

Latvijas Lauksaimniecības universitāte
Latvia University of Life Sciences and Technologies

Pārtikas tehnoloģijas fakultāte
Faculty of Food Technology



Mg.cib.hyg. Ivo Līdums

**DEHIDRĒTA RUDZU MAIZES KVASA IEGUVE
UN KVALITĀTE**

***PRODUCTION AND QUALITY OF
DEHYDRATED RYE BREAD KVAASS***

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

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

Jelgava
2018



Promocijas darba vadītāja /
Scientific supervisor:

Prof., *Dr.sc.ing.* **Daina Kārklīņa**

Oficiālie recenzenti / *Official reviewers:*

Prof. Emeritus, *Dr. habil. sc. ing.* **Imants Atis Skrupskis** (Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Pārtikas tehnoloģijas fakultāte / *Latvia Univerisity of Life Sciences and Technologies / Faculty of Food Technology*)

Dr. sc. ing. **Iļona Dabiņa-Bicka** (Iesalnīcas ražošanas nodaļas vadītāja, LPKS “Latraps” / *Head of Malt production department, LPKS “Latraps”*)

Vadošais pētnieks, *Dr. biol.* **Armands Vīgants** (Latvijas Universitāte, Mikrobioloģijas un biotehnoloģijas institūts / *University of Latvia, Institute of Microbiology and Biotechnology*)

Promocijas darba aizstāvēšana notiks LLU Pārtikas zinātnes nozares promocijas padomes atklātajā sēdē 2018. gada 8. jūnijā plkst. 9⁰⁰ Pārtikas tehnoloģijas fakultātes 216. auditorijā, Rīgas ielā 22, Jelgavā.

The defence of the dissertation in an open session of the Promotion Board of Food Science of Latvia University of Life Sciences and Technologies will be held on June 8, 2018, at 9 a.m. in auditorium 216 at the Faculty of Food Technology of Latvia University of Life Sciences and Technologies, 22 Rīgas Street, Jelgava.

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

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

DOI: 10.22616/lluthesis/2018.007

SATURS

Pētījuma aktualitāte	4
Zinātniskā darba aprobācija	5
Materiāli un metodes	7
Rezultāti un diskusija	12
1. Rudzu maizes kvasa kvalitātes novērtējums.....	12
2. Kvasa koncentrāta kvalitātes raksturojums	14
3. Kaltēšanas raksturojums dehidrēta kvasa iegūšanai.....	19
4. Kvasa enerģētiskā vērtība un ekonomiskais novērtējums	28
5. Dehidrētā kvasa integrētais daudzfaktoru novērtējums.....	29
Secinājumi	30

CONTENT

Topicality of the research	31
Approbation of the research	33
Materials and methods	33
Results and discussion	34
1. Quality evaluation of rye bread kvass	34
2. Characterisation of kvass concentrate quality	36
3. Drying characterisation for dehydrated kvass production.....	39
4. Energy value and economic assessment of kvass	45
5. Dehydrated kvass integrated multifactorial evaluation	46
Conclusions	47

PĒTĪJUMA AKTUALITĀTE

Bezalkoholiskos dzērienus cilvēki uzturā lieto visu savu dzīvi. To izvēle ir atkarīga no produkta garšas, tā ietekmes uz veselību, nacionālajām tradīcijām un tirgus tendencēm. Pēdējos gados patērētāju vidū strauji pieaugusi veselīga dzīvesveida tendence, tādēļ pieprasīti ir produkti ar augstu pievienoto vērtību. Viens no šādiem produktiem ir raudzēts rudzu maizes kvass.

Kvass ir bezalkoholisks dzēriens, ko iegūst, raudzējot kvasa misu ar raugu un pienskābes baktērijām. Raudzēšanas procesa beigās tam var pievienot vai nepievienot cukuru un citas sastāvdaļas, un pārtikas piedevas. Faktiskais spirta daudzums raudzētā kvasā nepārsniedz 1.2 tilp.%. Šī produkta straujā ražošanas segmenta attīstība ir izskaidrojama ar raudzētā kvasa tonizējošu efektu, kvalitatīvām garšas īpašībām un labvēlīgu iedarbību uz cilvēka organismu, gremošanas sistēmu un aizkuņģa dziedzeri. Tā iedarbība tiek pielīdzināta kefiram (Feik *et al.*, 2007, Costa *et al.*, 2013).

Fermentēti dzērieni ir svarīga globālās pārtikas produktu sastāvdaļa. Apvienoto Nāciju Pārtikas un lauksaimniecības organizācija (FAO) uzsver fermentēto produktu kultūras un ekonomisko nozīmi jaunattīstības valstu kopienās (Soukand *et al.*, 2015). Fermentācijas procesi ir ar salīdzinoši zemām izmaksām un viena no praktiskākajām pārtikas produktu ražošanas un uzglabāšanas metodēm (Egounlety, 2002).

Raudzēts kvass ir izteikti sezonāls produkts, un tam ir ierobežots uzglabāšanas laiks, tādēļ jāapsver dažādu tehnoloģisko risinājumu sniegtās iespējas no kvasa izstrādāt jaunus produktus. Samazinot ūdens saturu kvasā, ir iespējams ierobežot tā bojāšanos un pagarināt derīguma termiņu. Izvērtējot dažādas kaltēšanas tehnoloģijas, izsmidzināšanas kaltēšanas metode ir vispiemērotākā šādam risinājumam (Tontul *et al.*, 2017) ar lielu ekonomisko potenciālu (Chauca *et al.*, 2005). Produktus ar paaugstinātu cukuru un skābju saturu ir problemātiski izkaltēt izsmidzināšanas kaltē, tāpēc tiem pievieno dažādas nesējvielas. Vairāk nekā 90% no augļu sulas sausnas ir cukuri un organiskās skābes, kas veido lipīgo konsistenci (Goula *et al.*, 2010; Oberoi *et al.*, 2015). Augstā cukura satura dēļ kvasa kaltēšanai, iespējams, būtu nepieciešams lietot nesējvielas. Tāpēc nepieciešami pētījumi par kaltēšanas iespējām ar un bez nesējvielām un produkta kvalitāti.

Ierobežota informācija ir pieejama par raudzēta kvasa iespējamajām kaltēšanas tehnoloģijām, tāpēc ir nepieciešams veikt pētījumus par raudzēta kvasa piemērotību sausa produkta ieguvei un izvērtēt tā izmantošanas iespējas pārtikas nozarē. Analizējot literatūrā pieejamos teorētiskos un eksperimentālos datus, ir izvirzīta **promocijas darba hipotēze**: Rudzu maizes kvasu var izkaltēt horizontālajā izsmidzināšanas tipa kaltē bez nesējvielām.

Promocijas darba hipotēze ir aizstāvama ar **tēzēm**:

1. raudzējot rudzu maizes sausiņu misu, raugu un pienskābes baktēriju attīstības rezultātā samazinās sausnas saturs un pH, veidojot atbilstošas kvasa sensorās īpašības;

2. laboratorijā iegūto kvasu koncentrāta kvalitātes īpašības atšķiras no komercsistēmā pieejamiem analogiem;
3. dehidrēta kvasa kvalitātes parametrus būtiski ietekmē kaltēšanas paņēmiens;
4. piemērotākais dehidrētā kvasa iegūšanas paņēmiens ir kaltēšanai izmantot horizontālo tipa izsmidzināšanas kalti;
5. Latvijā sertificēti eksperti un sportisti atzinīgi vērtē produktus ar pievienotu dehidrētu kvasu.

Promocijas darba mērķis ir izpētīt raudzēta rudzu maizes kvasa kvalitāti un izvērtēt dehidrēta kvasa ieguves paņēmienus.

Darba mērķa sasniegšanai ir izvirzīti šādi **uzdevumi**:

1. pētīt raudzēta rudzu maizes kvasa kvalitātes parametrus un to izmaiņas ražošanas procesā;
2. analizēt laboratorijā iegūta koncentrēta kvasa kvalitātes parametrus un salīdzināt ar komercsistēmā pieejamiem analogiem;
3. izvērtēt izsmidzināšanas kaltē ar dažādiem paņēmieniem iegūta dehidrēta kvasa kvalitātes rādītājus;
4. pamatot pēc daudzkritēriju integrētā novērtējuma rezultātiem piemērotāko dehidrētā kvasa iegūšanas paņēmienu;
5. sensori izvērtēt dehidrēta kvasa izmantošanas iespējas dažādos pārtikas produktos garšas īpašību bagātināšanai.

Darba novitāte:

- » pirmo reizi Latvijā ir veikti pētījumi par raudzēta rudzu maizes kvasa kaltēšanu un sausā produkta praktisko izmantošanu pārtikas ražošanā;
- » izstrādāti tehnoloģiskie parametri sausā produkta ieguvei no rudzu maizes kvasa, horizontālajā un vertikālajā izsmidzināšanas tipa kaltē (iesniegts LR patenta pieteikums Nr. P-17-79 “Dehidratēta pulvera ieguve no raudzēta rudzu maizes kvasa”);
- » veikts daudzkritēriju integrētais novērtējums, lai noteiktu piemērotāko kaltēšanas paņēmienu dehidrēta kvasa ieguvei izsmidzināšanas tipa kaltē.

Darba tautsaimnieciskā nozīmība:

- » kvasam ir īss derīguma termiņš un sezonāls patēriņš, tādēļ dehidrētā kvasa ražošana radīs iespējas to izmantot tautsaimniecībā visa gada garumā;
- » dehidrēta kvasa izmantošana pārtikas ražotājiem dod iespēju paplašināt jaunu produktu ražošanu ar garšas un aromātu daudzveidību;
- » kaltēšanas paņēmienu bez nesējvielām horizontālajā izsmidzināšanas kaltē varēs piemērot citu šķidru pārtikas produktu dehidrēšanai.

ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA

Pētījuma rezultāti ir apkopoti 7 zinātniskos izdevumos, ieskaitot 5 publikācijas, kas indeksētas starptautiski citējamās datubāzēs SCOPUS un Web of Science, kā arī iesniegts LR patenta pieteikums.

Publikācijas / publications – 7

1. **Lidums I.**, Karklina D., Kirse A., Sabovics M. (2017) Nutritional value, vitamins, sugars and aroma volatiles in naturally fermented and dry kvass. **In:** Proceedings of 11th Baltic Conference on Food Science and Technology “Food science and technology in a changing world” FoodBalt 2017, Jelgava: LLU, pp. 61-65. DOI: 10.22616/foodbalt.2017.027
2. **Lidums I.**, Karklina D., Kirse A. (2016) Characteristics of dry naturally fermented kvass obtained by spray. **In:** Research for Rural Development 2016: Annual 22nd International Scientific Conference Proceedings, Vol. 1. Jelgava: LLU, pp. 106-110. ISSN 1691-4031
3. **Lidums I.**, Karklina D., Kirse A. (2016) Comparison of bread kvass fermented with different yeasts. *Ad Alta: Journal of Interdisciplinary Research*. Vol. 6, No. 2, p. 124-127. ISSN 1804-7890
4. **Lidums I.**, Karklina D., Kirse A. (2016) Quality parameters of fermented kvass extract. *Cheminè Technologija*. Vol. 67, No. 1, pp. 73-76. DOI: 10.5755/j01.ct.67.1.15828
5. **Lidums I.**, Karklina D., Sabovics M., Kirse A. (2015) Evaluation of aroma volatiles in naturally fermented kvass and kvass extract. **In:** Research for Rural Development 2015: Annual 21st International Scientific Conference Proceedings, Vol. 1. Jelgava: LLU, p. 143-149. ISSN 1691-4031
6. **Lidums I.**, Karklina D. (2014) Microbiological composition assessment of bread kvass. **In:** Research for Rural Development 2014: Annual 20th International Scientific Conference Proceedings, Vol. 1. Jelgava: LLU, pp. 138-141. ISSN 1691-4031
7. **Lidums I.**, Karklina D., Kirse A. (2014) Quality changes of naturally fermented kvass during production stage. **In:** Proceedings of 9th Baltic Conference on Food Science and Technology “Food for consumer well-being” FoodBalt 2014, Jelgava: LLU, p. 188-192. ISSN 2255-9817

Iesniegts LR patenta pieteikums Dehidratēta pulvera ieguve no dabīgi raudzēta rudzu maizes kvasa. P-17-79 / 04.12.2017/.

Par rezultātiem ziņots 10 starptautiskajās zinātniskajās konferencēs Čehijā, Itālijā, Latvijā, Lietuvā, kā arī starptautiskajā pārtikas izstādē „Riga Food” 2014. un 2015. gadā.

Prezentācijas / presentations – 10

1. **Lidums I.** (2017) Nutritional value, vitamins, sugars and aroma volatiles in naturally fermented and dry kvass. *11th Baltic Conference on Food Science and Technology „FOODBALT – 2017”*, Latvija, Jelgava, 27.–28. aprīlis, 2017. (Mutiskais referāts / oral presentation)
2. **Lidums I.** (2016) Comparison of bread kvass fermented with different yeasts. *5th International Scientific Conference for PhD students of EU countries (CER 2016)*. 24.-27. oktobris, Prāga, Čehija. (Mutiskais referāts / oral presentation)

3. **Lidums I.** (2016) Characteristics of dry naturally fermented kvass obtained by spray drying. Annual 22nd International Scientific Conference “Research for Rural Development 2016”. 21.–23. maijs, Jelgava, Latvia. (Mutiskais referāts / *oral presentation*)
4. **Lidums I.** (2016) Possibilities of dry kvass for food flavour enrichment. *The 11th international scientific conference “Students on their Way to Science”*, 22. aprīlis, Jelgava, Latvia. (Mutiskais referāts / *oral presentation*)
5. **Lidums I.** (2015) Comparison of sensory characteristics of non-alcoholic beverage kvass fermented with *Saccharomyces cerevisiae* and *Kluyveromyces marxianus*. *32nd International Specialized Symposium on Yeasts (ISSY2015): Yeast Biodiversity and Biotechnology in the Twenty-First Century*, Italy, Perugia, 2015. (Stenda referāts / *poster presentation*)
6. **Lidums I.** (2015) Evaluation of aroma volatiles in naturally fermented kvass and kvass extract. *Annual 21st International Scientific Conference “Research for Rural Development 2015”*. Latvia, Jelgava, 21–23 May, 2015. (Mutiskais referāts / *oral presentation*)
7. **Lidums I.** (2015) Quality parameters of fermented kvass extract. *10th Baltic Conference on Food Science and Technologies „FOODBALT – 2015”*, Lietuva, Kauna, 17.–18. Maijs, 2015. (Stenda referāts / *poster presentation*)
8. **Lidums I.** (2014) Microbiological composition assessment of bread kvass. *Annual 20th International Scientific Conference “Research for Rural Development 2014”*. Latvia, Jelgava, 21–23 May, 2014. (Mutiskais referāts / *oral presentation*)
9. **Lidums I.** (2014) Naturally fermented kvass. *9th international scientific conference “Students on their Way to Science”*, Latvia, Jelgava 25 April 2014. (Mutiskais referāts / *oral presentation*)
10. **Lidums I.** (2014) Quality changes of naturally fermented kvass during production stage. *9th Baltic Conference on Food Science and Technology „FOODBALT – 2014”*, Latvija, Jelgava, 17.–18. maijs, 2014. (Mutiskais referāts / *oral presentation*)

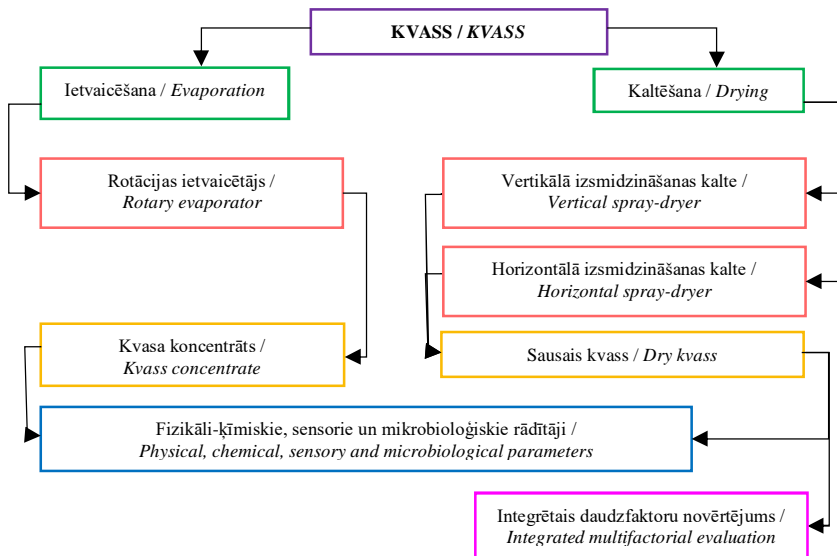
MATERIĀLI UN METODES

Pētījuma laiks un vieta

Pētījums tika izstrādāts laika posmā no 2013. līdz 2018. gadam Latvijas Lauksaimniecības universitātes Pārtikas tehnoloģijas katedras laboratorijās, Latvijas Universitātes Bioloģijas institūta laboratorijā, Polijas Warmia un Mazury universitātes Olštinas procesu un iekārtu institūtā, Itālijas Tecoma Drying Technology S.r.l. Operating Headquarters and Laboratory Facilities laboratorijā.

Pētījuma struktūra

Pētījums tika strukturēts posmos un analizēti dažādi kvasa paraugi- kvass, kvasa koncentrāts un kaltēts kvass (1. att.).



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

Kvasa ražošanas tehnoloģiskie procesi sadalīti 8 posmos – no S_0 līdz S_7 (1. tab.). Pirmajos trīs posmos notiek produkta sagatavošanas un nogatavināšanas sākuma process. Ilgākais no posmiem ir kvasa uzglabāšanas laiks (posmi S_3 – S_7).

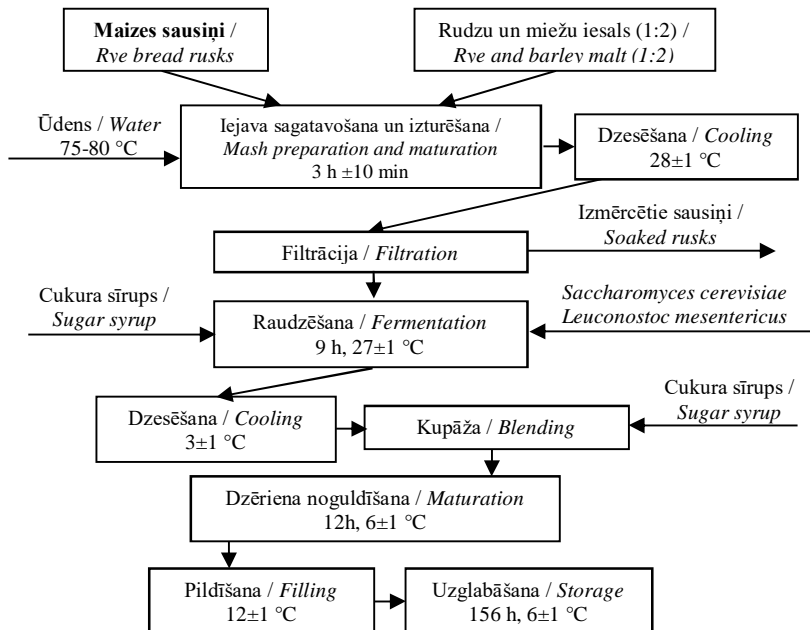
1. tabula / Table 1

**Kvasa ražošanas tehnoloģisko procesu posmi /
Stages of kvass technological process**

Posms / Stage	Materiāli un tehnoloģiskie procesi / Materials and technological processes	Laiks / Time, h	Kvasa paraugi sensorai vērtēšanai / Samples of kvass for sensory evaluation
S_0	Rudzu maizes sausiņi pirms mērcēšanas / Rye bread rusks before soaking	0	–
S_1	Kvass pēc raudzēšanas / Kvass after fermentation	12	–
S_2	Kvass nogatavināšanas sākumā / Kvass at the beginning of maturation	13	–
S_3	Kvass uzglabāšanas laikā / Kvass during storage	36	A
S_4		60	–
S_5		84	B
S_6		132	–
S_7		156	C

Lai sagatavotu 1 litru kvasa misas, 200 g rudzu maizes sausiņu un 2 g tumšo rudzu un miežu iesalu aplej ar 2 L karsta ūdens (2. att.). Maizes sausiņi tiek mērcēti 3 h, tad ūdens-maizes sausiņu suspensiju nofiltrē caur filtru (300

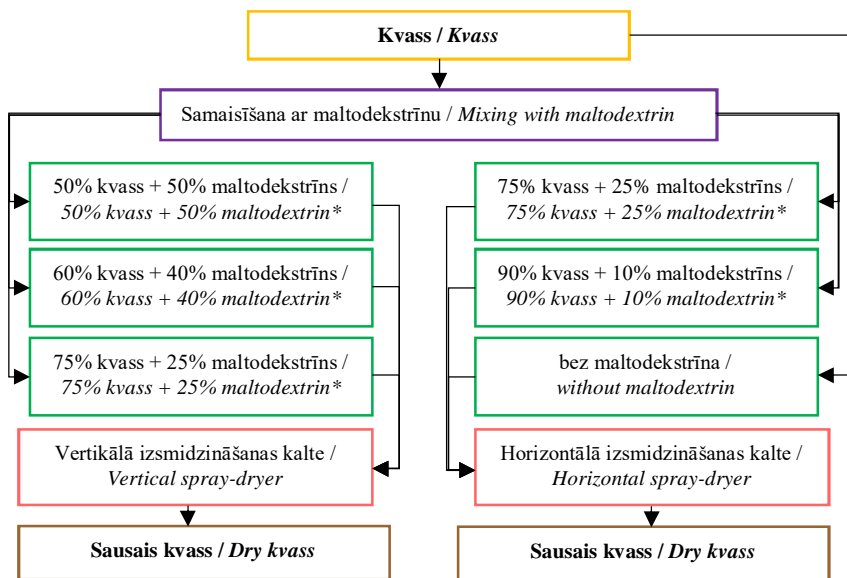
mikroni) un šķidro frakciju atdzesē un izmanto turpmākiem kvasa ražošanas posmiem. 1 g maizes rauga, 2 vienības pienskābes baktēriju ierauga un 1/3 no aprēķinātā cukura daudzuma pievieno 1 L kvasa misai. Kopējais cukura daudzums kvasa ražošanai ir 30 g, tāpēc 10 g cukura tiek pievienots pirms fermentācijas. Kvasa misas rūgšana ilgst 9 h 27 ± 1 °C temperatūrā.



2. att. **Kvasa ražošanas tehnoloģiskā shēma /**
 Fig. 2. **Technological scheme of the kvass production**

Kvasa koncentrātu gatavošanai tika izmantots eksperimentālais kvass EK un 2 komercsistēmā pieejami Latvijas ražotāju raudzētie kvasi: BA un BR. Vispirms kvasa paraugos samazināts CO₂ saturs, lai ierobežotu putošanos vakuuma iztvaikošanas laikā. Kvasu koncentrāti sagatavoti, izmantojot rotācijas ietvaicētāju Heidolph Laborata 4000 Efficient: ietvaicēšana veikta 50 °C temperatūrā visa ekstrakcijas procesa laikā, ar 30 apgr. min⁻¹ pirmās 30 min, 50-60 apgr. min⁻¹ aptuveni vienu stundu līdz sausnas saturam 32.4±0.2%.

Lai atrastu optimālo nesējvielas piedevu **sausā kvasa** iegūšanai, izmantotas dažādas maltodekstrīna koncentrācijas attiecībā pret kvasa sausu kaltēšanas procesā vertikālajā un horizontālajā izsmidzināšanas tipa kaltē (3. att.). Nesējviela tiek pievienota, lai samazinātu kvasa lipīgumu un veicinātu kaltēšanās procesu bez cietu, karamelizētu aglomerātu veidošanās. Iegūtie sausi kvasa paraugi tika apzīmēti un tie apkopoti 2. tabulā.



4. att. Sausā kvasa eksperimentālā ražošanas shēma /
Fig. 4. Scheme of experimental dry kvass production

* kvasa sausnas attiecība pret maltodekstrīnu / kvass dry matter ratio to maltodextrin

2. tabula / Table 2

**Eksperimentāli iegūto sauso kvasu paraugu raksturojums /
Characteristics of experimentally obtained dry kvass samples**

N.p.k. / No.	Izmantotā kalte / Used dryer	Apzīmējums / Designation	Maltodekstrīna daudzums / Maltodextrin amount	Kvasa sausnas attiecība pret maltodekstrīnu sausajā kvasa produktā / Kvass dry matter ratio to maltodextrin in dried kvass
1.	vertikālā / vertical	VMD50	50%	1 : 0.5
2.		VMD40	40%	1 : 0.4
3.		VMD25	25%	1:0.25
4.	horizontālā / horizontal	HMD25	25%	1 : 0.25
5.		HMD10	10%	1:0.10
6.		HMD0	0%	1:0

Pētījumā lietotās metodes

Lai noteiku dažādus fizikālos, ķīmiskos un mikrobioloģiskos parametrus kvasa paraugiem, lietotās metodes ir apkopotas 3. tabulā.

Datu matemātiskā apstrāde veikta ar *MS Excel v13*, aprēķinātas vidējās vērtības un standartnovirzes. Mērījumi tika veikti ar trīs atkārtojumiem. ANOVA un Tukey tests izmantots datu savstarpējā salīdzināšanā. Par rezultātu

interpretāciju tiek pieņemts, ka $\alpha = 0.05$ ar 95% ticamību. Galveno komponentu analīze (GKA) veikta, izmantojot *Multibase 2015* statistikas programmu.

3. tabula / *Table 3*

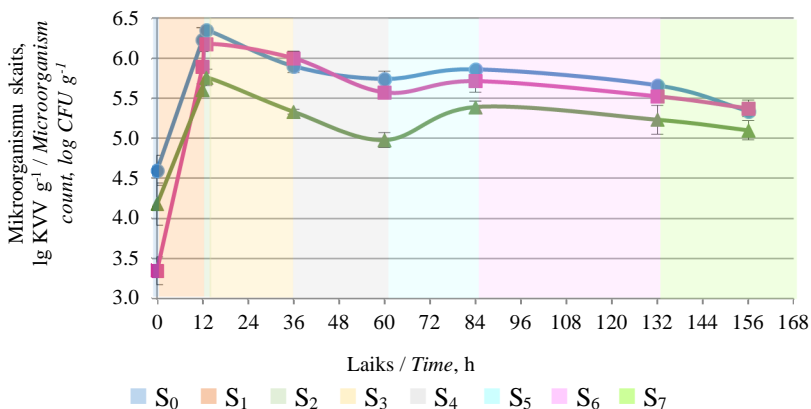
**Kvasa paraugu analīzei izmantotie standarti un metodes /
Standards and methods used for analysis of kvass samples**

N.p.k. / No	Rādītāji / Parameters	Standarti un metodes / Standards and methods
Fizikālie rādītāji / Physical parameters		
1.	Šķietamā viskozitāte / Viscosity, mPa·s ⁻¹	Struktūras analizators DV-III Ultra Rheometer / Structure analyser
2.	Mitrums / Moisture, %	ISO 6496: 1999
3.	Ūdens aktivitāte / Water activity, a _w	ISO21807:2004
4.	Šķīdība ūdenī / Solubility, %	Jafari <i>et al.</i> , 2017
5.	Daļiņu izmēri / Particle sizes, μm	ASEA S319.2
6.	Sausna / Dry matter, %	ISO 2173: 2003
7.	Tilpuma blīvums / Bulk density, g ml ⁻¹	Tontul, Topuz, 2017
8.	Krāsas komponentes / Colour components	CIE L*a*b*
9.	pH	ISO 10523: 2012
Ķīmiskie rādītāji / Chemical parameters		
10.	Aromātvielas, SLV / Aroma volatiles, PAU	Sabovics <i>et al.</i> , 2010; 2013
11.	Aminoskābes, mg g ⁻¹ olbaltumvielu / Amino acids, mg g ⁻¹ protein	PB-53/HPLC 2008
12.	Kopējās olbaltumvielas / Total protein, g 100 g ⁻¹	ISO 5983-1:2005
13.	Kopējie un individuālie cukuri / Total and individual sugars, g 100 g ⁻¹	AEŠH metode / HPLC method
14.	Tauki, piesātinātās taukskābes / Fat, saturated fatty acids, g 100 g ⁻¹	LVS EN ISO 12966-4:2015
15.	B grupas vitamīni (B ₁ ; B ₂ ; B ₃) / B group vitamins (B ₁ ; B ₂ ; B ₃), mg kg g ⁻¹	AOAC 970.65; AOAC 957.17
16.	Pelnvielas / Ash, g 100 g ⁻¹	PN-ISO 2171:2010
Sensorie rādītāji / Sensory parameters		
17.	5-punktu hedoniskā skala / 5-point hedonic scale	ISO 4121:2003
18.	Līniskā / Line scale	
19.	Raksturojošās metodes / Characteristic methods	ISO 8586:2012
Mikrobioloģiskie rādītāji / Microbiological parameters		
20.	MAFam mikroorganismu kopskaits, KVV g ⁻¹ / Total plate count, CFU g ⁻¹	ISO 4833-1:2013
21.	Raugi un pelējumi, KVV g ⁻¹ / Yeasts and moulds, CFU g ⁻¹	ISO 21527-1:2008
22.	Pienskābes baktērijas, KVV g ⁻¹ / Lactic acid bacteria, CFU g ⁻¹	LVS ISO 15214 :1998
24.	Entero baktēriju kopskaits, KVV g ⁻¹ / Enterobacteriaceae count, CFU g ⁻¹	ISO 21528-2:2004
25.	Mikroorganismu identifikācija / Identification of microorganisms	API identifikācijas sistēma ID 50 CHB, ID50 CHL, ID32C / API identification system
Enerģētiskā vērtība / Energy value		
26.	Enerģētiskā vērtība / Energy value	ES Regula Nr. 1169/2011/ Regulation (EC) No 1169/2011

REZULTĀTI UN DISKUSIJA

1. Rudzu maizes kvasa kvalitātes novērtējums

Sākotnēji MAFAm skaits maizes sausiņos bija $4.18 \lg \text{KVV g}^{-1}$ (5. att.). Raudzēta kvasa ražošanas pirmajā posmā (S_0) noteikts MAFAm pamatizejvielā – rudzu maizes sausiņos. Raudzēšanas laikā kvasa misā MAFAm bija mainīgs. Pirmo 13 stundu laikā (S_2) MAFAm pieaugums bija lēns, salīdzinot ar atlikušajiem vidē dominējošajiem mikroorganismiem – raugiem. Paaugstināta alkohola un pienskābes koncentrācija kvasa raudzēšanas procesa beigās bija pietiekama, lai kavētu aerobo un fakultatīvi anaerobo mikroorganismu attīstību.



5. att. MAFAm (▲), pienskābes baktēriju (■) un raugu (●) skaita izmaiņas kvasa ražošanas laikā / Fig. 5. Changes of total plate count (▲), lactic acid bacteria (■) and yeast (●) count during kvass production

Raugi un pienskābes baktērijas ir galvenie mikroorganismi kvasa fermentācijas procesā (Salovaara *et al.*, 2011), kas kvasam piešķir īpašu garšu un aromātu. Raudzēšanas laikā tiek ražots spirts un pienskābe, kas ir uzskatāmi par dabīgiem konservantiem, kas daļēji aizsargā kvasu no nevēlamu mikroorganismu attīstības. Turklāt raugi un pienskābes baktērijas ir simbiotiski (Ramos *et al.*, 2011). Pienskābes baktērijas rada skābu vidi, kas ir optimāla raugiem, tikmēr raugi izmanto misā esošās aminoskābes un vitamīnus, kas ir ļoti svarīgi to darbībai un vairošanās procesiem. Tajā pašā laikā pienskābes baktērijas un raugi konkurē par barības vielām.

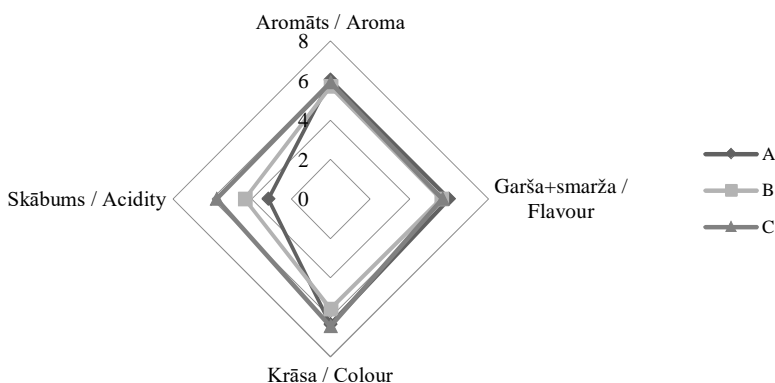
Sausnas daudzuma samazināšanās un skābuma palielināšanās rada labvēlīgākus apstākļus pienskābes baktēriju augšanai. Pārmērīgi skāba vide nomāc gan raugu, gan pienskābes baktēriju attīstību, tādēļ tas var veicināt nevēlamu mikroorganismu augšanu (Pomozova, 2006).

Ar API sistēmu tika veikta raugu un pienskābes baktēriju identifikācija. No raudzēta maizes kvasa izolēti 2 mikroorganismi – *Saccharomyces cerevisiae* un *Leuconostoc mesentericus spp. cremoris*. Produkta ražošanas tehnoloģiskajos procesos produkta piesārņošanās ar nevēlamajiem mikroorganismiem netika konstatēta.

Skaitliskā pH vērtība kvasa raudzēšanas laikā samazinājās par 10.1%, sākotnējais kvasa pH bija 4.12 un pēc raudzēšanas – 3.70. Turpmākajos kvasa ražošanas posmos pH stabilizējās un bija pH 3.85. Eksperimentāli ražotā kvasa pH vērtība atbilda MK noteikumu Nr. 926/2010 norādītajām vērtībām. Nevienā kontrolētajā kvasa ražošanas posmā pH vērtība nesamazinājās līdz zemākajam robežvērtību intervālam, noslēdzošajā ražošanas posmā bija vērojama pH vērtības palielināšanās. Kvasa ražošanas beigu posmos pH vērtības pieaugumu varētu izskaidrot ar jaunu vielu veidošanos kvasā, jo rauga un pienskābes baktēriju šūnas pakāpeniski iet bojā.

Sausnas saturs samazinājās kvasa raudzēšanas laikā, jo lielākā daļa no sausnas – cukurs – tika izmantots rauga un pienskābes baktēriju attīstībai. Normatīvajos dokumentos kvasa ražošanā nav stingri noteikti skābuma parametri (ietekmē garšu) un sausnas saturs (ietekmē tumīgumu), bet ir norādīti ieteicamie kvasa kvalitātes vērtību intervāli. Tādēļ komercsistēmā pieejamiem analogiem iespējami dažādi varianti un sensoro īpašību kombinācijas.

Sensoro īpašību izmaiņu novērtējums kvasa ražošanas tehnoloģiskajam procesam posmos veikts 3 kvasa paraugiem pēc dažāda uzglabāšanas laika – A (pēc 36 h), B (pēc 84 h) un C (pēc 156 h). Iegūtie rezultāti (6. att.) norāda, ka aromāta intensitāte visiem kvasa paraugiem bija vidēja (5.7–6.0 vienības) bez būtiskām atšķirībām ($p > 0.05$).



6. att. **Kvasa sensoro īpašību intensitāte /**
Fig. 6. Intensity of kvass sensory properties

Garšas+smaržas intensitāte novērtēta kā vidēja (5.6-6.0 vienības), neatkarīgi no izturēšanas laika. Kvasa paraugam C, kas tika uzglabāts ilgāku laiku, bija intensīvākā krāsa, jo ilgstošāka kvasa nogatavināšana sekmēja nogulšņu

rašanos, kas radīja duļķainu krāsu. Skābuma intensitāti ietekmēja kvasa izturēšanas laiks, t.i., ilgāk izturētām kvasa paraugam C novērots izteiktāks skābums, jo, turpinoties atlikušā cukura fermentācijai, kvasā veidojas spirts un pienskābe, kas veicina skābuma pieaugumu.

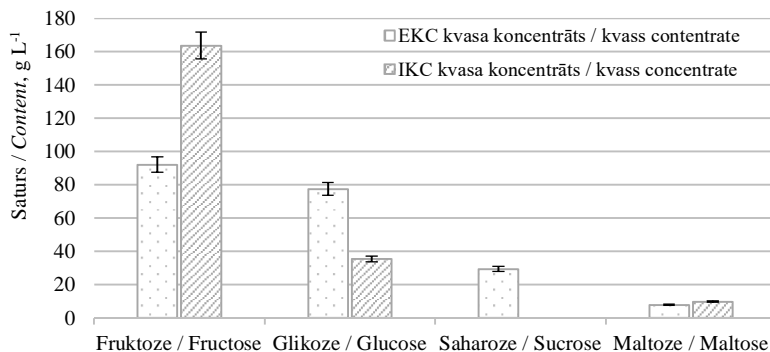
2. Kvasa koncentrāta kvalitātes raksturojums

Eksperimentālajam kvasam (EK) ietvaicējot būtiski palielinājās sausnas saturs: pirmajās 60 min būtiskas sausnas satura izmaiņas nebija ($p > 0.05$), taču laikā no 80 līdz 120 min ievērojami paaugstinājās sausna ($p < 0.05$) no $18 \pm 0.2\%$ līdz $35 \pm 0.1\%$. Eksperimentāli iegūtā kvasa koncentrāta (EKC) kvalitāte salīdzināta ar komercsistēmā pieejamo kvasa koncentrātu (IKC).

Sausnas saturs komercsistēmas kvasa koncentrātā (IKC) bija $69 \pm 0.1\%$, tas tika atšķaidīts ar destilētu ūdeni līdz sausnas saturam $32.4 \pm 0.2\%$ - EKC sausnas saturam. Aktīvais skābums IKC koncentrātam bija būtiski zemāks (pH 2.86) nekā EKC koncentrātam (pH 4.18) ($p < 0.05$). IKC koncentrāts satur skābuma regulētāju – pienskābi, un tas būtiski ietekmē skābumu.

Šķietamā viskozitāte EKC koncentrātam bija $13.68 \pm 0.08 \text{ mPa s}^{-1}$ un IKC koncentrātā – $15.22 \pm 0.05 \text{ mPa s}^{-1}$. Viskozitāti ietekmē gan produkta ķīmiskais sastāvs, gan sausnas saturs. Viskozāks produkts (ar augstāku šķietamo viskozitāti) bija komerciālais kvasa koncentrāts (IKC).

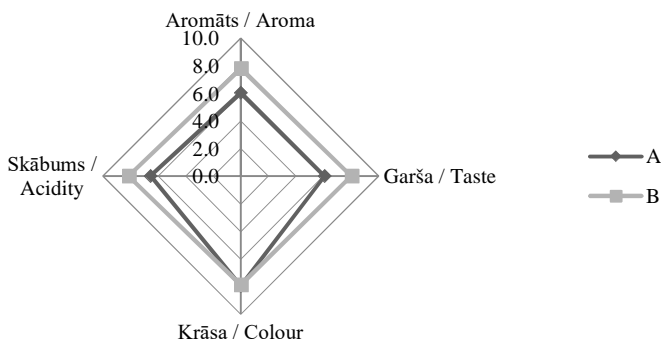
Kopējais **cukuru saturs** EKC koncentrātā bija $207.29 \pm 1.84 \text{ g L}^{-1}$ un IKC koncentrātā – $209.27 \pm 1.95 \text{ g L}^{-1}$ (7. att). Kopējā cukuru saturā būtisku atšķirību nav, individuālo cukuru koncentrācijas ir dažādas. Būtiski palielinās fruktozes saturs IKC koncentrātā, bet mazāks saharozes un glikozes saturs. Dominējošie cukuri EKC koncentrātā bija fruktoze un glikoze, IKC koncentrātā - fruktoze. Komerciāli pieejamais kvasa koncentrāts ir gatavots no iesala ekstrakta un tā fruktozes saturs ir gandrīz 2 reizes augstāks nekā eksperimentāli iegūtajā koncentrātā.



7. att. **Cukuru saturs eksperimentālajā un komerciālajā kvasa koncentrātā / Fig. 7. Sugar content in experimental and commercial kvass concentrate**

Komerscistēmas kvasa koncentrāts (IKC) nesatur saharozi, tomēr cukurs ir viena no galvenajām sastāvdaļām. Kvasa koncentrāta ražošanas laikā saharozes hidrolīze (sadalīšanās monosaharīdos) var notikt skābā vidē (šajā gadījumā pienskābe), kas rezultātā kopējo summu veido no glikozes un fruktozes (Brighenti *et al.*, 2011).

EKC un IKC kvasa koncentrātam veikta arī sensoro īpašību novērtēšana. Sensorajai vērtēšanai sagatavoti kvasa dzērieni ar sausnas saturu $6.0 \pm 0.1\%$, izmantojot karbonizētu ūdeni. Paraugus vērtēja vērtētāji no Latvijas un Tadžikistānas. Starp kvasa paraugiem nebija būtiskas atšķirības ($p > 0.05$), paraugi novērtēti ar “mazliet patīk” (3.7-3.9) 5-punktu hedoniskajā skalā. Latvijas vērtētāji deva priekšroku dzērienam no eksperimentāli iegūtā koncentrāta (EKC), savukārt vērtētāji no Tadžikistānas – dzērienam no komercsistēmā iegādātā koncentrāta (IKC), ko varētu skaidrot ar kultūras atšķirībām (House, 2016). Aromāta, garšas un skābuma intensitāte kvasa dzēriena paraugam B bija ievērojami izteiktāka ($p = 0.012$), un krāsas intensitāte bija līdzīga abiem kvasa dzērieniem ($p > 0.05$) (8. att.).



8. att. Kvasa dzēriena sensoro īpašību intensitāte /
Fig. 8. Intensity of sensory properties of kvasa drinks

Zemāku aromāta intensitāti paraugā A varētu izskaidrot ar ūdens iztvaikošanu un aromātu zudumiem kvasa ietvaicēšanas procesa laikā (120 min). Intensīvāks skābums paraugā B ir saistīts ar skābuma regulatoru – pienskābi, kas ir viena no sastāvdaļām komerciālā kvasa koncentrāta IKC sastāvā. Izvērtējot, ka komerciāli pieejamais kvasa koncentrāta IKC sastāvs un parametri ir atšķirīgi no eksperimentāli iegūtā parauga EKC, turpmākos kvasa koncentrāta pētījumos šis paraugs netiks izmantots.

Dažādas sastāvdaļas un termiskā apstrāde vai tā trūkums var ietekmēt aromāta sastāvu kvasā un kvasa koncentrātā. Aromātu veidojošo savienojumu saturu un sastāvu analizēja trīs kvasa paraugos, kas ražoti no raudzētas kvasa misas un to koncentrātiem. Viens no pētāmajiem kvasa paraugiem bija eksperimentāli iegūts (EK), bet pārējie 2 (BA un BR) komercsistēmā iegādāti paraugi. Tikai eksperimentālo kvasu ražo no rudzu maizes sausniņiem,

izmantojot tradicionālo metodi kvasa ražošanai, tādēļ aromātu veidojošie savienojumi EK kvasā un EKC kvasa koncentrātā varētu būt līdzīgāki raudzētas rudzu maizes garozā un mīkstumā esošajām aromātvielām. Savukārt kvasa paraugiem BR un BA kvasa misas iegūšanai izmanto ekstraktus, tos filtrē un pasterizē, kas skaidrojams ar ilgāku uzglabāšanas laiku un dažiem atšķirīgiem aromātu veidojošiem savienojumiem. Aromāta veidojošo savienojumu daudzumu var ietekmēt arī rauga daudzums un aktivitāte, fermentācijas laiks un fermentācijas temperatūra (Schieberle, 1996). Kopā identificēti divdesmit pieci gaistošie savienojumi: esteri, spirti, skābes, aldehīdi un ketoni.

EK kvasā identificēti 17 gaistošie savienojumi, savukārt tā koncentrātā – 13 savienojumi (4. tabula).

4. tabula / Table 4

Gaistošie savienojumi (SLVx10⁷) EK kvasā un kvasa koncentrātā EKC / Volatile compounds (PAUx10⁷) in EK kvass and kvass concentrate EKC

Aromātu savienojumi / Volatile compounds	Smarža / Odour	Kvass / Kvass	Kvasa koncentrātā / Kvass concentrate
Pent-4-ēn-2-ols / 4-penten-2-ol	augļu / fruity	3.64±0.11	1.40±0.02
Izoamiliacetāts / isoamyl acetate	banānu / banana	0.22±0.04	-
Etilheksanoāts / ethyl hexanoate	ābolu mizu, augļu / apple peel, fruit	0.13±0.01	-
3-metilbutān-1-ols / 3-methyl-1-butanol	viskija, iesala, dedzināta / whiskey, malt, burnt	0.63±0.02	0.39±0.00
3-hidroksibutān-2-ons / 3-hydroxy-2-butanone	sviesta, krējuma / butter, cream	-	0.01±0.00
Nonanāls / nonanal	aldehīdveida / aldehydic type	-	0.03±0.01
Etiloktanoāts / ethyl octanoate	augļu, tauku / fruit, fat	0.39±0.05	0.02±0.00
Etiķskābe / acetic acid	skāba / sour	0.37±0.06	0.48±0.03
Furfurols / furfural	maizes, mandeļu, salda / bread, almond, sweet	-	0.10±0.01
Furilspirts / furfuryl alcohol	dedzināta / burnt	0.20±0.03	0.10±0.01
Karvons / carvone	ķimeņu / caraway	2.03±0.06	-
Feniletilacetāts / 2-phenylethyl acetate	rožu, medus, takabas / rose, honey, tobacco	0.10±0.02	-
Heksānskābe / hexanoic acid	taukaina / fatty type	0.09±0.01	0.07±0.00
Feniletilspirts / phenylethylalcohol	ziedu / floral type	0.16±0.01	0.69±0.02
Oktānskābe / octanoic acid	sviedru, siera / sweat, cheese	0.72±0.04	0.46±0.08
Dekānskābe / decanoic acid	sasmakusi, tauku / rancid, fat	0.25±0.00	0.19±0.00
Palmitīnskābe / palmitic acid	vaskaina / waxy type	-	0.11±0.03
Kopējā smailu laukumu summa / The sum of peak area		8.94±0.46	4.05±0.20

*Rezultāti izteikti kā vidējais rezultāts ar standartnovirzi / results were expressed as average amount with standard deviation

Pent-4-ēn-2-olam (spirts) tika konstatēta augstākā smailes laukuma vienības vērtība (3.64×10^7 SLV) EK kvasā (4. tabula), tā bija zemāka nekā BR kvasam, bet augstāka nekā BA kvasam. EK kvasā karvonam konstatēta otra augstākā smailes laukuma vienības vērtība (2.03×10^7 SLV), bet tas netika konstatēts eksperimentālajā kvasa koncentrātā EKC. Rudzu maize, kas tiek izmantota EK kvasa ražošanā, satur ķimeņu sēklas, tas izskaidro karvona klātbūtni EK kvasa aromātā, jo karvons un limonēns ķimenēs veido galveno ēterisko eļļu daļu (Sedláková *et al.*, 2003).

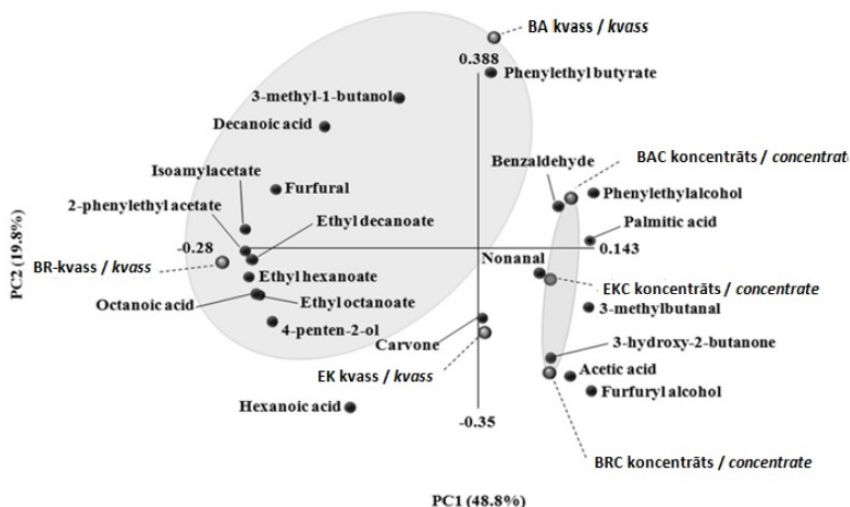
Gaistošie savienojumi tika noteikti visos trīs kvasa paraugos. Galvenie aromāti kvasā veidoja augļu (pent-4-ēn-2-ols), banānu (izoamilacetāts), viskija, iesala, dedzinājuma (3-metil-1-butanols), rožu, medus, tabakas (2-feniletilacetāts), ziedu (fenilmetilalkohols), sviedru, siera (dekanonskābe), sasmakuma un tauku (kaprīnskābe) aromātus.

BR kvasā identificēti 19 gaistošie savienojumi un kopējā smaiļu laukuma vienību summa bija 14.15×10^7 SLV. Savienojumu skaits kvasa BR koncentrātā BRC bija aptuveni 3 reizes zemāks (5.14×10^7 SLV), kopumā kvasa koncentrātā atrasti 10 gaistošie savienojumi. Vislielākā smailes laukuma vienības vērtība no visiem identificētajiem gaistošiem savienojumiem bija pent-4-ēn-2-olam (6.81×10^7 SLV), kas dod augļu aromātu, bet BR kvasa koncentrātā sastādīja tikai pusi no šī daudzuma. Kaprīnskābe (1.55×10^7 SLV) bija otrais gaistošais aromāta veidojošais savienojums ar augsāko smailes laukuma vienības vērtību, veidojot sviedru un siera aromātu. BR kvasam konstatēts augstākais aromāta veidojošo savienojumu saturs un sastāva dažādība, kuru varētu skaidrot ar ievērojami augstāku sausnas saturu ($p = 0.011$), tomēr sausnu var veidot arī tādi savienojumi, kas neietekmē produkta aromātu – no kuriem gaistošo vielu aromāts netiek sintezēts (Lozano, 2011).

Kvasa koncentrātā BAC smailes laukuma vienības summa – (3.28×10^7 SLV) ir aptuveni 1.6 reizes mazāka nekā BA kvasā (5.54×10^7 SLV). Kopumā BA kvasā identificētās 10 gaistošas vielas un koncentrātā 9 gaistošas vielas. Analizējot gaistošus savienojumus BA kvasā, pent-4-ēn-2-olam bija augstākā smaiļu laukuma vienību vērtība (2.03×10^7 SLV), taču tā bija zemāka nekā BR kvasam. Ievērojams daudzums 3-metil-1-butanola (1.27×10^7 SLV) tika atrasts BA kvasā un koncentrātā BAC, veidojot abiem paraugiem dedzināta viskija un iesala smaržu. Koncentrātā BAC otra izteiktākā aromātviela pēc pent-4-ēn-2-ola bija feniletilspirts (0.93×10^7 SLV), veidojot ziedu smaržu.

Galvenie komponenti gaistošo savienojumu analizē kvasa un kvasa koncentrātu paraugiem ir parādīti 9. attēlā. Kvasa un kvasa koncentrātu galveno komponentu analīzes (GKA) rezultāti rāda, ka paraugi savā starpā ir cieši saistīti viens ar otru. Paraugi, kas tuvu vienu otram, ir ar līdzīgu gaistošo savienojumu profilu. Paraugi, kas atrodas tālu viens no otra, satur atšķirīgu gaistošo savienojumu profilu. 49% no apjoma (komponents 1) nozīmē, ka 51% no sākotnējās informācijas ir zaudēta un sastāvdaļa 1 veido aptuveni pusi no sākotnējiem datiem. No otrās sastāvdaļas apjoms ir 21%, un akumulētais

komponentes 1 apjoms un komponente 2 tuvojās 69%. Tas nozīmē, ka izkliedētais lauks jeb apgabals starp PC1 un PC2 sniedz informāciju par 69% no sākotnējiem datiem.



9. att. Gaistošo savienojumu sadalījums kvasa un kvasa koncentrātu paraugos / Fig. 9. Distribution of volatile compounds in the kvass and kvass concentrate samples

GKA redzams, ka gaistošo savienojumu profils un augstākā vērtība ir atšķirīgi katrā kvasa paraugā. Lielāks gaistošo savienojumu apjoms novērojams kvasā BR. Visos kvasa koncentrāta paraugos aromāta gaistošo vielu profila izmaiņas un smailes laukuma vienības vērtība samazinājās, salīdzinot ar kvasu. Vērtību samazināšanos var izskaidrot ar ūdens iztvaikošanu un gaistošo vielu samazināšanos ietvaices procesa rezultātā (120 min). Iztvaikošana, iespējams, var koncentrēt jaunus gaistošos savienojumus, kurus nevarēja identificēt kvasa paraugos, jo to koncentrācija bija neliela, un tie var veicināt jaunu aromātu veidojošo vielu sintēzi. Iztvaikošanas procesam ir būtiska ietekme ($p=0.01$) uz gaistošo savienojumu profilu un smailes laukuma vienības vērtību.

Tādi aromāta savienojumi kā etilacetāts (augļu aromāts), heksilacetāts (augļu, garšaugu aromāts) un etildekanoāts (vīnogu aromāts) atrasti tikai BR kvasā, butān-2,3-dions (sviesta aromāts) un feniletilbutirāts (ziedu aromāts) atrasti BA kvasā, un trīs gaistošie savienojumi identificēti tikai EK kvasā – etiķskābe (skābs aromāts), furilspirts (dedzināts aromāts) un karvons (ķimeņu aromāts). Visos trīs kvasu paraugos tika identificēts 2-feniletilacetāts un tikai vienā kvasa koncentrātā BRC. Benzaldehīds, kas dod mandeļu un dedzināta cukura aromātu identificēts tikai BA kvasa BAC koncentrātā. EK kvasa koncentrātā atrasti 3 gaistošie savienojumi, kas netika identificēti citos koncentrātos – nonanāls (aldehīda aromāts), etiloktanoāts (augļu, tauku aromāts)

un furfurols (maizes, mandeļu, salds aromāts). Tas skaidrojams ar rudzu maizes izejvielas izmantošanu. Furfurols un tā atvasinājumi ir Maillarda reakcijas produkti, kas veidojas graudu atkārtotas termiskās apstrādes procesā – apgraudzējot dīdētus graudus un maizes cepšanas tehnoloģiskajā procesā (Capuano, Fogliano, 2011).

Kvass satur vitamīnus, un tie galvenokārt varētu būt no iesala un rauga. Iesals ir bagātināts ar B grupas vitamīniem. Tiamīns (B_1) kvasā EK bija $0.71 \pm 0.07 \mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ sausnā, bet kvasa koncentrātā EKC - $0.28 \pm 0.03 \mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ sausnā. Riboflavīns (B_2) kvasā bija $1.28 \pm 0.13 \mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$, bet kvasa koncentrātā - $0.61 \pm 0.06 \mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ sausnā. Niacīna (B_3) saturs kvasā bija $18.14 \pm 1.81 \mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$, bet koncentrātā - $6.82 \mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ sausnā. Tiamīns nav stabils un mehāniskās- termiskās iedarbības rezultātā par 60% samazinājās tā saturs kvasa koncentrātā. Līdzīgas izmaiņas novērojamas riboflavīna samazinājumam kvasa koncentrātā par 52%, un niacīna samazinājums koncentrātā pret kvasu bija par 62% mazāks. B grupas vitamīnu termolabilitāte norādīta vairākos zinātniskās literatūras avotos (Nisha *et al.*, 2009; Monajjemzadeh *et al.*, 2014; Sheraz *et al.*, 2014).

3. Kaltēšanas raksturojums dehidrēta kvasa iegūšanai

Pirmais eksperiments tika veikts ar 50% (VMD50) maltodekstrīna piedevu (2. tabula) attiecībā pret kvasa sausu saskaņā ar Islam *et al.* (2016) pētījumu, kur tika analizēta tāda pati maltodekstrīna attiecība pret apelsīnu sulas sausu. Atsaucoties uz Shrestha *et al.* (2007) un Goula *et al.* (2010), maltodekstrīnu proporcija vēlāk tika samazināta līdz 40% (VMD40) un 25% (VMD25), lai iegūtu sausu produktu ar vismazāko maltodekstrīna attiecību pret sausu. Maltodekstrīna daudzums, kas pievienots mazāk nekā 25%, rezultātā deva lipīgu kvasa sīrupu, kurš ātri kristalizējās. Pirmo reizi tika iegūti sausi raudzēta kvasa paraugi ar dažādu pievienoto maltodekstrīnu daudzumu, izmantojot vertikālo izsmidzināšanas tipa kalti. Izkaltētais produkta daudzums ir atkarīgs no sausas satura šķidrā produkta un nesējvielas pievienotā daudzuma. Izkaltētais produkts bija ar izteiktu rudzu maizes, nedaudz iesala aromātu un gaiši brūnā krāsā, produkta mitruma saturs bija $6.5 \pm 0.2\%$.

Lai samazinātu pievienoto maltodekstrīnu daudzumus līdz minimumam vai vispār tos neizmantotu, kvass tika kaltēts laboratorijas izsmidzināšanas horizontālā tipa kaltē. Horizontālajā izsmidzināšanas kaltē tika iegūts dehidrēts produkts gaiši brūnā krāsā ar sausas saturu $98.2 \pm 0.2\%$, patīkamam rudzu maizes aromātu. Sekmīgi tika izkaltēti 3 sausie kvasu paraugi HMD25, HMD10 un HMD0 (2. tabula), kuri analizēti un raksturoti pētījumā. Vertikālajā kaltē iegūtais saussais kvasa paraugs VMD25 paralēli tiek salīdzināts ar horizontālajā kaltē iegūtajiem 3 paraugiem, lai varētu izvērtēt, kurš paņēmieni ir piemērotākie dehidrētā kvasa ieguvei.

Būtiskas izmaiņas tika novērotas ar dažādiem paņēmieniem kaltētos kvasa paraugos, rezultāti ir apkopoti 5. tabulā. Tilpuma blīvums ir svarīgs parametrs transportēšanas, uzglabāšanas, pakošanas un samaisīšanas procesos. Sausajam

kvasa pulverim, kas kaltēts ar maltodekstrīnu, tilpuma blīvuma parametri bija robežās no 0.415–0.459 g ml⁻¹, kas ir ļoti līdzīgi ar literatūrā minētajiem datiem (Caliskan, Dirim, 2013).

No iegūtajiem rezultātiem var secināt, ka maltodekstrīna pievienošana iegūtajā sausajā kvasā būtiski neietekmē tilpuma blīvumu ($p>0.05$). Tilpuma blīvuma izmaiņas varētu būt skaidrojamas ar mikrodaļiņu izmēriem un vielas higroskopiskumu. Paraugā bez maltodekstrīna sauso daļiņu izmērs ir mazāks un tas ir higroskopisks, kā rezultātā palielinās produkta tilpuma blīvums. Palielinoties daļiņu izmēram un pievienojot kvasam maltodekstrīnu, higroskopiskums samazinās.

5. tabula / Table 5

**Fizikālie parametri dažādos sausā kvasa paraugos /
Physical parameters of differently dried kvass**

Parametri / parameters	Sausā kvasa paraugi / Dry kvass samples			
	HMD0	HMD10	HMD25	VMD25
Sausnas saturs / Dry matter, %	98.20±0.03	97.69±0.04	97.12±0.07	93.50±0.04
Tilpuma blīvums / Bulk density, g ml ⁻¹	0.459±0.07	0.415±0.011	0.447±0.005	0.439±0.009
Šķīdība / Solubility, %	94.15±0.59	95.78±0.74	96.19±0.31	96.16±1.21
pH	4.55±0.25	4.61±0.17	4.78±0.27	4.69±0.34
Ūdens aktivitāte / Water activity, a _w	0.222±0.01	0.223±0.01	0.231±0.01	0.229±0.01
Mikrodaļiņu izmēri / Microparticle size, μm	3.02 ± 0.10	4.32 ± 0.16	5.53 ± 0.12	5.62 ± 0.23

Dehidrēta kvasa ūdens aktivitāte (a_w) ir 0.22-0.23, tā ir zema un norāda uz produkta mikrobiālo un oksidatīvo stabilitāti (Patil *et al.*, 2014; Shishir, Chen, 2017).

Daļiņu izmērs ir viena no vissvarīgākajām pulveru fizikālajām īpašībām, jo tas ietekmē produktu tālāko apstrādi, kā arī uzglabāšanas īpašības. Izsmidzināšanas kaltēs izkaltētajiem sausajiem produktiem ir mazas daļiņas (<50 μm) (Tontul, Topuz, 2017). Sauso izkaltēta kvasa mikrodaļiņu izmēru sadalījums norāda, ka, kaltējot vertikālajā un horizontālajā izsmidzināšanas tipa kaltē ar un bez nesējvielas, bija ļoti mainīgi lielumi no 1.72 μm līdz 11.48 μm. Sauso mikro daļiņu izmēri, kas kaltēti bez maltodekstrīna (HMD0), bija robežās no 1.21±0.08 μm līdz 4.58±0.11 μm, vidējā vērtība 3.02±0.10 μm, savukārt ar maltodekstrīnu kaltētiem paraugiem (HMD10; HMD25; VMD25) no 1.72±0.21 μm līdz 11.48±0.16 μm, vidējā vērtība 5.16±0.14 μm. Ar maltodekstrīnu nesējvielu daļiņu izmēri bija par 13% lielāki nekā bez maltodekstrīna pievienotajam paraugam (HMD0). Salīdzinot ar literatūrā pieejamo informāciju, tie bija līdzīgi kā izkaltētam sulas ekstraktam – vidējie daļiņu izmēri bija no 4 – 13 μm, tas bija atkarīgs no pievienotā maltodekstrīna daudzuma kaltēšanas procesā (Fazaeli *et al.*, 2012). Funkcionālās komponentes, kuras ir jutīgas un to stabilitāte ir atkarīga no vides apstākļiem, būtiski ietekmē daļiņu izmērus (Shi *et al.*, 2013). Kad daļiņu izmērs ir mazāks, vides virsmas laukums ir lielāks, un tādējādi palielinās jutīgo savienojumu degradācija

(Tontul, Topuz, 2017). Ieplūdes temperatūrai nav ietekmes uz daļiņu virsmas gludumu (Allamila *et al.*, 2005). Vidējais izkaltēto daļiņu izmērs ir mazāks, ja ieplūstošā gaisa temperatūra ir augstāka (Mishra *et al.*, 2014).

Šķīdība sausā produkta īpašībām ir svarīga ūdens fāzē. Pārtikas pulveriem jābūt labai šķīdībai, izmantojamībai un funkcionalitātei. Šķīdība ir uzskatāma par noteicošo faktoru vispārējai sauso produktu atjaunošanas kvalitātei (Chen, Patel, 2008). Sausā kvasa šķīdība ūdenī ir atšķirīga, kvasu kaltējot vertikālajā un horizontālajā kaltē. Būtiskas atšķirības netika novērotas šķīdības rezultātos, kur tika izmantota maltodekstrīnu piedeva. Paraugos bez maltodekstrīniem šķīdība bija 94.15%, ar 10% maltodekstrīnu piedevu – 95.78%, ar 25% maltodekstrīnu piedevu 96.19%. Maltodekstrīnu koncentrācijas palielināšana būtiski palielina šķīdību ($p < 0.05$) un ir svarīgs parametrs kaltētiem šķīdriem produktiem (Caliskan, Dirim, 2013; Calomeni *et al.*, 2017).

Kvasa ekstraktam aktīvais skābums pH 4.18 ± 0.15 , savukārt izkaltētajam kvasa pulverim bez maltodekstrīna (HMD0) pH vērtība 4.55 ± 0.25 , sausajiem paraugiem ar pievienotu maltodekstrīnu tā nedaudz palielinājās pH robežās no 4.61 ± 0.17 līdz 4.78 ± 0.27 , vidēji par 5 procentiem.

Iegūtais sausnas saturs sausajā kvasā bija $97.69 \pm 0.04\%$ (HMD10) – $97.12 \pm 0.07\%$ (HMD25). Kvasa pulverim bez maltodekstrīna (HMD0) sausnas saturs – $98.20 \pm 0.03\%$. Paraugos ar pievienotu 25% (HMD25 un VMD25) maltodekstrīnu novērots mitruma samazinājums. Pētījumi rāda, ka kopējais šķīstošo vielu saturs palielinājās un iztvaikotais ūdens daudzums samazinās produktā ar maltodekstrīnu ātrāk nekā produktiem bez maltodekstrīna (Quek *et al.*, 2007; Caliskan, Dirim, 2013).

Iegūtajam sausajam kvasam bez maltodekstrīna HMD0 pelnvielu saturs bija 1.16%, pievienojot maltodekstrīnu tas neizmainījās (1.14% un 1.13%). Pelnu daudzums samazinās, palielinoties maltodekstrīna daudzumam, taču tam nav būtiska ietekme ($p < 0.05$) uz to kopējo saturu (Caliskan, Dirim, 2013).

Patērētājiem produktu krāsa ir viens no svarīgākajiem atpazīstamības faktoriem, tāpēc vēlams minimālas krāsas izmaiņas pēc kaltēšanas. Maltodekstrīna klātbūtnē ietekmēja sausā kvasa paraugu krāsu – jo vairāk pievienots maltodekstrīns, jo gaišāks bija sausais produkts (6. tabula). Sausajā kvasa paraugā bez maltodekstrīna (HMD0) novērota tumšāka krāsa ar izteikti dzeltenbrūno toni.

6. tabula / Table 6

**Sausā kvasa paraugu krāsas komponentes/
Colour components of dried kvass samples**

Krāsas parametri / Colour parameters	Sausā kvasa paraugi / Dry kvass samples			
	HMD0	HMD10	HMD25	VMD25
L^*	75.80 ± 0.40	81.874 ± 0.16	82.803 ± 0.51	82.80 ± 0.45
a^*	1.75 ± 0.12	-0.57 ± 0.10	1.00 ± 0.14	1.20 ± 0.15
b^*	27.75 ± 0.74	23.38 ± 0.98	22.06 ± 0.37	22.00 ± 0.27
ΔE^*	-	7.83 ± 0.16	9.06 ± 0.21	9.12 ± 0.15

* paraugu apzīmējumi apkopoti 2. tabulā / sample codes are summarised in Table 2

Starp produktiem, kas kaltēti vertikālajā un horizontālajā izsmidzināšanas tipa kaltē, nav būtisku krāsu komponentu atšķirību. Pētāmajam sausajam produktam maltodekstrīns samazināja tumšās krāsas intensitāti. Maltodekstrīna koncentrācija izkaltētajā produktā ietekmē krāsu vērtības (Mishra *et al.*, 2014). Paraugos, kur maltodekstrīna koncentrācija bija augstāka par 10%, pulveris zaudēja tā specifisko krāsu.

Kvasā tika noteikti galvenie cukuri – glikoze, fruktoze un maltoze, un to saturs būtiski atšķīrās ($p < 0.05$) šķidrā un sausajā kvasā (7. tabula).

7. tabula / Table 7

**Cukuru sastāvs sausā kvasa paraugos ($g\ 100\ g^{-1}$ sausnas) /
Sugar content in kvass and dried kvass ($g\ 100\ g^{-1}$ dry matter)**

Cukuri / Sugars	Kvass EK/ Kvass EK	VMD25	HMD0	HMD10	HMD25
Fruktoze / Fructose	25.13±0.19	15.83±0.12	24.85±0.10	19.80±0.10	15.53±0.10
Glikoze / Glucose	21.76±0.14	14.31±0.17	22.70±0.13	16.22±0.15	14.25±0.13
Maltoze / Maltose	8.26±0.11	6.12±0.07	7.49±0.15	6.86±0.05	6.20±0.09
Saharozē / Sucrose	<i>n.i.</i>	<i>n.i.</i>	<i>n.i.</i>	<i>n.i.</i>	<i>n.i.</i>
Kopējais cukuru saturs / Total sum of sugars	55.2±0.10	36.26±0.09	55.04±0.07	42.88±0.06	35.98±0.08

*rezultāti izteikti kā vidējā vērtība ar standartnovirzi / results were expressed as average amount with standard deviation

** paraugu apzīmējumi apkopoti 2. tabulā / sample codes are summarised in Table 2

Eksperimentālajā kvasā (EK) kopējais cukuru saturs bija augstāks, un pēc kaltēšanas tas būtiski samazinājās ($p < 0.05$). Barba *et al.* (2014) pētījumos kaltēšanas process būtiski samazināja reducējošo cukuru saturu, ko varētu saistīt ar Mailarda reakciju. Bet Grabowska *et al.* (2008) secināja, ka izsmidzināšanas tipa kaltē pievienotais maltodekstrīns saldo kartupeļu sulas pulverim uzrādīja zemāku cukura saturu, salīdzinot ar svaigajiem kartupeļiem. Tas ir atkarīgs no atšķaidījumiem un pievienotajiem maltodekstrīnu daudzumiem. Tātad var secināt, ka samazinājums fruktozes, glikozes un maltozes saturā sausajā kvasā varētu būt saistīts uz pievienoto maltodekstrīnu daudzumiem, kas palielina stiklainības temperatūru un uzlabo produkta stabilitāti (Tonon *et al.*, 2011; Oberoi, Sogi, 2015).

Līdzīgi kā kvasa koncentrātā, arī sausajā kvasā būtiski samazinājās B grupas vitamīnu saturs, salīdzinot ar šķidro kvasu. Tiamīna koncentrācija samazinājās no 0.71–0.25 $\mu g\ 100\ g^{-1}$ sausnas, kas ir par 64% mazāk. Šāda tendence tika novērota arī riboflavīna un niacīna gadījumā, kur savienojumu koncentrācijas samazinājās no 1.28–0.48 $\mu g\ 100\ g^{-1}$ sausnas un 18.14–4.36 $\mu g\ 100\ g^{-1}$ sausnas, kas attiecīgi ir par 62% un 75% mazāk nekā šķidrā kvasā. Kā iepriekš norādījuši vairāki autori (Nisha *et al.*, 2009; Monajjemzadeh *et al.*, 2014; Sheraz *et al.*, 2014), B grupas vitamīni termolabili, tādēļ kaltēšanas rezultātā samazinās to saturs- sausajā kvasā to koncentrācijas ir 2–4 reizes zemākas nekā raudzētā kvasā.

Būtiskas izmaiņas tika novērotas aromātu veidojošo savienojumu sastāvā pēc kaltēšanas (8. tab.). Šķidrājam kvasam (EK) pievienotais maltodekstrīns kā nesējviela palīdz saglabāt (iekapsulēt) atsevišķus gaistošos aromātiskos savienojumus, tādus kā 3–metilbutanāls, 1–pentanols, benzaldehīds, to daudzums izkaltētājā produktā ir atšķirīgs, kas ir atkarīgs gan no pievienotā maltodekstrīna daudzuma, gan kaltēšanas metodes. Horizontālajā kaltēšanas metodē produkta kaltēšanas laiks ir ļoti īss, un tāpēc atsevišķu aromātu veidojošo savienojumu saturs ir lielāks, nekā izmantojot vertikālo kaltēšanas metodi. Būtiski samazinās ($p < 0.05$) kopējais aromātu veidojošo vielu saturs pēc kaltēšanas, salīdzinot ar šķidro kvasu.

8. tabula / Table 8

**Gaistošie savienojumi ($SLV \times 10^7$) sausajos kvasa paraugos /
Volatile compounds ($PAU \times 10^7$) in dried kvass samples**

Aromātu savienojumi / Volatile compounds	Sausā kvasa paraugi / Dry kvass samples			
	VMD25	HMD25	HMD10	HMD0
Pent-4-ēn-2-ols / 4-penten-2-ol	1.39±0.10	1.42±0.08	0.81±0.07	0.72±0.08
3-metilbutanāls / 3-methylbutanal	0.10±0.03	0.11±0.03	–	–
Heksanāls / hexanal	3.04±0.13	3.11±0.02	1.04±0.04	1.01±0.10
2- pentilfurāns / 2-pentylfuran	0.68±0.04	0.70±0.03	0.44±0.06	0.42±0.02
1-pentanols / 1-pentanol	0.17±0.03	0.19±0.02	0.05±0.01	–
3-hidroksibutān -2- ons / 3-hydroxy-2-butanone	0.22±0.01	0.23±0.02	0.19±0.01	0.14±0.04
1-oktēn-3-ols / 1-octen-3-ol	0.50±0.02	0.40±0.04	0.35±0.03	0.32±0.03
Etiķskābe / acetic acid	0.98±0.11	1.02±0.10	0.73±0.09	0.71±0.08
Furfūrols / furfural	0.62±0.01	0.63±0.02	0.55±0.01	0.52±0.05
Butān-2,3-dions / 2,3-butanedione	–	–	–	0.11±0.02
Benzaldehīds / benzaldehyde	1.56±0.02	1.59±0.03	0.25±0.01	–
5-metil furfurāls / 5-methyl furfural				0.05±0.00
Furilspirts / furfuryl alcohol	0.72±0.06	0.77±0.05	0.16±0.03	1.10±0.19
5-metil-2-furān-metanols / 5-methyl-2-furanmethanol	–	–	–	0.06±0.00
Etilacetāts / ethylacetate	–	–	–	0.08±0.01
Heksānskābe / hexanoic acid	0.41±0.01	0.44±0.03	0.35±0.02	0.22±0.02
Benzols / benzylalcohol	0.66±0.04	0.75±0.03	0.44±0.04	0.37±0.11
Feniletanols / phenylethylalcohol	0.35±0.04	0.39±0.02	0.13±0.02	0.85±0.01
Maltols / maltol	0.21±0.03	0.24±0.03	0.17±0.02	0.28±0.02
Oktānskābe / octanoic acid	0.21±0.01	0.23±0.02	0.15±0.01	0.11±0.00
Hidroksidihidromaltols / hydroxydihydromaltol	–	–	–	0.32±0.01
Kopējā smaīļu laukumu summa / The sum of peak areas	11.81±0.56	12.20±1.05	8.90±0.34	7.40±0.74

Šķidrājā kvasā EK tika identificēti 20 gaistošie savienojumi un koncentrātā EK– 13, savukārt izmantojot vertikālo izsmidzināšanas kalti– 16 savienojumi. Horizontālajā kaltē paraugam bez maltodekstrīna HMD0 identificēti 18 gaistošie savienojumi. Augstākā koncentrācijā paraugos VMD25, HMD10 un HMD25 identificēts heksanāls un benzaldehīds, bet HMD0 – heksanāls,

feniletanols, etiķskābe, un pent-4-ēn-2-ols. Kopējo smaiļu laukumu summa norāda, ka paraugos ar pievienotu maltodekstrīna daudzumu aromātu veidojošo vielu summa ir augstāka nekā paraugos ar zemāku pievienoto maltodekstrīna koncentrāciju. Tas varētu būt skaidrojams ar to, ka maltodekstrīns darbojas kā mikrokapsulators, aizsargājoša viela un rezultātā aromātu zudumi ir mazāki. Kā norāda Vincenzetti *et al.* (2018), zemas molekulas savienojumi (mazāks par 300 Da) būtiski samazinās un izgaist, ja temperatūra ir augstāka par 25 °C.

Sausajā kvasā, kas tika kaltēts horizontālajā izsmidzināšanas tipa kaltē, identificētas 17 aminoskābes. Kopējais neaizstājamo aminoskābju daudzums sausajā kvasā ir 236.2 mg g⁻¹ proteīna, tomēr jāņem vērā, ka sausais kvass nav olbaltumvielu avots, tāpēc aminoskābēm nav būtiskas ietekmes uz organismā notiekošajiem procesiem. Aminoskābe glicīns (50.8 mg g⁻¹ proteīna), termiskās apstrādes rezultātā ierobežo sausā produkta mikrodaļiņu sfēriskuma veidošanos (Lin *et al.*, 2017).

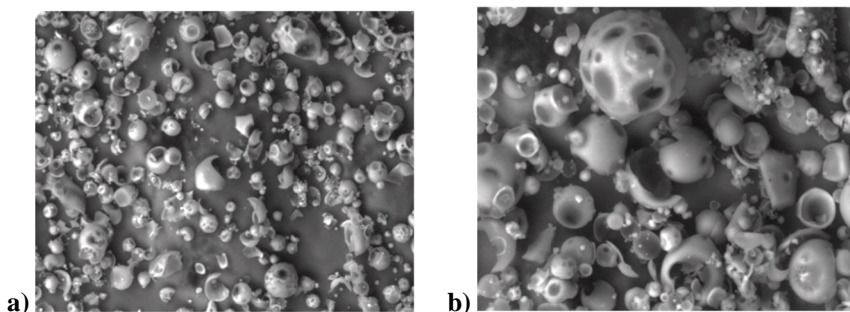
Sausajiem kvasa paraugiem, kas sagatavoti vertikālajā izsmidzināšanas kaltē, netika novērotas būtiskas mikroorganismu kopskaita atšķirības: VMD50 – 7.58×10⁴ KVV g⁻¹, VMD40 – 7.62×10⁴ KVV g⁻¹, un VMD25 – 7.8×10⁴ KVV g⁻¹. Visos trīs sausā kvasa paraugos konstatēta pienskābes baktēriju klātbūtne (2–3×10¹ KVV g⁻¹). Pelējumu klātbūtne netika konstatēta. Sausajos raudzētā kvasa paraugos tika atrasti mikroorganismi ar līdzīgām morfoloģiskajām pazīmēm. Izmantojot Grama krāsošanas metodi, noteikts, ka paraugos atrodas *Bacillus spp.* grampozitīvās, katalāzes pozitīvās endosporu veidojošas baktērijas. API bioķīmiskā identifikācija uzrādīja *Bacillus amyloliquefaciens* klātbūtni. Tas izskaidrojams ar iespējamu kaltētā kvasa kontamināciju no izsmidzināšanas kaltes virsmām, palīginstrumentiem. Enterobaktēriju klātbūtne tika konstatēta visos paraugos, taču tā nepārsniedza 100 KVV g⁻¹. Izmantojot izkaltētu raudzētu kvasu garšas bagātināšanai dažādos produktos, būtiski ir tehnoloģiskie apstrādes procesi pēc tā pievienošanas. Enterobaktērijas, kas tika konstatētas vertikālajā kaltē izkaltētajā kvasā, sporas neveido, un, ja produkti ar pievienoto izkaltēto kvasu tiks pakļauti termiskajai apstrādei, baktēriju veģetatīvās šūnas tiks iznīcinātas un neradīs kaitējumu patērētāju veselībai.

Sausajam kvasam, kas kaltēts horizontālajā kaltē bez maltodekstrīnu klātbūtnes – HMD0 – kopējais mikroorganismu daudzums sasniedza 4.40×10³ KVV g⁻¹. Paraugam HMD10 – 4.45×10³ KVV g⁻¹, bet paraugam HMD25 – 4.52×10³ KVV g⁻¹. Pēc 7 mēnešu uzglabāšanas laminētā daudzslāņu polietilēna maisiņā mikroorganismu kopskaitam netika konstatētas izmaiņas (p>0.05). Pienskābes baktēriju, pelējumu un *Enterobacteriaceae* klātbūtne horizontāli kaltētos kvasa paraugos netika konstatēta.

Sausais kvass, kas kaltēts horizontālajā izsmidzināšanas kaltē, ir mikrobioloģiski tīrāks, salīdzinot ar sauso kvasu, kas kaltēts vertikālajā izsmidzināšanas kaltē. Viens no iemesliem varētu būt kaltes izmērs un konfigurācija – eksperimentālā horizontālā izsmidzināšanas kalte ir vairākas reizes mazāka, tā ir mobila un vieglāk to ir uzturēt tīru. Sausā kvasa paraugi

HMD25, HMD10 un HMD0 var tikt izmantoti kā piedeva arī tādiem produktiem, kuriem nav paredzēta atkārtota termiskā apstrāde, jo tie nesatur *Enterobacteriaceae* mikroorganismus.

Mikrostruktūras analīze parādīja, ka izsmidzināšanas kaltē kaltēts kvass bija ar neregulāri sfēriskas formas daļiņām, kurām ir daudz bojājumu un iespaidumu uz virsmas (10. att.). Kaltēšanas temperatūra un maltodekstrīnu klātbūtne var ietekmēt iegūtā pulvera daļiņu izmērus. Paaugstinot apstrādes temperatūras un pievienojot vairāk maltodekstrīna, daļiņu izmēri palielinās. Kaltēšanas procesā veidojas neregulāras, sfēriskas formas daļiņas ar daudzām lauztām virsmām un iedobumiem.



10. att. Mikrostruktūras attēls vertikālajā kaltē dehidrēta raudzēta kvasa (VMD25) daļiņas palielinājumā (a) 200× un (b) 400×. /

Fig. 10. Micrographs for dehydrated (in vertical spray-drier) naturally fermented kvass (VMD25) particles at magnifications of (a) 200× and (b) 400×.

Tas skaidrojams ar ātrāku kaltēšanas procesu pie augstākas temperatūras, tūlītēju daļiņu veidošanos un izvairīšanos no to saraušanās, kā arī esošo cukuru stiklošanās deformē daļiņas. Līdzīgi rezultāti tika iegūti citos pētījumos ar dažādām sulām (Souza *et al.*, 2014; Calomeni *et al.*, 2017). Izkaltētajam paraugam bez nesējvielas klātbūtnes ir uzskatāmi bojāti mikrodaļiņu sfēriskums, ar asām šķautnēm, neregulārs. Tas skaidrojams ar esošo cukuru un aminoskābju kristalizācijas procesu termiskās iedarbības rezultātā (Lin *et al.*, 2017). Kaltējot produktus ar augstu cukura saturu, ir problemātiski atdalīt sausās daļiņas, tāpēc nepieciešams novērst to aglomerāciju (Bayram *et al.*, 2005). Jo mazāka produkta porainība, jo zemāks tilpuma blīvums. Pastāv iespēja izsmidzināšanas sprauslām kontrolēt pilienu ģeometriskos izmērus, izmantojot ultra skaņas frekvences diapazonus (Ishwarya *et al.*, 2015). Pievienojot paraugiem maltodekstrīnus, sausās daļiņas kļuva gludākas un sfēriskākas, daļiņu vidējais lielums palielinājās. Iegūtie rezultāti ir līdzīgi ar Fzaeli *et al.* (2012) pētījumu, kurā apelsīnu sulas pulverim ar 70% maltodekstrīniem tika novērota līdzena produkta virsma bez deformācijām.

Kaltes augstās temperatūras un straujās ūdens iztvaikošanas rezultātā rodas daļiņu deformācija (Rajabi *et al.*, 2015).

Eksperti vērtēja piena proteīnu dzērienu ar sauso kvasu. Piena proteīna dzērienam MPC85, pievienojot sauso kvasu ir iespējams uzlabot ārējo izskatu – no apmierinošas kvalitātes (3.8) kontroles parauga līdz labas kvalitātes (4.8) paraugiem ar sausā kvasa piedevu (9. tabula). Pievienojot dehidrētu raudzētu kvasu, paraugi ir gaiši brūnā krāsā, salīdzinot ar proteīna dzēriena paraugu. Kontroles paraugs piena proteīna dzēriens (MD0) raksturots kā vizuāli nepievilcīgs, ar biezu konsistenci, bez izteiktas garšas un smaržas. Pēc kvalitātes skaitļa paraugi sarindojas šādā kārtībā: MD9 (4.50) > MD2 = MD3 = MD7 = MD8 (4.0) > MD4 (3.94) > MD1 = MD5 (3.88) > MD0 (3.69). Paraugš MD9 ir labas kvalitātes, bet kontroles paraugs bez kaltētā kvasa piedevas raksturots kā neapmierinošas kvalitātes. Pēc ekspertu vērtējuma par labāko kaltēta kvasa koncentrāciju piena proteīna koncentrātam (MPC85) atzīta sausā kvasa piedeva 3% (MD9) bez maltodekstrīna.

Izvērtējot ekspertu vērtējumu piena proteīna koncentrāta dzērieniem ar kvasu, potenciālajiem patērētājiem – sportistiem – sensoro īpašību patikšanas pakāpes izvērtēšanai (5 punktu hedoniskā skala) doti tikai trīs paraugi – MD0 (kontrolē), MD3 (sausā kvasa piedeva HMD25), MD6 (sausā kvasa piedeva HMD10) un MD9 (sausā kvasa piedeva HMD0), kā arī paraugs ar kvasa piedevu VMD25, kurš tika atzīts par labāko sausā kvasa paraugu, kaltējot to vertikālajā izsmidzināšanas kaltē.

9. tabula / Table 9

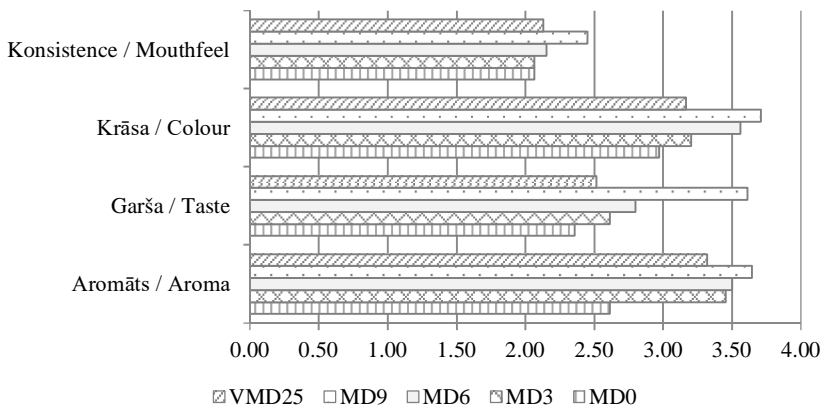
Piena proteīna koncentrāta dzēriena kvalitātes izvērtējums ar pievienotu sauso kvasu /
Quality evaluation of milk protein concentrate drink with dehydrated kvass

Paraugš / Sample	Sensorās īpašības / Sensory parameters			
	Ārējais izskats / overall appearance	Konsistence / mouthfeel	Smarža / aroma	Garša, pēcgarša / flavour, aftertaste
MD0	3.8	4.3	3.0	3.8
MD1	4.8	4.3	3.3	3.3
MD2	4.8	4.3	3.3	3.8
MD3	4.8	4.5	3.8	3.0
MD4	4.8	4.3	3.3	3.5
MD5	4.8	4.0	3.3	3.5
MD6	4.8	4.0	3.3	3.3
MD7	4.8	4.0	3.8	3.5
MD8	4.8	3.8	3.8	3.8
MD9	4.8	4.5	4.5	4.3

* MD0- kontroles paraugs, piena proteīna koncentrāts MPC85 / control sample, milk protein concentrate; MD1- 1% HMD25; MD2- 2% HMD25; MD3- 3% HMD25; MD4- 1% HMD10; MD5- 2% HMD10; MD6- 3% HMD10; MD7- 1% HMD0; MD8- 2% HMD0; MD9- 3% HMD0

Proteīna dzērieni bez garšas piedevām nav iecienīti, tādēļ tiem nepieciešams veidot dažādas garšas. Pēc sporta aktivitātēm vai to laikā optimāls uzturvielu

avots būtu ērti un ātri norijams šķidrums ar vieglu pēcgaršu. Kontroles paraugu MD0 sportisti raksturoja kā ne pārāk patīkamu, bez izteiktas garšas un smaržas (11. att.). Piena proteīna koncentrāts ar sausā kvasa piedevu, kam kaltēšanas veicināšanai pievienots maltodekstrīns (MD3), raksturots kā nepietiekoši salds un šķidr, ar neizteiktu, pliekanu garšu un, salīdzinot ar želeju, grūtāk norijams.



11. att. Piena proteīna koncentrāta ar sauso kvasu hedoniskais vērtējums / Fig. 11. Hedonic evaluation of milk protein concentrate with dry kvass

* VMD25 apzīmējums atšifrēts 2. tabulā / abbreviation VMD25 is decoded in Table 2, MD0- kontroles paraugs, piena proteīna koncentrāts MPC85 / control sample, milk protein concentrate; MD3- 3% HMD25; MD6- 3% HMD10; MD9- 3% HMD0

Paraugu MD6 (sausā kvasa piedeva HMD10) raksturoja līdzīgi kā paraugu MD3 ar neizteiktu pliekanu garšu. Piena proteīna dzērienam ar vertikālajā kaltē kaltētu kvasu VMD25 trūka salduma un izteiktas kvasa garšas.

Maltodekstrīns veicina gaistošo savienojumu saglabāšanu kvasā (paraugi VMD25 un HMD25), bet patērētāji nespēja sajust atšķirības un intensīvāku aromātu atzīmēja paraugam MD9, kuram gaistošo aromātisko savienojumu kopsumma bija mazāka.

Salīdzinot dažādas kvasa piedevas, redzams, ka MD9 un MD6 paraugs būtiski uzlabo piena proteīna koncentrāta garšas un krāsas īpašības ($p < 0.05$), taču neviens no kvasa paraugiem būtiski neietekmē gatavā dzēriena konsistenci. Jebkura sausā kvasa piedeva ievērojami uzlaboja piena proteīna koncentrāta aromātu ($p < 0.05$) bez būtiskām atšķirībām starp sauso kvasu, kas kaltēts horizontālajā un vertikālajā kaltē, ar vai bez maltodekstrīna klātbūtnes.

Sausā kvasa izmantošanas konditorejā tika pārbaudīta, veicot bezē cepumu sensoro vērtēšanu. Bezē cepumu ar sauso kvasu sensorai vērtēšanai tika sagatavoti 2 paraugi – kontroles paraugs bez sausā kvasa un eksperimentālais paraugs ar 3% HMD0 sauso kvasu. Bezē cepumu hedoniskais vērtējums bija 4.2, savukārt bezē cepumu ar sauso kvasu – 4.5. Starp paraugiem nebija

būtiskas atšķirības ($p>0.05$). Patērētāji norādīja, ka bezē cepumu eksperimentālie paraugi ir ar patīkamu cigoriņu un rudzu maizes smaržu un pēcgaršu, daži respondenti atzīmēja iesala aromātu.

4. Kvasa enerģētiskā vērtība un ekonomiskais novērtējums

Sausā kvasa enerģētiskā vērtība, salīdzinot ar šķidro kvasu, bija lielāka (10. tab.), savukārt, pārrēķinot uz sausu, enerģētiskā vērtība būtiski neatšķiras, t.i., tā ir 332 kcal 100 mL⁻¹ šķidrājam kvasam. Sausais kvass salīdzinājumā ar raudzētu kvasu satur tikai etanola paliekas, jo kaltēšanas procesā spirts iztvaiko.

10. tabula / Table 10

Enerģētiskā vērtība raudzētam un dehidrētam kvasam / Energy value of naturally fermented and dry kvass

Testēšanas rādītāji /Parameters	Šķidrums kvass / Liquid kvass, EK	Sausais kvass / Dry kvass, HMD0
Tauki / Fat	< 0.1 g 100 mL ⁻¹	< 0.1 g 100 g ⁻¹
Piesātinātās taukskābes / Saturated fat	< 0.01 g 100 mL ⁻¹	< 0.1 g 100 g ⁻¹
Cukurs / Sugar	4.7±0.02 g 100mL ⁻¹	61.30±0.15 g 100 g ⁻¹
Ogļhidrāti / Carbohydrates	5.9±0.02 g 100 mL ⁻¹	75.20±0.21 g 100 g ⁻¹
Sāļi / Salt	0.16±0.01 g 100 mL ⁻¹	2.10±0.05 g 100 g ⁻¹
Olbaltumvielas / Protein	0.15±0.02 g 100 mL ⁻¹	1.90±0.10 g 100 g ⁻¹
Enerģētiskā vērtība / Energy value	25 kcal 100 mL ⁻¹ 105 kJ 100 mL ⁻¹	309 kcal 100 g ⁻¹ 1292 kJ 100 g ⁻¹
Alkohola saturs /Ethanol content	1.20 tilpuma %	< 0.1 tilpuma %

Ekonomiskajam izmaksu aprēķinam ir nepieciešami šādi parametri:

- » enerģijas daudzums 1 kg ūdens izkaltēšanai – 1200 kcal L⁻¹;
- » produkta plūsmas ātrums uz izsmidzināšanas kalti – 150 kg h⁻¹;
- » produkta sausnas saturs pirms kaltēšanas – 6.0±0.2%;
- » ūdens ietvaices jauda analizējamajai iekārtai – 142 kg h⁻¹;
- » sausnas saturs pēc kaltēšanas – 94.0±0.2%;
- » izkaltētā produkta daudzums 1 stundā – 8 kg h⁻¹.

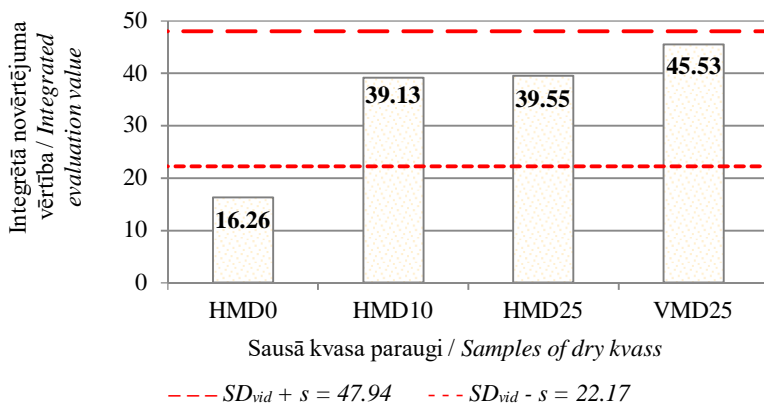
Sausā kvasa pašizmaksas pārrēķins uz 1 kg izkaltētā produkta horizontālajā izsmidzināšanas kaltē ir ~13.7 EUR kg⁻¹ (HMD25) savukārt kaltējot vertikālajā izsmidzināšanas kaltē (VMD25) – ~14.6 EUR kg⁻¹, kas ir par 6% vairāk. Tas skaidrojams ar papildus enerģijas izmaksām un lielākiem produktu zudumiem. Horizontālajā izsmidzināšanas kaltē izkaltētā kvasa (HMD10) aprēķinātā pašizmaksa ir ~12.4 EUR kg⁻¹, un HMD0 ~11.3 EUR kg⁻¹, kas ir par 18% lētāk nekā HMD25, tas skaidrojams ar maltodekstrīnu daudzuma samazinājumu kaltēšanas procesā, kā arī ražošanai nepieciešamās enerģijas apjoma izmaiņām. Pavisam neliels maltodekstrīna daudzums izmaina produktu īpašības un palielina kopējās izmaksas (Caliskan, Dirim, 2013).

Izejvielas izmaksas ietver aptuveni 60% no kopējās pašizmaksas, tāpēc tās optimizē. Palielinot sausnas saturu šķidrājam produktam pirms kaltēšanas,

izmantojot ietvaices vai iebiezināšanas tehnoloģijas, ir iespējams samazināt enerģijas izmaksas un palielināt izsmidzināšanas kaltes ražību, bet tad aromātu veidojošo savienojumu daudzums samazinās. Iz kaltētā produkta pašizmaksa 1 kg bez nesējvielas bija par 18% zemāka nekā ar pievienotu nesējvielu – maltodekstrīnu.

5. Dehidrētā kvasa integrētais daudzfaktoru novērtējums

Iepriekš aprakstītie un analizētie fizikālie, ķīmiskie, sensorie un ekonomiskie parametri tika izmantoti, lai veiktu integrēto novērtējumu (12. att.).



12. att. Sausā kvasa integrētais novērtējums /
Fig. 12. Dried kvass integrated evaluation

* paraugu apzīmējumi doti 2. tabulā / samples code are given in Table 2

Lai noteiktu piemērotāko kaltēšanas veidu sausā kvasa ieguvei, tika izvērtēti dažādi rādītāji un augsts pazīmes ieguldījuma koeficients (ω_i) piešķirts aromātam (SLV), mikrodaļiņu izmēram (μm), hedoniskajam vērtējumam – garšai, zemāks vērtējums – kopējo cukuru saturam (g), krāsas komponentēm L^* vērtībai un b^* vērtībai, kā arī ražošanas pašizmaksai (EUR kg^{-1}).

Zemākā integrētā novērtējuma vērtība norāda uz piemērotāku metodi paredzamajam mērķim, savukārt augstāka – uz vismazāk piemērotu metodi kvasa kaltēšanai, balstoties uz fizikāliem, ķīmiskiem, sensoriem un ekonomiskiem rādītājiem. Pētot kaltēšanas veidu piemērotību, var secināt, ka dehidrētā kvasa ieguvei no vertikālās un horizontālās izsmidzināšanas kaltēšanas veidiem vispiemērotākā ir kaltēšana horizontālā izsmidzināšanas kaltē bez maltodekstrīna piedevas (HMD0).

SECINĀJUMI

1. Rudzu maizes kvasa ražošanas laikā būtiski samazinājās sausnas un pH vērtība rauga un pienskābes baktēriju darbības rezultātā, nodrošinot kvasam atbilstošas sensorās īpašības.
2. Ietvaices procesam ir būtiska ietekme ($p = 0,01$) uz gaistošo savienojumu profilu un smaiļu laukumu vienību vērtībām. Kvasa koncentrātos gaistošie savienojumi tika identificēti par 50% mazāk nekā kvasā. Kvasa koncentrātā smaiļu laukumu vienību vērtības bija būtiski zemākas nekā eksperimentālajam kvasam ($p < 0,05$).
3. Dehidrēta kvasa mikrodaļiņu forma bez nesējvielas ir neregulāra un izteikti deformēta, daļiņu izmēru vidējā vērtība ir $3.02 \pm 0.10 \mu\text{m}$. Kvasam pievienojot nesējvielu maltodekstrīnu, iegūtā sausās produkta daļiņas ir nederformētas, sfēriskas, ar gludu virsmu, daļiņu vidējais izmērs ir $5.16 \pm 0.14 \mu\text{m}$.
4. Šķidru produktu dehidrēšanai galvenokārt lieto izsmidzināšanas tipa kaltes. Mūsdienās dehidrētu kvasu var iegūt vertikālajā izsmidzināšanas tipa kaltē, ja pievieno nesējvielu maltodekstrīnu ne mazāk kā 25% no kvasa sausnas. Pēc daudzkritēriju integrētā novērtējuma rezultātiem par piemērotāko paņēmieni dehidrēta kvasa bez maltodekstrīna pievienošanas atzīta horizontālā izsmidzināšanas tipa kalte.
5. Dehidrētu kvasu var izmantot dažādu pārtikas produktu garšas īpašību bagātināšanai. Sauso kvasu pievienojot piena proteīna dzērienam, eksperti un sportisti atzinīgi novērtēja produktu, kam pievienots 3% dehidrētā kvasa.
6. Promocijas darba pētījumos iegūtie rezultāti apstiprina izvirzīto hipotēzi – rudzu maizes kvasu var izkaltēt horizontālajā izsmidzināšanas tipa kaltē bez nesējvielām.

TOPICALITY OF THE RESEARCH

People use non-alcoholic beverages throughout their lives, and their beverage choice depends on the taste of the product, its impact on health, national traditions and market trends. In recent years, healthy lifestyle choices have grown rapidly among consumers, and products with high added value are in demand. One such product is naturally fermented bread kvass.

Kvass is a non-alcoholic beverage, produced by fermenting kvass mash with yeast and lactic acid bacteria. At the end of fermentation sugar and other ingredients (incl. food additives) can be added to kvass. The alcohol content of fermented kvass must be less than 1.2% abv. The rapid development of kvass production segment is due to the tonic effect of fermented kvass, its qualitative taste properties and beneficial effects on the human body, the digestive system and the pancreas. Its effect is similar to kefir (Feik *et al.*, 2007, Costa *et al.*, 2013).

Fermented beverages are an important part in global foods. The United Nations Food and Agriculture Organization (FAO) emphasizes the cultural and economic importance of fermented products in the communities of developing countries (Soukand *et al.* 2015). Fermentation processes are relatively inexpensive and are one of the most practical methods of producing and storing food (Egounlety, 2002).

Fermented kvass is a highly seasonal product and has a limited storage life; therefore, the possibilities offered by various technological solutions to develop new products from kvass should be considered. Reducing water content in kvass can limit its deterioration and extend the shelf life. When evaluating various drying technologies, spray drying method is most suitable for such a solution (Tontul *et al.*, 2017) with high economic potential (Chauca *et al.*, 2005). It is problematic to dehydrate products with high sugar and acid content in spray dryer, therefore, different carrier agents are added. More than 90% of dry matter in fruit juice is sugars and organic acids that form a sticky consistency (Goula *et al.*, 2010; Oberoi *et al.* 2015). Due to the high content of sugar, it may be necessary to use carrier agents to dehydrate kvass. Therefore, studies are required on the possibilities of drying with and without carrier agents and the quality of the product.

Limited information is available on the possible drying technologies of fermented kvass; therefore, it is necessary to conduct studies on the suitability of fermented kvass to obtain dry product and to evaluate its potential for use in the food industry.

Analyzing the theoretical and experimental data available in the literature, the **hypothesis of the doctoral dissertation** is stated: rye bread kvass can be dehydrated in a horizontal spray-dryer without the use of carried agents.

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

1. during the mash fermentation of rye bread rusks, a decrease in dry matter and pH is observed by growth of yeast and lactic acid bacteria, forming sensory characteristics of kvass;
2. quality properties of kvass concentrate produced in laboratory conditions differ from commercially available analogues;
3. the quality parameters of dehydrated kvass are significantly affected by the drying process;
4. the most suitable method for obtaining dehydrated kvass is to use a horizontal spray gun for drying;
5. Latvian expert and athlete panellists give positive feedback on products with added dehydrated kvass.

The aim of the dissertation was to investigate the quality of fermented rye bread kvass and evaluate the methods to obtain dehydrated kvass.

To achieve the aim, the following **tasks** were set:

1. to study the quality parameters of fermented rye bread kvass and their changes during the production process;
2. to analyze the quality parameters of concentrated kvass obtained in the laboratory and compare it with the analogues available in the commercial system;
3. to evaluate the quality parameters of dehydrated kvass obtained by spray-drying with different methods;
4. to substantiate the most suitable method for dehydrated kvass production according to the results of the integrated multifactorial evaluation;
5. to conduct sensory assessment in order to evaluate the possibilities of using dehydrated kvass in various food products for flavor enrichment.

Novelty of doctoral dissertation:

- » for the first time studies on drying of fermented rye bread kvass and the practical use of the dehydrated product in food industry have been carried out in Latvia;
- » technological parameters for the production of dehydrated product from rye bread kvass in horizontal and vertical spray dryer have been defined (LR Patent Application No. P-17-79 "Production of dehydrated powder from fermented rye bread kvass" has been submitted);
- » an integrated multifactorial assessment to determine the most suitable drying method for the production of dehydrated kvass in spray-dryer has been performed.

Economic importance of doctoral dissertation:

- » kvass has a short shelf life and seasonal consumption, therefore the production of dehydrated kvass will allow it to be used throughout the year;

- » the use of dehydrated kvass enables food producers to expand the production of new products with a variety of flavors and aroma;
- » the method of spray-drying without carried agents in the horizontal spray dryer will be applicable for dehydration of other liquid food products.

APPROBATION OF THE RESEARCH

Research results have been summarised and published in 7 scientific issues, including 5 publications indexed in the international citation databases SCOPUS and Web of Science, also application for *Latvian Republic Patent*.

Submission for Republic of Latvia patent: Dehydrated kvass powder from naturally fermented rye bread kvass. P-17-79 / 04.12.2017.

Research results have been presented at 10 international scientific conferences in Czech Republic, Italy, Latvia, Lithuania and in the international food industry fair “Riga Food” in 2014 and 2015 (list of publications and presentations is given on pages 6-7).

MATERIALS AND METHODS

Time and place of the research

The research was conducted during the period from 2013 to 2018 at laboratories of Department of Food Technology, Latvia University of Life Sciences and Technologies, the Laboratory of the Institute of Biology, University of Latvia, the Olsten Processes and Equipment Institute at the University of Warmia and Tecoma Drying Technology Srl Operating Headquarters and Laboratory Facilities Laboratory in Italy.

Structure of the research

The study was structured in stages and various kvass samples were analyzed– kvass, kvass concentrate and dehydrated kvass (Fig. 1).

The technological processes of kvass production are divided into 8 stages – from S₀ to S₇ (Table 1). The first three stages are the process of kvass preparation and maturation of the product. The longest of the steps is the storage time of the kvass (steps S₃ - S₇).

To prepare 1 litre of kvass mash, 200 g of rye bread rusks and 2 g dark rye and barley malt were mixed in 2 litres of hot water (Fig. 2). Bread rusks were left to soak for 3 hours, then the water-bread rusk suspension was filtered (300 microns) and the liquid fraction was cooled down and used in further kvass production stages. 1 g baker’s yeast, 2 units of lactic acid starter and 1/3 of the estimated quantity of sugar were added to 1 litre of kvass mash. The total quantity of sugar for kvass production is 30 g; therefore 10 g of sugar were added prior to fermentation. The fermentation of kvass mash took 9 h at 27±1 °C.

Kvass concentrate was prepared using experimental kvass EK and 2 commercially available kvass samples from Latvian producers: BA and BR. First, the CO₂ content was reduced in kvass samples to limit foaming during vacuum evaporation. Kvass concentrates were prepared using rotary evaporator Heidolph Laboratoire 4000 Efficient: evaporation was conducted at 50 °C during the entire extraction process, 30 rpm min⁻¹ for the first 30 min and 50-60 rpm min⁻¹ for approx. one hour to 32.4 ± 0.2% dry matter content.

Different concentrations of maltodextrin in relation to kvass dry matter drying process in vertical and horizontal spray dryers were used to find the optimal amount of carrier agent for **dehydrated kvass** (Fig. 3). The carrier agent is added to reduce the stickiness of kvass and promote the drying process without the formation of solid, caramelized agglomerates. The obtained dehydrated kvass samples were coded and are summarized in Table 2.

Methods used in the research

The methods used to determine various physical, chemical and microbiological parameters in kvass samples are summarized in Table 3.

Data mathematical processing was performed with *MS Excel v13*, mean values and standard deviations were calculated. Measurements were made with three repetitions. ANOVA and Tukey test were used to compare data. For the interpretation of the results it was assumed that $\alpha = 0.05$ with 95% confidence. Principal Component Analysis (PCA) was conducted using *Multibase 2015* statistical program.

RESULTS AND DISCUSSION

1. Quality evaluation of rye bread kvass

Initially, the number of MAFAM in bread rusks was 4.18 log CFU g⁻¹ (Fig. 5). During the first stage of fermented kvass production (S₀) MAFAM in the basic raw material - rye bread rusks was determined. MAFAM levels were fluctuating during fermentation of kvass mash. Within the first 13 hours (S₂), the increase in MAFAM was slow compared to the rest of the predominant microorganisms - yeasts. The increased alcohol and lactic acid concentration at the end of the kvass fermentation was sufficient to inhibit the development of aerobic and facultative anaerobic microorganisms.

Yeasts and lactic acid bacteria are the main microorganisms in kvass fermentation process (Salovaara *et al.*, 2011), which gives kvass a special flavour and aroma. Fermentation produces alcohol and lactic acid, which are considered natural preservatives that partially protects kvass from the development of unwanted microorganisms. In addition, yeasts and lactic acid bacteria are symbiotic organisms (Ramos *et al.*, 2011). Lactic acid bacteria create an acidic environment that is optimal for yeasts, while yeasts use amino acids and vitamins in the mash, which are very important for their activity and

reproductive processes. At the same time, lactic acid bacteria and yeasts compete for nutrients.

The reduction of dry matter and increase of acidity creates more favourable conditions for the growth of lactic acid bacteria. Excessively acidic environments inhibit both yeasts and lactic acid bacteria, which can contribute to the growth of unwanted microorganisms (Pomozova, 2006).

API system was used to identify yeasts and lactic acid bacteria in kvass. 2 microorganisms were isolated from the fermented bread kvass – *Saccharomyces cerevisiae* and *Leuconostoc mesentericus spp. cremoris*. During the technological production processes contamination of kvass with the unwanted microorganisms was not detected.

pH value decreased by 10.1% during kvass fermentation, the initial pH in kvass was 4.12 and after fermentation – 3.70. In subsequent kvass production steps, pH stabilized and was approx. 3.85. pH value of the experimentally produced kvass was in compliance with the Regulation No 926/2010 of the Cabinet of Ministers of Latvia. pH value did not decrease to interval lower limit value in any of the controlled production stages; at the end a trend in pH increase was observed. The increase of pH in kvass at the end of production stages could be explained by the formation of new substances as yeast and lactic acid bacteria cells gradually die.

Dry matter decreased during the fermentation of kvass, as most of the dry matter - sugar - was used for the development of yeasts and lactic acid bacteria. The normative documents for the production of kvass do not have strictly defined acidity parameters (which affect taste) and dry matter content (which affect product mouthfeel), however, recommended intervals for kvass quality are indicated. Therefore, there are several variants and sensory combinations possible for the analogues available in the commercial system.

Changes in sensory properties during the technological processes of kvass production were evaluated using 3 kvass samples with different storage times - A (after 36 h), B (after 84 h) and C (after 156 h). The results obtained (Fig. 6) indicate that the intensity of flavour was moderate (5.7-6.0 units) for all samples of the kvass without significant differences ($p > 0.05$).

Intensity of flavour was average (5.6-6.0 units), irrespective of the maturation time. Kvass sample C, which was stored for the longest time period, had the most intense colour, as prolonged ripening of the kvass contributed to the formation of sediments that created turbid colour. The intensity of acidity was affected by the kvass maturation time, i.e., kvass sample C had a higher acidity, as ethanol and lactic acid, which contribute to the increase in acidity, are formed in kvass as a result of the residual sugar fermentation.

2. Characterisation of kvass concentrate quality

During evaporation of experimental kvass (EK) dry matter content increased significantly: there was an insignificant change in dry matter content within the first 60 min ($p>0.05$), but dry matter significantly increased ($p<0.05$) from 80 to 120 min from $18\pm 0.2\%$ to $35\pm 0.1\%$. The quality of experimentally obtained kvass concentrate (EKC) was compared to commercially available kvass concentrate (IKC).

Dry matter content in the commercial kvass concentrate (IKC) was $69\pm 0.1\%$, therefore it was diluted to dry matter content of $32.4 \pm 0.2\%$ with distilled water – to the dry matter content of EKC. The active acidity of IKC concentrate was significantly lower (pH 2.86) than EKC concentrate (pH 4.18) ($p<0.05$). IKC concentrate contains acidity regulator - lactic acid, which greatly affects acidity.

The apparent viscosity of EKC concentrate was 13.68 ± 0.08 mPa s^{-1} and IKC concentrate - 15.22 ± 0.05 mPa s^{-1} . Viscosity is affected both by the chemical composition of the product and the dry matter content. Commercial kvass concentrate (IKC) was a more viscose product (with a higher apparent viscosity).

The total **sugar content** in EKC concentrate was 207.29 ± 1.84 g L^{-1} and IKC concentrate – 209.27 ± 1.95 g L^{-1} (Fig. 7). There was not a significant difference in the content of total sugars, but the concentrations of individual sugars were different. Fructose content of IKC concentrate was substantially higher, but the content of sucrose and glucose was lower. The dominant sugars in EKC concentrate were fructose and glucose, in IKC concentrate - fructose. Commercially available kvass concentrate is made from malt extract and its fructose content is almost 2 times higher than in the experimentally obtained concentrate.

Commercial kvass concentrate (IKC) does not contain sucrose, but sugar is one of the main ingredients. During the production of kvass concentrate, sucrose hydrolysis (degradation in monosaccharides) can occur in an acidic environment (in this case, lactic acid), resulting in glucose and fructose (Brighenti *et al.*, 2011).

Evaluation of sensory properties was also carried out for EKC and IKC kvass concentrates. For the sensory evaluation, kvass drinks with a dry matter content of $6.0\pm 0.1\%$ were prepared using carbonated water. Samples were evaluated by panellists from Latvia and Tajikistan. There were no significant differences between the kvass samples ($p> 0.05$), the samples were rated "like a little" (3.7-3.9) on 5-point hedonic scale. Latvian panellists preferred the beverage from experimental concentrate (EKC), while Tajik panellists – the beverage from a commercial concentrate (IKC), which could be explained by cultural differences (House, 2016). The intensity of aroma, taste and acidity of

kvass beverage sample B was significantly more pronounced ($p = 0.012$), and the colour intensity was similar in both kvass beverages ($p > 0.05$) (Fig. 8).

Lower flavour intensity in sample A could be explained by evaporation of water and loss of aroma compounds during kvass evaporation process (120 min). A more intense acidity in sample B is associated with acidity regulator - lactic acid, which is one of the components of commercial kvass concentrate IKC. Based on the fact that commercially available kvass concentrate IKC has a lot of differences in ingredients and several quality parameters compared to experimental kvass concentrate EKC, IKC kvass concentrate will not be used in subsequent kvass concentrate studies.

Various ingredients and thermal treatment or lack thereof can affect the composition of the aroma in kvass and kvass concentrate. The content and composition of the aroma forming compounds were analysed in three kvass samples, which were fermented using kvass mash, and their concentrates. One of the samples of experimental kvass (EK), while the other 2 (BA and BR) samples were purchased at a grocery store. Solely experimental kvass is produced from rye bread rusks using the traditional kvass production method, which means that aroma compounds in EK kvass and EKC kvass concentrate could be more similar to aroma compounds in fermented rye bread crust and crumb. In contrast, in order to obtain BR and BA kvass, kvass mash is made using malt extracts, kvass is then filtered and pasteurized, therefore having a longer shelf life and different aroma compounds composition. The number of aroma forming compounds may also be affected by the amount and activity of yeast, the fermentation time and fermentation temperature (Schieberle, 1996). A total of twenty-five aroma volatile compounds were identified in kvass and kvass concentrate samples: esters, alcohols, acids, aldehydes and ketones.

17 volatile compounds were identified in EK kvass and 13 in EKC kvass concentrate (Table 4). Alcohol 4-penten-2-ol had the highest peak area value (3.64×10^7 PAU) in EK kvass (Table 4) and it was lower compared to BR kvass but higher compared to BA kvass.

Peak area of carvone is the second highest (2.03×10^7 PAU) in EK kvass, but it was not detected in EKC kvass concentrate. Rye bread which is used in EK kvass production contains caraway seeds which explains carvone in EK kvass aroma profile as carvone and limonene form the main portion of essential oils in caraway (Sedláková *et al.*, 2003).

Volatile compounds found in all three kvass samples forms base aroma profile which includes fruity (4-penten-2-ol), banana (isoamyl acetate), whiskey, malt, burnt (3-methyl-1-butanol), rose, honey, tobacco (2-phenylethyl acetate), floral (phenylethylalcohol), sweat, cheese (octanoic acid) rancid and fat (decanoic acid) aroma.

19 volatile compounds identified in BR kvass and the total sum of peak area was 14.15×10^7 PAU. The number of compounds in kvass concentrate was

about 3 times lower (5.14×10^7 PAU), a total of 10 volatiles were found in BR kvass concentrate. The highest value of peak area (6.81×10^7 PAU) among all detected volatile compounds was detected for 4-penten-2-ol (alcohol), which gives fruity aroma, but in BR kvass concentrate it was only half of the amount. Fatty acid – octanoic acid (1.55×10^7) had the second highest peak area value, thus giving odours of sweat and cheese. A more various volatile compounds profile and higher total sum of peak area BR kvass compared to other two kvass samples could possibly be explained by significantly higher dry matter content ($p=0.011$), however, dry matter can also consist of compounds that do not affect the aroma or compounds from which aroma volatiles are not synthesized (Lozano, 2011).

The total sum of peak area in BAC kvass concentrate (3.28×10^7 PAU) is about 1.6 times lower than in kvass (5.54×10^7 PAU). Totally there were 10 volatiles identified in BA kvass and 9 volatiles in BA kvass concentrate. Analysing the volatile compounds in BA kvass, alcohol 4-penten-2-ol had the highest peak area value (2.03×10^7 PAU) as well, but it was lower comparing to BR kvass. A significant amount of 3-methyl-1-butanol (1.27×10^7 PAU) was be found in BA kvass and smaller amounts in BAC kvass concentrate, giving whiskey and malt burnt odour to both samples. In BAC kvass concentrate phenylethylalcohol had the second highest peak area value (0.93×10^7 PAU) after 4-penten-2-ol, forming floral type odour.

The principal component analysis (PCA) of aroma volatile compounds in samples of kvass and kvass concentrate are shown in Fig. 9. The samples of kvass and kvass concentrate in the score plot show how the samples relate to each other. Samples close to each other have a similar volatile compound profile, whereas samples far from each other have dissimilar volatile compound profile. 49% of contribution (component 1) means that 51% of original information is lost and component 1 represents about half of original data. The contribution of second component is 21% and accumulated contribution of component 1 and component 2 consists of 69%, which means that the scatter plot between PC1 and PC2 covers 69% of original data.

In principal component analysis it can be seen that the volatile compound profile and value of peak areas are dissimilar in each sample of kvass, where the highest number of volatile compounds is in BR kvass. In kvass concentrate samples profile of aroma volatiles changed and value of peak areas decreased compared to kvass. It can be explained by evaporation of water and volatiles during concentration process (120 min). Evaporation can concentrate new volatile compounds which cannot be detected in kvass samples because of their small amount, and it can also promote the synthesis of new aroma volatiles. Evaporation process has a significant influence ($p=0.01$) on the volatile compound profile and value of peak areas in kvass.

Such aroma compounds as ethylacetate (fruity flavour), hexyl acetate (fruit, herb odour) and ethyl decanoate (grape odour) were only found in BR kvass, 2,3-butanedione (butter odour) and phenethyl butyrate (floral odour) were only found in BA kvass and three volatile compounds were only identified in EK kvass – acetic acid (sour odour), furfuryl alcohol (burnt odour) and carvone (caraway aroma). 2-phenylethyl acetate can be found in all kvass samples, but only in BRC kvass concentrate. Benzaldehyde which gives almond and burnt sugar flavour was only identified in BA kvass BAC kvass concentrate. EKC kvass concentrate had 3 volatile compounds which were not identified in other concentrates – nonanal (aldehydic odour), ethyl octanoate (fruit, fat odour) and furfural (bread, almond and sweet odour). This can be explained by the use of rye bread as the raw material. Furfural and its derivatives are Maillard reaction products resulting from the repeated thermal treatment of grains – roasting of germinated grains and during bread baking (Capuano, Fogliano, 2011).

Kvass contains vitamins, and they can mainly be from malt and yeast. Malt is rich in B group vitamins. Content of thiamine (B₁) in EC kvass was $0.71 \pm 0.07 \mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ DW}$, but in EKC kvass concentrate- $0.28 \pm 0.03 \mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ DW}$. Riboflavin (B₂) in EK kvass was in the amount of $1.28 \pm 0.13 \mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ DW}$, but in EKC kvass concentrate- $0.61 \pm 0.06 \mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ DW}$. The content of niacin (B₃) in kvass was $18.14 \pm 1.81 \mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ DW}$ and $6.82 \mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ DW}$ in EKC kvass concentrate. Thiamine is not stable and mechanical-thermal processing reduced its content in kvass concentrate by 60%. Similar changes were observed in the reduction of riboflavin in the kvass concentrate by 52% and the reduction of niacin by 62%. Thermolability of B group vitamins is indicated in several scientific research papers (Nisha *et al.*, 2009; Monajjemzadeh *et al.*, 2014; Sheraz *et al.*, 2014).

3. Drying characterisation for dehydrated kvass production

The first experiment was performed with 50% (VMD50) maltodextrin addition (Table 2) in relation to kvass dry matter according to the study of Islam *et al.* (2016) that analysed the same ratio of maltodextrin to orange juice dry matter. Referring to Shrestha *et al.* (2007) and Goula *et al.* (2010), the proportion of maltodextrins was later reduced to 40% (VMD40) and 25% (VMD25) to obtain a dry product with the lowest ratio of maltodextrin to dry matter. The amount of maltodextrins under 25% in ratio to kvass dry matter resulted in a sticky kvass syrup that quickly crystallized. For the first time dehydrated fermented kvass samples were obtained with a different amount of added maltodextrins using vertical spray dryer. The quantity of dry product depends on the dry matter content of the liquid product and the amount of carrier agent added. The obtained dry product was with a pronounced rye bread and slightly malty flavour and light brown colour, moisture content of the product was $6.5 \pm 0.2\%$.

To minimize the amount of added maltodextrins or possibly not to use them at all, kvass was dried in a pilot scale horizontal spray dryer. The dehydrated product obtained in the horizontal spray dryer had a light brown colour with $98.2\pm 0.2\%$, dry matter and a pleasant rye bread aroma. Three dehydrated kvass samples HMD25, HMD10 and HMD0 (Table 2) were successfully obtained and analysed in the study. Dry kvass sample VMD25 obtained in vertical spray dryer is compared to the 3 samples obtained in the horizontal spray dryer to evaluate which method is most suitable for the dehydrated kvass production.

Significant changes were observed in variously dried kvass samples, the results are summarized in Table 5. Volume density is an important parameter during transportation, storage, packaging and mixing processes. Volume density of dehydrated kvass powder, which was dried with maltodextrin, ranged from $0.415\text{--}0.459\text{ g ml}^{-1}$, which is very similar to the literature data (Caliskan, Dirim, 2013).

It can be concluded that the addition of maltodextrin does not significantly affect volume density ($p>0.05$). Changes in volume density could be explained by the size of the microscopic particles and the hygroscopicity of the substance. In sample without maltodextrin, the particle size is smaller and it is more hygroscopic, resulting in increased volume density of the product. With increasing particle size and adding maltodextrin to kvass, hygroscopicity decreases.

Water activity (a_w) of dehydrated kvass was $0.22\text{--}0.23$, it is low and indicates the microbial and oxidative stability of the product (Patil *et al.*, 2014; Shishir, Chen, 2017).

Particle size is one of the most important physical properties of powders, as it affects further processing of the product as well as its storage properties. Spray dried products have small particles ($<50\text{ }\mu\text{m}$) (Tontul, Topuz, 2017). Particle size distribution of dehydrated kvass microparticles indicates that, when dried in a vertical and horizontal spray dryer with and without carrier agent, there were highly variable values – from $1.72\text{ }\mu\text{m}$ to $11.48\text{ }\mu\text{m}$. The size of dry particles without maltodextrin (HMD0) ranged from $1.21\pm 0.08\text{ }\mu\text{m}$ to $4.58\pm 0.11\text{ }\mu\text{m}$ with an average value of $3.02\pm 0.10\text{ }\mu\text{m}$, and with maltodextrin addition (HMD10; HMD25; VMD25) – from $1.72\pm 0.21\text{ }\mu\text{m}$ to $11.48\pm 0.16\text{ }\mu\text{m}$, mean value $5.16\pm 0.14\text{ }\mu\text{m}$. For samples with carrier agent maltodextrin particles are 13% larger compared to maltodextrin-free sample (HMD0). Compared to literature data, particle size was similar to the dry extracted juice powder - the average particle size ranged from $4\text{ to }13\text{ }\mu\text{m}$, depending on the amount of added maltodextrin in the drying process (Fazaeli *et al.*, 2012). Functional components that are susceptible and their stability depend on the environmental conditions have a significant effect on the particle size (Shi *et al.*, 2013). When particle size is smaller, the surface area is larger, and thus the degradation of sensitive compounds increases (Tontul, Topuz, 2017). Inlet temperature does not affect the smoothness of the particles (Allamila *et al.*,

2005), however, the average size of the particles is smaller when the inlet air temperature is higher (Mishra *et al.*, 2014).

Solubility is important for the properties of the dry product in water phase. Food powders must have good solubility, usability and functionality. Solubility is considered the determining factor for the overall quality of dry product regeneration (Chen, Patel, 2008). Solubility in water of dry kvass is differs by the chosen drying method – drying in the vertical and horizontal dryer. Significant differences were not observed in the solubility results where maltodextrin additive was used. In sample without maltodextrins the solubility was 94.15%, with the addition of 10% maltodextrin - 95.78%, with the addition of 25% maltodextrin 96.19%. Increasing maltodextrins concentration significantly increases solubility ($p < 0.05$) and it is an important parameter for dried liquid products (Caliskan, Dirim, 2013; Calomeni *et al.*, 2017).

The pH of kvass was 4.18 ± 0.15 , while the pH of dehydrated kvass powder without maltodextrin (HMD0) was 4.55 ± 0.25 , it increased slightly from 4.61 ± 0.17 to 4.78 ± 0.27 on average by 5% in samples with added maltodextrin.

Dry matter content of dehydrated kvass was $97.69 \pm 0.04\%$ (HMD10) and $97.12 \pm 0.07\%$ (HMD25). In kvass sample without maltodextrins (HMD0) dry matter content was higher – $98.20 \pm 0.03\%$. In samples with 25% maltodextrin addition (HMD25 and VMD25), a decrease in moisture was observed. Studies have shown that total soluble matter increases and amount of evaporated water decreases in product with maltodextrin faster than in products with no maltodextrin (Quek *et al.*, 2007; Caliskan, Dirim, 2013).

Dehydrated kvass samples HMD0 without maltodextrin had the ash content of 1.16%, the addition of maltodextrin did not have an influence of ash content (1.14% and 1.13%). The content of ash decreases with an increase of maltodextrin but does not have a significant effect ($p < 0.05$) on total ash content (Caliskan, Dirim, 2013).

Product colour is one of the most important recognizable factors for consumers, hence minimal colour changes after drying are desirable. The presence of maltodextrins affected colour of dehydrated kvass samples - the more maltodextrin was added, the lighter the dry product (Table 6). A darker colour with a yellowish-brown tint was observed for dehydrated kvass sample without maltodextrin (HMD0). There were no significant differences in colour components between products dried in the vertical and horizontal spray dryer.

Maltodextrin reduced dark colour intensity of the product. Maltodextrin concentration in the dried product affects colour values (Mishra *et al.*, 2014). In samples where the concentration of maltodextrin was higher than 10%, the powder lost its specific kvass like colour.

The main sugars – glucose, fructose and maltose – were determined in kvass, and their content significantly differed ($p < 0.05$) in liquid and dry kvass (Table 7).

In experimental kvass (EK) total sugar content was higher, and after drying it decreased significantly ($p < 0.05$). Barba *et al.* (2014) showed that drying

process significantly reduced the amount of reducing sugars that could be associated with Maillard reaction. Grabowska *et al.* (2008) concluded that maltodextrins added to sweet potato juice before spray drying showed reduced values of sugar content compared to fresh sweet potato. It depends on the dilutions and the added amount of maltodextrins. Thus, it can be concluded that the reduction in the content of fructose, glucose and maltose in dry kvass could be due to the addition of added maltodextrins, which increases the glass transition temperature and improves stability of the product (Tonon *et al.*, 2011; Oberoi, Sogi, 2015).

Similar to kvass concentrate, the content of B group vitamins significantly decreased in dry kvass in comparison to liquid kvass. Thiamine concentration decreased from 0.71 to 0.25 μg per 100 g^{-1} DW, which is a 64% reduction. This trend was also observed for riboflavin and niacin, where the concentration of compounds decreased from 1.28 to 0.48 μg per 100 g^{-1} DW and 18.14 to 4.36 μg of 100 g^{-1} DW, decrease by 62% and 75%, respectively. As several authors have pointed out (Nisha *et al.*, 2009; Monajjemzadeh *et al.*, 2014; Sheraz *et al.*, 2014), B group vitamins are thermolabile, which, as a result of drying, decreases their content - in dry kvass B group vitamin concentrations are 2-4 times lower than in fermented kvass.

Substantial changes in the composition of aroma volatiles after drying were observed (Table 8). Maltodextrin, as a carrier agent, added to liquid kvass (EK) helps to preserve (encapsulate) certain volatile aromatic compounds such as 3-methylbutanal, 1-pentanol, benzaldehyde and their amount in the dried product depends on both the amount of added maltodextrin and the drying method. In the horizontal drying method, the drying time of the product is very short, and therefore the content of the individual flavour compounds is higher than with the vertical drying method. The total content of aroma compounds after drying is significantly lower ($p < 0.05$) compared to liquid kvass.

20 volatile compounds were identified in liquid kvass EK and 13 – in its concentrate (EKC), while using the vertical spray dryer 16 compounds were found. 18 volatile compounds were identified in sample HMD0 – dried using the horizontal spray dryer without maltodextrin.

Higher concentrations of hexanal and benzaldehyde were identified in VMD25, HMD10 and HMD25, but hexanal, phenylethanol, acetic acid and pent-4-ene-2-ol had higher peak area values in HMD0. The total sum of peak area units shows that the amount of aroma-forming compounds in dry kvass samples with maltodextrin was higher than in samples with lower maltodextrin concentrations. This may be due to the fact that maltodextrin acts as a microencapsulation agent – a protective agent and consequently shows a lower loss of aroma. According to Vincenzetti *et al.* (2018), the amount of low molecular weight compounds (less than 300 Da) significantly decreases and will fade if the temperature is above 25 °C.

17 amino acids were identified in dehydrated kvass dried in a horizontal spray dryer. The total amount of essential amino acids in dry kvass was

236.2 mg g⁻¹ protein, however, it should be noted that dry kvass is not a source of protein, thus amino acids do not have a significant effect on the processes occurring in the body. Amino acid glycine (50.8 mg g⁻¹ protein), as a result of heat treatment, contributes to the formation of microparticle sphericity of the dry product (Lin *et al.*, 2017).

For dehydrates kvass samples dried in a vertical spray dryer no significant differences in the total count of microorganisms were observed: VMD50 – 7.58×10⁴ CFU g⁻¹, VMD40 – 7.62×10⁴ CFU g⁻¹, un VMD25 – 7.8×10⁴ CFU g⁻¹. The presence of lactic acid bacteria (2-3×10¹ CFU g⁻¹) was detected in all three dry kvass samples. The presence of moulds was not detected. Microorganisms found in dry kvass samples showed similar morphological features. Gram staining defined the microorganisms as Gram-positive, catalase-positive endospore-forming *Bacillus* spp. bacteria. API biochemical identification showed the presence of *Bacillus amyloliquefaciens*. This can be explained by the possible contamination of dry kvass from spray dryer surfaces and auxiliary tools. The presence of enterobacteria was detected in all samples, but it did not exceed 100 CFU g⁻¹. In order to use of fermented dry kvass for flavour enrichment of various products, the processing of the final product after dry kvass addition is essential. Enterobacteria that were detected in vertically dried kvass do not form spores and if the products with added dry kvass are subjected to thermal treatment, the vegetative cells of bacteria will be destroyed and will not cause harm to the health of consumers.

For dehydrated kvass dried in a horizontal spray dryer without maltodextrins – HMD0 – the total count of microorganisms reached 4.40×10³ CFU g⁻¹. For sample HMD10 - 4.45×10³ CFU g⁻¹, but for sample HMD25 - 4.52×10³ CFU g⁻¹. After 7-month storage in laminated multilayer polyethylene pouch, there were no changes in the count of microorganisms. The presence of lactic acid bacteria, moulds and *Enterobacteriaceae* in horizontally dried kvass samples was not detected.

Dehydrated kvass dried in a horizontal spray dryer is microbiologically safer compared to dehydrated kvass dried in a vertical spray dryer. One of the reasons for this could be the size of the dryer itself - the experimental horizontal spray dryer is several times smaller, it is mobile and easier to keep it clean. Dry kvass samples HMD25, HMD10 and HMD0 can be used as flavour enrichers also for products where additional thermal treatment is not intended after kvass addition because they do not contain *Enterobacteriaceae*.

Microstructure analysis showed that spray-dried fermented kvass had irregularly spherical shaped particles, having many shrinkages, breakages and dents on the surface (Fig. 10). Drying temperature and the presence of maltodextrins can affect the size of particles obtained. By increasing treatment temperature and adding more maltodextrin, particle size increases. During drying process, irregular spherical particles with many broken surfaces and recesses are produced. This is explained by a faster drying process at higher temperatures, instant formation of particles and avoiding their shrinkage, as

well as the glass transition of sugars which deforms particles. Similar results were obtained in other studies with different juices (Souza *et al.*, 2014; Calomeni *et al.*, 2017). Dry kvass samples without the presence of maltodextrin have a defective microsphere sphericity, with sharp and irregular edges. This can be explained by thermal effect on sugar and amino acid crystallisation process (Lin *et al.*, 2017). When drying high-sugar products, it is problematic to remove the already dry particles, therefore agglomeration must be prevented (Bayram *et al.*, 2005). The lower the porosity of the product, the lower the volume density. It is possible to control the geometric dimensions of droplets within spray nozzles using ultra sound frequencies (Ishwarya *et al.*, 2015). When maltodextrins were added to samples, dry particles became smoother and more spherical, and particle size increased. The results agree with Fazaeli *et al.* (2012), in which orange juice powder produced with 70% maltodextrin addition had the smoothest surface with smaller spherical shapes and no shrinkage. The high temperature of the dryer and the rapid evaporation of water result in particle deformation (Rajabi *et al.*, 2015).

Experts evaluated milk protein drink with dry kvass. It is possible to improve the appearance of milk protein drink MPC85 with the addition of dry kvass – from a satisfactory quality (3.8) in control sample to good quality (4.8) in samples with a dry kvass additive (Table 9). When adding dehydrated fermented kvass, the samples are light brown in comparison to protein drink sample. Control sample milk protein drink (MD0) was described as visually unattractive, with a thick consistency, without distinct taste and smell. Samples are arranged in the following order according to the calculated quality number: MD9 (4.50) > MD2 = MD3 = MD7 = MD8 (4.0) > MD4 (3.94) > MD1 = MD5 (3.88) > MD0 (3.69). MD9 sample is of good quality, but control sample without a dry kvass is described as unsatisfactory. According to experts, the drink (MD9) with 3% dry kvass additive without maltodextrin (HMD0) is recognized as the best concentration of dried kvass for milk protein concentrate (MPC85).

Based on the evaluation by experts on milk protein concentrate drinks with kvass, only three samples with dry kvass - MD0 (control), MD3 (with dry kvass HMD25), MD6 (with dry kvass HMD10), MD9 (with dry kvass HMD0) - were given to potential consumers – athletes – for assessment of sensory properties (on 5-point hedonic scale), in addition to milk protein drink with dry kvass VMD25, which was the best dry kvass sample dried in vertical spray dryer.

Protein flavoured drinks are not popular among athletes, therefore different flavours are needed. After or during sports activities, the optimum nutrient source should be a liquid which can be convenient and fast to swallow with a mild aftertaste. Control sample MD0 was described by athletes as not very pleasing, without distinct flavour and aroma (Fig. 11). Milk protein concentrate with dry kvass with maltodextrins (MD3) was characterized as insufficiently sweet and fluid, with a weak and flaky flavour, and it was said to be more difficult to swallow compared to a gel. Sample MD6 (with dry kvass HMD10)

was characterised similar to sample MD3 – with a weak flavour. Milk protein drink with dry kvass VMD25 (dried in vertical spray dryer) was lacking in sweetness and pronounced kvass.

Maltodextrin contributes to the preservation of aroma volatile compounds in kvass (samples VMD25 and HMD25), but consumers did not feel the difference and a more intense aroma was noted for sample MD9, which had a lower total amount of aroma volatiles (dry kvass HMD0).

The comparison of different kvass additions shows that samples MD9 and MD6 significantly improved the taste and colour of milk protein concentrate ($p < 0.05$), but none of the kvass samples was able to significantly affect consistency of the finished drink. Any addition of dry kvass significantly improved milk protein concentrate flavour ($p < 0.05$) without significant differences between dehydrated kvass dried in horizontal and vertical spray dryer, with or without the presence of maltodextrins.

The use of dehydrated kvass in confectionary was tested by conducting a sensory evaluation of meringue cookies. Two samples - a control sample without dehydrated kvass and an experimental sample with 3% HMD0 dehydrated kvass were prepared for sensory evaluation. The hedonic score of meringue cookies was 4.2 points, and of meringue cookies with dehydrated kvass – 4.5 points. There were no significant differences between the samples ($p > 0.05$). Consumers noticed that experimental meringue cookie samples had a pleasant chicory and rye bread aroma and aftertaste, some respondents noted malt aroma.

4. Energy value and economic assessment of kvass

Energy value of dehydrated kvass was higher in comparison with liquid kvass (Table 10), whereas on dry weight basis energy value did not differ significantly, i.e., it is 332 kcal per 100 mL⁻¹ liquid kvass. Dehydrated kvass contains only trace of ethanol compared to fermented kvass, as the alcohol evaporates during the drying process.

The following parameters are required for the calculation of **economic costs**:

- » the amount of energy to evaporate 1 kg of water – 1200 kcal L⁻¹;
- » product flow speed to spray dryer – 150 kg h⁻¹;
- » dry matter content of the product before drying – 6.0±0.2%;
- » water evaporation power for the equipment – 142 kg h⁻¹;
- » dry matter content after drying – 94.0±0.2%;
- » the quantity of the dehydrated product in 1 hour – 8 kg h⁻¹.

The first cost of dehydrated kvass par 1 kg of dried product obtained in horizontal spray dryer is ~13.7 EUR kg⁻¹ (HMD25) while drying in a vertical spray dryer (VMD25) accounts to ~ 14.6 EUR kg⁻¹, which is 6% more. This is due to additional energy costs and higher product losses. The estimated cost of dehydrated kvass in horizontal spray dryer (HMD10) is ~12.4 EUR kg⁻¹, and of

HMD0 ~11.3 EUR kg⁻¹, which is 18% cheaper than HMD25, due to reduced maltodextrin amount in the drying process and also changes in the amount of energy needed for production. A very small amount of maltodextrin changes product properties and increases total costs (Caliskan, Dirim, 2013).

The cost of raw materials is about 60% of the total cost, therefore such costs are optimized. By increasing dry matter content of the liquid product before drying, using evaporation or condensation technology, it is possible to reduce energy costs and increase productivity of spray dryer, however, then the amount of aroma forming compounds decreases. The first costs of 1 kg dehydrated product without carrier agent was 18% lower than with the addition of carrier agent – maltodextrin.

5. Dehydrated kvass integrated multifactorial evaluation

Physical, chemical, sensory and economic parameters described and analysed previously were used to conduct an integrated evaluation (Fig. 12). In order to determine the most suitable drying method for dehydrated kvass, various parameters were assessed and high contribution coefficients (ω_i) were assigned to the amount of aroma volatiles (PAU), the size of the microscopic particles (μm), hedonic evaluation of taste, and lower coefficients – to the total sugar content (g), the colour components L^* and b^* value, as well as the cost of production (EUR kg⁻¹).

The lowest integrated evaluation value indicates a more appropriate method for the foreseen purpose, while a higher one is the least suitable method for kvass drying based on physical, chemical, sensory and economic parameters. By studying the suitability of drying methods, it can be concluded that dehydration in a horizontal spray dryer without adding maltodextrin (HMD0) is best suited for the production of dehydrated kvass, comparing vertical and horizontal spray drying methods.

CONCLUSIONS

1. During the production of rye bread kvass, dry matter content and pH value significantly decreased due to yeast and lactic acid bacteria growth, providing sensory properties corresponding to kvass.
2. Evaporation process has a significant effect ($p=0.01$) on the aroma volatile compound profile and the peak area unit values. The identified aroma volatile compounds in kvass concentrates constituted only 50% of the compounds identified in kvass. Total sum of peak area units in kvass concentrate was significantly lower than in the experimental kvass ($p<0.05$).
3. The form of the dehydrated kvass microparticles, which was dried without carrier agent, is irregular and deformed, the average size of particles is 3.02 ± 0.10 μm . When adding maltodextrin to kvass, the resulting dry product particles are undeformed, spherical, with a smooth surface, the average particle size is 5.16 ± 0.14 μm .
4. Dehydration of liquid products is mainly carried out using spray-dryers. Today, dehydrated kvass can be obtained in a vertical spray dryer if carrier agent maltodextrin is added in quantity at least 25% of the kvass dry matter. According to integrated multifactorial evaluation results, the best suited method to obtain dehydrated kvass without the use of maltodextrin is the horizontal spray-dryer.
5. Dehydrated kvass can be used in various foods to enrich their taste. Dehydrated kvass was added to milk protein drink, and experts and consumer panellists (athletes) approved of the samples with 3% dehydrated kvass addition.
6. The results obtained in the doctoral thesis confirm the hypothesis: rye bread kvass can be dehydrated in a horizontal spray-dryer without the use of carried agents.

Mg.cib.hyg. Ivo Līdums

e-pasts / e-mail: ivo@ilm.lv

Latvijas Lauksaimniecības universitāte / *Latvia University of Life Sciences and Technologies*

Pārtikas tehnoloģijas fakultāte / *Faculty of Food Technology*

Rīgas iela 22, Jelgava LV-3004, Latvija / *22 Rīgas Street, Jelgava LV-3004, Latvia*