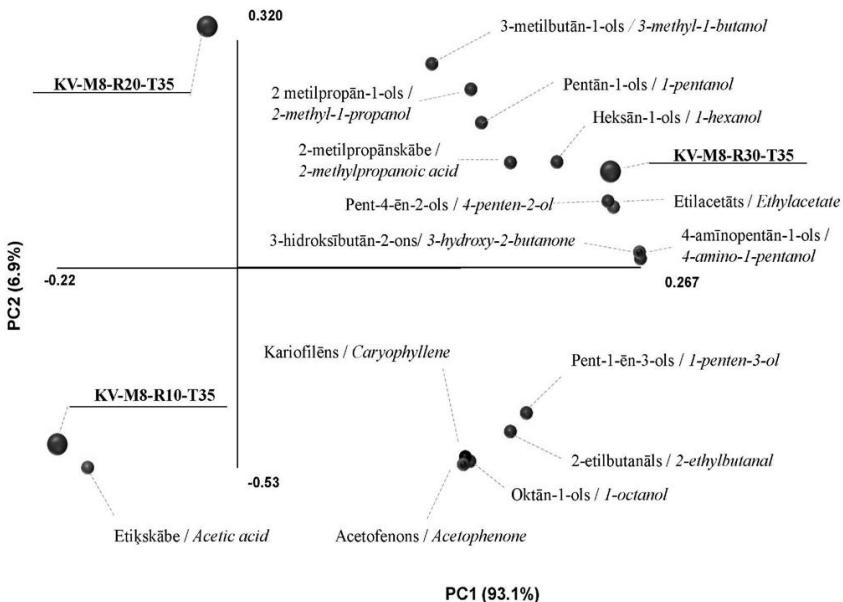
Kviešu maizes mīkstuma krāsu komponentes L* vērtība, kas raksturo parauga gaišas vai tumšās krāsas nianses, ir $78,20\pm0,19$ mīkstumam, bet garoza ir par 24% tumšāka. Krāsu komponente b* maizes mīkstumam ir $41,60\pm0,05$, bet garozai $36,23\pm0,55$. Rezultātā maizes mīkstuma un garozas krāsu var raksturot no gaiši dzeltenīgas līdz gaiši brūnai. Kviešu maizes mīkstuma cietība ir $1,96\pm0,09$ N.

Gaistošo vielu izmaiņas

Mīklas mīcīšanā gaistošo vielu veidošanos var ietekmēt izejvielu sastāvs un daudzums, mīklas temperatūra un mīcīšanas laiks. Gaistošo vielu identificēšana veikta 8 min mīklas mīcīšanas laikā, kur identificētas 9 gaistošās vielas.

Izvērtējot gaistošo vielu sastāvu samīcītā kviešu mīklā, vislielākais smailes laukums konstatēts spirtam – pent-4-ēn-2-ols, kam piemīt augļu smarža. Vismazākais smailes laukums konstatēts karbonskābei – 2-metilpropānskābe, kas veido asu, sviesta vai siera aromātu. Otrs lielākais smaīlu laukums konstatēts 3-metilbutān-1-olam, kas veidojas no rauga rūgšanas procesā, piešķirot mīklai iesala, viskiņa vai arī deguma smaržu. Identificētās gaistošās vielas ar kopējo smaīlu laukumu summu ($42,03\pm0,32$) $\times 10^6$ veido samīcītas kviešu mīklas smaržas buketi, kurā dominē augļu, vīna, sviesta, viskiņa, iesala un zaļas zāles aromāts. Etiķskābe un 2-metilpropānskābe kviešu mīklai attiecīgi dod skābeno un aso aromātu.

Analizējot gaistošo savienojumu sastāvu kviešu mīklā pēc 10, 20 un 30 min raudzēšanas, tajā identificēti astoņi spirti, divi aldehīdi, divi ketoni, viens terpēns, viens esters un viena karbonskābe. Pēc 10 min raudzēšanas mīklā identificētas 11 gaistošās vielas, pēc 20 min raudzēšanas – 12, bet pēc 30 min – 15 gaistošās vielas. Vielu veidošanās saistīta ar mīklā esošo izejvielu ķīmiskajām reakcijām un rūgšanas procesu. Kviešu mīklu raudzējot 35°C temperatūrā, identificēto gaistošo savienojumu smaīlu laukumi raudzēšanas laikā palielinās, bet etiķskābes laukums samazinās (pēc 10 min – $(1,92\pm0,11) \times 10^6$, pēc 30 min – $(1,51\pm0,08) \times 10^6$). Etiķskābes samazinājumu var skaidrot ar to, ka kviešu mīklas raudzēšanas laikā spirti un skābes var pārveidoties esteros. Etilacetāts, kas identificēts pēc 20 un 30 min raudzēšanas, ir esters, kas ķīmisku reakciju rezultātā veidojas no spirta un etiķskābes (*Herraiz and Ough, 1993*). Etilacetāta smailes laukums kviešu mīklā, kas raudzēta 30 min, palielinājās 2,6 reizes, salīdzinot ar mīklu, kas raudzēta 20 min. Pēc 30 min raudzēšanas kviešu mīklā identificētas trīs gaistošās vielas (oktān-1-ols, kariofilēns un acetofenons), kuras nav identificētas mīklas paraugos, kas raudzēti 10 un 20 min. Galvenās komponentu analīzes rezultāti gaistošām vielām dažādu laiku raudzētos mīklas paraugos parādīti 7. attēlā.



**7. att. Gaistošo vielu sadalījums raudzētos kviešu mīklas paraugos /
Fig. 7. Distribution of volatile compounds in the fermented wheat dough samples**

Galvenās komponentu analīzes PC1 varianšu datu kopa parāda raudzēšanas laika ietekmi, bet PC2 attēlo gaistošo vielu izkliedi raudzētas mīklas paraugos (7. att.). Rauga metabolisma rezultātā veidojas 3-metilbutān-1-ols, kas raudzētai mīklai piešķir iesala smaržu. Visi identificētie gaistošie savienojumi kviešu mīklai dod noteiktu aromātu, kas sastāv no atsevišķiem komponentiem, tā, piemēram, 2-metilpropān-1-ols veido viskija smaržu, pent-4-ēn-2-ols – augļu, pentān-1-ols – saldu, 3-hidroksibutān-2-ons – sviesta vai jogurta, heksān-1-ols – svaigas zāles smaržu, bet 2-metilpropānskābe veido izteiktāku saldu, sviesta smaržu (Schieberle, 1996; Zhou *et al.*, 1999; Kulp *et al.*, 2003).

Gaistošo vielu sadalījums kviešu maizes mīkstumā un garozā apkopots 3. tabulā. No identificētajām gaistošajām vielām maizes mīkstumā un garozā vairāk dominē spirti, aldehīdi un skābes. Kviešu maizes mīkstumā un garozā identificētas 25 gaistošās vielas. Gaistošo vielu (pent-4-ēn-2-ols, 3-metilbutān-1-ols, 2-metilpropānskābe, kapronskābe, etanols, 2-metilpropān-1-ols, pentān-1-ols, heksān-1-ols, okt-1-ēn-3-ols, feniletanols un benzaldehīds) smaiļu laukumi maizes garozā ir mazāki nekā mīkstumā. Cepšanas laikā etilacetāta smailes laukums samazinājās 3,4 reizes, salīdzinot ar raudzēto mīklu, kas skaidrojams ar vielas augsto gaistamību (Kulp and Lorenz, 2003; Bianchi *et al.*, 2008).

**Gaistošie savienojumi ($SLV \times 10^6$) kviešu maizes mīkstumā un garozā /
Volatile compounds ($PAU \times 10^6$) in the wheat bread crumb and crust**

Gaistošais savienojums / Volatile compounds	Smarža / Odour	Maizes daļa / Part of bread	
		mīkstums / crumb	garoza / crust
Pent-4-ēn-2-ols / 4-penten-2-ol	augļu / fruit	104.12±3.77	96.62±1.34
2-metilbutanāls / <i>2-methyl-butanal</i>	mandeļu, iesala / <i>almond, malty</i>	1.72±0.22	1.75±0.05
3-metilbutanāls / <i>3-methyl-butanal</i>	viskijs, iesala / <i>whiskey, malty</i>	2.33±0.02	4.47±0.14
Etilacetāts / <i>Ethylacetate</i>	salda, augļu, ananāsa / <i>sweet, fruit⁴, pineapple</i>	0.97±0.01	1.47±0.10
Oktāns / <i>Octane</i>	alkana / <i>alkane</i>	6.97±0.31	7.09±0.23
3-metilbutān-1-ols / <i>3-methyl-1-butanol</i>	iesala / <i>malty</i>	11.59±0.39	4.87±0.17
Etiķskābe / <i>Acetic acid</i>	skāba, asa / <i>acid, pungent</i>	3.11±0.09	3.14±0.04
Propānskābe / <i>Propanoic acid</i>	sasmakusi, asa / <i>rancid, pungent</i>	1.72±0.05	2.28±0.10
2-metilpropānskābe / <i>2-methyl-propanoic acid</i>	salda, sviesta / <i>sweet, butter</i>	0.89±0.02	0.52±0.03
Heksānskābe / <i>Hexanoic acid</i>	salda / <i>sweet</i>	2.47±0.11	0.28±0.02
Etanols / <i>Ethanol</i>	etanola / <i>ethanol³</i>	3.88±0.15	2.69±0.15
Propān-1-ols / <i>1-propanol</i>	augļu, plastmasas, alkohola / <i>fruity, plastic, alcohol</i>	7.74±0.07	10.44±0.34
2-metilpropān-1-ols / <i>2-methyl-1-propanol</i>	limes, alkohola, iesala / <i>glue, alcohol, malty³</i>	1.82±0.23	0.97±0.02
Pentān-1-ols / <i>1-pentanol</i>	augļu / <i>fruity</i>	0.72±0.07	0.57±0.01
Heksān-1-ols / <i>1-hexanol</i>	zaļas zāles / <i>green grass</i>	4.46±0.10	2.66±0.14
Okt-1-ēn-3-ols / <i>1-octen-3-ol</i>	sēņu / <i>mushroom</i>	2.11±0.13	1.81±0.08
Feniletanols / <i>Phenylethyl alcohol</i>	medus, ziedu / <i>honey, flower</i>	9.17±0.87	5.69±0.07
Benzaldehīds / <i>Benzaldehyde</i>	mandeļu, karameles / <i>almond, caramel</i>	9.62±0.22	9.37±0.12
Butān-2-ons / <i>2-butanone</i>	salda, bet asa / <i>sweet, but sharp</i>	4.12±0.20	5.92±0.39
3-hidroksibutān-2-ons / <i>3-hydroxy-2-butanone</i>	sviesta, krēma / <i>butter, cream</i>	3.53±0.20	1.81±0.01
2-metilfurāns / <i>2-methylfuran</i>	šokolādes / <i>chocolate</i>	2.72±0.07	11.24±0.69
2-pentilfurāns / <i>2-pentylfuran</i>	sviesta, svaigu pupiņu / <i>butter, green bean</i>	2.19±0.13	9.81±0.09
Furfurols / <i>Furfural</i>	mandeļu, maizes / <i>almond, bread</i>	5.57±0.24	12.89±0.44
Maltols / <i>Maltol</i>	karameles / <i>caramel</i>	3.59±0.09	6.97±0.18
Pirols / <i>Pyrrole</i>	hloroforma / <i>chloroform</i>	8.73±0.65	15.21±0.41
Smaiļu laukumu summa / <i>The sum of peak area</i>		205.85±9.04	220.54±5.64

Gaistošo vielu (2-metilbutanāls, 3-metilbutanāls, etilacetāts, oktāns, etiķskābe, propānskābe, propān-1-ols, butān-2-ons, 3-hidroksibutān-2-ons, 2-metilfurāns, 2-pentilfurāns, furfurols, maltols un pirols) smaiļu laukumi maizes garozā ir lielāki nekā mīkstumā, kas iespējams, liecina, ka dažas no šīm vielām veidojas cepšanas laikā, notiekot cukuru karamelizācijai, *Strecker* degradācijai – karbonilsavienojumiem noārdoties par aldehīdiem, kā arī nefermentatīvai brūnēšanai – Maijāra reakcijai veidojot furānus (2-metilfurāns, 2-pentilfurāns), maltolu, furfurolu, pirazīnus un pirolu (*Frasse et al.*, 1993; *Martinez-Anaya*, 1996; *Daigle et al.*, 1999; *Hansen and Schieberle*, 2005; *Pozo-Bayon et al.*, 2006). Kopumā kviešu maizes mīkstumā identificēto gaistošo vielu kopējo smaiļu laukumu summa ir mazāka nekā garozā.

3. Kvalitātes un gaistošo vielu izpēte tritikāles miltu maisījuma maizes gatavošanas tehnoloģiskajā procesā

Eiropā un Latvijā veikti daži pētījumi par tritikāles maizi un tās gatavošanas tehnoloģiju (*Peña and Amaya*, 1992; *Salmon et al.*, 2004; *Sabovics and Straumite*, 2012). Taču nepieciešams veikt pētījumus – kā uzlabot tritikāles miltu cepamīpašības un izpētīt kā tās izmainās tritikāles maizes gatavošanas tehnoloģiskajā procesā.

Tritikāles miltu maisījuma mīklas sensoro īpašību izmaiņas mīcišanā

Pēc tritikāles miltu maisījuma mīklas sensoro īpašību izvērtējuma secināts, ka labas mīklas īpašības ir paraugiem, kas mīcīti 6 min (mīklas temperatūra 32 °C) un 10 min (mīklas temperatūra 25 °C). Tomēr vislabākās sensorās īpašības, ir mīklai, kas mīcīta 8 min (mīklas temperatūra 25 °C). Paraugi, kuru mīklas temperatūra ir 20 °C un mīcišanas laiks 6, 8 un 10 min, bija cieti, blīvi un grūti veidojamī. Paraugi, kas mīcīti 15 min, bija ķepīgi un mīcišanas beigās mīkla lipa pie mīcītāja malām, kas nozīmē, ka 15 min mīcišana ir par ilgu. Tritikāles miltu maisījuma mīklas, kas mīcītas 8 un 10 min, mīklas temperatūra 32 °C, bija ļoti ķepīgas, tātad mīklas temperatūra bija par augstu un mīcišanas laiks par ilgu. Tādēļ izvēloties ilgāku tritikāles miltu maisījuma mīklas mīcišanas laiku, jāizvēlas zemāka mīklas temperatūra.

Izvērtējot iegūtos datus, turpmākiem mīklas raudzēšanas pētījumiem izvēlēti paraugi, kuru mīcišanas laiks ir 6 min (mīklas temperatūra 32 °C), 8 min (mīklas temperatūra 25 °C) un 10 min (mīklas temperatūra 25 °C).

Fizikāli-ķimisko rādītāju izmaiņas

Tritikāles miltu maisījuma mīklas pH, skābums, mitrums un ūdens aktivitāte apkopota 4. tabulā.

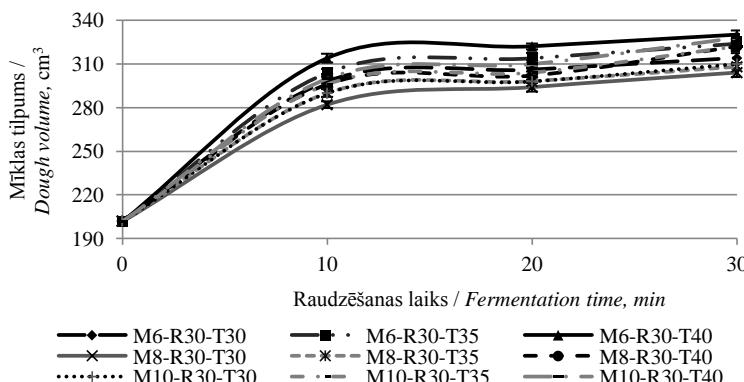
Izvērtējot mīklas pH, skābumu un mitrumu tritikāles miltu maisījuma mīklas mīcišanā, var secināt, ka mīcišanas laikam ir būtiska ($p<0,05$) ietekme uz pH ($p=0,01$), skābuma ($p=0,03$) un mitruma ($p=0,01$) izmaiņām.

**Tritikāles miltu maisījuma mīklas pH, skābums, mitrums un ūdens aktivitāte /
pH, acidity, moisture and water activity of the triticale flour blend dough**

Paraugs / Sample	pH	Skābums / Acidity, °	Mitrums / Moisture, %	Ūdens aktivitāte / Water activity
M6-T32*	5.652±0.013	1.90±0.02	46.38±0.01	0.955±0.001
M8-T25	5.724±0.023	1.79±0.04	46.05±0.02	0.955±0.001
M10-T25	5.679±0.019	1.85±0.03	46.00±0.03	0.955±0.001

Samīcītās mīklas fizikālī-ķīmisko rādītāju izmaiņas ietekmē arī mīklas temperatūra, jo, kā redzams 4. tabulā, M6-T32 paraugam ir augstāks skābums un lielāks mitrums, bet M8-T25 – skābums ir zemāks un pH ir augstāks saīdzinājumā ar abiem pārējiem paraugiem. M8-T25 mitrums ir līdzīgs ar M10-T25 paraugu ($46.00\pm0.03\%$), bet zemāks par M6-T32 paraugu ($46.38\pm0.01\%$). Ūdens aktivitāte visos samīcītos mīklas paraugos ir vienāda (0.955 ± 0.001).

Palielinot mīklas raudzēšanas laiku un temperatūru, tiek nodrošināti labvēlīgi apstākļi rauga darbībai, kā rezultātā mīklā veidojas CO_2 gāze, kas palielina mīklas tilpumu. Tritikāles miltu maisījuma mīklas tilpuma izmaiņas raudzēšanas laikā parādītas 8. attēlā.



**8. att. Tritikāles miltu maisījuma mīklas tilpuma izmaiņas raudzēšanas laikā /
Fig. 8. Changes of triticale flour blend dough volume in the fermentation time**

Pēc iegūtajiem rezultātiem redzams, ka visvairāk mīklas tilpums palielinājās mīklas paraugiem M6-R30-T40 un M10-R30-T40 (8. att.). Paraugam M6-R30-T40 mīklas tilpums palielinājās par $128\pm2\text{ cm}^3$, raudzēšanas beigās sasniedzot $330\pm3\text{ cm}^3$ (8. att.). Vismazākais tilpuma palielinājums konstatēts mīklas paraugiem, kas raudzēti $30\text{ }^\circ\text{C}$ temperatūrā. Tritikāles miltu maisījuma mīklas paraugiem raudzēšanas laikam un temperatūrai ir būtiska ietekme ($p<0,05$) uz mīklas tilpuma izmaiņām raudzēšanas laikā. Izvērtējot iegūtos datus, var secināt, ka piemērotākā raudzēšanas temperatūra tritikāles miltu maisījuma mīklai ir 35 un $40\text{ }^\circ\text{C}$. Ja raudzēšanai izmanto $30\text{ }^\circ\text{C}$ temperatūru, tad jāpagarina mīklas raudzēšanas laiks vai

jāizmanto mīkla, kuras temperatūra ir augstāka par 25 °C. Ja salīdzina iegūtos datus ar kviešu mīklu, tad raudzētas kviešu mīklas apjoms ir vidēji par 120 līdz 144 cm³ lielāks kā raudzētas tritikāles miltu maisījumu mīklas paraugiem.

Izvērtējot mitruma, skābuma un pH izmaiņas tritikāles miltu maisījuma mīklai raudzēšanas laikā, var secināt, ka mīklas raudzēšanas temperatūra un laiks būtiski ietekmē mitruma ($p=0,03$), skābuma ($p=0,02$) un pH ($p=0,03$) izmaiņas. Visiem pētītajiem paraugiem raudzēšanas laikā mīklas mitrums palielinājās, kas ir robežas no $45,98\pm0,05\%$ līdz $47,42\pm0,04\%$, arī mīklas skābums palielinājās, kas ir robežas no $1,78\pm0,05^\circ$ līdz $4,05\pm0,05^\circ$, bet pH samazinājās no $5,745\pm0,083$ līdz $4,961\pm0,091$. Salīdzinot tritikāles miltu maisījuma mīklas skābumu ar kviešu mīklas, tritikāles miltu maisījuma mīklu paraugiem skābums ir no $1,12^\circ$ līdz $1,99^\circ$ lielāks, kas saistīts ar to, ka izmantojamie tritikāles, rudzu un miežu milti miltu maisījumā ir pilngraudi milti, kuri satur lielāku skābju daudzumu.

Tritikāles miltu maisījuma maizes cepšanas laikā, mazākie mitrums zudumi, salīdzinājumā ar raudzētu mīklu pirms cepšanas, konstatēti paraugiem M8-C45-T160 (2,32%) un M10-C45-T160 (2,46%), bet lielākie mitrums zudumi ir paraugiem M8-C45-T240 un M10-C45-T240, kuri cepti 45 min 240 °C temperatūrā. Attiecīgi šiem paraugiem mitrums samazinājās par 5,04% un 4,91%.

Maizes paraugu mīkstuma un garozas krāsas vērtības dažādās temperatūrās un dažādos cepšanas laikos apkopotas 5. tabulā. Maizes mīkstuma un garozas krāsu izmaiņas būtiski ietekmē ($p=0,03$) cepšanas laiks un temperatūra.

5. tabula / Table 5

**Tritikāles miltu maisījuma maizes mīkstuma un garozas krāsu izmaiņas /
Colour changes in the crumb and crust of triticale flour blend**

Parauga numurs / Sample number	Mīkstums / Crumb			Garoza / Crust		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1*	57.40 ± 0.66	0.76 ± 0.14	21.12 ± 0.75	51.70 ± 1.20	5.41 ± 0.12	26.51 ± 0.12
2	52.91 ± 0.79	0.64 ± 0.10	22.90 ± 0.29	40.90 ± 1.03	4.96 ± 0.12	22.89 ± 0.75
3	52.84 ± 0.57	0.61 ± 0.13	22.81 ± 0.55	40.54 ± 0.70	4.41 ± 0.13	22.72 ± 0.42
4	52.81 ± 0.79	0.61 ± 0.11	22.85 ± 0.93	36.90 ± 0.91	4.36 ± 0.11	21.21 ± 0.89
5	50.33 ± 0.86	0.51 ± 0.11	24.47 ± 0.93	27.79 ± 1.12	3.14 ± 0.16	8.14 ± 0.80
6	57.12 ± 0.87	0.76 ± 0.12	21.75 ± 0.79	51.13 ± 1.01	5.34 ± 0.15	26.38 ± 0.78
7	52.83 ± 0.92	0.64 ± 0.13	23.08 ± 0.54	40.69 ± 0.98	4.96 ± 0.17	22.71 ± 0.75
8	52.81 ± 0.22	0.60 ± 0.17	22.98 ± 0.54	40.12 ± 0.38	4.27 ± 0.19	22.56 ± 0.66
9	52.78 ± 0.61	0.61 ± 0.14	22.97 ± 0.92	34.86 ± 0.97	4.13 ± 0.17	20.76 ± 0.94
10	49.94 ± 0.80	0.50 ± 0.18	24.92 ± 0.66	27.22 ± 0.72	2.91 ± 0.16	7.94 ± 0.31

*1 – M8-C45-T160; 2 – M8-C60-T160; 3 – M8-C45-T200; 4 – M8-C30-T240; 5 – M8-C45-T240; 6 – M10-C45-T160;
7 – M10-C60-T160; 8 – M10-C45-T200; 9 – M10-C30-T240; 10 – M10-C45-T240

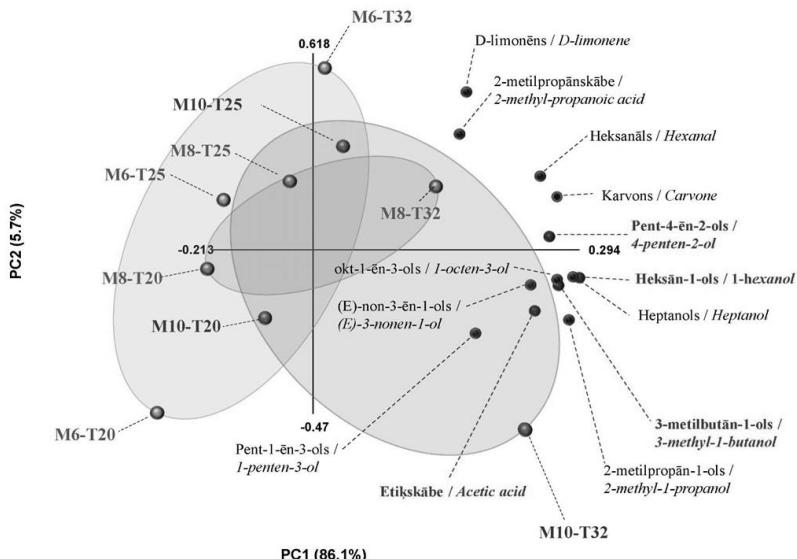
Cepšanas laiks un temperatūra būtiski neietekmē ($p=0,06$) tritikāles miltu maisījuma maizes mīkstuma tumšās/gaišās krāsas nāances, bet būtiski ietekmē ($p=0,02$) garozas krāsu. Starp maizes mīkstuma un garozas krāsu pastāv atšķirības un krāsa klūst tumšāka, palielinoties cepšanas temperatūrai un laikam. Šāda sakarība

vērojama, jo paaugstinātā temperatūrā straujāk notiek karamelizācija un Maijāra reakcija (*Martins et al.*, 2000).

Maizes paraugiem cepšanas dienā pēc atdzesēšanas analizēta maizes mīkstuma cietība un lipīgums. Vismīkstākais ($7,35 \pm 0,95$ un $7,79 \pm 0,82$ N) maizes mīkstums konstatēts tritikāles miltu maisījuma paraugiem, kas cepti 45 min 160°C temperatūrā, bet viscietākais maizes mīkstums ir paraugiem, kas cepti 45 min 240°C temperatūrā. Ja salīdzina M8-C45-T160 un M8-C45-T240 paraugus, tad paraugam, kas cepts 240°C temperatūrā, mīkstums ir par $12,01$ N cietāks. Izvērtējot tritikāles miltu maisījuma maizes mīkstuma lipīgumu pēc izcepšanas, secināts, ka lipīgāks mīkstums ir paraugiem M8-C45-T160 un M10-C45-T160, attiecīgi uzrādot negatīvā spēka vērtību $-0,82 \pm 0,06$ un $-0,79 \pm 0,06$ N. Korelācijas analīze parāda, ka tritikāles miltu maisījuma maizes mīkstumam ($r=-0,983$) un lipīgumam ($r=-0,981$) ir cieša negatīva korelācija ar maizes mitruma saturu.

Gaistošo vielu izmaiņas

Tritikāles miltu maisījuma mīklā galvenokārt identificēti spirti, kas mīklai piešķir augļu, svaigas zāles, viskijs, iesala un vīna aromātu. Lielākie spirta pent-4-ēn-2-ola smailēs laukumi identificēti paraugos, kuru mīklas temperatūra ir 32°C .

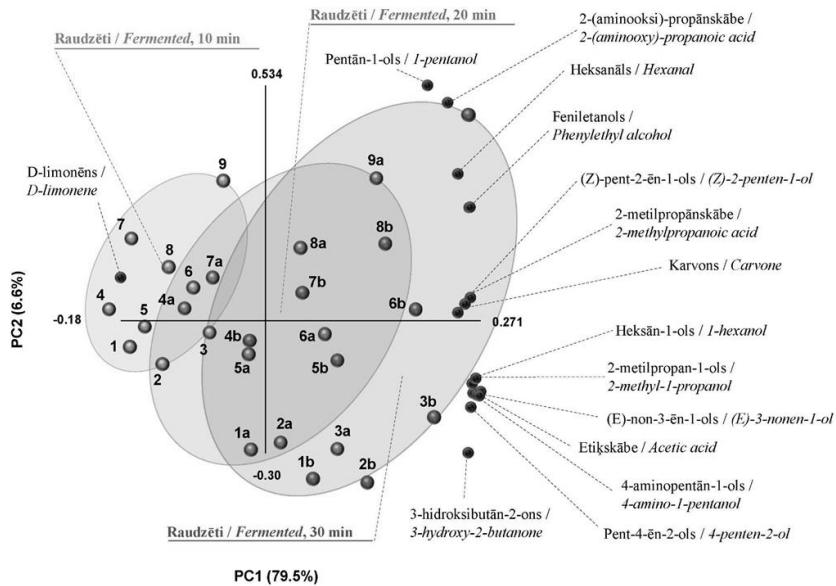


**9. att. Gaistošo vielu sadalījums samīcītā tritikāles miltu maisījuma mīklā /
Fig. 9. Distribution of volatile compounds in the mixed triticale flour blend dough**

Izvērtējot mīcīšanā iegūtos rezultātus, var secināt, ka kopumā identificētas 13 gaistošās vielas, no kurām astoņi ir spirti, divas karbonskābes, divi terpēni un viens aldehīds. Visos paraugos konstatētas gaistošās vielas – pent-4-ēn-1-ols, D-limonēns, 3-metilbutān-1-ols, heksān-1-ols, okt-1-ēn-3-ols, heptanols, etiķskābe, 2-metilpropānskābe un karvons. Galvenās komponentu analīzes PC1 varianšu

modelis parāda paraugu mīcīšanas temperatūras un laika ietekmi, bet PC2 attēlo gaistošo vielu izkliedi mīklas paraugos (9. att.). Palielinoties tritikāles miltu maisījuma mīklas mīcīšanas laikam un mīklas temperatūrai, palielinās arī gaistošo vielu savienojumu kvalitatīvais un kvantitatīvais sastāvs, jo īpaši tas ir raksturīgs spiritiem.

Raudzēšanas laikā mīklas paraugos konstatētas 16 gaistošās vielas (10. att.). Visos raudzētajos tritikāles miltu maisījuma paraugos vislielākie gaistošo vielu smailu laukumi konstatēti pieciem spiritiem – pent-4-ēn-2-olam, heksān-1-olam, 4-aminopentān-1-olam, 3-metilbutān-1-olam un 2-metilpropān-1-olam un ketonam – 3-hidroksibutān-2-onam. Šīs gaistošās vielas intensīvi veidojas spirta rūgšanā un raudzētiem mīklas paraugiem piedod augļu, vīna, viskijs, iesala, deguma, zaļas zāles un raudzētu produktu aromātu.



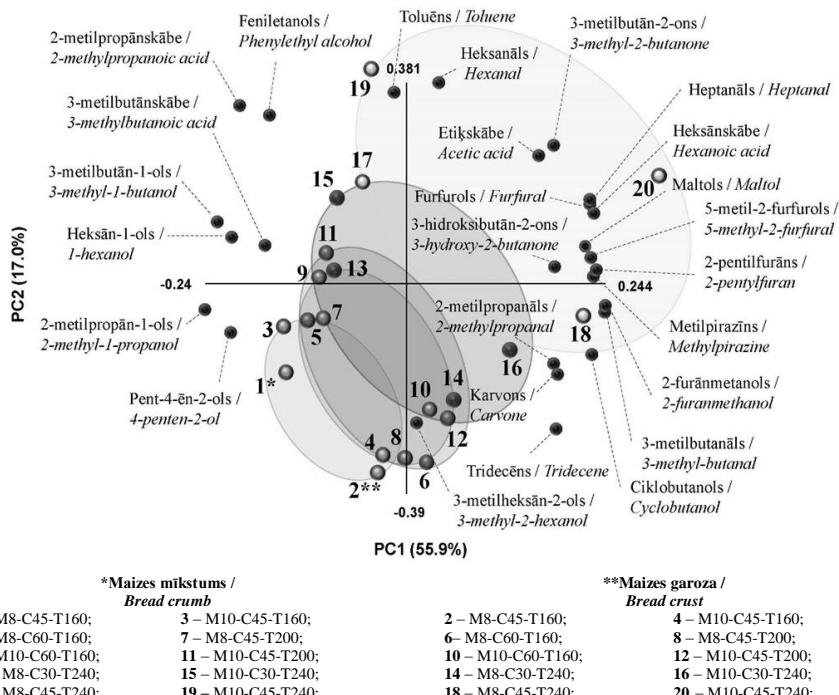
1 – M6-R10-T30;	7 – M10-R10-T30;	4a – M8-R20-T30;	1b – M6-R30-T30;	7b – M10-R30-T30;
2 – M6-R10-T35;	8 – M10-R10-T35;	5a – M8-R20-T35;	2b – M6-R30-T35;	8b – M10-R30-T35;
3 – M6-R10-T40;	9 – M10-R10-T40;	6a – M8-R20-T40;	3b – M6-R30-T40;	9b – M10-R30-T40
4 – M8-R10-T30;	1a – M6-R20-T30;	7a – M10-R20-T30;	4b – M8-R30-T30;	
5 – M8-R10-T35;	2a – M6-R20-T35;	8a – M10-R20-T35;	5b – M8-R30-T35;	
6 – M8-R10-T40;	3a – M6-R20-T40;	9a – M10-R20-T40;	6b – M8-R30-T40;	

10. att. Gaistošo vielu sadalījums raudzētā tritikāles miltu maisījuma mīklā / Fig. 10. Distribution of volatile compounds in the fermented triticale flour blend dough

Spirtu ((Z)-pent-2-ēn-1-ola, (E)-non-3-ēn-1-ola, feniletanola), skābju (2-metilpropānskābes, 2-aminopropānskābes) un terpēna D-limonēna smailu laukumi visos paraugos ir mazāki par 1×10^6 , kas, salīdzinot ar citām gaistošajām vielām, ir neliels daudzums.

Palielinoties raudzēšanas temperatūrai un laikam, D-limonēna smailes laukums samazinās. Konstatēts, ka karvona smailes laukums palielinās, bet D-limonēna smailes laukums samazinās, palielinoties raudzēšanas laikam un temperatūrai. Salīdzinot mīcītas un raudzētas mīklas paraugos identificēto gaistošo vielu smaiļu laukumu summas, raudzētai mīklai tās ir 16 reizes (M8-R30-T30) līdz 50 reizes (M6-R30-T40) lielākas nekā mīcītā mīklā.

Maizes paraugu mīkstumā un garožā kopā identificētas 26 gaistošās vielas (11. att.). Galvenās komponentu analīzes PC1 varianšu modelis parāda paraugos cepšanas laika un temperatūras ietekmi, bet PC2 attēlo gaistošo vielu izkliedi maizes mīkstuma un garozas paraugos. Gan mīklas cepšanas laikam, gan temperatūrai ir būtiska ietekme ($p<0,05$) uz gaistošo vielu smailu laukumiem.



11. att. Gaistošo vielu sadalījums tritikāles miltu maisijuma maizes paraugu mīkstumā un garozā /

Fig. 11. Distribution of volatile compounds in the crumb and crust of the triticale flour blend bread samples

Visielākais gaistošo vielu spektrs ir paraugu garozā, kas mīcīti 8 un 10 min, cepti 45 min 240 °C temperatūrā. Šajos paraugos vairāk ir tādas vielas kā metilpirazīns, 2-pentilfurāns, heksānskābe, maltols, 5-metil-2-furfurols, furfurols, 2-furānmetanols, 3-hidroksibutān-2-ons, etiķskābe un heptanāls (11. att.), kas zemākās temperatūrās ceptu paraugu garozā ir mazāk.

Visos maizes paraugos, kas cepti 3 dažādos laikos un temperatūrās, identificētas 13 kopīgas gaistošās vielas, kas identificētas gan maizes mīkstumā, gan garozā, no kurām septiņi ir spirti, divi aldehīdi, divas skābes, viens terpēns un viens ketons. No visos paraugos identificētajām gaistošajām vielām tritikāles miltu maisījuma maizes paraugos vislielākie smaiļu laukumi noteiktī trīs spirtiem – pent-4-ēn-2-olam, 3-metilbutān-1-olam, heksān-1-olam, kuru smaiļu laukumi mīkstumā ir lielāki nekā garozā. Bet ir novērota tendence, ka, palielinot cepšanas temperatūru, gan mīkstumā, gan garozā šo spirtu smaiļu laukumi samazinās, kas saistīts ar spirtu gaistamību.

4. Kvalitātes un gaistošo vielu izpēte tritikāles miltu maisījuma maizes ar ieraugu gatavošanas tehnoloģiskajā procesā

Ierauga izmantošana maizes gatavošanā nodrošina labāku mīklas struktūru un lielāku apjomu, kā arī bagātina maizes garšu un smaržu (Clarke et al., 2004; Park et al., 2006).

Mīklas gatavošanai izmantoti divu veidu ieraugi: viens ieraugs gatavots, izmantojot tritikāles, rudzu miltus un ierauga tīrkultūru (2-pakāpju ieraugs), bet otrs – ieraugs *Sapore Fidelio*, kas ir gatavs tūlītējai izmantošanai. Pēc mīcīšanas abiem paraugiem, novērtējot mīklas īpašības, var secināt, ka tās ir labas. Mīklas konsistence ir mīksta, viegli formējama, stiepjama, līdzīgi kā rudzu maizei, kā arī tā mazliet līp pie mīcītāja trauka malām un rokām.

Raudzēšanas laikā mīklas mitrums mīklai ar 2-pakāpju ieraugu palielinājās par 1,01%, bet mīklai un ar *Sapore Fidelio* ieraugu – par 0,42%. Izvērtējot maizes mitruma izmaiņas, intensīvāka mitruma iztvaikošana cepšanas laikā notikusi paraugam ar 2-pakāpju ieraugu, kur starp 30 min raudzētu mīklu un maizi mitruma samazinājums ir 3,59%, bet maizei ar *Sapore Fidelio* ieraugu mitruma zudumi ir mazāki – 2,41% (6. tab.). Palielinoties mitruma saturam, palielinās arī ūdens aktivitāte. Mīklā un maize ūdens aktivitāte vidēji ir robežās no $0,955 \pm 0,001$ līdz $0,972 \pm 0,002$.

Lielāks mīklas skābums tiek nodrošināts, izmantojot *Sapore Fidelio* ieraugu, taču jaizvērtē tā ietekme uz garšas īpašībām – ne vienmēr palielināts skābums nodrošina labas cepamīpašības, pozitīvi ietekmējot arī garšu.

Tikko samīcītās tritikāles miltu maisījuma mīklas ar 2-pakāpju ieraugu apjoms ir 202 ± 1 cm³, bet pēc 30 min raudzēšanas tas palielinājās 2 reizes, sasniedzot 418 ± 2 cm³. Mīklai ar *Sapore Fidelio* ieraugu pēc 30 min raudzēšanas apjoms palielinājās 1,6 reizes. Tritikāles miltu maisījuma mīklas bez ierauga, apjoms pēc 30 min raudzēšanas bija 314 ± 3 cm³, no kā var secināt, ka, izmantojot ieraugu, iespējams mīklas apjomu vienādos raudzēšanas apstākļos palielināt par 13 līdz 25%.

Izvērtējot iegūtos datus, var secināt, ka 2-pakāpju ierauga izmantošana uzlabo rūgšanu, līdz ar to arī mīklas un maizes apjomu, taču ar *Sapore Fidelio* ieraugu iespējams nodrošināt lielāku mīklas un maizes skābumu.

Tritikāles miltu maisījuma maizes ar ieraugu mīkstuma un garozas krāsu L * a * b * sistēmā var raksturot no gaiši brūnas līdz brūnai. Izmantotajam ierauga veidam nav būtiska ietekme ($p=0,06$) uz tritikāles miltu maisījuma maizes mīkstuma un garozas krāsu.

Fizikāli-ķīmisko rādītāju izmaiņas tritikāles miltu maisījuma mīkstums un maizes ar ieraugu paraugos /
Changes of physical-chemical parameters in the triticale flour blend dough and bread with sourdough samples

Paraugs / Sample	Mitrums / Moisture, %	Ūdens aktivitāte / Water activity	pH	Skābums / Acidity, °
TKS-M8-T25	47.71±0.06	0.968±0.001	5.015±0.007	3.22±0.07
TKS-M8-R10-T35	47.98±0.04	0.968±0.002	4.984±0.006	3.81±0.09
TKS -M8-R20-T35	48.36±0.07	0.970±0.001	4.892±0.001	4.24±0.09
TKS -M8-R30-T35	48.72±0.07	0.972±0.002	4.765±0.006	4.59±0.07
TKS -M8-C45-T200	45.13±0.04	0.968±0.001	4.642±0.003	5.18±0.08
SF-M8-T25	46.16±0.05	0.955±0.001	4.963±0.011	4.01±0.05
SF-M8-R10-T35	46.27±0.06	0.955±0.001	4.774±0.009	4.63±0.09
SF-M8-R20-T35	46.43±0.03	0.957±0.002	4.693±0.005	5.03±0.02
SF-M8-R30-T35	46.58±0.05	0.960±0.001	4.481±0.003	5.67±0.07
SF-M8-C45-T200	44.17±0.03	0.957±0.001	4.377±0.008	6.02±0.05

Analēzējot tritikāles miltu maisījuma maizes mīkstuma cietību un lipīgumu, secināts, ka izmantotajam ierauga veidam ir būtiska ietekme ($p=0,02$). Paraugam TKS-M8-C45-T200 mīkstuma cietība ir $12,05\pm0,25$ N, lipīgums $-0,96\pm0,04$ N, bet paraugam SF-M8-C45-T200 mīkstuma cietība ir $14,01\pm0,37$ N, lipīgums $-0,60\pm0,03$ N. Apkopojot iegūtos rezultātus, var secināt, ka tritikāles miltu maisījuma maizei ar 2-pakāpju ieraugu fizikālās īpašības uzlabojas – maizes mīkstums kļūst mīkstāks un nedaudz lipīgs, jo maizes mīkstumam ir lielāks mitruma saturs.

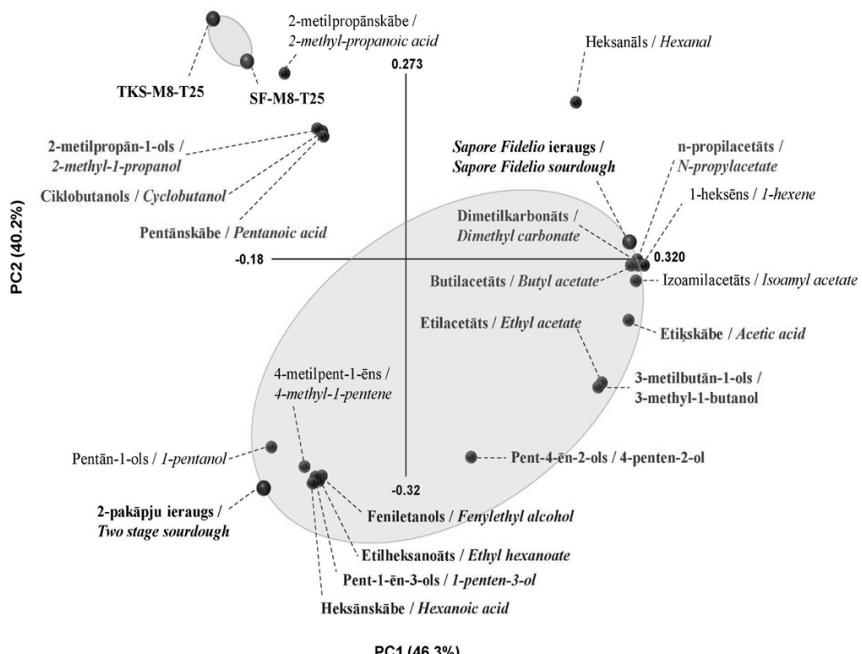
Gaistošo vielu izmaiņas

Maizes gatavošanā izmantojot dažādus ieraugus, iespējams nodrošināt izteiktāku maizes garšu un aromātu. Maizē ar ieraugu ir vairāk gaistošā savienojumu, kas veido maizes aromātu (Hansen and Hansen, 1996).

Gaistošo vielu savienojumu spektru ieraugos ietekmē tā veids. Izvērtējot gaistošo vielu kvalitatīvo un kvantitatīvo saturu, 2-pakāpju ieraugā identificētas 11 gaistošās vielas, bet *Sapore Fidelio* ieraugā – 9. Piecas gaistošās vielas identificētas abos ieraugu veidos – etilacetāts, pent-4-ēn-2-ols, 3-metilbutān-1-ols, izoamilacetāts un etiķskābe.

Galveno komponentu analīze gaistošām vielām 2-pakāpju un *Sapore Fidelio* ieraugos un ar tiem sagatavotā mīklā parādīta 12. attēlā. Galveno komponentu analīzes modelis parāda gaistošo vielu izkliedi divu veidu ieraugos un mīklā, kuras gatavošanai izmantoti ieraugi (12. att.). *Sapore Fidelio* ieraugā, smaržas buķetē ir salds, ananāsu (etilacetāts), augļu (pent-4-ēn-1-ols), banānu (izoamilacetāts), bumbieru (butilacetāts), iesala (3-metilbutān-1-ols), alkohola (dimetilkarbonāts), ass, skābens (etiķskābe) un zaļuma (heksanāls) aromāts. Savukārt, 2-pakāpju ierauga smaržas buķetē dominē salds, ananāsu, augļu, iesala, banānu, ass un skābens, svaigas

zāles, zaļuma (pent-1-ēn-3-ols), anīsa, ābolu (etilheksanoāts) un medus, ziedu (feniletanols) aromāts.



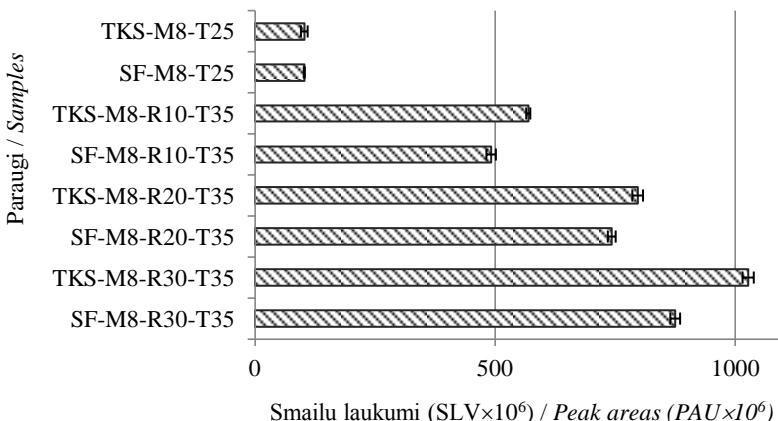
12. att. Gaistošo vielu sadalījums ieraugos un samīcītās tritikāles miltu maisījumu mīklas paraugos /

Fig. 12. Distribution of volatile compounds in the sourdough and in the mixed triticale flour blend dough samples

Tritikāles miltu maisījuma mīklā ar ieraugiem pēc 10, 20 un 30 min raudzēšanas identificētas 14 gaistošās vielas. Gaistošo vielu spektru raudzētā tritikāles miltu maisījuma mīklā neietekmē raudzēšanas laiks, bet ietekmē ierauga veids. TKS-M8-R30-T35 raudzētā mīklas paraugā identificētas trīs gaistošās vielas (pentān-1-ols, 3-metilbutānskābe un pentānskābe), kuras nav ar *Sapore Fidelio* ieraugu raudzētās mīklas paraugos. Vislielākie gaistošo vielu smaiļu laukumi raudzētos tritikāles miltu maisījuma mīklas paraugos konstatēti četriem spirtiem – pent-4-ēn-2-olam, 3-metilbutān-1-olam, ciklobutanolam un 2-metilpropān-1-olam, kā arī etilacetātam. Spirti intensīvi veidojas spirta rūgšanā un raudzētiem mīklas paraugiem piešķir augļu, iesala un alkohola aromātu, bet etilacetāts veido saldenu, ananāsu aromātu.

Izvērtējot gaistošo vielu smaiļu laukumu summas raudzētajiem mīklas paraugiem un salīdzinot smaiļu laukumu summas ar mīcītās mīklas paraugiem TKS-M8-T25 un SF-M8-T25, var secināt, ka mīcītai mīklai tās ir 4 reizes (attiecībā pret paraugiem,

kas raudzēti 10 min) līdz 10 reizes (attiecībā pret paraugiem, kas raudzēti 30 min) mazākas nekā raudzētai mīklai (13. att.).

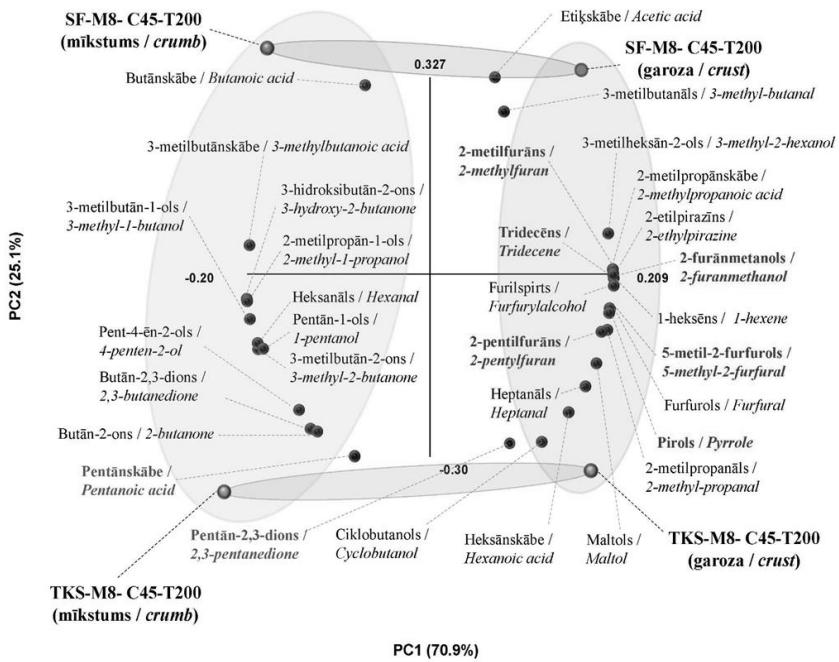


13. att. Gaistošo vielu smaiļu laukumu summas mīcītos un raudzētos mīklas paraugos ar ieraugu /

Fig. 13. Peak areas sum of volatile compounds in the mixed and fermented dough samples with sourdough

Paraugā TKS-M8-T25 spirtu smaiļu laukumi palielinās, palielinoties raudzēšanas temperatūrai un laikam, kur no visiem identificētajiem spirtiem pēc 10 min raudzēšanas vislielākais smaiļu laukums ir spirtam pent-4-ēn-2-ols, bet pēc 30 min raudzēšanas smaiļu laukums palielinājās 1,78 reizes. Paraugam SF-M8-T25, raudzējot no 10 līdz 30 min, spira pent-4-ēn-2-ols smaiļu laukums palielinājās 1,73 reizes. Mīklas raudzēšanas laikam un izmantotajam ierauga veidam ir būtiska ietekme ($p<0,05$) uz gaistošo vielu veidošanos un smaiļu laukumu izmaiņām raudzēšanas laikā. Vislabāk maizes gatavošanai izmantot ieraugu, kura sastāvā ir dažādas pienskābes baktērijas un raugu kultūru asociācijas (Hansen and Hansen, 1996; Damiani et al., 1996).

Tritikāles miltu maisījuma maizes ar dažādiem ieraugiem mīkstumā un garozā kopā identificētas 32 gaistošās vielas. Galveno komponentu analīze gaistošām vielām maizes mīkstumā un garozā ar 2-pakāpju un *Sapore Fidelio* ieraugu attēlota 14. attēlā. Galveno komponentu analīzes PC1 varianšu modelis parāda paraugos ierauga veida ietekmi, bet PC2 galvenokārt attēlo gaistošo vielu izkliedi maizes mīkstuma un garozas paraugos (14. att.). Izmantotajam ierauga veidam ir būtiska ietekme ($p<0,05$) uz gaistošo vielu kvalitatīvo un kvantitatīvo saturu maizes mīkstumā un garozā. Izmantojot *Sapore Fidelio* ieraugu maizes gatavošanai, vairāk veidojas etiķskābe, butānskābe un 3-metilbutanāls, bet ar 2-pakāpju ieraugu gan maizes mīkstumā, gan garozā identificēto gaistošo vielu smaiļu laukumi ir lielāki. No identificētajām gaistošajām vielām maizes mīkstumā vairāk dominē spirti, ketoni un skābes, bet garozā – aldehīdi un furāni.



14. att. Gaistošo vielu sadalījums tritikāles miltu maisījuma maizes ar ieraugu mīkstumā un garozā /

Fig. 14. Distribution of volatile compounds in the triticale flour blend bread with sourdough crumb and crust

Cepšanas laikā pent-4-ēn-2-ola samazināšanās skaidrojama ar mitruma un spiritu iztvaikošanu. Paraugā SF-M8-C45-T200 pent-4-ēn-2-ola sadalījums starp mīkstumu un garozu attiecīgi veido 55,88% un 44,12%. Maizes paraugam ar *Sapore Fidelio* ieraugu pent-4-ēn-2-ola smailes laukums mīkstumā un garozā ir 1,18 reizes mazāks kā SF-M8-R30-R35 paraugam. Tādas pašas likumsakarības vērojamas arī pārējiem identificētajiem spiritiem abos paraugos gan maizes mīkstumā, gan garozā. Izvērtējot gaistošo vielu sastāvu, var secināt, ka, izmantojot 2-pakāpju ieraugu, tiek iegūts daudzveidīgāks un lielāks gaistošo vielu spektrs, kā rezultātā maizei ir izteiktāks aromāts.

5. Kopsavilkums par gaistošo savienojumu dinamiku maizes gatavošanas tehnoloģiskajā procesā

Izvērtējot tritikāles miltu maisījuma gaistošo vielu kvalitatīvo un kvantitatīvo sastāvu, divas vielas (okt-1-ēn-3-ols un heptanols) identificētas tikai samīcītā mīklā, bet no konstatētajām 32 gaistošām vielām divas vielas (heksānāls un heksān-1-ols) saglabājas visā maizes gatavošanas tehnoloģiskajā procesā. Tikko samīcītā mīklā,

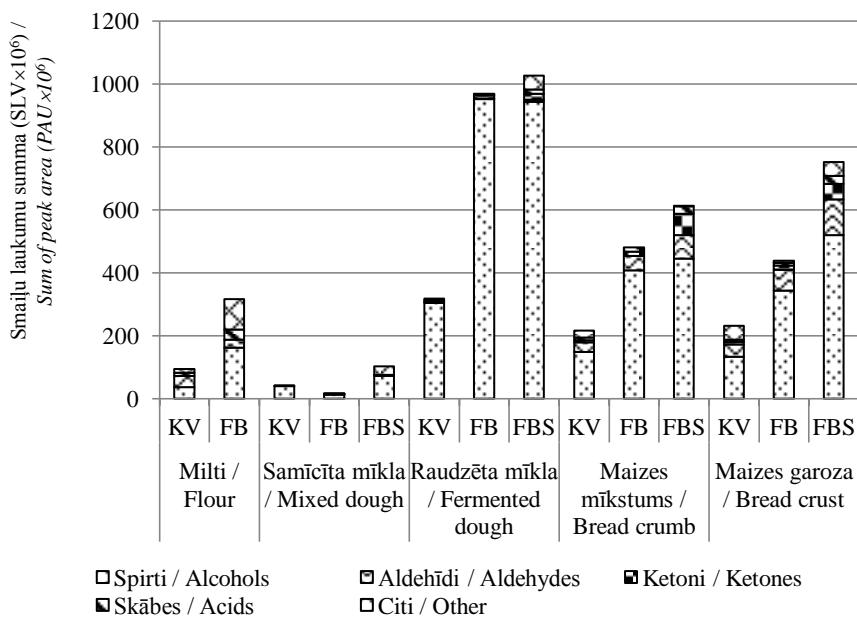
raudzētā mīklā un maizē veidojas no miltiem atšķirīgs vielu spektrs, kas nodrošina izteikto maizes aromātu. Zinātnieki, kā *Frass et al.* (1993), *Martinez-Anaya* (1996), *Hansen un Schieberle* (2005), *Pozo-Bayon et al.* (2006) un citi konstatējuši, ka maizes aromāts galvenokārt veidojas mīklas raudzēšanas un cepšanas laikā. Apkopojot iegūtos datus par gaistošo savienojumu spektru kviešu, tritikāles miltu maisījuma un tritikāles miltu maisījuma ar 2-pakāpju ieraugu maizes gatavošanā (skat. 15. att.) redzams, ka augstākais gaistošo vielu spektrs pa savienojumu grupām ir raudzētā tritikāles miltu maisījuma mīklā ar 2-pakāpju ieraugu, kur ar lielāko kopējo smaiļu laukumu summu dominē spirti.

Vērtējot kviešu un tritikāles miltu maisījumā konstatēto gaistošo vielu spektru, lielākais spirtu daudzums identificēts tritikāles miltu maisījuma miltos, bet aldehīdu grupa ar augstāko smaiļu laukumu summu identificēta kviešu miltos. Tā kā tritikāles miltu maisījums sastāv no dažāda veida miltiem, tad tajos identificēta arī vislielākā citu savienojumu smaiļu laukumu summa, kurā ietilpst tādas savienojumu grupas kā alkāni, terpēni un esteri.

Samīcītā kviešu un tritikāles miltu maisījuma mīklā un tā paša veida raudzētā mīklā aldehīdu grupa identificēta mazāk salīdzinājumā ar kviešu un tritikāles miltu maisījuma miltiem. Miltu un mīklas aromātu atšķirības skaidrojamas ar to, ka mīklas gatavošanā izmanto ūdeni, kas sastāda 68% no miltu masas, un citas izejvielas, kas spēj mainīt gaistošo vielu spektru mīklā. Spirtu veidošanās galvenokārt notiek mīklas raudzēšanas laikā, kur raudzētā tritikāles miltu maisījuma mīklā identificēta lielākā spirtu grupas savienojumu smaiļu laukumu summa. Spirtu atšķirīgo daudzumu un spektru var ietekmēt arī izmantotais miltu veids, jo miltos esošās brīvās aminoskābes var būt slāpeķļa avots rauga darbībai, kā rezultātā veidojas dažādi spiriti (*Hansen*, 1995).

Izvērtējot visos maizes mīkstuma un garozas paraugos spiritu, aldehīdu un ketonu gaistošo vielu spektru, jāsecina, ka vislielākie šo savienojumu grupu smaiļu laukumi identificēti tritikāles miltu maisījuma maizes ar 2-pakāpju ieraugu mīkstumā un garozā. Kviešu un tritikāles miltu maisījuma maizē ar ieraugu un bez ierauga spiritu savienojumu smaiļu laukumi samazinājās salīdzinājumā ar raudzētas mīklas paraugiem, bet aldehīdu un ketonu grupu smaiļu laukumi palielinājās. Tas sakrīt arī ar citu zinātnieku pētījumiem, ka pēc mīklas raudzēšanas jauni gaistoši savienojumi rodas maizes cepšanas laikā, kuru veidošanās vairāk balstās uz Maijāra reakciju, veidojot dažādus spiritus, skābes, aldehīdus, furānus, ketonus, pirazīnus un pirolus (*Kirchhoff and Schieberle*, 2001; *Rehman et al.*, 2006). *Stear* (1990) norāda, ka vairākas gaistošās vielas, kā aldehīdi un ketoni, veidojas maizes garozā 100 līdz 180 °C temperatūras intervālā.

Sešas gaistošās vielas (pent-4-ēn-2-ols, 3-metilbutān-1-ols, 2-metilpropān-1-ols, 3-hidroksibutān-2-ons, 2-metilpropānskābe un etiķskābe) identificētas visā maizes gatavošanas tehnoloģiskajā procesā.



KV – Kviešu milti / Wheat flour

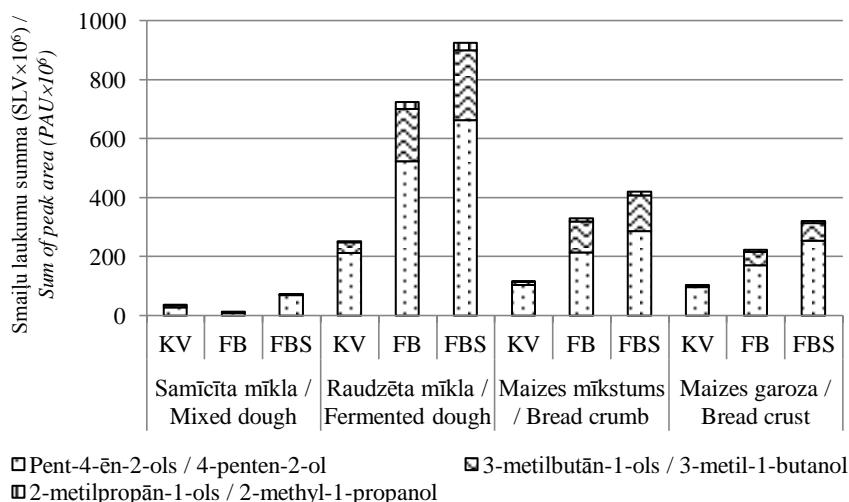
FB – Tritikāles miltu maisījums / Triticale flour blend

FBS – Tritikāles miltu maisījums un 2-pakāpju ieraugs / Triticale flour blend and two stage sourdough

15. att. Smaiļu laukumu summu salīdzinājums kviešu un tritikāles miltu maisījumu, mīklas un maizes paraugos pa gaistošo vielu grupām /

Fig. 15. Sum comparison of peak areas of the wheat and triticale flour blend, dough and bread samples in the volatile compound groups

Trīs spirtu smaiļu laukumu salīdzinājums (pent-4-ēn-2-ols, 3-metilbutān-1-ols, 2-metilpropān-1-ols) starp kviešu un tritikāles miltu maisījuma paraugiem parādīts 16. attēlā. Ar vislielāko smailes laukumu pent-4-ēn-2-ols identificēts raudzētos mīklas paraugos. Izvērtējot rezultātus, var secināt, ka tā vislielākais smailes laukums ir raudzētā tritikāles miltu maisījuma mīklā ar 2-pakāpju ieraugu. Salīdzinot samīcītu kviešu un tritikāles miltu maisījuma mīklu, lielākie spirtu smaiļu laukumi ir kviešu mīklā, lai gan raudzētajos paraugos intensīvāk šie spirti veidojas tritikāles miltu maisījuma mīklā bez un ar ieraugu. Termiskās apstrādes laikā spirtu daudzums samazinājās. Vismazākie pent-4-ēn-2-ols, 3-metilbutān-1-ols un 2-metilpropān-1-ols smaiļu laukumi identificēti gan kviešu, gan tritikāles miltu maisījuma maizes garozās. Piemēram, spirts 3-metilbutān-1-ols ir nozīmīgs maizes mīkstuma un garozas smaržas veidotājs, tas rodas rauga darbības rezultātā no aminoskābēm (Hansen and Hansen, 1996).



KV – Kviešu milti / Wheat flour

FB – Tritikāles miltu maisījums / Triticale flour blend

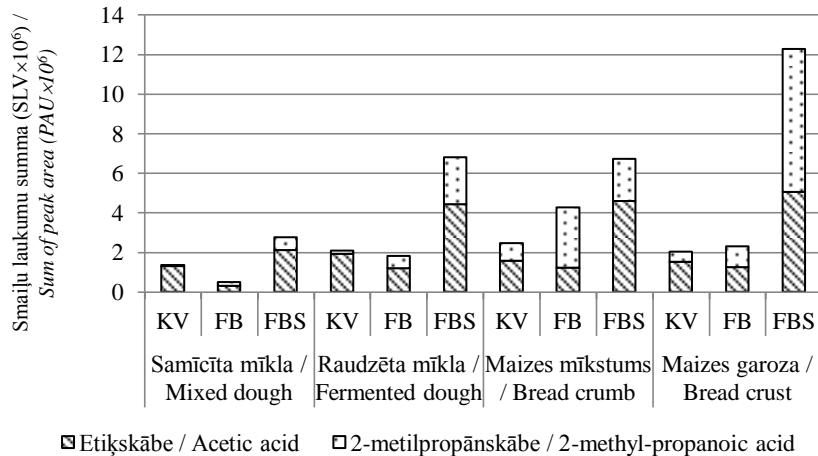
FBS – Tritikāles miltu maisījums un 2-pakāpju ieraugs / Triticale flour blend and two stage sourdough

16. att. Spiritu pent-4-én-2-ols, 3-metilbutān-1-ols un 2-metilpropān-1-ols sadalījums kviešu un tritikāles miltu maisījuma paraugos /

Fig. 16. Distribution of alcohol 4-penten-2-ol, 3-methyl-1-butanol and 2-methyl-1-propanol in the wheat and triticale flour blend samples

Salīdzinot kviešu un tritikāles miltu maisījuma paraugos skābju (2-metilpropānskābes un etiķskābes) smaiļu laukumus (17. att.), redzams, ka procesā no samīcītas mīklas līdz maizei to smaiļu laukumi palielinājās. Lielākais smaiļu laukums tritikāles miltu maisījuma ar 2-pakāpju ieraugu maizes garožā identificēts 2-metilpropānskābei, kas skaidrojams ar ierauga, kurš satur lielāku skābju daudzumu, izmantošanu. Maizes mīkstumā 2-metilpropānskābei lielākais smailes laukums noteikts paraugā, kas gatavots no tritikāles miltu maisījuma bez ierauga. Arī *Calvel et al.* (2001) konstatējuši, ka lielāks 2-metilpropānskābes daudzums ir maizes mīkstumā, ja mīklas gatavošanai izmantots tikai raugs, nevis ieraugs. Tas nozīmē, ka, izmantojot ieraugu, 2-metilpropānskābe vairāk koncentrējas maizes garožā, bet, izmantojot raugu, – maizes mīkstumā.

Etiķskābe vairāk identificēta tritikāles miltu maisījuma maizes paraugos, kuru gatavošanai izmantos ieraugs. Kviešu paraugos noteikts lielāks etiķskābes daudzums nekā tritikāles miltu maisījuma paraugos bez ierauga, kaut gan kviešu paraugos etiķskābes daudzums raudzēšanas laikā samazinājās un lielākais tās smailes laukums konstatēts pēc 10 min raudzēšanas. Etiķskābes samazinājumu var skaidrot ar to, ka kviešu mīklas raudzēšanā spiriti un skābes var pārveidoties esteros (*Herraiz and Ough, 1993*). Abas skābes kviešu un tritikāles miltu maisījuma ar un bez ieraugu paraugiem veido skābu, asu un saldu vai sviesta aromātu.



KV – Kviešu milti / *Wheat flour*

FB – Tritikāles miltu maisījums / *Triticale flour blend*

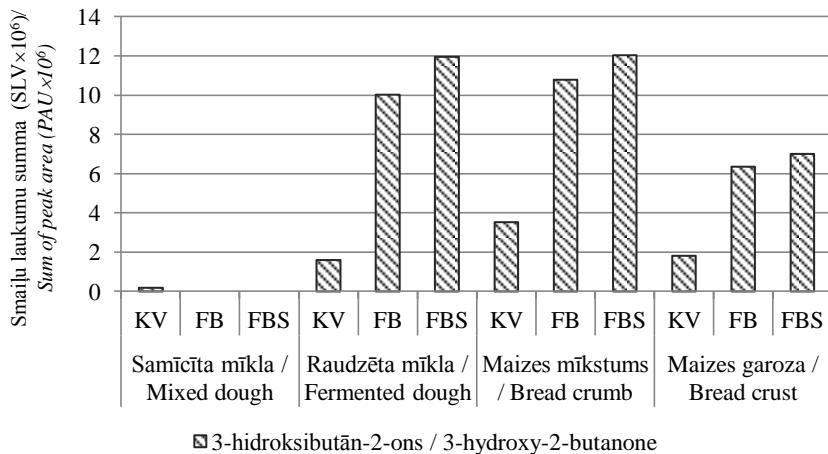
FBS – Tritikāles miltu maisījums un 2-pakāpju ieraugs / *Triticale flour blend and two stage sourdough*

17. att. Etiķskābes un 2-metilpropānskābes sadalījums kviešu un tritikāles miltu maisījuma paraugos /

Fig. 17. Distribution of acetic acid and 2-methyl-propanoic acid in the wheat and triticale flour blend samples

Analizējot ketona (3-hidroksibutān-2-ons) smaiļu laukumu lielumus (18. att.), jāsecina, ka tritikāles miltu maisījuma maizes mīkstumā ar ieraugu un bez ierauga, identificēti lielākie ketona smaiļu laukumi. Ketons 3-hidroksibutān-2-ons veidojas mīklas raudzēšanā (*Hansen and Schieberle, 2005*). Starp raudzētajiem paraugiem un maiizi 3-hidroksibutān-2-onā palielinājums skaidrojams ar to, ka cepšanas sākumā maizes mīkstumā vēl turpinās rūgšanas procesi līdz sasniegta temperatūra, kurā rūgšana tiek pārtraukta, tāpēc šajā laikā vēl pastāv iespēja ketona saturam pieaugt. Samīcītā kviešu mīklā 3-hidroksibutān-2-ons identificēts, bet tritikāles miltu maisījuma samīcītas mīklas paraugos ketons nav identificēts. Raudzēšanas laikā tā pieaugums ir no 10 līdz 11 reizēm. Ketons 3-hidroksibutān-2-ons kviešu un tritikāles miltu maisījuma ar ieraugu un bez ierauga paraugiem piešķir izteiktāku sviestu, krēma aromātu.

Jāsecina, ka gaistošo vielu kvalitatīvais un kvantitatīvais saturs veidojas plašāks, ja tritikāles miltu maisījuma mīklas gatavošanā izmanto 2-pakāpju ieraugu. Mīklas un maizes paraugos gaistošo vielu spektrs ir atšķirīgs, un katrā maizes gatavošanas tehnoloģiskajā posmā no jauna izveidojušās gaistošās vielas atbild par produkta aromātu.



KV – Kviešu mīkla / *Wheat flour*

FB – Tritikāles mīkla maisījums / *Triticale flour blend*

FBS – Tritikāles mīkla maisījums un 2-pakāpju ieraugs / *Triticale flour blend and two stage sourdough*

18. att. 3-hidroksibutān-2-ons smaiļu laukumi kviešu un tritikāles mīklu maisījuma paraugos /

Fig. 18. Peak areas of 3-hydroxy-2-butanone in the wheat and triticale flour blend samples

Tomēr tādas gaistošās vielas kā pent-4-ēn-2-ols, 3-metilbutān-1-ols, 2-metilpropāns-1-ols, 3-hidroksibutān-2-ons, 2-metilpropānskābe un etiķskābe veido pamata aromātu kviešu, tritikāles mīkla maisījuma mīklai un maizei ar un bez ierauga, jo tās identificētas visos maizes gatavošanas posmos. Līdz ar to var secināt, ka mīklas un maizes aromāts galvenokārt ir augļu, iesala, spirta, sviesta, krēma un skābs.

SECINĀJUMI

1. Pētītajos miltos olbaltumvielu saturs ir no $6,46 \pm 0,01\%$ (pilngraudu rudzos) līdz $11,79 \pm 0,04\%$ (pilngraudu kailgraudu miežos), bet tritikāles miltu maisījumā – $8,75 \pm 0,08\%$. Šķiedrvielu saturs ir no $5,98 \pm 0,01\%$ (rīsos) līdz $17,71 \pm 0,14\%$ (pilngraudu kailgraudu miežos), tritikāles miltu maisījumā – $13,69 \pm 0,01\%$.
2. Mīklas veidošanās laiku, stabilitāti un mīklas noturību būtiski ietekmē ($p=0,02$) graudauga veids, tritikāles un citu miltu attiecības maisījumā.
3. Par optimālo tritikāles miltu maisījuma sastāvu atzīts paraugs, kurā 60% ir pilngraudu tritikāles milti un 40% pārējie milti - pilngraudu kailgraudu miežu, pilngraudu rudzu, kukurūzas un rīsu.
4. Pilngraudu tritikāles, pilngraudu rudzu, pilngraudu kailgraudu miežu, rīsu, kukurūzas miltos un tritikāles miltu maisījumā identificētās gaistošās vielas veido spirti, karbonskābes, aldehīdi, terpēni un alkāni.
5. Pent-4-ēn-2-ols, 3-metilbutān-1-ols, 2-metilpropān-1-ols, etiķskābe, 3-hidroksibutān-2-ons un 2-metilpropānskābe ir galvenās vielas, kas identificētas visā kviešu maizes tehnoloģiskā procesā, veidojot augļu, iesala, spirta, sviesta, krāma un skābu aromātu.
6. Tehnoloģiskā procesa parametru modifikācijai ir būtiska ietekme ($p=0,02$) uz mīklas un maizes fizikālajiem un ķīmiskajiem rādītājiem.
7. Temperatūra un laiks tritikāles miltu maisījuma maizes gatavošanā būtiski ietekmē ($p=0,03$) identificēto gaistošo vielu kvalitatīvo un kvantitatīvo sastāvu.
8. Tritikāles maizei ar 2-pakāpju ieraugu ir izteiktāks aromāts, jo to veido daudzveidīgāks gaistošo vielu spektrs.
9. Pētījumā iegūtie dati apstiprina izvirzīto hipotēzi – tritikāles milti ietekmē mīklas reologiskās īpašības un gaistošo vielu profili tehnoloģiskajā procesā.

PRIEKŠLIKUMI

1. Lai iegūtu kvalitatīvu tritikāles miltu maisījuma maizi, tad tās gatavošanai jāizmanto 2-pakāpju ieraugs 30% apmērā no kopējā miltu daudzuma.
2. Optimālie tehnoloģiskie parametri tritikāles miltu maisījuma maizes gatavošanai ir:
 - mīcīšanas laiks – 8 min, mīklas temperatūra – 25°C ;
 - raudzēšanas laiks – 30 min, raudzēšanas temperatūra – 35°C ;
 - cepšanas laiks – 45 min, cepšanas temperatūra – 200°C .

TOPICALITY OF THE RESEARCH

Cereal products play an important role in the everyday nutrition of consumers. Wheat, corn and rice are among the leaders in the worldwide (*Bushuk, 2001*). More and more widely used are becoming such crops as triticale and hull-less barley because it is known that triticale is rich in fibre and protein, barley rich in fibre, especially β -glucan. Rice flour is widely used for production in China, Japan, India and Thailand but maize flour is more used in the USA. In Latvia for the production of bread we very rarely use triticale, barley, rice, and maize. That is the reason why we have to look for possible solutions how to use our own triticale and hull-less barley by increasing the usage of various crops in the production of flour, thus diversifying the assortment and increasing the nutritive value of food. Bread contains approximately 45–55% of carbohydrates, 6–10% of protein and 1–2% of fats although their contents depend on the particular grain used. In our diet the healthiest bread is the one made of coarse ground flour as it is not only a source of energy but as well rich in fibre, mineral compounds, and vitamin B group thus the consumers are more inclined towards the products made from whole grain flour (*Poutanen, 1999; Poutanen and Liukkonen, 2000; Mälkki and Virtanen, 2001; Calvel et al., 2001*).

Triticale, hull-less barley, rice and maize belong to cultivated grains which is not bread cereal. The common factor for these grains is that their protein does not form gluten. Therefore these cereals make dense, heavy, sticky and difficult to handle dough and loaf volume, after the baking, is small and the bread crumb is dry and crumbly. (*Calvel et al., 2001*). In order to use these cereals in the production of bread we have to study the rheological properties of the flour and find the ways of improvement. In the study of the rheological properties of the flour we usually test the flour's absorption of water, the time required for the dough to develop and its stability. It is all done by the help of different devices (*Catterall and Cauvain, 2007; Dapčević-Hadnadev et al., 2011*).

When consumers evaluate the quality of bread they pay attention to its appearance, volume, color, taste, and aroma. In development of the possibilities of analytical research, in the recent years it has been discovered that the products of bread can have up to 500 aroma compounds (alcohols, aldehydes, ketons, esters, pyrazines, pyrrole etc). The components of bread aroma are formed in the production of flour, although 90% of the aroma is developed in direct influence of the heat during the baking process (*Hansen and Schieberle, 2005*). In the determination of volatile compounds there are used many different devices and methods but one of the most popular methods is the solid phase micro-extraction (SPME) together with gas chromatograph and mass spectrometer (*Ruiz et al., 2003; Poinot et al., 2008; Vernocchi et al., 2008; Jensen et al., 2011*).

The flour quality parameters and the qualitative and quantitative composition of volatile compounds can change during the technological processes therefore we have to consider the changes in dough during the processes of mixing, fermenting and finally baking. In the world the scientific literature discusses the researches of the

wheat and rye bread quality and composition of volatile compounds but there are no such researches on triticale and triticale bread. Therefore we have to make researches on the usage of triticale in the production of bread as well as study the changes of quality and the profiles of volatile compounds during the technological process of bread making.

Hypothesis of the Research: the use of triticale flour in bread making provides opportunity to obtain a good quality product with odorous aroma.

The hypothesis of the present doctoral thesis is supported by the following **thesis**:

1. type of flour and flour proportions in triticale flour blend affect the rheological properties and chemical composition;
2. volatile compounds qualitative and quantitative composition in flour is formed by alcohols, acids, aldehydes, terpenes and alkanes;
3. volatile compounds qualitative and quantitative composition changes in the wheat dough and bread technological process;
4. temperature and time have significant effect on triticale flour blend dough production;
5. the modification of technological parameters has significant effect on quantitative and qualitative composition of volatile compounds in triticale flour blend bread production;
6. sourdough strongly affects the quality of the bread and the qualitative and quantitative composition of volatile compounds.

Object of the Research: triticale flour blend and bread made from the blend.

Aim of the Research: is to investigate the usage opportunities of triticale flour and the changes in the qualitative and quantitative composition of volatile compounds in bread production.

The following **tasks** have been set to reach the aim of the thesis:

1. evaluate rheological properties, physical and chemical parameters and composition of volatile compounds in triticale, hull-less barley, rice and maize flour;
2. determine optimum proportions of different grain flour in triticale flour blend considering its rheological properties;
3. analyze the qualitative and quantitative composition of volatile compounds in wheat bread production;
4. evaluate the effect of technological parameters on quality of triticale flour blend dough and bread;
5. analyze the qualitative and quantitative composition of volatile compounds in bread production from triticale flour blend;
6. analyze effect of sourdough on the qualitative and quantitative composition of volatile compounds in triticale flour blend bread made by using sourdough.

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

1. Produced flour blend of whole grain triticale, hull-less barley and rye, rice and maize.
2. Researched triticale flour blend dough and bread property changes in the technological process of production.
3. Researched aroma-forming compounds qualitative and quantitative changes in technological process of triticale flour blend bread production.

The **economic significance** of the doctoral thesis – found solutions to triticale and hull-less barley usage for new fibre rich products' manufacturing in Latvia.

APPROBATION OF THE RESEARCH

The **study results are summarised and published** in eight reviewed scientific issues in English, including three publications in the international citation database SCOPUS. The obtained research results are included in one monographs chapters and sub-chapters (list on pages 6–7).

The results of the research work **have been presented** in eleven international conferences and congresses in Latvia, Greece, Italy, Russia, Lithuania, Serbia, Spain and Germany, as well as three exhibitions – international Euroscience Open Forum (ESOF) exhibition in Dublin and international food exhibition „Riga Food 2010, 2011” (list on pages 7–8).

MATERIALS AND METHODS

Time and place of the research

Experiments have been carried out during the period from 2010 to 2014.

Research have been carried out in:

- Faculty of Food Technology at the Latvia University of Agriculture, Department of Food Technology:
 - ✓ Quality Testing Laboratory of Packaging Materials (hardness, colour, composition of volatile compounds);
 - ✓ Laboratory of Food Products named after prof. P. Delle (reological properties of flour, fibre and protein content);
 - ✓ Laboratory of Bread Technology (moisture, pH, acidity, baking test, bread mixing, fermentation and baking).
- Scientific Institute of Food Safety, Animal Health and Environment „BIOR” (mycotoxins in flour – T2 toxin, deoxynivalenol, zearalenone).

The materials used in the research

The researched grain - triticale (variety ‘Inarta), rye (variety ‘Kaupo’), and hull-less barley (variety ‘Irbe’) were bred in The State Priekuli Plant Breeding Institute. Rice and maize flour was purchased in Lithuania - Limited Company „Ustukiu Malunas” but the flour of wheat (type 405) was purchased from joint-stock company „Dobeles dzirnavnieks.” The raw materials used in the production of bread: the flour of wheat (type 405), the blend of triticale flour, drinking water, dry yeast, salt, sugar, two stage sourdough, sourdough *Sapore Fidelio*.

The descriptions of flour blends used in the research are shown in Table 1. Triticale, rye and hull-less barley used for study were ground in a laboratory mill "Hawos" (Hawos Kornmühlen GmbH, Germany), obtaining whole grain flour.

Structure of the research

The common fibre, protein content, rheological properties and volatile qualitative and quantitative composition were detected in the flour and flour blend during the study (Figure 1).

The research scheme and performed analysis of flour blend (60:40) dough mixing, fermentation and baking are shown in the Figure 2. There were selected four different times (6, 8, 10 and 15 min) and three different dough temperatures (20 ± 2 , 25 ± 2 and 32 ± 2 °C) for the dough mixing. After dough mixing there were evaluated its sensory properties (consistency, extensibility and stickiness) and carried out analyses according to the scheme in Figure 2. Sensory evaluation was carried out by the expert group – five trained assessors.

After sensory evaluation for fermentation there were selected three samples, which were mixed 6 min, dough temperature 32 ± 2 °C, 8 and 10 min, dough temperature 25 ± 2 °C. For the fermentation there were selected three fermentation times (10, 20 and 30 min) and three fermentation temperatures (30 ± 2 , 35 ± 2 and 40 ± 2 °C).

There were selected the following mixing conditions – 8 and 10 min, dough temperature 25 ± 2 °C and the fermentation temperature 35 ± 2 °C for the experiments that are related to baking. There were chosen three times (30, 45 and 60 min) and three temperatures (160 ± 10 , 200 ± 10 and 240 ± 10 °C) for the baking.

Determination methods of quality parameters

The methods for evaluation of quality, physical-chemical parameters and volatile compounds composition in the doctoral thesis are summarized in Table 2.

The abbreviations of samples used in the research

For the data interpretation of the researched samples, the samples have been codified. The code of samples consists of letters and numbers which characterize particular indices of processes and parameters.

For example:

- M8-T25 – sample of mixed dough, where M8 is the time of mixing (8 minutes) and T25 the temperature of dough 25 °C
- M8-R10-T35 – sample of fermented dough, M8 dough mixed 8 minutes, R10 fermented 10 minutes, T35 the temperature of fermentation 35 °C. In fermentation the temperature of dough is the same as for the given sample of dough;
- M8-C45-T200 – sample of bread mixed 8 minutes (8M), C45 – baked 45 minutes, T200 – temperature in oven. The temperature of bread dough sample is accordingly 25 °C, the time of fermentation 30 minutes, the temperature of fermentation 35 °C.

The letters KV, TSK and SF used in samples mean:

- KV – wheat dough and bread
- TSK – dough and bread with two stage sourdough
- SF – dough and bread with *Sapore Fidelio* sourdough

Data mathematical processing

The analysis of data is done in accordance with mathematical statistical methods. The figures and tables are created in MS Excel software. The Principal component analysis (PCA) done using MultiBase2014 statistics program. The hypotheses proved with interpreted p-value (factors estimated as significant if p-value < $\alpha_{0.05}$) and the criterion of Fisher. In the interpretation of results it is assumed that $\alpha = 0.05$ with credibility of 95%, if not stated otherwise. If required in the data processing the two-factor variance analysis (ANOVA) is carried out to estimate the interaction of two different factors.

All acquired results are calculated for arithmetical average and standard deviations.

THE RESULTS AND DISCUSSION

1. The analysis of quality indices of flour and flour blend

For the analysis of the rheological properties the author has used wheat, whole grain triticale, whole grain hull-less barley, whole grain rye, maize, rice flour and four flour blends where the triticale ratio to other flour blends is 90 (triticale) : 10 (other blends); 80 : 20; 70 : 30; 60 : 40. In order to get homogenous wheat dough consistency - wheat flour require 2.40 ± 0.07 min, triticale flour 5.95 ± 0.08 min but triticale flour blend, with ratio 60 : 40, for mixing of dough is required 4.74 ± 0.07 min. Triticale flour blend dough development time is significantly ($p=0.02$) affected by triticale and other flour proportions in the blend. By decreasing the amount of triticale in the blend the dough development time decreased as well, thus in production it would take significantly less time to mix dough.

Good quality dough stability must be between 4 to 12 minutes (*Koppel and Ingver, 2010; Moreira et al., 2011*). During the wheat dough development time gluten creates dough of elastic consistency therefore wheat flour had the longest dough stability time, which according to Farinograph is 9.24 ± 0.04 but Mixolab – 10.21 ± 0.07 minutes. Triticale flour dough stability time is from 3.66 ± 0.12 (Farinograph) to 3.89 ± 0.09 (Mixolab) minutes which indicates that triticale flour cannot provide us with good quality dough. However, triticale flour blend (60 : 40) provides us with a possibility of good quality dough because the dough stability is above 7 minutes. The dough stability of triticale flour blend is significantly increased ($p=0.03$) by the amount of other flour in a blend.

When comparing triticale flour and triticale flour blend dough time to breakdown during the time of mixing, it is possible to conclude that it is significantly affected

($p=0.02$) by the amount of added other flour in a blend – when the proportion of other flour increases, dough time to breakdown increases as well (Figure 4).

Dough time to breakdown during the mixing of triticale flour blend D (60:40) increased by 2.72 minutes (A – 9.53 min, D – 12.25 min) providing better dough quality – the dough is more consistent in comparison to other dough blends researched. Thus we can conclude that if we increase the proportions of other flour in triticale blend – the stability and time to breakdown of dough increases but dough development time decreases. The decreased dough development time is a good aspect for the bread makers as it means less time for the mixing.

The optimum falling number for the production of rye bread is considered to be 160–180 s. wheat – 220–260 s (*Henry and Kettlewell, 1996; Hruškova et al., 2004*). In the research the falling number of wheat is determined as 230.50 ± 1.41 s which, according to literature, is the most optimal number. Triticale blend has shown low falling number – 67.50 ± 0.71 s which shows high activity of α -amylase in the flour. Thus we can make a prognosis that the bread-crumb will be raw, sticky – like it has not baked enough. By adding hull-less barley, wheat, rice and maize flour to the triticale flour, all the samples of analyzed flour blends experienced the increase of falling number (A – 75.00 ± 1.41 s to D – 183.50 ± 2.12 s). The falling number significantly increased (0.015) when the amount of triticale flour decreased.

By analyzing the rheological indices and the falling number - in the further research there is used the triticale flour blend (D) where 60% is whole grain triticale flour and 40% other flour (whole grain hull-less barley, maize, wheat, rice) blend.

The study of protein, fibre and mycotoxins

When analyzing protein content (Figure 5) its highest value was found in hull-less barley flour – $11.79\pm0.2\%$, type 405 wheat flour – $10.3\pm0.3\%$ and triticale – $9.78\pm0.1\%$. The least protein content was found in the rye flour ($6.46\pm0.1\%$). The protein content in the triticale flour is $8.75\pm0.1\%$ which is medium indicator among the researched samples. The protein content of triticale flour blend is similar to wheat flour but when analyzing the fibre content (Figure 6) in the flour blend – it is 5 times higher than in type 405 wheat flour. The most fibre content was found in hull-less barley flour – $17.71\text{ g }100\text{ g}^{-1}$ – and in triticale flour – $14.31\text{ g }100\text{ g}^{-1}$. The least fibre content was found in the rice flour – $5.98\text{ g }100\text{ g}^{-1}$.

In the rye flour there was found $11.47\text{ g }100\text{ g}^{-1}$ fibre and thus we can conclude that it is rich in fibre. In the flour blend (ratio 60 : 40) there were found $13.69\text{ g }100\text{ g}^{-1}$ fibre, from which we can conclude that the created blend has high fibre content because the food products with fibre content from 10 to $20\text{ g }100\text{ g}^{-1}$ is considered to be rich in fibre. (*Buttriss and Stokes, 2008*).

As the basis for triticale flour blend is various whole grain flours then the author determined the content of deoxynivalenol, zearalenone and T-2 toxin in the flour. In the samples the content of deoxynivalenol, zearalenone and T-2 toxin did not exceed the limit set by regulation of the EC No 1881/2006 which sets maximum levels for certain contaminants in foodstuffs.

The qualitative and quantitative analysis of volatile compounds composition

For flour and triticale flour blend has been determined the qualitative and

quantitative content, where 13 from the identified volatile compounds are alcohols, 3 esters, 4 aldehydes, 6 carboxylic acids, 5 terpenes, 4 alkanes, 1 cycloalkane, 1 amine, 1 aromatic amine, 1 heterocyclic organic compound, 1 alkene, 1 terpenic alcohol, 1 lactame and 1 amino acid. In the rye, rice and maize flour the highest peak areas have been identified for hexanal which is described as green grass smell or the smell of greens. The least peak areas of hexanal have been identified for triticale, hull-less barley and triticale flour blends. The second most abundant compound after the peak area which has been identified in the flour of triticale blend, whole grain triticale and rye flour is hexan-1-ol, which adds the smell of green grass. In the flour blend hexan-1-ol has been identified with the highest peak area. In the flour of whole grain triticale flour have been identified 28 volatile compounds, in whole grain rye flour - 24, in whole grain hull-less barley flour - 17, in rice flour - 22, in maize flour - 27, and in flour blend - 31 volatile compounds.

2. The analysis of quality and volatile compounds in the technological processes of wheat bread production

For centuries wheat bread has been popular in the world and this popularity is because of the sensory and structural properties (*Patel et al.*, 2005). During the mixing, fermenting and baking bread production process occurs changes of physical and chemical parameters and in the crumb and crust of bread appear volatile compounds, thus the qualities of the bread change (*Cauvain*, 2003, *Ktenioudaki et al.*, 2010).

The changes of physical and chemical parameters in wheat dough and bread

In the mixing an important role plays the temperature of dough because it influences not only the development time and the fermentation but also the processing qualities of the dough and the quality. In scientific literature it has been discussed that the most optimal temperature for wheat dough is from 24 °C to 28 °C (*Cauvain*, 2003). The highest moisture content (46.55%) is in wheat dough which is fermented 30 minutes at 35 °C temperature. The moisture content of the mixed dough is $45.08 \pm 0.02\%$. The moisture, in 30 minutes fermented dough, rises by 1.47%, in comparison to just mixed dough. The rise of moisture content could be explained by the fact that it attracts moisture from air because in the fermentation chamber relative moisture of air is set at $85 \pm 5\%$.

Just mixed wheat pH is 5.994 ± 0.004 but acidity – $1.07 \pm 0.07^\circ$ but after 30 minutes of fermentation the pH level has decreased to 5.591 ± 0.010 but the acidity has increased to $2.06 \pm 0.03^\circ$. These changes in the dough could be explained by fermentation when the dough accumulates in it the fermentation products – different acids which form acidic medium. Baker's yeast *Saccharomyces cerevisiae* produces enzymes into the dough which are responsible for the cleavage of carbohydrates until acetic acid, lactic acid etc. (*Sluimer*, 2005).

The volume of wheat dough before fermentation is $201 \pm 1 \text{ cm}^3$ which after 30 minutes of fermentation increased to $249 \pm 2 \text{ cm}^3$. The least volume of dough ($271 \pm 1 \text{ cm}^3$) was identified in dough fermented 10 minutes. After 20 minutes of

fermentation the volume was 405 ± 2 cm³ which is two times as big as in just mixed dough.

The color component L* of wheat bread crumb, which represents lightness of the sample is 78.20 ± 0.19 but the crust was by 24% darker. The color component b* of wheat bread crumb was 41.60 ± 0.05 , but the crust 36.23 ± 0.55 . In the result the crumb and the crust could be described as having color starting from light yellow to light brown. The hardness of wheat bread crumb is 1.96 ± 0.09 N.

The changes of volatile compounds

The development of volatile compounds in dough mixing can be affected by raw materials, its quantity, the temperature of dough and the mixing time. The identification of volatile compounds was carried out in 8 minutes mixing and there were identified 9 volatile compounds.

By evaluating the composition of volatile compounds in mixed dough the highest peak area was found for alcohol – 4-penten-2-ol which has the aroma of fruit. The least peak area was found for carboxylic acid – 2-methylpropanoic acid which forms a sharp, butter or cheese flavour. The second highest peak area was found for 3-methyl-1-butanol which is formed from sourdough in the process of fermentation which gives the dough aroma of whiskey, malt or burning. The identified volatile compounds with a total peak area $(42.03\pm0.32) \times 10^6$ form a bouquet of mixed wheat dough aroma where the dominant aromas are – fruit, wine, butter, whiskey, malt and green grass. Acetic acid respectively adds the sour aroma.

By analyzing the content of volatile compounds in wheat dough after 10, 20 and 30 minutes fermentation there are identified 8 alcohols, 2 aldehydes, 2 ketones, 1 terpen, 1 ester and one carboxylic acid. After the 10 minutes of fermentation there were identified 11 volatile compounds. After 20 minutes – 12, and after 30 minutes – 15 volatile compounds. The development of volatile compounds is connected with the raw materials chemical reactions in the dough and the fermentation process. By fermenting the wheat dough at 35 °C the peak areas of volatile compounds increase but the area of acetic acid decreases (after 10 minutes $(1.92\pm0.11) \times 10^6$, after 30 min – $(1.51\pm0.08) \times 10^6$). The decrease of acetic acid could be explained by the fact that during the wheat dough fermentation alcohols and acids could turn into esters. Ethylacetate which was identified after 20 and 30 minutes of fermentation is ester – the product of chemical reactions from alcohol and acetic acid (*Herranz and Ough, 1993*). The peak area of ethylacetate in wheat dough, fermented 30 minutes, increased 2.6 times – in comparison with dough fermented 20 minutes. After 30 minutes there were identified 3 volatile compounds (1-octanol, caryophyllene and acetophenone), which were not identified in the samples, fermented 10 and 20 minutes. Principal components analysis of volatile compounds (in dough samples) fermented for different times are shown in Figure 7.

The principal components analysis component PC1 data set shows the influence of fermentation time but PC2 shows the dispersion of volatile compounds in dough samples (Figure 7). In the result of sourdough metabolism is formed 3-methyl-1-butanol which adds the aroma of malt for the fermented dough. All the

identified volatile compounds add to the wheat dough particular aroma consisting of several components. For example, 2-methyl-1-propanol forms the aroma of whiskey, 4-penten-2-ol – fruity, 1-pentanol – sweet, 3-hydroxy-2-butanone – butter or yoghurt, 1-hexanol – green grass, but 2-methylpropanoic acid forms significantly sweet, butter aroma (Schieberle, 1996; Zhou *et al.*, 1999; Kulp *et al.*, 2003).

The distribution of volatile compounds in the crumb and crust of bread is shown in Table 3. From the identified volatile compounds in the crumb and crust of bread the most abundant ones were alcohols, aldehydes and acids. In the crumb and crust of wheat bread there were identified 25 volatile compounds. The peak areas of volatile compounds (4-penten-2-ol, 3-methyl-1-butanol, 2-methylpropanoic acid, hexanoic acid, ethanol, 2-methyl-1-propanol, 1-pentanol, 1-hexanol, 1-octen-3-ol, phenylethyl alcohol and benzaldehyde) in the crust of bread are less than in the crumb of bread. During the time of baking the peak areas of ethylacetate decreased 3.4 times (in comparison with the fermented dough) which could be explained by the high level of the volatility of the substance (Kulp and Lorenz, 2003; Bianchi *et al.*, 2008).

The peak areas of volatile compounds (2-methyl-butanal, 3-methyl-butanal, ethylacetate, octane, acetic acid, propanoic acid, 1-propanol, 2-butanone, 3-hydroxy-2-butanone, 2-methylfuran, 2-pentylfuran, furfural, maltol and pyrrole) in the crust of bread are bigger than in the crumb of the bread which could, possibly, be explained by the fact that some compounds appear during the baking process when the caramelization of sugars takes place, Strecker degradation - carbon-compounds turning into aldehydes. As well as non-fermentative browning - the Maillard reaction can form furans (2-methylfuran, 2-pentylfuran), maltol, furfural, pirazine and pyrrole (Frasse *et al.*, 1993; Martinez-Anaya, 1996; Daigle *et al.*, 1999; Hansen and Schieberle, 2005; Pozo-Bayon *et al.*, 2006). In total the peak areas identified in the crumb of wheat bread are less than in the crust.

3. The analysis of quality and volatile compounds in the technological processes of triticale flour blend bread production

There have been few scientific researches in the world and Latvia about the triticale bread making and its technological processes (Peña and Amaya, 1992; Salmon *et al.*, 2004; Sabovics and Straumite, 2012). But we have to carry out additional researches on the increase of triticale flour baking qualities and see how they change during the technological process of bread making.

The changes of sensory qualities in triticale flour dough blend during its mixing

After the evaluation of sensory qualities of triticale flour blend dough we can conclude that good qualities are in those samples which were mixed for 6 minutes (the temperature of dough 32 °C) and 10 minutes (the temperature of dough 25 °C). But the best sensory qualities are in dough mixed 8 minutes (the temperature of dough 25 °C). Samples, where the temperature of dough was 20 °C and the mixing time 6, 8 and 10 minutes were hard, solid and difficult to work with. The samples which were mixed 15 minutes were sticky and at the end of mixing stuck to the mixer which means that the mixing time of 15 minutes is too long. Triticale flour blend dough (mixed 8 and 10 minutes) - the temperature of dough 32 °C – was

sticky, which means that the temperature of dough was too high and the mixing time too long. Thus if you choose longer period of time for the mixing, you have to choose lower temperature for the dough.

By analyzing the data, for the further research on dough fermentation there has been chosen the samples with the mixing time of 6 minutes (the temperature of dough 32 °C), 8 min (the temperature of dough 25 °C) un 10 min (the temperature of dough 25 °C).

The changes of physical and chemical parameters

pH, acidity, moisture and the water activity in triticale flour blend dough is shown in Table 4. By analyzing pH, acidity and moisture of triticale flour blend dough (during the mixing time) we can conclude that the mixing time has an important ($p<0.05$) influence on the changes of pH ($p=0.01$), acidity ($p=0.03$) and moisture ($p=0.01$). The changes of physical and chemical parameters of the mixed dough are also influenced by the temperature of dough because as we see in Table 4 sample M6-T32 has higher level of acidity and moisture but M8-T25 –lower acidity and higher pH – if we compare it to other two samples. M8-T25 moisture is similar to M10-T25 sample ($46.00\pm0.03\%$) but lower than M6-T32 sample ($46.38\pm0.01\%$). The water activity in all the samples of mixed dough was similar (0.955 ± 0.001).

By increasing the time and the temperature of dough fermentation, there are provided good conditions for the yeast development which is resulting in the appearance of CO₂ gas in the dough thus increasing the dough volume. In Figure 8 are shown the changes in the volume of triticale flour blend dough during the fermentation. After the acquired results it can be seen that the capacity of dough has increased the most in samples M6-R30-T40 and M10-R30-T40 (Figure 8). The volume of dough in sample M6-R30-T40 increased by $128\pm2\text{ cm}^3$ by the end of fermentation reaching $330\pm3\text{ cm}^3$ (Fig. 8). The least increase in dough volume was observed in samples that were fermented at 30 °C. Triticale flour blend dough samples fermentation time and the temperature has important influence ($p<0.05$) on the changes of volume during the fermentation time. After analyzing the acquired data it is possible to conclude that the best fermentation temperature for triticale flour blend is between 35 and 40 °C. If the used temperature for fermentation is 30 °C then fermentation time should be increased or one should use dough with the temperature above 25°C. If we compare the acquired data with wheat dough then the volume of fermented wheat dough is on average bigger by 120 to 144 cm³ than in the triticale flour blend dough samples.

After the analysis of moisture, acidity and pH in triticale flour blend dough during the mixing time, it can be concluded that the mixing time and temperature of dough has significant influence on moisture ($p=0.03$), acidity ($p=0.02$) and pH ($p=0.03$) changes. All the examined samples during the fermentation time had an increase in moisture from $45.98\pm0.05\%$ to $47.42\pm0.04\%$, the acidity of dough also increased from $1.78\pm0.05^\circ$ to $4.05\pm0.05^\circ$ but pH decreased from 5.745 ± 0.083 to 4.961 ± 0.091 . When comparing the acidity of triticale flour blend dough with wheat dough one can see that acidity of triticale flour blend dough is from 1.12° to 1.99° higher than,

which could be explained by the fact that wheat and barley flour used in triticale flour blend dough are whole grain flour containing more acid.

In the triticale flour blend bread baking time the least loss of moisture in comparison with the fermented dough before baking were found in samples M8-C45-T160 (2.32%) and M10-C45-T160 (2.46%) but the highest loss of moisture was found in samples M8-C45-T240 and M10-C45-T240 baked for 45 min at temperature 240 °C. These samples experienced the loss of moisture by 5.04% and 4.91%.

The values of bread crumb and crust colors (at different temperatures) are shown in Table 5. The color values of the crust and crumb of bread are significantly influenced ($p=0.03$) by the time and temperature of baking. The time and temperature of baking does not significantly influence ($p=0.06$) the lightness of the bread-crumb but significantly influence ($p=0.02$) the color of crust. There is a difference in colors of crust and crumb – the color becomes darker when the time and temperature of baking is increased. This happens because at higher temperatures takes place caramelization and Maillard reaction. (*Martins et al., 2000*).

The bread-crumb samples during the day of baking (after cooling) were analyzed for stickiness and hardness. The softest (7.35 ± 0.95 and 7.79 ± 0.82 N) bread-crumb was found in triticale flour blend samples baked at 160 °C for 45 minutes but the hardest bread-crumb was found in triticale flour blend samples baked at 240 °C for 45 minutes. If we compare samples M8-C45-T160 and M8-C45-T240 then the sample which was baked at 240 °C the crumb part is harder by 12.01 N. After analyzing triticale flour blend crumb after baking for stickiness one can conclude that the stickiest samples are M8-C45-T160 and M10-C45-T160 showing negative force value -0.82 ± 0.06 and -0.79 ± 0.06 N. The analysis of correlation shows that triticale flour blend bread-crumb ($r=-0.983$) and stickiness ($r=-0.981$) has close negative correlation with the content of moisture in bread.

The changes of volatile compounds

In triticale flour blend dough were mostly identified alcohols, giving it the aroma of fruit, fresh grass, whiskey, wine and malt. The highest peak areas of alcohol 4-penten-2-ol were identified in the samples baked at temperature of 32 °C.

After analyzing the results acquired in the mixing, it is possible to conclude that there were identified 13 volatile compounds, 8 of which being alcohols, two carboxylic acids, two terpenes and one aldehyde. All samples had volatile compounds – 4-penten-2-ol, D-limonene, 3-methyl-1-butanol, 1-hexanol, heptanol, 1-octen-3-ol, acetic acid, 2-methylpropanoic acid and carvone. The principal component analysis variation of PC1 shows the influence of fermentation temperature and time but PC2 represents the volatile compounds dispersion in different samples of fermented dough (Figure 9). By increasing the mixing time and the temperature of triticale flour blend, volatile compound's quantitative and qualitative content increases as well. Especially it is seen with alcohols.

In the process of fermentation there were identified 16 volatile compounds (Figure 10). In all samples of fermented triticale flour blends the highest peak areas were found for five alcohols (4-penten-2-ol, 1-hexanol, 4-amino-1-pentanol,

3-methyl-1-butanol and 2-methyl-1-propanol) and one ketone – 3-hydroxy-2-butanone. These volatile compounds are intensively formed during the alcoholic fermentation. They add to the samples the aroma of fruit, wine, whiskey, malt, burning, green grass and fermented products. The peak areas of alcohols ((Z)-2-penten-1-ol, (E)-3-nonen-1-ol, phenylethylalcohol), acids (2-methylpropanoic acid, 2-(aminoxy)-propanoic acid) and terpenes D-limonene in all samples are less than 1×10^6 and if compared to other volatile compounds it is small amount. If the temperature and time of fermentation increases, the peak area of D-limonene decreases. It was found out that the peak area of carvone increases but the peak area of D-limonene decreases when the time and temperature of fermentation increases. If we compare the mixed and fermented samples of dough and their sums of the peak area, the fermented dough has 16 times (M8-R30-T30) up until 50 times (M6-R30-T40) more than in the mixed dough.

In the crumb and crust of bread there were identified 26 volatile compounds (Figure 11). The principal component analysis variation of PC1 shows the influence of baking time and temperature but PC2 shows the dispersion of volatile compounds in bread crumb and crust samples. Dough baking time and the temperature have significant influence ($p < 0.05$) on the peak areas of volatile compounds. The highest spectrum of volatile compounds was found in the crust (mixing time 8 and 10 minutes) baked for 45 minutes at temperature of 240 °C. These samples have such compounds as methylpirazine, 2-pentylfuran, hexanoic acid, maltol, 5-methyl-2-furfural, furfural, 2-furanmethanol, 3-hydroxy-2-butanone, acetic acid and heptanal (Figure 11). The same compounds were found less in the samples baked at lower temperature.

In all the bread samples baked at three different times and temperatures were identified 13 common volatile compounds, which were identified in the bread-crumb and bread-crust – 7 alcohols, two aldehydes, two acids, one terpene and one ketone. From all the identified volatile compounds (in the samples of triticale flour blend) the highest areas of peak were identified for three alcohols 4-penten-2-ol, 3-methyl-1-butanol, 1-hexanol the areas of peak being bigger in the crumb than in the crust. But there is a tendency that by increasing the baking temperature the areas of peak in the crumb and crust decrease – this could be connected with volatility of alcohol.

4. The analysis of quality and volatile compounds in the technological processes of triticale flour blend bread with sourdough

The use of sourdough in the production of bread provides better texture of dough and bigger volume as well enriching the bread aroma and taste (Clarke *et al.*, 2004; Park *et al.*, 2006).

In the research for the production of dough there are used two types of sourdough: one sourdough is made using triticale, rye flour and sourdough starter culture (two-stage sourdough), but the second – sourdough *Sapore Fidelio* which is ready to use. After the mixing and analyzing both samples one can conclude that they

have good quality. The consistency of dough is soft, easy to form, stretching – like in the case of rye bread, as well it gets stuck little bit to the mixer and hands.

During the fermentation the moisture of dough with two-stage sourdough increased by 1.01% but dough with *Sapore Fidelio* sourdough by 0.42%. After analyzing the changes of moisture, the most intensive vaporization of moisture during the fermentation has happened in the sample with two-stage sourdough, where in between 30 minutes of fermented dough and bread the decrease of moisture is 3.59% but from bread with *Sapore Fidelio* sourdough the loss of moisture is less – 2.41% (Table 6). When the moisture content increases, the water activity increases too. The water activity of dough and bread is on average from 0.955 ± 0.001 to 0.972 ± 0.002 .

The higher acidity is provided using *Sapore Fidelio*, but we have to consider its influence on the taste – not always the increased acidity provides good baking qualities positively influencing the taste.

Volume of just mixed triticale flour blend dough with two-stage sourdough is 202 ± 1 cm³ but after 30 minutes of fermentation it increased two times reaching 418 ± 2 cm³. The dough with sourdough *Sapore Fidelio* increased its volume 1.6-fold after 30 min fermentation. The triticale flour blend dough without sourdough volume, after 30 minutes of fermentation, showed 314 ± 3 cm³, thus we can conclude, that by using sourdough, we can increase dough volume by 13 to 25%, in the same fermentation conditions.. By analyzing the acquired data one can conclude that the usage of two-stage sourdough improves the fermentation, respectively increasing the volume of dough and bread as well, but using sourdough *Sapore Fidelio* it is possible to guarantee higher acidity.

The color of crust and crumb of triticale flour blend bread with sourdough, in system of L*a*b*, could be described as light brown to brown. The used sourdough has no significant influence ($p=0.06$) on the color of triticale flour blend bread crust and crumb.

By analyzing the hardness and stickiness of triticale flour blend bread crumb it was concluded that the used sourdough has significant effect ($p=0.02$). Hardness of sample TKS-M8-C45-T200 is 12.05 ± 0.25 N, stickiness – is 0.96 ± 0.04 N but hardness of sample SF-M8-C45-T200 is 14.01 ± 0.37 N stickiness - 0.60 ± 0.03 N. After the analysis of the acquired data it is possible to conclude that physical qualities of triticale flour blend with two-stage sourdough improved – the crumb of bread became softer and a little bit sticky, because the crumb has bigger moisture content.

The changes of volatile compounds

By using different sourdough in the production of bread it is possible to guarantee specific taste and aroma of bread. Bread with sourdough has more volatile compounds that form bread aroma (*Hansen and Hansen, 1996*).

The spectrum of volatile compounds in sourdough is influenced by its type. By analyzing the qualitative and quantitative contents in two-stage sourdough there were identified 11 volatile compounds but in sourdough *Sapore Fidelio* – 9 compounds.

Five volatile compounds were identified in both sourdough types – ethylacetate, 4-penten-2-ol, 3-methyl-1-butanol, isoamyl acetate and acetic acid.

The principal components analysis of volatile compounds with two-stage sourdough and *Sapore Fidelio* and the made dough is shown in Figure 12. The model of principal components analysis shows the dispersion of volatile compounds in two types of sourdough and dough prepared using sourdough (Figure 12). In sourdough *Sapore Fidelio* the bouquet of aroma is sweet, pineapple (ethylacetate), fruit (4-pent-2-ol), banana (isoamyl acetate), pear (butylacetate), malt (3-methyl-1-butanol), alcohol (dimethyl carbonate), sharp, acid-like (acetic acid) and greens (hexanal). However in two-stage sourdough the dominant smells are – sweet, pineapple, fruit, malt, banana, sharp and sour, green grass, greens (1-penten-3-ol), anise, apple (ethyl hexanoate) and honey (phenylethyl alcohol).

Triticale flour blend with sourdough (after mixing time of 10, 20 and 30 minutes) had 14 volatile compounds. The spectrum of volatile compounds in triticale flour blend dough is not influenced by the time of fermentation but it is influenced by the type of sourdough. The fermented dough sample TKS-M8-R30-T35 had three volatile compounds (1-pentanol, 3-methylbutanoic acid and pentanoic acid) which are not found in sourdough *Sapore Fidelio* fermented samples. The highest peak areas of volatile compounds in triticale flour blend dough were found in four alcohols – 4-penten-2-ol, 3-methyl-1-butanol, cyclobutanol and 2-methyl-1-propanol, as well as ethylacetate. Alcohols are formed intensively during the alcoholic fermentation and they add the smell of fruit, malt and alcohol to the fermented samples of dough but ethylacetate forms sweet, pineapple aroma.

By analyzing volatile compounds and their sum of area peaks in fermented dough samples and by comparing the peak areas with the mixed dough samples TKS-M8-T25 and SF-M8-T25 we can conclude that the mixed dough samples are 4 times (compared to the samples mixed 10 minutes) to 10 times (compared to the samples mixed 30 minutes) less than in fermented dough (Figure 13).

In sample TKS-M8-T25 the peak areas of alcohols increase together with the increase of fermentation temperature and time, where from all identified alcohols (after 10 minutes of fermentation) the highest peak area is for alcohol 4-penten-2-ol but after the fermentation of 30 minutes the peak area increased by 1.78. In sample SF-M8-T25 from 10 to 30 minutes fermentation the peak area of alcohol 4-penten-2-ol increased by 1.73. The time of fermentation and the used sourdough has significant effect ($p<0.05$) on the development of volatile compounds and the changes of the peak area during the fermentation. The best way is to use sourdough with various lactic acid bacteria and the associations of yeast starter cultures (*Hansen and Hansen, 1996; Damiani et al., 1996*).

Triticale flour blend bread with different sourdoughs in its crumb and crust showed 32 volatile compounds. The principal component analysis of volatile compounds in the crust and crumb of bread with two-stage sourdough and *Sapore Fidelio* is shown in Figure 14. The principal components analysis variation of PC1 shows the influence of sourdough type, while PC2 represents the volatile compounds in the crumb and crust of bread samples (Figure 14). The used sourdough has

significant influence ($p<0.05$) on the volatile substance's qualitative and quantitative content in the crumb and crust of bread. When using sourdough *Sapore Fidelio* for bread production the following compounds are to develop more acetic acid, butanoic acid and 3-methylbutanal but with two-stage sourdough the crust and crumb of bread show higher peak areas of volatile compounds. From the identified volatile compounds in the crumb of bread the dominant ones are – alcohols, ketones, acids but in the crust – aldehydes and furans.

During the baking the decrease of 4-penten-2-ol could be explained with the vaporization of moisture and alcohol. In sample SF-M8-C45-T200 the 4-penten-2-ol distribution between the crumb and the crust forms 55.88% and 44.12%, respectively. In the bread sample with sourdough *Sapore Fidelio* the peak area of 4-penten-2-ol in the crumb and crust is 1.18 less than in sample SF-M8-R30-R35. The same regularities could be also seen in other identified alcohols in the samples of bread crust and crumb. After the analysis of the content of volatile compounds it is possible to conclude that by using two stage sourdoughs we obtain more various and wider spectrum of volatile compounds, thus the bread has more pronounced aroma.

5. Summary about the dynamics of volatile compounds in the technological process of bread production

After the analysis of qualitative and quantitative contents of volatile compounds in triticale flour blend two compounds (1-octen-3-ol and heptanol) were identified only in the mixed dough but from 32 identified volatile compounds two compounds (hexanal and 1-hexanol) remained in the whole bread making technological process. In just mixed dough, fermented dough and bread creates different spectrum of compounds (due to the different flour) which provides it with specific aroma. Scientists like *Frassé et al.* (1993), *Martínez-Anaya* (1996), *Hansen un Schieberle* (2005), *Pozo-Bayon et al.* (2006) and others have found out that the aroma of bread is mainly formed during the fermenting and baking. After the analysis of the acquired data on volatile compounds spectrum in wheat, triticale flour blend and triticale flour blend with two-stage sourdough during the process of bread making (Figure 15) it can be seen that the highest spectrum of volatile compounds in the compound groups is in the fermented triticale flour blend dough with two-stage sourdough, where with the highest peak area the dominant ones are alcohols.

During the analysis of the spectrum of volatile compounds in triticale flour blend, the highest amount of alcohols was identified in triticale flour blend, but aldehydes (with their highest sum of peak areas) were identified in wheat flour. As triticale flour blend consists of different types of flour, therefore it also showed the highest sum of peak areas with different compounds – having such compounds as alkanes, terpenes and esters.

In the mixed wheat flour blend dough and in the same type of fermented dough – the aldehyde group was identified less – if compared with triticale flour blend flour. The differences of aroma in flour and dough could be explained by the fact that in the making of dough the makers use water, which is 68% of the flour, and other raw materials, which can change the spectrum of volatile compounds in the dough. The

appearance of alcohols happens mainly during the fermentation process, where in triticale flour blend dough we identified the highest sum of peak area of alcohols. The difference in alcohol amount and spectrum could be affected by the type of flour because the free amino acids (that are found in flour) could be the source of nitrogen for the process of sourdough, resulting in different alcohols (*Hansen*, 1995).

After the analysis of all alcohols, aldehydes and ketones spectrum of volatile compounds it can be concluded that the highest peak area's compound groups were identified in triticale flour blend bread with two-stage sourdough samples of crumb/crust. The peak areas of alcohols decreased (in comparison with fermented dough samples) but the peak areas of aldehydes and ketons increased both in wheat and triticale flour blend bread with sourdough and without it. It coincides with the researches of other scientists that after the fermentation new volatile compounds are formed during the baking, where the formation is more based on the Maillard reaction— forming different alcohols, acids, aldehydes, furanes, ketones, pyrazines and pyrroles (*Kirchhoff and Schieberle*, 2001; *Rehman et al.*, 2006). Stear (1990) points out that various volatile compounds like aldehydes and ketones are formed in the crust of bread at the temperature range between 100 to 180 °C.

Six volatile compounds (4-penten-2-ol, 3-methyl-1-butanol, 2-methyl-1-propanol, 3-hydroxy-2-butanone, 2-methylpropanoic acid and acetic acid) were identified in all the technological processes of bread making.

The peak area of three alcohols (4-penten-2-ol, 3-methyl-1-butanol, 2-methyl-1-propanol) between wheat and triticale flour blend samples shown in Figure 16. The highest peak area of 4-penten-2-ol was identified in the samples of fermented dough. After the analysis it is possible to conclude that the highest peak area is in fermented triticale flour blend dough with two-stage sourdough. When comparing mixed wheat and triticale flour blend dough, the highest peak area of alcohols is in wheat dough, although in fermented samples these alcohols were formed more intensively in triticale flour blend dough with and without sourdough. During the thermal processing the number of alcohols decreased. The least 4-penten-2-ol, 3-methyl-1-butanol and 2-methyl-1-propanol peak areas were identified in the bread-crust of wheat and triticale flour blend. For example alcohol 3-methyl-1-butanol plays significant role in forming the aroma of crust and crumb – it is formed from amino acids due to the activity of yeast (*Hansen and Hansen*, 1996).

When comparing the peak areas of acids (2-methylpropanoic acid and acetic acid) in the samples of wheat and triticale flour blend (Figure 17) it can be seen that during the process from the mixed dough until bread the peak areas increased. The highest peak area in triticale flour blend bred-crust with two-stage sourdough was identified for 2-methylpropanoic acid and it could be explained by the usage of sourdough with higher level of acids. In the bread crumb the highest peak area of 2-methylpropanoic acid was determined in the sample made of triticale flour blend without sourdough. *Calvel et al.* (2001) also discovered that higher 2-methylpropanoic acids amount is in the crumb of bread if in the process of dough making used the yeast, not sourdough.

It means that by using sourdough 2-methylpropanoic acid is more concentrated in the crust of bread but by using yeast - in the crumb of bread.

Acetic acid was more identified in the samples of triticale flour blend bread, where sourdough was used. Wheat samples had bigger amount of acetic acid than triticale flour blend samples without sourdough, although the amount of acetic acid decreased during the fermentation process and the highest peak area was identified after 10 minutes of fermentation. The decrease of acetic acid could be explained by the fact that in the fermentation of wheat dough alcohols and acids can turn into esters (*Herraiz and Ough*, 1993). Both acids in wheat and triticale flour blend with and without sourdough form sour, sharp and sweet or butter aroma.

During the analysis of ketone (3-hydroxy-2-butanone) peak area (Fig. 18) it can be concluded that in triticale flour blend bread crumb with and without sourdough were identified the highest peak areas of ketones. Ketone 3-hydroxy-2-butanone is formed during the fermentation of dough (*Hansen and Schieberle*, 2005). The increase of 3-hydroxy-2-butanone between the fermented samples and bread could be explained by the fact that in the beginning of baking in the crumb of bread the fermentation process still takes place until they reach the temperature where it stops, thus in this time there is a possibility of ketone content to increase. In the mixed wheat dough was identified 3-hydroxy-2-butanone but in mixed triticale flour blend dough ketone was not identified. During the fermentation its amount increases up until 10 to 11 times. For wheat and triticale flour blend with and without sourdough samples ketone 3-hydroxy-2-butanone adds the specific aroma of butter and cream.

It can be concluded that if we use two-stage sourdough the qualitative and quantitative content of volatile compounds becomes wider. The spectrum of volatile compounds in the samples of dough and bread is different and in each stage of technological process the newly formed volatile compounds are responsible for the aroma. Although such volatile compounds as 4-penten-2-ol, 3-methyl-1-butanol, 2-methyl-1-propanol, 3-hydroxy-2-butanone, 2-methylpropanoic acid and acetic acid form the base aroma for wheat, triticale flour blend dough and bread, because they were identified in all analyzed samples and in all the stages of bread making. Thus it is possible to conclude that the basic aroma in the dough and bread is fruity, malty, alcohol, buttery, creamy and acid.

CONCLUSIONS

1. Protein content in the studied flour is from $6.46 \pm 0.01\%$ (in wholegrain rye) to $11.79 \pm 0.04\%$ (in wholegrain hull-less barley), but in triticale flour blend – $8.75 \pm 0.08\%$. Fibre content is from $5.98 \pm 0.01\%$ (in rice) to $17.71 \pm 0.14\%$ (in wholegrain hull-less barley), but in triticale flour blend – $13.69 \pm 0.01\%$.
2. Dough development time, stability and time to breakdown are significantly ($p=0.02$) affected by cereal type, proportion of triticale and other flour in the blend.
3. The optimum proportion of triticale flour blend is established in the sample, which contains 60% wholegrain triticale flour and 40% other flour - wholegrain hull-less barley, wholegrain rye, maize, and rice.
4. Volatile compounds identified in wholegrain triticale, wholegrain rye, wholegrain hull-less barley, rice, maize flour and triticale flour blend are formed by alcohols, carboxylic acids, aldehydes, terpenes and alkanes.
5. The major compounds identified in wheat bread technological process are 4-penten-2-ol, 3-methyl-1-butanol, 2-methyl-1-propanol, acetic acid, 3-hydroxy-2-butanone and 2-methyl-propanoic acid, forming fruity, malty, alcohol, butter, cream and acid aroma.
6. The modification of technological parameters has significant effect ($p=0.02$) on physical and chemical parameters of dough and bread.
7. Temperature and time strongly ($p=0.03$) affect the qualitative and quantitative composition of volatile compounds identified in triticale flour blend bread production.
8. Triticale bread, made using two-stage sourdough, has more pronounced aroma, because it is formed by more diverse spectra of volatile compounds.
9. The results obtained in the research confirm the hypothesis set for the thesis – triticale flour affects dough rheological properties and volatile compound profile in the technological process.

PROPOSALS

1. In order to obtain high quality triticale flour blend bread, there should be used for the production two stage sourdough 30% of the total quantity of flour.
2. Optimal technological parameters of the triticale flour blend bread production are:
 - mixing time - 8 min, dough temperature – 25°C ;
 - fermentation time – 30min, fermentation temperature – 35°C ;
 - baking time – 45 min, baking temperature – 200°C .

Mārtiņš Šabovics

LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE

PĀRTIKAS TEHNOLOGIJAS FAKULTĀTE

LATVIA UNIVERSITY OF AGRICULTURE

FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY

martins.sabovics@inbox.lv