

Latvia University of Life Sciences and Technologies
Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte

Faculty of Food Technology
Pārtikas tehnoloģijas fakultāte



Mg.sc.sal. **Liene Jansone** 

**SAUERKRAUT JUICE FOR NEW PRODUCT
DEVELOPMENT**

***SKĀBĒTU KĀPOSTU SULA JAUNU PRODUKTU
IZSTRĀDEI***

SUMMARY

of the Doctoral thesis for the Doctoral degree of Science (*Ph.D.*)

Promocijas darba KOPSAVILKUMS
zinātnes doktora grāda (Ph.D.) iegūšanai

JELGAVA
2023

Scientific supervisors / Promocijas darba vadītājas:

LBTU associate professor Dr.sc.ing. **Zanda Krūma** and Dr.sc.ing. **Solvita Kampuse**

Official reviewers / Darba recenzenti:

Leading researcher / Vadošā pētniece, Dr.sc.ing. **Dalija Segliņa** – Institute of Horticulture / Dārzkopības institūts

Assistant professor / Docente PhD ing. **Eva Ivanišová** – Institute of Food Sciences, Faculty of Biotechnology and Food Sciences, Slovak University of Agriculture / Pārtikas zinātņu institūts, Slovērijas Lauksaimniecības universitātes Biotehnoloģijas un pārtikas zinātņu fakultāte

Leading researcher / Vadošais pētnieks Dr.sc.ing. **Vitālijs Radenkovs** – Institute of Horticulture / Dārzkopības institūts

The defence of the doctoral thesis is an open session of the Promotion Board of the Food and Beverage Technology of Latvia University of Life Sciences and Technologies and will be held on 31st. August 2023 at 10 AM in auditorium 216 at Faculty of Food Technology, Rigas Street 22a, Jelgava.

Promocijas darba aizstāvēšana notiks Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātes Pārtikas un dzērienu tehnoloģijas nozares promocijas padomes atklātajā sēdē 2023. gada 31. Augustā plkst. 10:00 Pārtikas tehnoloģijas fakultātes 216. auditorijā, Rīgas ielā 22a, Jelgavā.

The doctoral thesis is available at the Fundamental Library of the Latvia University of Life Sciences and Technologies, Liela Street 2, Jelgava, and on the internet (www.kopkatalogs.lv). References should be sent to professor Dr.sc.ing. I. Beitane, the Secretary of the Promotion Board of Food and Beverage Technology at the Faculty of Food Technology, Rigas Street 22a, Jelgava LV-3004, Latvia or e-mail: ilze.beitane@lbtu.lv.

Ar promocijas darbu un tā kopsavilkumu var iepazīties LBTU Fundamentālajā bibliotēkā, Lielajā iela 2, Jelgavā un portālā (pieejams: www.kopkatalogs.lv). Atsauksmes sūtīt Pārtikas un dzērienu tehnoloģijas nozares promocijas padomes sekretārei, profesorei Dr.sc.ing. I. Beitānei (Rīgas iela 22a, Jelgava LV-3004, e-pasts: ilze.beitane@lbtu.lv).

CONTENT

TOPICALITY OF THE RESEARCH.....	4
APROBATION OF THE SCIENTIFIC WORK.....	5
MATERIALS AND METHODS.....	7
RESULTS AND DISSCUSSION.....	11
1. Fresh cabbage and sauerkraut juice characteristics.....	11
2. Production of concentrated sauerkraut juice.....	16
3. Production of dehydrated sauerkraut juice.....	21
4. Sauerkraut juice products in food applications.....	25
CONCLUSIONS.....	35

SATURS

PĒTĪJUMA AKTUALITĀTE.....	36
ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA.....	37
MATERIALI UN METODEDES.....	37
REZULTĀTI UN DISKUSIJA.....	38
1. Svaigu kāpostu un skābētu kāpostu sulas raksturojums.....	38
2. Koncentrētas skābētu kāpostu sulas ieguve.....	40
3. Dehidrētas skābētu kāpostu sulas ieguve.....	42
4. Skābētu kāpostu sulas produktu izmantošana pārtikā.....	43
SECINĀJUMI.....	48

TOPICALITY OF THE RESEARCH

White cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*) has long been one of the most accessible and cultivated vegetables in Latvia and worldwide. They are widely consumed both fresh and in cooked meals (Martínez et al., 2020). However, one of the most common products in white cabbage processing is sauerkraut. In the process of fermentation, lactic acid is formed under the influence of lactic acid bacteria. The chemical composition of cabbage changes, resulting in sauerkraut, that is rich in nutrients - vitamins, minerals, organic acids and fibre, modulating health properties (Tlais et al., 2022). During the production of sauerkraut, juice is released almost immediately after the addition of salt, and can sum up to 30% till the end of the process. However, it is also a valuable source of various bioactive compounds and functional metabolites. In the process of packaging and retail, a part of this valuable juice remains unused and is considered as a waste. The research into development of new technologies and the value-added sauerkraut juice would contribute to sustainable, residue - free technology in processing as well as create high value-added products.

The **hypothesis** of the present work - developed dehydrated and concentrated sauerkraut juice is suitable for application in foods.

The hypothesis was confirmed by the following thesis.

1. Physico chemical composition of white cabbage is variety dependant and it affects the composition of sauerkraut
2. Concentration of sauerkraut juice is a suitable technology to obtain a product with high bioactive compound and mineral content.
3. Spray-drying method and carrier agent influence physico chemical composition of dehydrated sauerkraut juice.
4. Dehydrated and concentrated sauerkraut juice affects quality parameters of salad dressings, bread and meat products.

The **aim** of the present work - to develop dehydrated and concentrated sauerkraut juice and evaluate their quality parameters.

To achieve the aim, following **tasks** have been designated.

1. To analyse the variation in the quality parameters of cabbage and sauerkraut juice depending on variety and harvest year.
2. To evaluate quality parameters of concentrated sauerkraut juice produced by different evaporation technologies.
3. To select appropriate carrier agents for horizontal and vertical spray-drying, evaluating their influence on dehydrated sauerkraut juice quality.
4. To evaluate the effect of dehydrated and concentrated sauerkraut juice on salad dressings, bread and meat quality attributes.

Novelty and scientific significance.

1. For the first time detailed evaluation of sauerkraut juice quality has been conducted and it has been used in the creation of new products.
2. A technology has been developed for obtaining innovative ingredients in food industry - dehydrated and concentrated sauerkraut juice.

Economic significance.

1. Technological solutions for development of sauerkraut juice products would create a sustainable use of agricultural resources, reducing waste by exploiting by-products.
2. The products developed in the study would allow manufacturers to expand the product range with new, innovative solutions.

APPROBATION OF THE SCIENTIFIC WORK

The research results are summarised and published in **five scientific publications indexed in Scopus or Web of Science databases and reported at 8 international scientific conferences** / *Promocijas darba pētījuma rezultāti publicēti piecos zinātniskos rakstos, kuri indeksēti Scopus vai Web of Science datu bāzēs un prezentēti 8 zinātniskās konferencēs.*

Publication indexed in international citation database SCOPUS and Web of Science / *Publikācijas, kuras indeksētas starptautiskajās datu bāzēs SCOPUS un Web of Science:*

1. **Jansone L.,** Kruma Z., Majore K., Kampuse S. (2023) Dehydrated sauerkraut juice in bread and meat applications and bioaccessibility of total phenol compounds after in vitro gastrointestinal digestion. *Applied sciences*, 13(5), 3358; <https://doi.org/10.3390/app13053358>
2. **Jansone L.,** Kruma Z., Straumite E. (2023) Evaluation of chemical and sensory characteristics of sauerkraut juice powder and its application in food. *Foods*, 12(1), 19; <https://doi.org/10.3390/foods12010019>
3. **Jansone L.,** Kampuse S., Kruma Z., Lidums I. (2022) Quality parameters of horizontally spray-dried fermented cabbage juice. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact and Applied Sciences*, vol. 76(1) (2022), p. 96–102. <https://doi.org/10.2478/prolas-2022-0015>
4. **Jansone L.,** Kampuse S., Kruma Z., Lidums I. (2021). Evaluation of physical and chemical composition of concentrated fermented cabbage juice. *Proceedings of Research for Rural Development 2021: annual 27th International scientific conference proceedings, Jelgava, Latvia, May 12–13, 2021 / Latvia University of Life Sciences and Technologies. Jelgava, vol.36, p. 84–89.* <https://doi.org/10.22616/rrd.27.2021.012>

5. **Jansone L.**, Kampuse S. (2019). Comparison of chemical composition of fresh and fermented cabbage juice. Proceedings of 13th Baltic conference on food science and technology "Food. Nutrition. Well-Being", Jelgava, Latvia, May 2–3, 2019 / Latvia University of Life Sciences and Technologies. Jelgava: LLU, p. 160–164. <https://doi.org/10.22616/FoodBalt.2019.028>

Results have been presented at eight international scientific conferences in Latvia, Lithuania, Switzerland, Greece, / *Pētījuma rezultāti prezentēti 8 konferencēs.*

1. **Jansone L.**, Kruma Z., Kampuse S. (2022). Dehydrated and concentrated sauerkraut juice in food and cosmetics applications. 15th Baltic conference on food science and technology "Food R&D in the Baltics and Beyond" FoodBalt - 2022, Kaunas, Lithuania, Sept. 26–27, 2022 (oral presentation / *mutiska prezentācija*).
2. **Jansone L.**, Kampuse S., Kruma Z. (2021). Evaluation of physical and chemical composition of fresh, fermented and dehydrated fermented cabbage juice. 35th EFFoST International Conference "Healthy Individuals, Resilient Communities, and Global Food Security", Lausanne, Switzerland, Nov. 1–4, 2021 (poster presentation / *stenda referāts*).
3. **Jansone L.**, Kampuse S., Kruma Z., Līdums I. (2021). Characterization of physical and chemical composition of concentrated fermented cabbage juice. Annual International Scientific Conference "Research for Rural Development", Jelgava, Latvia, May 12–14, 2022 (oral presentation / *mutiska prezentācija*).
4. **Jansone L.**, Kampuse S., Kruma Z. (2020). Sauerkraut juice powder chemical and physical properties. 11th International conference Biosystems Engineering: Tartu, Estonia, May 6–8, 2020 (poster presentation / *stenda referāts*).
5. **Jansone L.**, Kampuse S., Krūma Z., Līdums I. (2020). Characterization of the quality parameters of dehydrated fermented cabbage juice. 3rd International Conference "Nutrition and Health", Riga, Latvia, Dec. 9–11, 2020 (oral presentation / *mutiska prezentācija*).
6. **Jansone L.**, Krūma Z., (2020). Innovations in the processing of sauerkraut juice. European Green Course for Bioeconomic Development, Jelgava, Latvia, Dec. 17, 2020, (oral presentation / *mutiska prezentācija*).
7. **Jansone L.**, Kampuse S., Krūma Z. (2020). Effect of vacuum evaporation on chemical composition and physical parameters of fermented cabbage juice. 4th International Food, Nutrition and Bioprocess Technology conference; Virtual, Oct. 17, 2020 (oral presentation / *mutiska prezentācija*).
8. **Jansone L.**, Kampuse S. (2019). Comparison of chemical composition of fresh and fermented cabbage juice. FoodBalt 2019: 13th Baltic conference on

food science and technology “Food. Nutrition. Well-Being”, Jelgava, May 2–3, 2019 (oral presentation / *mutiska prezentācija*).

The results of the research work have been presented in **PhD courses** / *Promocijas darba rezultāti prezentēti doktorantu izglītojošosursos*:

1. “Valorisation of vegetal waste and by-products: An eminent source of natural bioactive ingredients”, 09.12.-11.12.2020., Tartu, Igaunija.

2. “Sustainable Nordic and Baltic Food – Technologies, Quality, and Health”, 28.04.-1.05.2019., Jelgava, Latvija.

The results have been presented at the “Vidzeme Innovation Week 2022” and the international food fair “Riga Food 2020” / *Promocijas darba pētījuma rezultāti prezentēti “Vidzemes inovāciju nedēļa 2022” un starptautiskajā pārtikas izstādē “Riga Food 2020”*

The development of the doctoral thesis was partly financed by:

- The European Innovation Partnership for Agricultural Productivity and Sustainability Working Group Cooperation project 18-00-A01612-000020 and
- The doctoral studies grant "Transition to the new doctoral funding model at the Latvia University of Life Sciences and Technologies" Contract No. 8.2.2.0/20/I/001.



NACIONĀLAIS
ATTĪSTĪBAS
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA
EIROPĀ INVESTĒ LAUKU APVIDO:
Eiropas Lauksaimniecības fonds
lauku attīstībai

Atbalsta Zemkopības ministrija un Lauku atbalsta dienests

MATERIALS AND METHODS

Time and location of the research

Experimental work was conducted during the time period from 2018 to 2023 in scientific laboratories of the Latvia University of Life Sciences and Technologies. “J.C. Hamilton” Baltic Ltd. laboratory provided analyses of micro and macro nutrients. “Dimdiņi” Ltd – fermentation of sauerkraut under industrial conditions, concentration of sauerkraut juice. Horizontal spray-drying in Tecoma Drying Technology SRL, Italy. Industrial trial for dehydrated and concentrated sauerkraut juice application in bread and meat products in “Flora” Ltd and “Margret” Ltd.

Description of used materials

Three varieties of fresh white cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) ‘Selma’, ‘Ramkila’ and ‘Kiloplons’ were grown in the test fields of farming company “Dimdiņi Agro” Ltd (Gulbenes district, Lizums parish). Sauerkraut juice from the same varieties ‘Selma’, ‘Ramkila’ and ‘Kiloplons’ and fresh cabbage were delivered in November 2018, August 2019, November 2020.

Structure of the research

The research work was carried out in four stages (Table 1.)

Table 1 / 1. tabula.

The research stages / Pētījuma posmi

Stage / Posms	Description / Raksturojums
Stage 1 / 1.posms	Variation of fresh cabbage and sauerkraut juice quality depending on variety and harvest year Three cabbage varieties, harvested in 2018 – 2020, and sauerkraut juices analysed. <i>Svaigu kāpostu un skābētu kāpostu sulas kvalitātes izmaiņas atkarībā no šķirnes un ražas gada. Trīs šķirņu kāposti, kas novākti 2018.-2020.gadā, un to skābētu kāpostu sulas analizētas.</i>
Stage 2 / 2.posms	Evaluation of technologies for concentrated sauerkraut juice production Three concentration technologies. <i>Skābētu kāpostu sulas koncentrēšanas tehnoloģiju izvērtējums. Trīs koncentrēšanas tehnoloģijas</i>
Stage 3 / 3.posms	Evaluation of technologies for dehydrated sauerkraut juice production by spray-drying Horizontal and vertical spray-dryers, the selection of carriers. <i>Skābētu kāpostu sulas dehidrēšanas tehnoloģiju izvērtējums izsmidzināšanas kaltē. Horizontālās un vertikālās izsmidzināšanas kaltes un nesējvielu izvēle.</i>
Stage 4 / 4. posms	Application of concentrated and dehydrated sauerkraut juice in food Tests of application in oil and sour cream experimental dressings, bread and meat products <i>Koncentrētas un dehidrētas skābētu kāpostu sulas pielietojums pārtikā - eļļas un krējuma mērcēs, maizē un gaļas izstrādājumos</i>

In the **Stage 1**, white cabbage and sauerkraut juice of three varieties ‘Selma’, ‘Ramkila’ and ‘Kiloplons’, in three periods of time were analysed. Moisture content, total phenol content, antiradical activity, ascorbic acid content, and

microbiological analyses were carried out for fresh cabbage and fresh cabbage juice, additionally, pH and salt content for sauerkraut juice were determined.

In the **Stage 2.** comparison and evaluation of available evaporation technologies – rotary vacuum (R), falling film (FF) and open kettle (OD) evaporation - were carried out. Moisture content, pH, salt content, total soluble solids, total phenol content, antiradical activity, ascorbic acid, and microbiological analyses were carried out for concentrated sauerkraut juice (CSJ). Additionally, for FF concentrated sauerkraut juice before storage, total sugar profile, minerals, nutrition and energy value and nitrates were determined.

In the **Stage 3.** comparison and evaluation of spray-drying technologies – horizontal and vertical – were carried out. Moisture content, salt content, total phenol content, antiradical activity, volatile compounds, ascorbic acid, and microbiological analyses were carried out for dehydrated sauerkraut juice (DSJ). Additionally, for DSJ spray-dried with starch solution, nutrition and energy value, total sugar profile, minerals and vitamin C were determined.

In the **Stage 4.** CSJ and DSJ were tested in food applications. Tests on experimental and industrial scale bread and meat samples were carried out. For bread and meat samples moisture content, total phenol content, antiradical activity, volatile compounds and sensory evaluation was analysed. Also, sensory evaluation of experimental dressing samples with sour cream and olive oil were carried out and volatile compounds were determined.

Methods used in the research

Methods of analyses applied in the research are summarised in Table 2.

Table 2 / 2. tabula

Standards and methods used for analysis / Analīzēm izmantotie standarti un metodes

No. / N.p.k.	Analytical parameters / Analītiskie parametri	Method or standard / Metode vai standarts
Physicochemical parameters/ Fizikāli ķīmiskie rādītāji		
1.	Moisture / <i>Mitrums</i>	ISO 939:2021
2.	Salt content / <i>Sāls saturs</i>	Mohr's method
3.	Solubility in water / <i>Šķīdība ūdenī</i>	Jafari et al., 2017
4.	Total soluble solids / <i>Šķīstošā sausna</i>	ISO 2173:2003
5.	pH / <i>pH</i>	ISO 1842:1991
6.	Volatile compounds / <i>Gaistošie savienojumi</i>	Gas chromatography method (GC) / <i>Gāzes hromatogrāfijas metode</i>

Continuation of Table 2.
2. tabulas turpinājums

No. / N.p.k.	Analytical parameters / Analītiskie parametri	Method or standard / Metode vai standarts
7.	Vitamin C / <i>C vitamīns</i>	PB-135/HPLC ed. II of 15.09.2015
8.	Ascorbic acid / <i>Askorbīnskābe</i>	Seglina 2007
9.	Total phenol content / <i>Kopējie fenoli</i>	ISO 5983-1:2005/ Singleton
10.	DPPH• antiradical activity / <i>DPPH• antiradikālā aktivitāte</i>	Spectrophotometrically (X. Liu et al., 2007) / <i>Spektrofotometriski</i>
11.	ABTS ⁺ Antiradical activity / <i>ABTS⁺ antiradikālā aktivitāte</i>	Spectrophotometrically (Re et al., 1999) / <i>Spektrofotometriski</i>
12.	Free phenolic compounds / <i>Brīvie fenolu savienojumi</i>	HPLC-ESI-TQ-MS
13.	Organic acids / <i>Organiskās skābes</i>	HPLC method / <i>AEŠH metode</i>
12.	Protein (N*6,25) / <i>Olbaltumvielas</i>	PB - 116 ed. II 30.06.2014
13.	Dietary fiber / <i>Šķiedrvielas</i>	AOAC 991.43:1994
14.	Ash content / <i>Pelnielas</i>	PN - A - 75101 - 08:1990 + Az 1:2002 /ISO2171: 2010
15.	Minerals / <i>Minerālvielas</i>	PB - 223 / ICP, ed. II 12.01.2015
16.	Fat content / <i>Tauku saturs</i>	PB - 286 ed. I 26.09.2014
17.	Sugars profile / <i>Cukuru profils</i>	Enzymatic - spectrophotometric/ <i>Enzimātiski - spektrofotometriski</i>
18.	Sodium / <i>Nātrijs</i>	PB-318/FAAS, ed. I of 27.07.2015
19.	Nitrates / <i>Nitrāti</i>	PN-A-75112:1992
Microbiological parameters / Mikrobioloģiskie rādītāji		
20.	Total plate count, CFU g ⁻¹ / <i>Mikroorganismu kopskaits, KVV g⁻¹</i>	ISO 4833-1:2013
21.	Lactic acid bacteria, CFU g ⁻¹ / <i>Pienskābes baktērijas KVV g⁻¹</i>	LVS ISO 15214 :1998
Energy value / Enerģētiskā vērtība		
22.	Energy value / <i>Enerģētiskā vērtība</i>	Regulation (EC) No. / 1169/2011 <i>ES Regula Nr. 1169/2011</i>

No. / N.p.k.	Analytical parameters / <i>Analītiskie parametri</i>	Method or standard / <i>Metode vai standarts</i>
Sensory analyses / <i>Sensorā analīze</i>		
23.	5-punktu hedoniskā skala / <i>5-point hedonic scale</i>	ISO 11136:2014
24.	Characteristic methods / <i>Raksturojošās metodes</i>	ISO 4121:2003 ISO 8586:2012
Evaluation of bioaccessibility / <i>Biopieejamības izvērtēšana</i>		
25.	<i>In vitro</i> analyses / <i>Analizēšana in vitro apstākļos</i>	Minekus et.al.2014

Statistical analyses

The results are shown as the mean value \pm standard deviation. Significant differences are considered as significant at $p < 0.05$ among the acquired samples and were determined by a t-test when two samples were compared in the sensory tests. Analyses of variance (ANOVA) and Tukey's test is used to evaluate the effect of tested factors and to determine differences among the samples. Cluster analyses and heat map was used for evaluation of concentration methods. Correlation analyses were performed to evaluate relationship between parameters. Figures and tables were created and the obtained data was calculated on MS Excel for Windows 2019 software.

RESULTS AND DISCUSSION

1. Fresh cabbage and sauerkraut juice characteristics

The analyses of the physicochemical properties of fresh cabbage heads were carried out in three periods of time – December 2018; November 2020 and April 2021 for two varieties 'Selma' and 'Kiloplons' and in December 2018 the for variety 'Ramkila'. Detailed analyses of fresh cabbage and cabbage juice, harvested in 2018, are presented in Table 3. The dispersion of results compiled in Fig.1., from the mentioned three periods of time (2018 – 2020) when the cabbage was delivered. The objective to obtain the following results was to

gather initial data on fresh cabbage for the purpose of comparison with sauerkraut juice and the resulting products.

Table 3 / 3. tabula

Ascorbic acid and total phenol content in fresh cabbage and fresh cabbage juice, harvest year 2018 /

Askorbīnskābes un kopējo fenolu saturs svaigos kāpostos un kāpostu sulā, 2018. ražas gads

Parameters/ Rādītāji, mg 100 g ⁻¹ DW				
Ascorbic acid / Askorbīnskābe			Total phenol content/ Kopējais fenolu saturs	
Cabbage variety/ Kāpostu šķirne	Fresh cabbage/ Svaigi kāposti	Fresh cabbage juice / Svaigu kāpostu sula	Fresh cabbage/ Svaigi kāposti	Fresh cabbage juice/ Svaigu kāpostu sula
	579.32 ±	809.71 ±	305.07 ±	1900.00 ±
‘Selma’	11.21bA	5.33aA	11.43bB	13.26aA
‘Kiloplons’	546.77 ±	522.62 ±	325.88 ±	1314.17 ±
’	10.82aB	3.51bB	16.51bB	10.02aB
	493.11 ±	511.78 ±	385.36 ±	1278.69 ±
‘Ramkila’	13.14bC	3.14aB	10.69bA	11.94aB

*DW – dry weight/ sausna

Different lowercase letters show significant ($p < 0.05$) differences between fresh cabbage juice and fresh cabbage (t-test), whereas upper case letters show significant differences between varieties (ANOVA) / *Dažādi mazie burti uzrāda būtiskas ($p < 0,05$) atšķirības starp svaigo kāpostu sulu un svaigiem kāpostiem (t-tests), bet lielie burti uzrāda būtiskas atšķirības starp šķirnēm (ANOVA)*

White cabbage is known to be a rich source of ascorbic acid and can provide the daily requirements for vitamin C: 75 – 90 mg (Zhao et al., 2020a). The highest content of ascorbic acid was determined in variety ‘Selma’ cabbages and cabbage juice.

There is a great variation in bioactive compounds that is dependent on variety of white cabbage, time of harvest and storage, as shown in Figure 1. Ascorbic acid is highly influenced by many factors – variety, climatic conditions, insects, maturity stage, postharvest handling and processing. There is a great variation in the results of our study, that could be influenced by a set of circumstances.

The maximum and minimum amount of ascorbic acid was in variety ‘Selma’. In November 2020 corresponding to 2746 mg 100 g⁻¹, and, the minimum – 267 mg 100 g⁻¹, was in April 2021. Since the range of the data is very vast, the median of variety ‘Selma’ is 808 and ‘Kiloplons’ 526 mg 100 g⁻¹.

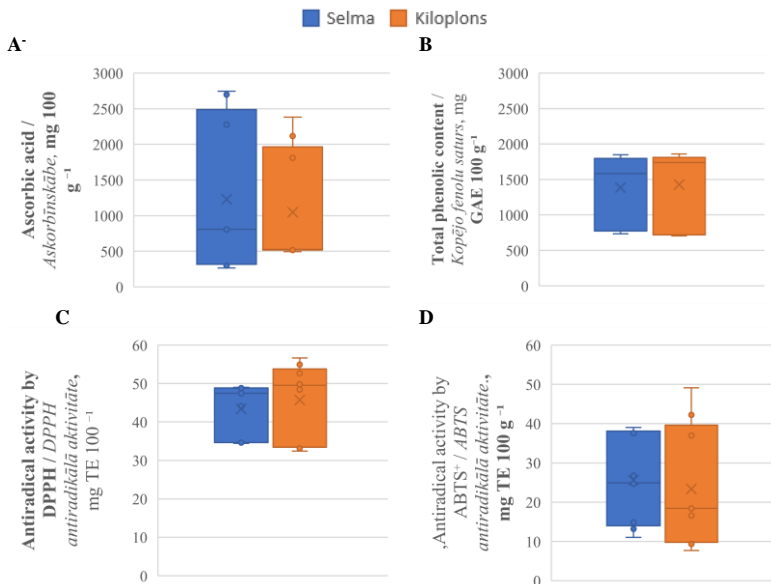


Fig. 1. Variation of the results of ascorbic acid, TPC and antiradical activity in fresh cabbage juice in harvesting years 2018 – 2020 / 1. att. Askorbīnskābes, kopējo fenolu un antiradikālās aktivitātes rezultātu izkliede svaigu kāpostu sulā no 2018. – 2020. ražas gadam
A – Ascorbic acid / Askorbīnskābe; B – Total phenol content / Kopējo fenolu saturs; C- Antiradical activity by DPPH / DPPH antiradikālā aktivitāte; D - Antiradical activity by ABTS⁺ / ABTS⁺ antiradikālā aktivitāte

White cabbage is also objective of investigation due to abundance in phenolic compounds. And again, the characteristics and amount of the phenolic compounds is influenced by many factors (Aires et al., 2011; Šamec et al., 2017) as described before. The TPC results in our study is similar to ascorbic acid. The maximum and minimum of TPC was in variety ‘Selma’ in December 2018 corresponding to 1936 mg GAE 100 g⁻¹ and 578 mg GAE 100 g⁻¹ in April 2021. The median is 1627 and 1301 mg GAE 100 g⁻¹ for ‘Selma’ and ‘Kiloplons’, respectively. The TPC, according to previous studies by different scientists fluctuates from 8.7 to 153.3 mg GAE 100 g⁻¹ FW (Aires et al., 2011; Moreb et al., 2020) and is in the range of our findings as seen in Figure 1. There are no significant median differences ($p > 0.05$) between varieties and the time of analyses in antiradical activity by DPPH[•], however, there is a great variation in the obtained results by ABTS⁺. The highest and also the least activity was for variety ‘Kiloplons’ – 49 and 8 mg TE 100 g⁻¹ accordingly.

Characteristics of sauerkraut juice

Variations of ascorbic acid content is variety dependant due to chemical compound enzymatic reactions as described by Wagner and Rimbach (2009). However, Thakur et.al. (2017), have investigated that ascorbic acid increases till day 21 in the fermentation process, after that it gradually decreases and is not influenced by variety.

It is also observed by Draškovic et.al. (Drašković Berger et al., 2020a) that fermentation process itself may increase ascorbic acid content, though after the fermentation process the loss of ascorbic acid may reach 40%. Ascorbic acid content in fermented cabbage juice is variety and climatic conditions dependant.

Results show significant variation among the years, not significant among varieties. As well as variation among ascorbic acid content in fresh and fermented cabbage, and the % of growth or loss in the fermentation process is shown in Table 4.

Table 4 / 4. tabula
Ascorbic acid and total phenol content in sauerkraut juice, harvest year 2018 /
Askorbīnskābes un kopējo fenolu saturs skābētu kāpostu sulā, 2018. ražas gadā

Cabbage variety / <i>Kāpostu šķirne</i>	Parameters / <i>Rādītāji</i> , mg 100 g ⁻¹ DW			
	Ascorbic acid / <i>Askorbīnskābe</i>	%*	Total phenol content / <i>Kopējais fenolu saturs</i>	%
‘Selma’	672.39 ± 15.51a	↓17%	1814.72 ± 8.33b	↓4%
‘Kiloplons’	670.99 ± 8.12a	↑28%	1781.56 ± 6.11c	↑36%
‘Ramkila’	591.87 ± 5.51b	↑16%	2002.87 ± 13.43a	↑57%

Values with different letters are significantly different (p<0.05).

* Differences in percentages for tested parameters between fresh cabbage juice and sauerkraut juice / *Pārbaudīto parametru procentuālās atšķirības starp svaigu un skābētu kāpostu sulu*

The rise in ascorbic acid levels can be attributed to two factors: firstly, the activity of microorganisms during the fermentation process and secondly, the breakdown of the antioxidant compound ascorbigen in an acidic environment (Drašković Berger et al., 2020).

Ciska and colleagues (2005) have investigated that fermentation process increases TPC compared to fresh cabbage. Lactic acid fermentation can elevate the TPC (total phenolic content) of raw materials by either causing the breakdown of the cell wall of plant cells, which allows for their release from the vacuole where they are primarily located, or by enzymatically converting their glycosides into their aglycone form (Paramithiotis et al., 2022; Tlais, Lemos Junior, et al., 2022). However, Hallman et.al., (2017b) in their studies have come

across quite the opposite observation – that the lactic acid fermentation decreases the total polyphenol content in final product – sauerkraut. The process depends on the composition of LAB microbiome (Tlais, Kanwal, et al., 2022). The results, shown in Figure 2. are consistent with those available in the literature, indicating that the content of TPC is many factors-dependent and that the fermentation can contribute either to the reduction or increase of their content. (Özer & Kalkan Yildirim, 2019).

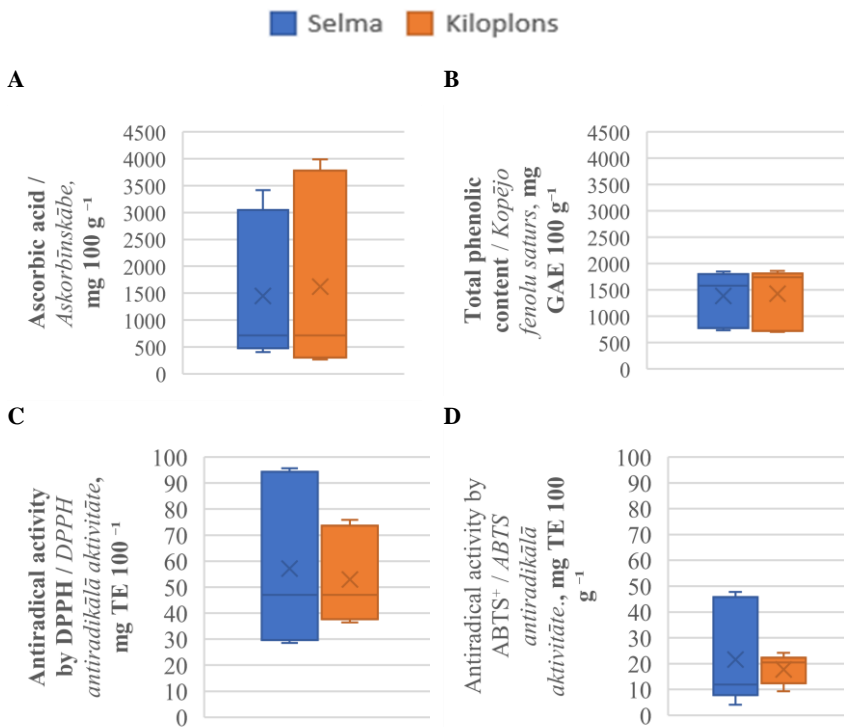


Fig. 2. Variation of the results of ascorbic acid, TPC and antiradical activity in sauerkraut juice in harvesting years

2018 – 2020 / 2.att. Askorbīnskābes, kopējo fenolu un antiradikālās aktivitātes rezultātu izklide skābētu kāpostu sulā no 2018. – 2020. ražas gadam

A – Ascorbic acid / Askorbīnskābe; B – Total phenolic content / Kopējo fenolu saturs; C – Antiradical activity by DPPH / DPPH antiradikālā aktivitāte; D - Antiradical activity by ABTS+ / ABTS+ antiradikālā aktivitāte

Also, as Kusznierewicz et al. (2008) have come to conclusion that antiradical activity initially increases during wounding or shredding, when preparing spontaneously fermented sauerkraut. However, metabolic pathways of biosynthesis or degradation of phenolic compounds by lactic acid bacteria have not been completely described (Rodríguez et al., 2009).

In total, there were 13 profiles of free polyphenols represented in industrial sample of sauerkraut juice, extracted ion chromatogram (EIC) in MRM mode. The highest peak areas were for neochlorogenic acid, chlorogenic acid, vanillin and caffeic acid, but also gallic acid, protocatechinic acid, syringic acid, sinapic acid, luteolin, O-glucoside, quercetin and rhamnetin. The obtained results are consistent with the literature, however, the studies agree that there are many factors that impact the structure and properties of polyphenols in white cabbage and sauerkraut (Peñas et al., 2017b; Samec & Salopek-Sondi, 2019; Ciska et al., 2021).

2. Production of concentrated sauerkraut juice

There were three evaporation techniques applied in experimental work to obtain concentrated sauerkraut juice (CSJ), namely – rotary vacuum evaporation (R), falling film evaporation (FF) and open kettle evaporation (OD).

Freshly collected sauerkraut juice, from three different varieties, was concentrated on rotary vacuum evaporator, in January 2020, to obtain strongly flavoured concentrate. TSS in sauerkraut juice ranged from 7.66 to 9.58 °Brix with the highest value in variety ‘Kiloplons’ sauerkraut juice, and also salt content was the highest in that sample. Concentration resulted in reduction of moisture and final TSS was from 28.52 to 32.14 °Brix. Rotary vacuum evaporation significantly ($p < 0.05$) increased antiradical activity by DPPH and ABTS⁺ methods in varieties ‘Selma’ and ‘Kiloplons’, as shown in Table 5. The results can be explained by the composition of the initial sample.

Potential mechanisms implicated in the thermal breakdown of phenolic compounds consist of the liberation of phenolic compounds that were previously attached, the depolymerization of high molecular weight phenolics, the oxidation of phenolic compounds, and decomposition by oxidizing enzymes, as is stated by Alizadeh et al. (2020).

The content of lactic acid bacteria (LAB) in Sauerkraut juice and CSJ is variety dependent.

Table 5. / 5. tabula

Changes in TPC and antiradical activity in concentrated sauerkraut juice via rotary vacuum evaporator, harvest year 2019 / *Kopējo fenolu satūra un antiradikālās aktivitātes izmaiņas rotācijas vakuuma iekārtā koncentrētā skābētu kāpostu sulā, 2019. ražas gadā*

Cabbage variety/ <i>Kāpostu šķirne</i>	Parameters/ <i>Rādītāji</i> , mg TE 100 g ⁻¹ DW					
	Total phenol content/ <i>Kopējais fenolu saturs</i>	%*	DPPH•	%	ABTS	%
‘Selma’	290.38 ± 11.10a	n.s.*	17.50 ± 0.22a	↑11%	39.74 ± 4.79a	↑12%
‘Kiloplo ns’	246.06 ± 12.34b	↓15%	16.49 ± 0.32b	↑10%	37.03 ± 2.23a	↑14%
‘Ramkila’	207.81 ± 8.50c	n.s.	14.60 ± 0.18c	n.s.	32.05 ± 3.17b	n.s.

TPC - Total phenolic content, mg GAE 100 g⁻¹

* Differences in percentages for tested parameters between sauerkraut juice and concentrate/ *Pārbaudīto parametru procentuālās atšķirības starp skābētu kāpostu sulu un koncentrātu*

** n.s. – not significant / *nav būtisks*

Falling film (FF) and open kettle (OD) evaporation was chosen because they were readily available and would provide an insight into industrially available evaporation equipment /technologies and their comparison.

FF CSJ is an industrial sample of harvest year 2019. It was evaporated on February 2020, and analysed in March 2020 and, after storage at 4 ± 2 °C, in September 2020. OD CSJ is an industrial sample of harvest year 2020. It was evaporated and analysed right after harvest and fermentation, in September 2020.

The analysed parameters of concentrated sauerkraut juice (CSJ) of industrial sample, FF, before and after storage, and also OD evaporation results are displayed in Table 6.

While there was no significant difference (p<0.05) in pH between FF and OD concentrated sauerkraut juice, the TSS in the falling film concentrate was twice as high as in the open kettle sample.

FF evaporation is suitable for conserving heat-sensitive compounds, however, TPC, ascorbic acid content and antiradical activity by DPPH is significantly higher in OD CSJ.

Table 6 / 6. tabula

Physicochemical parameters of concentrated sauerkraut juice, DW /
Koncentrētas skābētu kāpostu sulas fizikāli ķīmiskie parametri, sausnā

Parameters / Parametri	Falling film evaporator / Krītošās plēves ietvaice		Open kettle / Atvērta tipa katls
	Before storage / Pirms uzglabāšanas	After storage / Pēc uzglabāšanas	
pH / pH	3.92 ± 0.06a	3.86 ± 0.04a	3.90 ± 0.02a
Soluble solids / Šķīstošā sausna, Brix	34.3 ± 0.02a	34.74 ± 0.02a	17.9 ± 0.02b
Total phenols / Kopējie fenoli, mg GAE 100 g⁻¹	322.40 ± 12.69b	342.20 ± 8.89b	560.76 ± 11.51a
DPPH / DPPH, mg TE 100 g⁻¹	19.46 ± 0.36b	14.43 ± 0.22c	31.39 ± 1.21a
ABTS⁺ / ABTS⁺, mg TE 100 g⁻¹	19.01 ± 0.54a	17.31 ± 0.51b	16.82 ± 0.63b
Ascorbic acid / Askorbīnskābe, mg 100 g⁻¹	110.0 ± 4.34b	26.66 ± 2.47c	156.18 ± 5.62a
Lactic acid bacteria / Pienskābes baktērijas, CFU g⁻¹	4.6 × 10 ⁴ a	1.2 × 10 ⁴ b	4.4 × 10 ³ c
Total plate count / Kopējais mikroorganismu skaits, CFU g⁻¹	3.8 × 10 ⁴ b	1.6 × 10 ⁵ a	4.0 × 10 ⁴ b

Values with different letters are significantly different ($p < 0.05$)

These significant differences can be explained by different harvest year and all the factors influencing the crop, as well as the time of evaporation, mentioned earlier. Also, TPC acts differently in various juice concentrates. Storage caused significant reduction of antioxidant activity, but changes in TPC were insignificant. Vitamin C, before the storage was 110 mg 100 g⁻¹, determined by HPLC (high-performance liquid chromatography). After the storage, ascorbic acid, was determined titrimetrically and was 26.6 mg 100 g⁻¹, estimating only one of biologically active forms of vitamin C (Radenkovs et al., 2020).

For nutritional value FF CSJ was chosen, based on previous results, as it was suitable technology for concentration of juice with short evaporation time and highest TSS.

Concentrated sauerkraut juice contains carbohydrates as the main nutrient, followed by high ash content, including various minerals. Nutritional value of concentrated sauerkraut juice is summarized in Table 7.

Table 7 / 7. tabula

Energy value and chemical composition of concentrated sauerkraut juice via falling film (FF) evaporation / Krītošās plēves ietvaicē koncentrētas skābētu kāpostu sulas enerģētiskā vērtība un ķīmiskais sastāvs

Parameters / Parametri	Unit / Mērvienība	Nutritional value / Uzturvērtība, 100 g	RDI*
Energy value / Enerģētiskā vērtība	kcal	75	2000
Carbohydrates / Ogļhidrāti	g	13.0	260 g
- including sugars / ieskaitot cukurus	g	7.5	90 g
Glucose / Glukoze	g	5.5	-
Fructose / Fruktoze	g	1.5	-
Maltose / Maltoze	g	0.2	-
Galactose / Galaktoze	g	0.3	-
- dietary fiber / šķiedrvielas	g	1.1	-
Protein / Olbaltumvielas	g	5.3	50 g
Fat / Tauki	g	<0.1	70 g
Ash / Pelnvielas	g	9.42	-
Salt / Sāls	g	6.33	6 g
Minerals / Minerālvielas			
Magnesium / Magnijs	mg	67.80	375 mg
Copper / Varš	µg	113.62	1 mg
Potassium / Kālijs	mg	1358.32	2000 mg
Calcium / Kalcijs	mg	238.34	800mg
Iron / Dzelzs	µg	1137.34	14 mg
Nitrates / Nitrāti			
Nitrates as NaNO ₃	mg	151.01	-
Nitrates as NO ₃ ⁻	mg	110.22	-

*RDI – Recommended Daily Intake / Ieteicamā dienas deva

The ash content in CSJ is 9.42 g, thus it contains a variety of minerals like Mg, Cu, K, Ca, Fe as shown in Table 6. In comparison, fresh cabbage contains

200 – 300 mg 100 g⁻¹ and fermented cabbage - 700 – 800 mg 100 g⁻¹ minerals (Khanna, 2018). Due to high salt content, 6.33 g 100 g⁻¹, according to EU regulations (EC) No 1924/2006) CSJ can be used in food applications to substitute salt.

The study investigated three evaporation techniques – rotary vacuum, falling film and open kettle evaporation, to obtain concentrated sauerkraut juice (CSJ). Rotaru vacuum evaporation was carried out from three different sauerkraut juice varieties. The comparison of acquired concentrate is reflected in Figure 3. Samples FF BS/FF AS (Faling film evaporation before storage and after storage for 6 months) and OD are an industrial sample, and posses a higher amount of TPC as well as juice was concentrated from different crops in different harvest years.

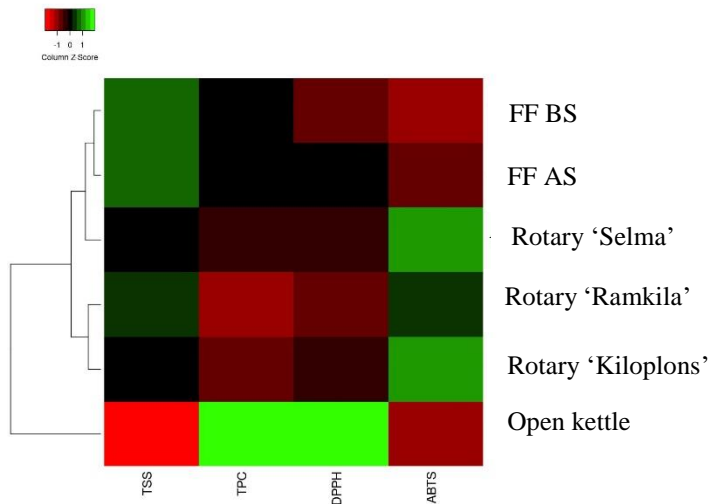


Fig.3. TPC and antiradical activity in concentrated sauerkraut juice, DW /
3. att. Kopējo fenolu saturs un antiradikālā aktivitāte koncentrētā skābētu
kāpostu sulā

TSS - total soluble solids / šķīstošā sausna

TPC - Total phenolic content / kopējo fenolu saturs, mg GAE 100 g⁻¹

DPPH; ABTS - Antiradical activity / antiradikālā aktivitāte, mg TE 100 g⁻¹

*DW – dry weight / sausna

Rotary vacuum evaporation significantly increased antiradical activity by ABTS⁺ (green colour in Fig.3.6.) in varieties 'Selma' and 'Kiloplons'. LAB counts were highest in variety 'Selma' samples. Falling film (FF) evaporation was found to produce a concentrate with twice the TSS (total soluble solids) (dark green colour in Fig.3.6.) compared to open kettle evaporation (bright red in Fig.3.6.), but lower levels of total phenol compounds (TPC) and antiradical activity by

DPPH. Storage caused a decrease in antiradical activity, ascorbic acid, and lactic acid bacteria (LAB) count in FF CSJ, but TPC remained stable. The study suggests that the differences in results could be attributed to different harvest years and processing times.

CSJ was found to be a source of ascorbic acid and phenol compounds, also minerals, potassium being the most abundant, iron, calcium, magnesium. It can be used as a valuable raw material for innovative food products or as a substitute for salt. Shelf life of concentrated juices vary depending on raw materials and are from one year to three years (Salehi, 2020).

3. Production of dehydrated sauerkraut juice

Horizontally spray-dried sauerkraut juice, industrial sample

For the horizontal spray-drying of sauerkraut juice, Different maltodextrin (with a dextrose equivalent DE 7-13) concentrations (0, 5, and 10 %) were used and CaCO₃ was added to neutralise pH, as explained in Table 8.

Table 8 / 8. tabula

Horizontally spray-dried sample abbreviations and amount of maltodextrin and calcium carbonate used / *Horizontālās izsmidzināšanas kaltē iegūto paraugu apzīmējumi un lietoto piedevu koncentrācija*

Concentration of addition / <i>Piedevas koncentrācija</i>	Sample / <i>Paraugs</i>			
	1MD10	2MD10	3MD5	4MD0
Maltodextrin on total mass / <i>Maltodekstrīns uz kopējo masu, %</i>	10	10	5	0
Calcium carbonate / <i>Kalcija karbonāts,</i> CaCO ₃ g ⁻¹ L	5	3	5	5

In the horizontally spray-dried sauerkraut juice (DSJ) NaCl content ranged from 8.70 to 14.31 g 100 g⁻¹, and the product could potentially be used as a salt substitute. The presence of maltodextrin (MD) affected the moisture content and solubility of DSJ, but MD was considered suitable for further use in food production. The study used two extraction methods to determine total phenol content (TPC), shown in Figure 4., and antiradical activity in DSJ and found a moderate to strong correlation between them, indicating that TPC reflects antiradical activity.

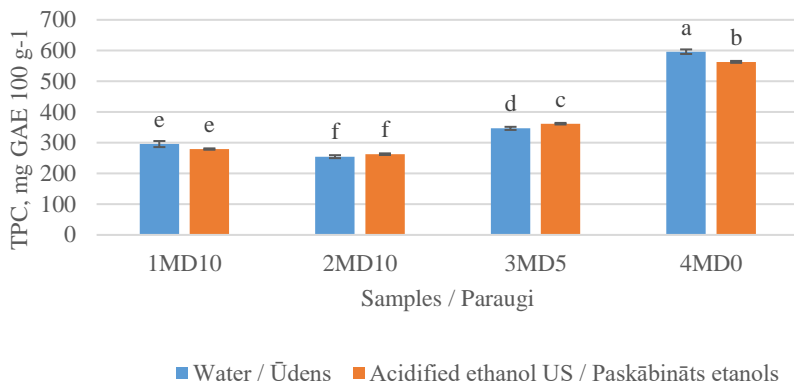


Fig. 4. TPC of horizontally spray-dried sauerkraut juice, DW / 4. att.
Horizontālā izsmidzināšanas kaltē dehidrētas skābētu kāpostu sulas kopējo fenolu saturs, sausnā

Values with different letters are significantly different ($p < 0.05$)

The organic acid profile of sauerkraut juice was also affected by the maltodextrin concentration, with oxalic, lactic, acetic, and quinic acids being the major organic acids identified.

Vertically spray-dried sauerkraut juice

The study aimed to find the optimal drying parameters for dehydrating juice on a vertical spray-dryer. Different drying parameters and carriers were tested using pasteurized juice, sauerkraut juice of two varieties ‘Selma’ and ‘Kiloplons’, and various ratios of starch solution to sauerkraut juice. The results showed that a ratio of 75:50 (starch solution to sauerkraut juice) was optimal for dehydrating sauerkraut juice.

Water extraction was used to determine TPC and antiradical activity for vertically spray-dried sauerkraut juice with different carrying agents (Table 9). Samples spray-dried with starch solution showed higher TPC and antiradical activity than those with a mixture of maltodextrin and starch solution. Maltodextrin can bind to antioxidants, causing them to become less effective (Krishnaiah et al., 2014).

The moisture content is higher in samples dried with starch solution, which may affect the stability and content of active compounds. DSJ contains a significant amount of minerals and vitamins, with potassium being the most abundant. The spray-drying process is gentle for vitamin C, and the amount remained in the samples was 98 mg 100 g⁻¹.

Table 9 / 9. tabula

TPC and antiradical activity of vertically dehydrated sauerkraut juice / Vertikālā izsmidzināšanas kaltē dehidrētas skābētu kāpostu sulas kopējo fenolu saturs un antiradikālā aktivitāte

Dehydrated sauerkraut juice / <i>Dehidrēta skābētu kāpostu sula</i>	Parameters / <i>Rādītāji</i> , mg 100 g ⁻¹ DW		
	Total phenol content / <i>Kopējais fenolu saturs</i>	DPPH*	ABTS
PJ SS	284.48 ± 6.01b	22.12 ± 1.41a	19.37 ± 1.61d
PJ MD	259.89 ± 3.12c	19.62 ± 0.22c	18.31 ± 1.21d
Selma SS	363.46 ± 5.99a	22.68 ± 0.25a	24.17 ± 0.79c
Kiloplons SS	359.54 ± 7.77a	22.62 ± 0.15a	39.02 ± 2.03b
Selma MD	295.43 ± 6.42b	21.09 ± 0.17b	68.28 ± 1.46a
Kiloplons MD	298.21 ± 5.76b	21.01 ± 0.27b	63.44 ± 2.13a

‘Selma’ variety showed the highest number of lactic acid bacteria (LAB) in sauerkraut juice, and even after spray drying, it maintained the highest LAB count. The nutritional characteristics of vertically spray-dried sauerkraut juice (DSJ) is given in Table 10.

Table 10 / 10. tabula

Energy value and chemical parameters of vertically spray-dried sauerkraut juice. / Vertikālā izsmidzināšanas kaltē dehidrētas skābētu kāpostu sulas enerģētiskā vērtība un ķīmiskais sastāvs

Parameters / <i>Parametri</i>	Unit / <i>Mērvienība</i>	DSJ / <i>Dehidrēta skābētu kāpostu sula</i> , 100 g
Energy value / <i>Enerģētiskā vērtība</i>	kcal	294.7
Fat / <i>Tauki</i>	g	<0.1
Carbohydrates / <i>Ogļhidrāti</i>	g	61.8
- including sugars / <i>tai skaitā cukuri</i>		
Glucose / <i>Glikoze</i>	g	8.7
Fructose / <i>Fruktoze</i>	g	4.3
Maltose / <i>Maltoze</i>	g	9.8
Total sugars / <i>Kopējie cukuri</i>	g	27.1
- dietary fiber / <i>šķiedrvielas</i>	g	5.4
Protein / <i>Olbaltumvielas</i>	g	6.5
Ash / <i>Pelnielas</i>	g	15.28

The breakdown of starch during the spray-drying process and the natural presence of sugars in sauerkraut juice are possible explanation to energy value and carbohydrates content in DSJ (Araujo-Silva et al., 2018), including sugars glucose, fructose, and maltose.

The ash content in DSJ is 15.28 g 100 g⁻¹, and thus, there is a wide array of mineral nutrients, as shown in Table 9. The NaCl content in DSJ contributes to the amount of ash, to some content. DSJ may not be considered an everyday condiment, yet the amount of minerals present in the DSJ is significant. Daily reference intakes (DRI) for vitamins and minerals, according to EU regulation 1169/2011, are presented in Table 11.

Table 11 / 11. tabula

Mineral content and vitamin C in dehydrated sauerkraut juice and daily reference intake / Minerālvielu un C vitamīna saturs dehidrētā skābētu kāpostu sulā un ieteicamā dienas deva

Minerals (mg) / Minerālvielas	mg 100 g⁻¹	DRI*	15 % of the nutrient reference values / 15% no ieteiucamās dienas devas
Magnesium / <i>Magnijs</i>	88,7	375	56.2
Manganese / <i>Mangāns</i>	1.1	2	0.3
Coper / <i>Varš</i>	0.1	1	0.15
Potassium / <i>Kālijs</i>	1457	2000	300
Calcium / <i>Kalcijs</i>	296.8	800	120
Iron / <i>Dzelzs</i>	1.5	14	2.1
Vitamin C / C vitamīns	98	80	12

A product can be considered significantly nutritious if it contains at least 15% of nutrient reference values per 100 g. This means that a serving of that product would contribute significantly to a person's daily nutrient needs. Potassium being the most abundant element in DSJ, contributed most to daily intake, along with manganese and calcium. Despite the potentially harsh nature of the spray-drying process, a considerable amount of vitamin C remained in the DSJ sample - 98 mg 100 g⁻¹.

The profile of volatiles was determined for sauerkraut juice and dehydrated sauerkraut juice and results exceeding 5% of volatile compound content, are presented in Figure 5.

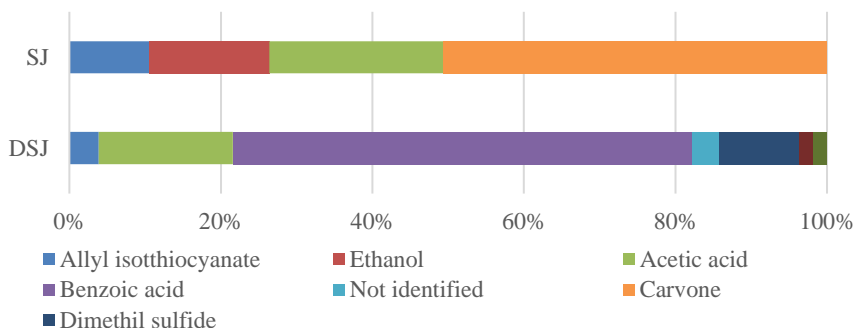


Fig. 5. The percentage of volatile compound peak areas in sauerkraut and dehydrated sauerkraut juice, % / 5. att. Gaistošo savienojumu procentuālais daudzums skābētos kāpostos un dehidrētā skābētu kāpostu sulā.
%

SJ – sauerkraut juice / skābētu kāpostu sula; DSJ – dehydrated sauerkraut juice / dehidrēta skābētu kāpostu sula

Sauerkraut juice and its products contain various volatile compounds that contribute to their distinct flavour and aroma, acetic acid with a sour and allyl isothiocyanate with a pungent taste of mustard, horseradish and wasabi being the most common. Isothiocyanates, the metabolized products of glucosinolates, are the prime sources of the characteristic flavour of *Brassica* vegetables. Carvone with a caraway and spearmint-like odour and benzoic acid were the compounds with the highest peak area in sauerkraut juice and dehydrated sauerkraut juice, respectively.

The bioaccessibility of polyphenols, including those found in sauerkraut juice, is influenced by factors such as compound interactions with gastric juices and enzymes, the carrier used, and the presence of gut microbiota. The bioaccessibility of TPC is considered low in sauerkraut juice, possibly due to these factors. The choice and combination of carriers used to deliver bioactive compounds is important for achieving desired release and interaction with the food matrix. The stability of TPC varies during digestion, with some compounds being transformed into others or degraded. Encapsulation of bioactive compounds in carrier materials can affect their bioaccessibility and release in the digestive system.

4. Sauerkraut juice products in food applications

There were various tests conducted at the Latvia University of Life Sciences and Technologies to find appropriate sauerkraut juice product applications in food. The experiments involved testing the sauerkraut juice in various food products such as dry soup mixes, soup paste, marinade for meat, minced meat, tomato juice, and cottage cheese.

A five-point hedonic scale sensory evaluation was carried out, to clarify the overall liking, taste, smell and texture preferences of the meat samples and results are shown in Figure 6.

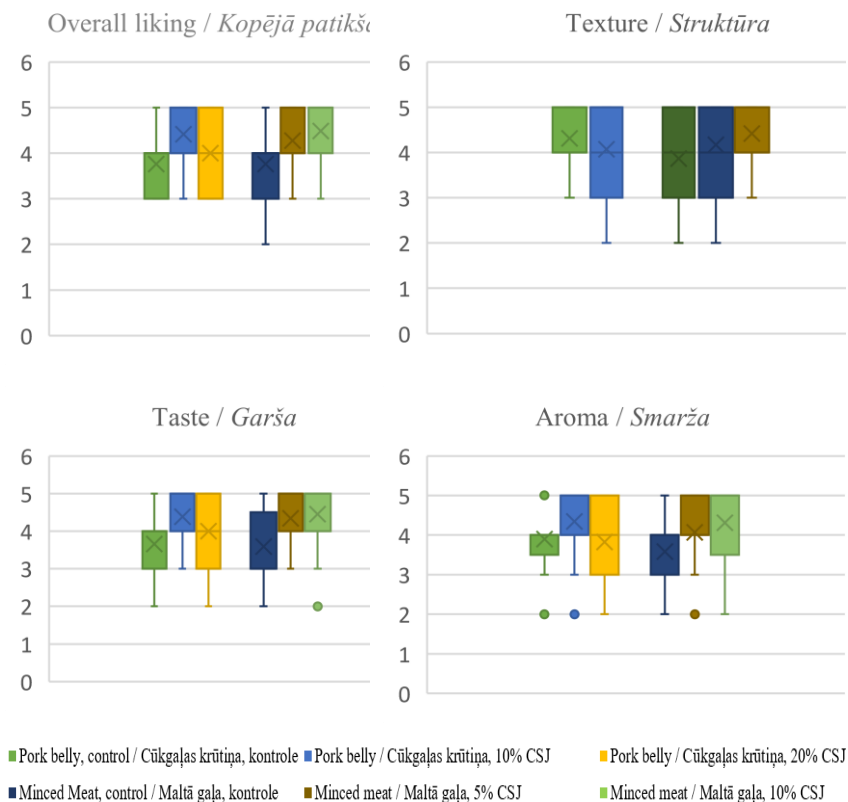


Fig. 6. Hedonic evaluation of the experimental meat samples – pork belly and minced meat / 6. att. Eksperimentālo gaļas paraugu, cūkgaļas krūtiņas un maltās gaļas, vērtēšana pēc hedoniskās skalas

Experiments with tomato juice and cottage cheese gave a bald taste, as the sourness of these products overwhelms the sauerkraut juice. However, the use of spice mixes with sauerkraut juice for meat, French fries, or chips appears to be a promising avenue for future research and possible project development.

The results showed that the dry soup mixes experimentally prepared had a bitter and flat flavour, while the soup paste with concentrated sauerkraut juice was tasteful and showed promise for further research. The use of concentrated sauerkraut juice as marinade for pork belly and minced meat tenderized and aromatized the experimental meat samples.

No other research was carried out for these products in this stage.

The overall liking of the experimental meat samples, pork belly and minced meat were rated the highest with addition of 10% CSJ. Also, the taste preferences, aroma and texture were rated the highest in these samples.

Experimental dressing samples

Dehydrated sauerkraut juice was tested in food applications as a salt alternative, and its possible reduction in experimental salad dressings with olive oil and sour cream. Nor salt nor dehydrated sauerkraut juice dissolves in oil bringing the salty sensation mouthfeel in the experimental samples with olive oil. Sample abbreviations and the amount of NaCl and DSJ used in the experimental dressing samples with olive oil and sour cream is described in Table 12.

Table 12 / 12. tabula

The amount of NaCl and DSJ used in the experimental dressing samples and their abbreviations / Paraugos lietotais sāls un dehidrāta daudzums un paraugu apzīmējumi

Type of dressing / <i>Mērces veids</i>	Abbreviation / <i>Sāīsinājums</i>	NaCl, g 100 g ⁻¹	DSJ salt equivalent, g 100 g ⁻¹	DSJ, g 100 g ⁻¹
Experimental samples with olive oil / <i>Eksperimentālie mērcu paraugi ar olīveļļu</i>	OO0	2.0	-	-
	OO1	-	2.0	16.7
	OO2	-	1.5	12.5
	OO3	-	1.0	8.3
Experimental samples with sour cream / <i>Eksperimentālie mērcu paraugi ar skābo krējumu</i>	SC	0.8	-	-
	SC1	-	0.8	6.7
	SC2	-	0.5	4.2
	SC3	-	0.2	1.7

The salt content in the experimental samples was chosen based on the market research on similar, commercially available products – dressings.

Based on these findings, maximum amount of 2.0 g 100 g⁻¹ NaCl (OOC; OO1) was used in the experimental samples with olive oil and then the amount was reduced to 1.5 (OO2); 1 (OO3) g 100 g⁻¹ and maximum amount of 0.8 g 100 g⁻¹ NaCl (SCC; SC1) in sour cream samples were used and reduced to 0.5 (SC2); 0.2 (SC3) g 100 g⁻¹. To avoid potential interactions with other ingredients, the experimental dressings were prepared using only dehydrated sauerkraut juice (DSJ) and either olive oil or sour cream. In the descriptive sensory evaluation of experimental salad dressings, there were 11 flavours mentioned or identified: sweet, salty, sour, bitter, spicy, garlic, cabbage, yogurt, mayonnaise, cottage cheese, and vinegar. Based on these 11 taste attributes, RATA – rate-all-that-apply taste and aftertaste intensity tests were carried out.

Experimental dressing samples with olive oil

Salty taste in the control sample (OOC, 2% of salt) was identified by 63% of participants yet the same taste was identified by 80% in the sample OO1, with the salt equivalent of 2%, and in the samples with the reduced amount of salt (OO2, OO3) - 70%, 73%, which is significantly higher than the control sample. It could be explained that not salt nor DSJ dissolves in oil and is somewhat encapsulated in fat (Noort et al., 2012) and dissolves only in the contact with saliva, creating the ‘salty spot’ (Beck et al., 2021), meanwhile, DSJ having more taste attributes creates an abundant sensory profile (Gaudette et al., 2019). In the OO1 sample garlic taste was identified by 43% of participants, and 37% in the samples OO2, OO3. The intensity of salty taste is significantly stronger in the samples with DSJ, though it is salt equivalent in OO1 and reduced amount of NaCl in samples OO2, OO3. Also, the sour taste is intense followed by bitter and garlic. The intensity of aftertaste fades. Bitter taste lingers longer in the control sample OOC, while salty and spicy lingers in the samples with DSJ.

The overall liking among the samples is highest in the OO2 samples – with slightly reduced salt amount.

Acetic acid with sour odour was the most predominant volatile compound in the samples with DSJ, reducing accordingly to the amount of added DSJ. The addition of DSJ diminishes the volatile compound peak areas and are significantly less than in the control sample, which can be favourable because of the specific cabbage aroma. The control sample presents all the volatile compounds that are characteristic to most olive oils (Oğraş et al., 2018). In general, the odor of the samples is grassy, leafy green, with a slight sweetness and fruity sharpness.

Experimental dressing samples with sour cream

Sour and salty tastes were identified by the most participants in the samples with sour cream. Salty taste was equally rated in the control sample SCC and sample with salt equivalent SC1, and so was the sour taste. All of the samples were rated as yogurt-like and in SC1 and SC2 samples a mayonnaise taste was identified. Interestingly enough, also in the samples with sour cream a garlic taste was identified, just like in the olive oil sample, with the highest DSJ addition. A radar chart in Figure 7 displays the intensity (the sum of rated points from 1 to 5) of the 11 taste attributes in the experimental dressings with sour cream. The most intensive taste is in the SC1 sample with the highest DSJ amount, with the predominant sour and salty tastes but also garlic, mayonnaise and yogurt. All of the samples (except the control SCC and OOC) are made with sour cream and dehydrated sauerkraut juice. The intensity of taste in all of the other samples are with no significant differences, representing sour and salty with a hint of yogurt, especially in the SC3 sample, and mayonnaise.

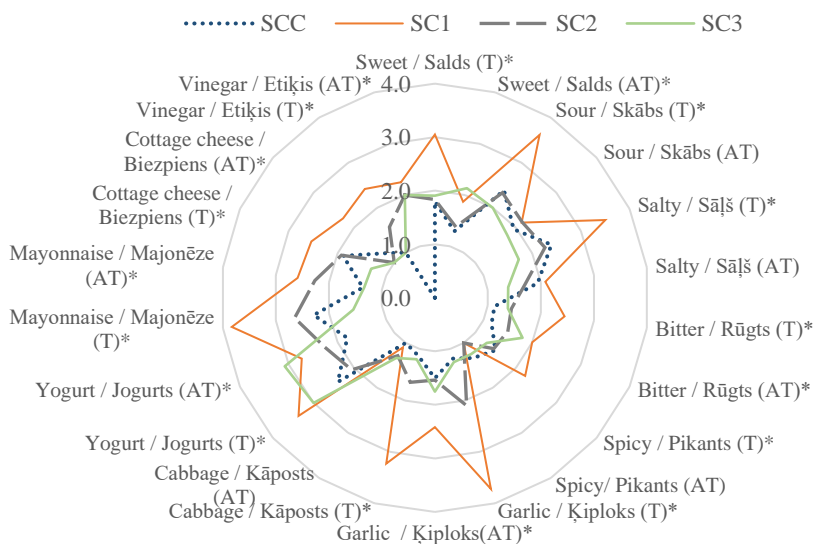


Fig. 7. The intensity of taste (T) and aftertaste (AT) attributes in the experimental samples with sour cream / 7. att. Garšas (T) un pēcgaršas (AT) intensitāte eksperimentālajos paraugos ar skābo krejumu
*represent significant differences ($p < 0.05$)

Overall liking of the experimental dressing samples

There were significant ($p < 0.05$) differences among the samples when rating overall acceptability, either in oil or sour cream samples. The liking of these samples was ranked from 1 – 5: 1 - do not particularly like; 5 - like the most. The overall liking of olive oil samples, OO1 and OO2, with an DSJ salt equivalent of 2 and 1.5% were liked the most, and the sample with a reduced amount of salt (OO3 - 1.0% salt equivalent) was liked more than the control sample, but with no significant differences. There were significant ($p < 0.05$) differences between the sour cream samples, as shown in Figure 8 For SC1, there was no rating of 5 (like the most), and in total, among the samples with the DSJ, most participants liked these samples the least, which may be explained by their strong taste intensity. The sample SC3 (reduced amount of salt with least DSJ) was as liked as SC1. This could be explained by quite the opposite reason, due to not enough taste intensity.

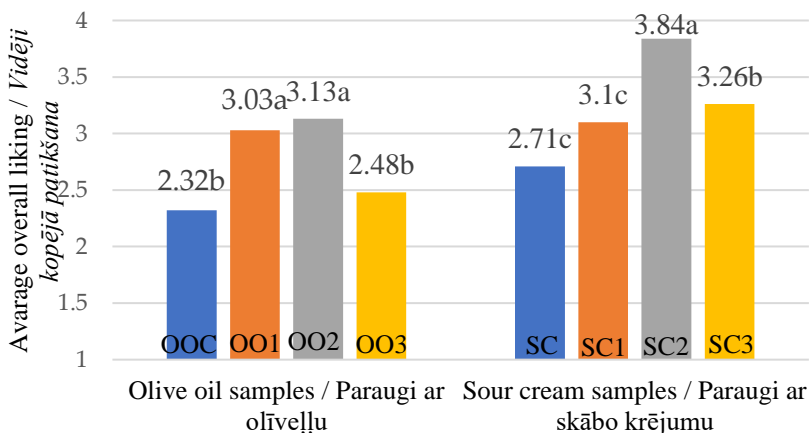


Fig. 8. Overall liking of the experimental dressing samples / 8 att.

Eksperimentālo mērču paraugu kopējā patikšana

OOO – experimental dressing sample with olive oil, control / *eksperimentālais paraugs ar olīveļļu, kontrole*; OO1, OO2, OO3 - experimental dressing sample with olive oil and different dehydrated sauerkraut juice concentration / *eksperimentālais paraugs ar olīveļļu un dehidrētu skābētu kāpostu sulu, dažādās koncentrācijās*

SCC – experimental dressing sample with sour cream, control / *eksperimentālais paraugs ar skābo krējumu, kontrole*; SC1, SC2, SC3 - experimental dressing sample with sour cream and different dehydrated sauerkraut juice concentration / *eksperimentālais paraugs ar skābo krējumu un dehidrētu skābētu kāpostu sulu, dažādās koncentrācijās*

However, the average liking was rated more than 3 in both samples, compared with SCC. SC2, with a 0.5% salt equivalent, was liked the most, being described as not too salty and with the most taste variation. Despite the differences in the SJP salt equivalent, all of the samples were liked more than the SCC, leading to the conclusion that sauerkraut juice powder could be used as an alternative to salt.

Dehydrated sauerkraut juice (DSJ) in bread and meat applications and their bioaccessibility

In order to investigate the actual bioaccessibility of the total phenol compounds (TPC) and the impact of DSJ to the experimental bread and meat samples, they were subjected to *in vitro* gastrointestinal digestion.

For further use in the text, abbreviations for the samples were made, and are described in Table 13

Table 13 / 13. tabula

The list of experimental bread and meat samples and abbreviations / Maizes un gaļas paraugu apzīmējumi un lietotie saīsinājumi

Sample / Paraugs	Abbreviation / Saīsinājums
Bread control sample / Maizes paraugs, kontrole	Bread C
Bread with dehydrated sauerkraut juice / Maizes paraugs ar dehidrētu skābētu kāpostu sulu	Bread DSJ
Meat control sample / Gaļas paraugs, kontrole	Meat C
Meat with dehydrated sauerkraut juice / Gaļas paraugs ar dehidrētu skābētu kāpostu sulu	Meat DSJ

Experimental bread samples

The aim of this experiment was to evaluate, if the addition of DSJ affects the bread quality, and can increase the bioactive compound content and the bioaccessibility in the wheat bread. The results, obtained represent a significant influence on the total phenol content by the addition of DSJ to the wheat bread. The TPC content and antiradical activity by ABTS⁺ in the bread DSJ sample is higher by 66% and 56% accordingly. It has been reported before that plant materials and food production by-products added to flour products increase the TPC and antiradical activity (Ahmed & Abozed, 2015; Tomsone, 2020). In this study, supplementing wheat bread with DSJ increases the TPC content in the

sample, thus the food matrix provided suitable conditions for the release (or interaction) of the compounds.

Although the TPC was higher in the Bread DSJ, the bioaccessibility index BAC, is higher in the Bread C - 1.10 while in the DSJ sample it is 0.65. This indicates that the bioaccessibility of the phenolic compounds in wheat bread, are highly bioaccessible, however, encapsulation of DSJ may interact with other compounds to form indigestible compounds and does not protect the TPC from the severe environment of the stomach (Tomsone et al., 2020).

There were 9 volatile compounds detected in the bread samples, 8 of them exceeded 5 % and are shown in Figure 9. Hexanal did not exceed 1% and therefore is not discussed in this study. The highest peak area was for benzaldehyde, giving volatile oil-of-almond odor and it was higher with the DSJ addition., 29.15 % and 33, 60 %, accordingly. A very distinct nuance – a caraway-like odor – in the bread sample with the DSJ addition. There is 1% of caraway added in the production process of sauerkraut in “Dimdiņi” Ltd (Latvia), and this volatile compound is so strong to remain through the spray-drying process and the bread baking. A freshly baked wheat bread, with no caraway or DSJ added, gives a rose like aroma.

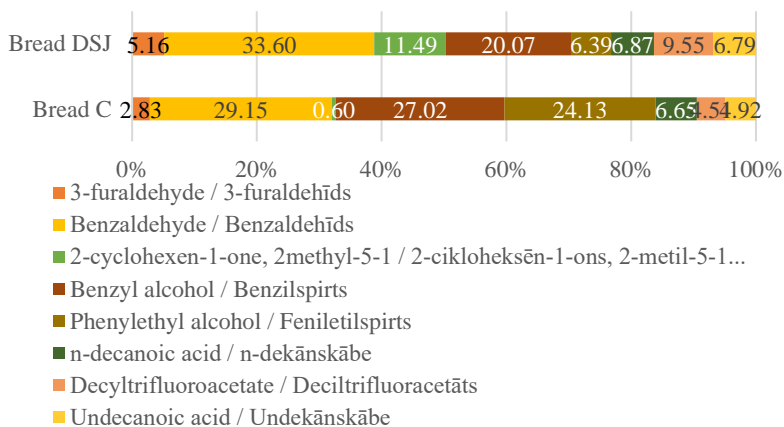


Fig. 9. The percentage of volatile compound peak areas in the bread samples, % / 9. att. Gaistošie savienojumi maizes paraugos, %

A sensory evaluation was carried out for bread with dehydrated sauerkraut juice. 52 participants were invited to rate overall liking, structure, taste and aroma on a 5-point hedonic scale. There are no significant differences in overall liking of Bread C and Bread DSJ, both samples are equally liked, as well as no significant differences are observed in structure, taste and aroma.

Experimental meat samples

The addition of plant-based ingredients provides total phenol content in meat products and is influenced by the method used to prepare the meat, such as mincing and heat treatment. Due to the potential interaction of phenols with the meat's chemical composition, which consists of lipids, proteins, and polysaccharides their extractability from the samples can be affected. (Cheng et al., 2018). In our study, the addition DSJ in the meat samples had a significant increase ($p < 0.01$) on the TPC. The TPC content in the meat DSJ sample was 61.21 ± 1.03 mg 100 g⁻¹ GAE, DW and antiradical activity by ABTS+ 5.72 ± 0.17 mg TE 100⁻¹, DW.

The bioaccessibility index for TPC of the meat DSJ sample is significantly higher than 1 and thus the compounds are available for absorption. The combination of proteins and phenolic compounds can affect the bioaccessibility of TPC, and is influenced by the specific compound interactions (Draijer et al., 2016.; Miedzianka et al., 2022). As Nagar (2023) have studied, that dissolved oxygen levels in the intestinal phase and bile contribute to the decrease in bioaccessibility - the absence of oxygen increases the bioaccessibility of polyphenols.

Volatile compounds in the meat samples

There were 8 volatile compounds detected in meat samples. 7 of them exceeded 5 % and are shown in Figure 10. The highest peaks for the Meat C sample were hexanal, mostly formed by oxidation of linoleic acid (Jiang et al., 2022), and 3-furaldehyde, giving fruity, green grass and almond like odor, also volatile oil-of-almond. The highest peaks in Meat DSJ sample were benzaldehyde, characterised by a roasted peanut aroma, and benzyl alcohol giving faint aromatic and volatile oil-of-almond aroma, also furfural with almond like odor and n-decanoic acid with rancid, unpleasant odor, mostly formed in the process of lipid hydrolysis and oxidation (Jiang et al., 2022). Volatile compounds in meat are affected by cooking time and temperature and different reactions during the process (like Maillard reaction) and a series of nutrient degradation (Jiang et al., 2022). There is no caraway odor found in the meat sample.

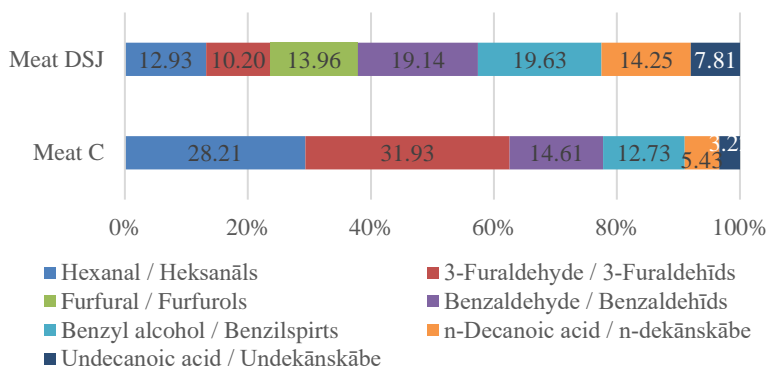


Fig. 10. The percentage of volatile compound peak areas in the meat samples, % / 10.att. Gaistošo savienojumu procentuālais daudzums gaļas paraugos, %

A sensory evaluation was carried out in the meat samples just like described above in the bread samples applying the Hedonic scale. Due to DSJ specific aroma and taste properties, it was useful to distinguish the effect and differences between the control and DSJ sample. In the bread samples statistics showed no significant differences between samples but for meat samples different trend was observed.

No significant differences were in the structure ($p < 0.05$) of the samples whereas significant differences in the overall liking, taste and aroma of the samples ($p > 0.05$) were determined and in all cases higher evaluation was for sample with added DSJ. It could be explained by traditional cooking and serving of meat with sauerkraut and these tastes are pairing for Latvian consumer and be acceptable and highly evaluated. Therefore, meat products could be perspective for application of DSJ in food.

CONCLUSIONS

1. The composition of sauerkraut juice is affected by the variety and harvest year of white cabbage used and the variation of total phenol content, antiradical activity and ascorbic acid is significant.
2. Sauerkraut juice contains minerals (potassium, calcium, iron etc), sugars, salt ($0.75 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), lactic acid bacteria and is a valuable raw material. To enable its use in food applications, it is essential to reduce its moisture content.
3. The evaporation technology affects the physicochemical properties of concentrated sauerkraut juice. Falling film and open kettle evaporated sauerkraut juice contains higher total phenol and ascorbic acid content, while

rotary vacuum evaporated concentrated sauerkraut juice contains higher lactic acid bacteria count.

4. Concentrated sauerkraut juice produced by falling film evaporation contain minerals, such as potassium ($1358 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), calcium ($238 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), iron ($1137 \mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$), as well as vitamin C ($110 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), sugars, and is a source of NaCl ($6.33 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$).
5. Dehydrated sauerkraut juice can be dried in a horizontal spray-dryer without carrier agent while maintaining high total phenolic content, antiradical activity and lactic acid bacteria count.
6. Starch solution (sauerkraut juice:starch solution - 50:75) is suitable carrying agent for production of vertically spray-dried sauerkraut juice that contains phenol compounds, vitamin C ($98 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), minerals, such as potassium ($1457 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), calcium ($297 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), iron ($1.5 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), as well as vitamin C ($98 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), sugars, and is a source of NaCl ($1.05 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$).
7. During the RATA sensory evaluation of salad dressings, containing dehydrated sauerkraut juice (DSJ), consumers rated additional flavors such as garlic, yogurt, and mayonnaise and the samples with reduced salt-equivalent maintained an equal salty sensation.
8. The addition of dehydrated sauerkraut juice to bread samples increased their total phenol content and antiradical activity, however, did not increase the bioaccessibility of these compounds. Sensory evaluation did not reveal any significant differences between tested bread samples.
9. In sensory evaluations of meat samples, the addition of both - dehydrated and concentrated sauerkraut juice resulted in higher ratings for overall liking, taste, texture, and flavour. The addition of dehydrated sauerkraut juice to the meat samples increased their antiradical activity.
10. The results of the research partially confirm the hypothesis. Dehydrated and concentrated sauerkraut juices are suitable for use in food application but sensory properties are not always acceptable.

PĒTĪJUMA AKTUALITĀTE

Galviņkāposti (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*) jau izsenis ir bijuši vieni no pieejamākajiem un audzētākajiem dārzeņiem gan Latvijā, gan pasaulē. Tos plaši patērē gan svaigā veidā, gan termiski apstrādātus (Martínez et al., 2020). Viens no izplatītākajiem kapostu pārstrādes produktiem ir skābēti kāposti. Skābēšanas procesā, pienskābes baktēriju ietekmē veidojas pienskābe, mainās kāpostu ķīmiskais sastāvs, kā rezultātā tiek iegūti skābēti kāposti, bagāti ar uzturvielām - vitamīniem, minerālvielām, organiskajām skābēm un šķiedrvielām (Tlais et al., 2022). Skābētu kāpostu ražošanas procesā izdalās līdz pat 30% sulas, kas arī ir vērtīgs dažādu bioaktīvo savienojumu un organismam

labvēlīgas mikrofloras avots. Fasēšanas un realizācijas rezultātā daļa šīs sulas paliek neizmantota un uzskatīta par atkritumproduktu. Pētījums par skābētu kāpostu sulas stratēģisku izmantošanu dotu ieguldījumu ilgtspējīgai bezatlikumu tehnoloģijai pārstrādes uzņēmumos, radītu produktus ar augstu pievienoto vērtību.

Pētnieciskā **hipotēze** - izstrādātās dehidrētās un koncentrētās skābētu kāpostu sulas ir piemērotas lietošanai pārtikas produktos.

Promocijas darba hipotēze tika pierādīta ar četrām **tēzēm**.

1. Kāpostu fizikāli ķīmiskais sastāvs ir atkarīgs no šķirnes un ietekmē skābētu kāpostu sastāvu
2. Skābētu kāpostu sulas koncentrēšana ir piemērota tehnoloģija bioaktīvo savienojumu saglabāšanai.
3. Izsmidzināšanas kaltēšanas metode un nesējviela ietekmē dehidrētās skābētu kāpostu sulas fizikāli ķīmisko sastāvu.
4. Dehidrēta un koncentrēta skābētu kāpostu sula ietekmē salātu mērču, maizes un gaļas izstrādājumu kvalitātes rādītājus.

Promocijas darba **mērķis** - izstrādāt dehidrētu un koncentrētu skābētu kāpostu sulu un novērtēt to kvalitātes rādītājus.

Darba mērķu sasniegšanai izvirzīti šādi pētnieciskie **uzdevumi**.

1. Analizēt kāpostu un skābētu kāpostu sulas kvalitātes parametru izmaiņas atkarībā no šķirnes un ražas gada.
2. Novērtēt ar dažādām ietvaicēšanas tehnoloģijām iegūtas skābētu kāpostu sulas kvalitātes rādītājus.
3. Izvēlēties piemērotas nesējvielas horizontālajai un vertikālajai izsmidzināšanas kaltei un novērtēt to ietekmi uz dehidrētās skābētu kāpostu sulas kvalitāti.
4. Analizēt dehidrētās un koncentrētās skābētu kāpostu sulas ietekmi uz salātu mērcēm, maizes un gaļas kvalitātes īpašībām.

Promocijas darba **novitāte**.

1. Pirmo reizi ir veikts detalizēts skābo kāpostu sulas kvalitātes novērtējums un tas izmantots jaunu produktu radīšanā.
2. Izstrādāta tehnoloģija inovatīvu izejvielu iegūšanai pārtikas rūpniecībā - dehidrēta un koncentrēta skābo kāpostu sula.

Tautsaimniecības nozīme.

1. Tehnoloģiskie risinājumi skābētu kāpostu sulu produktu izstrādei radītu ilgtspējīgu lauksaimniecības resursu izmantošanu, samazinot atkritumu daudzumu, izmantojot blakusproduktus.
2. Pētījumā izstrādātie produkti ļautu ražotājiem paplašināt preču klāstu ar jauniem, inovatīviem risinājumiem.

ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA

Pētījuma rezultāti ir publicēti piecos zinātniskajos izdevumos, ieskaitot trīs publikācijas, kas indeksētas starptautiskās citēšanas datubāzēs SCOPUS un Web of Science, un par tiem ziņots astoņās starptautiskajās konferencēs (publikāciju un prezentāciju sarakstus skatīt 4.- 5.lpp.).

MATERIĀLI UN METODES

Pētījuma laiks un vieta

Zinātniskais darbs tika izstrādāts laika periodā no 2018. līdz 2023. gadam Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātes Pārtikas tehnoloģijas fakultātes Procesu un iekārtu laboratorijā, Zinātniskajā laboratorijā, Miltu un konditorejas izstrādājumu laboratorijā, Mikrobioloģijas zinātniskajā laboratorijā, Sensorās vērtēšanas laboratorijā, Augļu un dārzeņu pārstrādes pilotražotnē, Biotehnoloģiju laboratorijā un Dabas vielu ķīmijas zinātniskajā laboratorijā.

Materiālu raksturojums

Baltie galviņkāposti tika izaudzēti un novākti SIA “Dimdiņi Agro” Gulbenes novada Lizuma pagastā, 2018., 2019. un 2020. gadā. Zinātniskajā darbā tika analizētas trīs šķirņu ‘Selma’, ‘Kiloplons’ un ‘Ramkila’ svaigu un skābētu kāpostu sulas.

Pētījuma struktūra

Pētnieciskais darbs strukturēts četros posmos (skatīt 1. tabulu).

1. posmā tika analizētas trīs šķirņu svaigu un skābētu kāpostu sulas, novāktas dažādos ražas gados. Izvērtēta šķirnes un ražas gada ietekme uz kāpostu kvalitāti.

2. posmā skābētu kāpostu sula tika iekonzentriēta un tika izmantotas trīs dažādas tehnoloģijas - rotācijas vakuuma, krītošās plēves un atvērta tipa katla iekārtas. Rotācijas vakuuma ietvaicē tika analizētas trīs šķirnes ‘Selma’, ‘Kiloplons’ un ‘Ramkila’. Krītošās plēves un atvērta tipa katlā tika koncentrēts rūpnieciskais paraugs – ražošanā veidojusies skābētu kāpostu sula no dažādām šķirnēm.

3. posmā skābētu kāpostu sula tika dehidrēta izsmidzināšanas tipa kaltēs – horizontālā un vertikālā. Horizontālā tipa kaltē tika dehidrēts rūpnieciskais paraugs, vertikālā izsmidzināšanas kaltē tika dehidrētas divas šķirnes ‘Selma’ un ‘Kiloplons’.

4. posmā iegūtie skābētu kāpostu sulas produkti – dehidrāts un koncentrāts – tika testēti pārtikas produktos – eksperimentālajās salātu mērcēs ar olīveļļu un skābo krējumu, kā arī izvērtējot to ietekmi uz maizes un gaļas kvalitāti.

Pētījumos izmantoto analīžu metožu raksturojums

Izmantotās metodes fizikālo, ķīmisko, mikrobioloģisko un sensoro parametru noteikšanai, apkopotas 2. tabulā.

Datu matemātiskā apstrāde

Rezultāti tiek izteikti kā vidējā aritmētiskā vērtība \pm standartnovirze. Datu būtiskums starp iegūtajiem paraugiem tiek raksturots kā nozīmīgs pie $p < 0,05$ un tika noteikts ar t-testu, salīdzinot divus paraugus sensorajā vērtēšanā. Lai novērtētu pārbaudīto faktoru ietekmi un noteiktu atšķirības starp paraugiem, tika izmantota dispersijas analīze (ANOVA) un Tukey tests. Iekonzentrēšanas metožu novērtēšanai tika izmantota klasteru analīze un rādītāju intensivitāte krāsu kartē. Ar korelācijas analīzi tika novērtēta saistība starp parametriem. Tika izveidoti attēli un tabulas un iegūtie dati aprēķināti programmā MS Excel for Windows 2019.

REZULTĀTI UN DISKUSIJA

1. Svaigu kāpostu un skābētu kāpostu sulas raksturojums

Šī posma mērķis bija iegūt sākotnējos datus par svaigu kāpostu šķirnes un ražas gada ietekmi uz kāpostu fizikāli ķīmiskiem rādītājiem, lai salīdzinātu ar skābētu kāpostu sulu un iegūtajiem produktiem Svaigu kāpostu fizikāli ķīmiskās analīzes veiktas trīs laika periodos – 2018. gada decembrī; 2020. gada novembrī un 2021. gada aprīlī divām šķirnēm 'Selma' un 'Kiloplons' un 2018. gada decembrī – šķirnei 'Ramkila'. 3. tabulā apkopoti 2018. ražas gadā novāktu svaigu kāpostu un kāpostu sulas rezultāti. Visu trīs ražas gadu rezultātu izkliede apkopota 1. attēlā. Rezultāti liecina ka, kāpostu šķirne, ražas gads un uzglabāšana ietekmē bioaktīvo vielu saturu.

Baltie galviņkāposti ir bagātīgs askorbīnskābes avots un var nodrošināt ikdienas C vitamīna devu: 75–90 mg (Zhao et al., 2020a). Visaugstākais un viszemākais askorbīnskābes saturs noteikts šķirnes 'Selma' kāpostos un kāpostu sulā, ar plašu datu izkliedi. 2020. gada novembrī askorbīnskābes saturs kāpostos bija 2746 mg 100 g⁻¹, bet minimālais 2021. aprīlī - 267 mg 100 g⁻¹. Šķirnes "Selma" mediāna bija 808 mg 100 g⁻¹, bet "Kiloplons" mediāna bija 526 mg 100 g⁻¹.

Tādi faktori kā šķirne, klimatiskie apstākļi, kukaiņi, veģetācijas stadija, uzglabāšana un apstrāde pēc novākšanas ietekmē askorbīnskābes saturu kāpostos.

Baltie galviņkāposti ir bagātīgs fenolu savienojumu avots. Un tomēr, arī fenolu savienojumu (TPC) īpašības un daudzumu ietekmē vairāki faktori (Aires et al., 2011; Šamec et al., 2017). Šinī pētījumā TPC rezultāti ir līdzīgi askorbīnskābei. Maksimālais un minimālais TPC bija šķirnei 'Selma' 2018. gada

decembrī, kas atbilst 1936 mg GAE 100 g⁻¹ un 578 mg GAE 100 g⁻¹ 2021. gada aprīlī. Vidējā vērtība ir 1627 un 1301 mg GAE uz 100 g⁻¹ attiecīgi Selma' un 'Kiloplons'. Saskaņā ar iepriekšējiem dažādu zinātnieku pētījumiem TPC svārstās no 8,7 līdz 153,3 mg GAE 100 g⁻¹ FW (Aires et al., 2011; Moreb et al., 2020) un ir šī pētījuma rezultātu diapazonā, kā parādīts 1. attēlā.

Nav būtiskas mediānas atšķirības ($p > 0,05$) starp šķirnēm un DPPH• antiradikālās aktivitātes analīžu laiku, taču ir lielas atšķirības iegūtajos ABTS⁺ rezultātos. Vislielākā un arī vismazākā aktivitāte bija šķirnei 'Kiloplons' – attiecīgi 49 un 8 mg TE 100 g⁻¹.

Skābētu kāpostu sula

Askorbīnskābes saturu skābētos kāpostos ietekmē ķīmisko savienojumu fermentatīvo reakciju daudzveidība, kā aprakstījuši Vāgners un Rimbahs (2009). Tomēr Thakur et.al. (2017), ir izpētījuši, ka askorbīnskābes saturs fermentācijas procesā palielinās līdz 21. dienai, bet pēc tam pakāpeniski samazinās un to neietekmē šķirne.

To novēro arī Draškovičs u.c. (Drašković Berger et al., 2020a), ka pats fermentācijas process var palielināt askorbīnskābes saturu, lai gan pēc tā askorbīnskābes zudums var sasniegt 40% un, ka, askorbīnskābes saturu skābētu kāpostu sulā ietekmē šķirne un klimatiskie apstākļi.

Pētījumā iegūtie rezultāti rāda ievērojamas atšķirības starp ražas gadiem, bet šķirnei nav būtiskas ietekmes. Kā arī askorbīnskābes satura atšķirības svaigos un skābētos kāpostos un augšanas vai zuduma % fermentācijas procesā parādītas 4. tabulā.

Askorbīnskābes līmeņa paaugstināšanos var saistīt ar diviem faktoriem: pirmkārt, mikroorganismu aktivitāti fermentācijas procesā un, otrkārt, antioksidanta savienojuma askorbīgēna sadalīšanos skābā vidē (Drašković Berger et al., 2020).

Ciska un kolēģi (2005) ir izpētījuši, ka fermentācijas process palielina kopējo fenolu saturu (TPC) salīdzinājumā ar svaigiem kāpostiem. Pienskābā fermentācija var paaugstināt izejvielu TPC. Tas var notikt divos veidos - fermentācijas procesā tiek sagrautas augu šūnu sienīgas, kas ļauj savienojumiem izdalīties no vakuolām, kur tie galvenokārt atrodas, vai fermentatīvi pārvēršot glikozīdus aglikona formā (Paramithotis et al., 2022; Tlais, Lemos Junior, et al., 2022). Taču Hallman u.c., (2017b) savos pētījumos ir saskārušies ar gluži pretēju novērojumu – pienskābās fermentācijas rezultātā samazinās kopējais polifenolu saturs galaproduktā – skābētos kāpostos. Šo procesu ietekmē pienskābo baktēriju (LAB) mikrobioma sastāvs (Tlais, Kanwal, et al., 2022). Līdzīgi kā Kusznierevics u.c., (2008) ir nonākuši pie secinājuma, ka antiradikālā aktivitāte sākotnēji palielinās kāpostu sasmalcināšanas laikā, gatavojot spontāni raudzētus skābētus kāpostus. Tomēr pienskābo baktēriju

biosintēzes vai fenola savienojumu sadalīšanās metabolisma ceļi nav pilnībā izpētīti (Rodríguez et al., 2009). Rezultāti, kas parādīti 2. attēlā, atbilst tiem, kas pieejami literatūrā, norādot, ka TPC saturu ietekmē daudzi faktori un ka fermentācija var veicināt to satura samazināšanos vai palielināšanos. (Özer & Kalkan Yıldırım, 2019).

Kopumā skābētu kāpostu sulas rūpnieciskajā paraugā, ekstrahētā jonu hromatogramma (EIC) MRM režīmā, bija pārstāvēti 13 brīvo polifenolu profili.

Augstākie smailes laukumi bija neohlorogēnskābei, hlorogēnskābei, vanilīnam un kofeīnskābei, kā arī gallskābei, protokatehīnskābei, siringskābei, sinapīnskābei, luteolīnam, O-glikozīdam, kvercefīnam un ramnetīnam. Iegūtie rezultāti saskan ar literatūru, tomēr pētījumos ir vienprātis, ka ir daudzi faktori, kas ietekmē galviņkāpostu un skābēto kāpostu polifenolu struktūru un īpašības (Peñas et al., 2017b; Šamec & Salopek-Sondi, 2019; Ciska et al. al., 2021).

2. Koncentrētas skābētu kāpostu sulas ieguve

Koncentrētas skābētu kāpostu sulas (CSJ) iegūšanai pētnieciskajā darbā tika pielietoti trīs ietvaicēšanas paņēmieni, proti – rotācijas vakuumietvaice (R), krītošās plēves ietvaice (FF) un ietvaice atvērta tipa katlā (OD).

2020. gada janvārī tika koncentrēta skābētu kāpostu sula no trīs dažādām šķirnēm - 'Selma', 'Kiloplons' un 'Ramkila' - izmantojot rotācijas vakuuma ietvaici, lai iegūtu aromatizētu koncentrātu. Kopējā šķīstošā sausna (TSS) skābētu kāpostu sulā bija 7,66 līdz 9,58 °Brix robežās, ar visaugstāko vērtību šķirnes 'Kiloplons' sulā. Šajā paraugā arī sāls saturs bija visaugstākais. Koncentrēšanas procesā mitrums tika samazināts, un gala TSS bija 28,52 līdz 32,14 °Brix. Rotācijas vakuuma ietvaice būtiski ($p < 0,05$) paaugstināja antiradikālo aktivitāti ar DPPH un ABTS⁺ (5.tab.) metodēm šķirnēm 'Selma' un 'Kiloplons'. Rezultātus var izskaidrot ar sākotnējo izejvielas bioaktīvo vielu sastāvu.

Potenciālie mehānismi, kas saistīti ar fenola savienojumu termisko sadalīšanos, var būt saistīti fenolu savienojumu atbrīvošanās, augstas molekulasmasas fenolu depolimerizācija, fenola savienojumu oksidācija un sadalīšanās oksidējošo enzīmu ietekmē, kā norāda Alizadeh et al. (2020).

Pienskābes baktēriju (LAB) saturs skābēto kāpostu sulā un koncentrētā skābētu kāpostu sulā ir atkarīgs no šķirnes.

Krītošās plēves (FF) un atvērta tipa katla (OD) ietvaices tika izvēlētas, jo tās bija brīvi pieejamas un sniegtu ieskatu rūpnieciski pieejamās ietvaicēšanas iekārtās/tehnoloģijās un to salīdzināšanā.

Krītošās plēves ietvaicē (FF) koncentrēta skābētu kāpostu sula (CSJ) ir 2019. ražas gada rūpnieciskais paraugs. Tas tika ietvaicēts 2020. gada februārī un analizēts 2020. gada martā, kā arī pēc uzglabāšanas 4 ± 2 °C temperatūrā 2020. gada septembrī. Atvērta tipa katlā (OD) ietvaicēta skābētu kāpostu sula ir

2020. gada ražas gada rūpnieciskais paraugs. Tas tika ietvaicēts un analizēts uzreiz pēc ražas novākšanas un fermentācijas, 2020. gada septembrī.

Rūpnieciskā parauga FF (CSJ) noteiktie rādītāji un rezultāti pirms un pēc uzglabāšanas, kā arī OD CSJ ietvaices rezultāti ir attēloti 6. tabulā.

pH rezultātos starp FF un OD koncentrētu skābētu kāpostu sulu nebija būtiskas atšķirības ($p < 0,05$), savukārt TSS krītošās plēves ietvaicē koncentrātā skābētu kāpostu sulā bija divreiz augstāks nekā atvērtā tipa katla paraugā.

FF ietvaice ir piemērota termojūtīgu savienojumu saglabāšanai, tomēr TPC, askorbīnskābes saturs un DPPH antiradikālā aktivitāte ir ievērojami augstāka OD CSJ. Šīs būtiskās atšķirības skaidrojamas ar atšķirīgo ražas gadu un visiem ražu ietekmējošajiem faktoriem, kā arī iepriekš minēto ietvaices laiku. Arī kopējais fenolu saturs (TPC) dažādos sulu koncentrātos darbojas atšķirīgi. Uzglabāšana izraisīja ievērojamu antioksidantu aktivitātes samazināšanos, bet TPC izmaiņas bija nenozīmīgas. C vitamīns pirms uzglabāšanas bija $110 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, noteikts ar HPLC (augstas izšķirtspējas šķidrums hromatogrāfu). Pēc uzglabāšanas askorbīnskābe tika noteikta titrimetriski un bija $26,6 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, novērtējot tikai vienu no bioloģiski aktīvajām C vitamīna formām (Radenkovs et al., 2020).

Uzturvērtībai FF CSJ izvēlēts, pamatojoties uz iepriekšējiem rezultātiem, jo tā bija piemērota sulas koncentrēšanas tehnoloģija ar īsu ietvaices laiku un augstāko TSS.

Koncentrēta skābētu kāpostu sula satur ogļhidrātus kā galveno uzturvielu, kam seko augsts pelnu saturs, tostarp dažādas minerālvielas. Koncentrētas skābētu kāpostu sulas uzturvērtība ir apkopota 7. tabulā.

Pelnu saturs CSJ ir $9,42 \text{ g}$, tātad tas satur dažādas minerālvielas, piemēram, Mg, Cu, K, Ca, Fe, kā parādīts 6. tabulā. Salīdzinājumam, svaigos kāpostos ir $200 - 300 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ un skābētos kāpostos - $700 - 800 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ minerālvielas (Khanna, 2018). Augstā sāls saturs dēļ $6,33 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, saskaņā ar ES regulām (EK) Nr. 1924/2006) CSJ var izmantot pārtikas produktos, lai aizstātu sāli.

Rotācijas vakuuma ietvaice būtiski paaugstināja ABTS⁺ (zaļā krāsa 3. att.) antiradikālo aktivitāti šķirnēm 'Selma' un 'Kiloplons'. Vislielākais pienskābo baktēriju (LAB) skaits bija šķirnes 'Selma' paraugos. Tika konstatēts, ka krītošās plēves (FF) ietvaice rada koncentrātu ar divreiz lielāku TSS saturu (tumši zaļā krāsa 3. attēlā), salīdzinot ar ietvaici atvērtā tipa katlā (spilgti sarkanā krāsā 3. attēlā), bet ar zemāku kopējo fenolu savienojumu (TPC) un DPPH antiradikālo aktivitāti. Uzglabāšana izraisīja antiradikālās aktivitātes, askorbīnskābes un pienskābes baktēriju (LAB) skaita samazināšanos FF CSJ, bet TPC saglabājās stabils. Pētījums liecina, ka rezultātu atšķirības varētu būt saistītas ar dažādiem ražas gadiem un apstrādes laikiem.

Tika konstatēts, ka CSJ ir askorbīnskābes un fenola savienojumu, arī minerālvielu, visvairāk kālija, kalcija un magnija avots. To var izmantot kā vērtīgu izejvielu inovatīviem pārtikas produktiem un arī kā sāls aizstājēju.

Koncentrētu sulu glabāšanas laiks atšķiras atkarībā no izejvielām un ir no viena gada līdz trim gadiem (Salehi, 2020).

3. Dehidrētas skābētu kāpostu sulas ieguve

Horizontālā izsmidzināšanas kaltē dehidrēta skābētu kāpostu sula, rūpnieciskais paraugs

Skābētu kāpostu sulas dehidrēšanai horizontālajā izsmidzināšanas kaltē tika izmantotas dažādas maltodekstrīna (ar dekstrozes ekvivalentu DE 7-13) koncentrācijas (0, 5 un 10 %), un pH neutralizācijai tika pievienots CaCO_3 , kā paskaidrots 8. tabulā.

Horizontāli izsmidzinātā skābētu kāpostu sulā (DSJ) NaCl saturs bija robežās no 8,70 līdz 14,31 g 100 g⁻¹, un produktu potenciāli varētu izmantot kā sāls aizstājēju. Maltodekstrīna (MD) klātbūtne ietekmēja DSJ mitruma saturu un šķīdību, bet MD tika uzskatīts par piemērotu turpmākai izmantošanai pārtikas ražošanā. Maltodekstrīna koncentrācija ietekmēja arī dehidrētas skābētu kāpostu sulas organisko skābju profilu, un galvenās identificētās organiskās skābes bija skābeņskābe, pienskābe, etiķskābe un hinīnskābe. Pētījumā tika izmantotas divas ekstrakcijas metodes, lai noteiktu kopējo fenola saturu (TPC), kas parādīts 4. attēlā, un antiradikālo aktivitāti DSJ, un tika konstatēta mērena vai spēcīga korelācija starp tām, kas norāda, ka TPC atspoguļo antiradikālo aktivitāti.

Vertikālā izsmidzināšanas kaltē dehidrēta skābētu kāpostu sula

Pētījuma mērķis bija atrast optimālos kaltēšanas parametrus sulas dehidrēšanai vertikālā izsmidzināšanas kaltē. Tika pārbaudīti dažādi kaltēšanas parametri un nesējvielas, izmantojot gan rūpniecisko paraugu, gan divu šķirņu 'Selma' un 'Kiloplons' skābētu kāpostu sula un dažādas cietes šķīduma attiecības sulu. Rezultāti parādīja, ka attiecība 75:50 (cietes šķīdums pret skābētu kāpostu sulu) bija optimāla sulas dehidrēšanai.

Ūdens ekstrakcija tika izmantota, lai noteiktu TPC un antiradikālo aktivitāti vertikāli izsmidzinātai DSJ ar dažādām nesējvielām (9. tabula). DSJ paraugiem, dehidrējot ar cietes šķīdumu, bija augstāka TPC un antiradikālas aktivitāte salīdzinot ar paraugiem, kas dehidrēti ar maltodekstrīna un cietes šķīduma maisījumu. Maltodekstrīns var saistīties ar antioksidantiem, kā rezultātā tie kļūst mazāk efektīvi (Krishnaiah et al., 2014).

DSJ paraugos izmantojot tikai cietes šķīdumu kā nesējvielu, mitruma saturs ir lielāks, kas var ietekmēt stabilitāti un bioaktīvo savienojumu saturu. DSJ satur ievērojamu daudzumu minerālvielu, it īpaši kāliju un vitamīnus. C vitamīna zudumi pēc izsmidzināšanas procesa ir nelieli un paraugos palika 98 mg 100 g⁻¹

¹. Pelnu saturs DSJ ir 15,28 g 100 g⁻¹, un tādējādi ir plašs minerālvielu klāsts, kā parādīts 10. tabulā. Daļēji NaCl saturs veicina pelnu daudzumu DSJ. DSJ nevar uzskatīt par ikdienas garšvielu, tomēr tā sastāvā esošo minerālvielu daudzums ir ievērojams. Vitamīnu un minerālvielu ikdienas atsaucēs devas (DRI) saskaņā ar ES regulu 1169/2011 ir norādītas 11. tabulā. Kā arī produktu var uzskatīt par bagātu ar uzturvielām, ja tas satur vismaz 15% uzturvielu atsaucēs devu uz 100 g. Tas nozīmē, ka šī produkta porcija ievērojami veicinātu cilvēka ikdienas uzturvielu vajadzības. Kālijs, kas ir visizplatītākais DSJ elements, kopā ar mangānu un kalciju nodrošināja lielāko devu ikdienas uzturā.

Šķirnei 'Selma' tika konstatēts vislielākais pienskābes baktēriju (LAB) skaits skābētu kāpostu sulā, un pat pēc dehidrēšanas izsmidzināšanas kaltē tā saglabāja vislielāko LAB skaitu.

Vertikāli izsmidzinot dehidrētas skābētu kāpostu sulas (DSJ) enerģētiskā vērtība un ķīmiskais sastāvs ir apkopota 10. tabulā. Enerģētiskā vērtība un ogļhidrātu saturs DSJ, ieskaitot cukurus, glikozi, fruktozi un maltozi, var tikt izskaidrots ar cietes sadalīšanos temperatūras ietekmē izsmidzināšanas procesā, kā arī cukura dabisko klātbūtni skābētu kāpostu sulā (Araujo-Silva et al., 2018).

Skābētu kāpostu sulai un dehidrētai skābētu kāpostu sulai tika noteikts gaistošo vielu profils, un rezultāti, kas pārsniedz 5% no gaistošo savienojumu satura, parādīti 5. attēlā.

Skābētu kāpostu sula un tās produkti satur dažādus gaistošos savienojumus, kas veicina to garšu un aromātu, visizplatītākā ir etiķskābe ar skābu un alilizotiociānātu ar asu sinepju, mārrutku un vasabi garšu. Izotiociānāti, glikozinolātu metabolizētie produkti, ir galvenie Brassica dārzeniņiem raksturīgās garšas avoti. Karvons ar ķimenēm un piparmētrai līdzīgu smaržu un benzoscābe bija savienojumi ar augstāko piķa laukumu attiecīgi skābo kāpostu sulā un dehidrētā skābo kāpostu sulā.

4. Skābētu kāpostu sulas produktu izmantošana pārtikā

Latvijas Biozinātņu un Tehnoloģiju universitātē tika veikti daudzveidīgi testi, lai atrastu atbilstošu skābētu kāpostu sulas produktu pielietojumu pārtikā. Eksperimentos tika pārbaudīti skābētu kāpostu sulas produkti (dehidrēta DSJ un koncentrēta CSJ skābētu kāpostu sula) dažādos pārtikas produktos, piemēram, sausajos zupu maisījumos, zupas pastā, gaļas marinādē, maltajā gaļā, tomātu sulā un biežpienā. Rezultāti parādīja, ka eksperimentāli sagatavotajiem sausajiem zupu maisījumiem ir rūgta un pliekana garša, savukārt zupas pasta ar koncentrētu skābētu kāpostu sulu bija garšīga un varētu tikt attīstīti turpmāki pētījumi Eksperimenti ar tomātu sulu un biežpienu deva pliekanu garšu, jo šo produktu skābums pārņem skābētu kāpostu sulas produktu skābumu. Koncentrētas skābētu kāpostu sulas izmantošana gaļas un maltās gaļas marinādē padarīja gaļas paraugus mīkstākus un aromātiskus. Arī, garšvielu maisījumu ar

dehidrētu skābētu kāpostu sulu izmantošana gaļai, frī kartupeļiem vai čipsiem šķiet potenciāls risinājums turpmākiem pētījumiem un iespējamai projektu attīstībai.

Koncentrētas skābētu kāpostu sulas izmantošana cūkgaļas pavēderes un maltās gaļas marinādē padarīja eksperimentālo paraugu gaļu mīkstu, sulīgu un aromātisku. Lai noskaidrotu gaļas paraugu kopējo patīkšanu, garšas, smaržas un tekstūras preferences, tika veikta piecu punktu hedoniskā skalas sensorā novērtēšana, un rezultāti parādīti 6. attēlā.

Citi pētījumi par šiem produktiem šajā posmā netika veikti.

Kopējā patika eksperimentālajiem gaļas paraugiem, cūkgaļas vēders un malta gaļa tika novērtēta visaugstāk, pievienojot 10% CSJ. Arī garšas izvēles, aromāts un tekstūra šajos paraugos tika novērtēti visaugstāk.

Eksperimentālie salātu mērču paraugi

Dehidrēta skābētu kāpostu sula (DSJ) tika testēta pārtikā kā sāls alternatīva un tās iespējamā samazināšana eksperimentālajās salātu mērcēs ar olīveļļu un skābo krējumu. Ne sāls, ne DSJ nešķīst eļļā, radot sāļuma sajūtu mutē paraugos ar olīveļļu.

Eksperimentālajos paraugos ar olīveļļu un skābo krējumu lietotais sāls un dehidrāta daudzums un paraugu apzīmējumi ir aprakstīti 12. tabulā.

Sāls saturs eksperimentālajos paraugos izvēlēts, balstoties uz tirgus izpēti par līdzīgām, komerciāli pieejamām salātu mērcēm. Pamatojoties uz šo izpēti, eksperimentālajos paraugos ar olīveļļu tika izmantots maksimālais daudzums 2,0 g 100 g⁻¹ NaCl (OOC; OO1), un tika samazināts līdz 1,5 g (OO2); 1 g 100 g⁻¹ (OO3). Maksimālais sāls daudzums skābā krējuma paraugos bija 0,8 g 100 g⁻¹ NaCl (SCC; SC1) un samazināts līdz 0,5 (SC2); 0,2 (SC3) g 100 g⁻¹. Lai izvairītos no iespējamās mijiedarbības ar citām sastāvdaļām, eksperimentālās mērces tika pagatavotas, izmantojot tikai dehidrētu skābētu kāpostu sulu un olīveļļu vai skābo krējumu. Eksperimentālo salātu mērču aprakstošajā sensorajā vērtējumā tika minētas vai identificētas 11 garšas: salda, sāļa, skāba, rūgta, pikanta, ķiploku, kāpostu, jogurta, majonēzes, biezpiena un etiķa. Balstoties uz minētajām 11 garšām, tika veikti RATA – novērtē visu, kas attiecas uz garšas un pēcgaršas intensitāti (*rate-all-that-apply*).

Eksperimentālie salātu mērču paraugi ar olīveļļu

63% dalībnieku identificēja sāļu garšu kontroles paraugā (OOC), 2% sāls, bet 80% to pašu identificēja paraugā OO1 ar sāls ekvivalentu 2%, savukārt 70%, 73% dalībnieki atpazīna šo garšu paraugos ar samazinātu sāls daudzumu (OO2, OO3) - kas ir ievērojami lielāks dalībnieku skaits, salīdzinot ar kontroles paraugu. Tas varētu būt skaidrojams ar to, ka ne sāls, ne dehidrēta skābētu

kāpostu sula nešķīst eļļā un ir itkā iekapsulēta taukos (Noort et al., 2012) un izšķīst tikai saskarē ar siekalām, veidojot "sāļo punktu" (Beck et al., 2021). Tomēr, DSJ, ar vairāk garšas īpatnībām, rada bagātīgu garšu profilu (Gaudette et al., 2019). OO1 paraugā ķiploku garšu identificēja 43% dalībnieku, bet 37% to pašu identificēja paraugos OO2, OO3. Sālās garšas intensitāti par spēcīgāku atzina paraugos ar ar dehidrētu skābētu kāpostu sulu - OO1 (sāls ekvivalents) un ar samazinātu NaCl daudzumu paraugos OO2 un OO3. Intensīva ir arī skābena garša, kam seko rūgta un ķiploku garša. Pēcgaršas intensitāte izzūd. Rūgta garša ilgāk saglabājas kontroles paraugā OOC, savukārt sāļa un pikanta saglabājas paraugos ar DSJ. OO2 paraugs, ar nedaudz samazinātu sāls daudzumu, kopējā patikšanā tika novērtēts visaugstāk.

Gaistošo savienojumu izvērtējumā, etiķskābe ar skābu aromātu bija dominējošā DSJ paraugos, attiecīgi samazinoties līdz ar pievienotā dehidrāta daudzumu. Dehidrētas skābētu kāpostu sulas pievienošana samazina gaistošo savienojumu smailes laukumus un ir ievērojami mazāki nekā kontroles paraugā, kas varētu būt pozitīvi, specifiskā kāpostu aromāta dēļ. Kontroles paraugā ir visi gaistošie savienojumi, kas raksturīgi lielākajai daļai olīveļļai (Ograš et al., 2018). Kopumā paraugu aromāts ir zālaugu, zaļu lapu, ar nelielu salduma un augļu asumu.

Ekspimentālie salātu mērču paraugi ar skābo krējumu

Skābā krējuma paraugos skāba un sāļa garša tika atzīmētas visvairāk. Kontroles (SCC) un sāls ekvivalenta (SC1) paraugos vienādi tika novērtētas gan sāļā, gan skābā garša. Visi paraugi tika novērtēti kā jogurtam līdzīgi, bet SC1 un SC2 paraugos tika identificēta majonēzes garša. Interesanti, ka arī paraugos ar skābo krējumu tika konstatēta ķiploku garša, tāpat kā olīveļļas paraugā, ar lielāko dehidrētas skābētu kāpostu sulas piedevu.

11 garšu un pēcgaršu intensitāte eksperimentālajās mērcēs ar skābo krējumu apkopotas radara diagrammā 7. attēlā (novērtēto punktu summa no 1 līdz 5).

Visintensīvākā garša ir SC1 paraugā ar vislielāko dehidrētas skābēto kāpostu sulas daudzumu, kurā dominē ne tikai skāba un sāļa garša, bet arī ķiploku, majonēzes un jogurta. Visi paraugi (izņemot kontroles SCC) ir pagatavoti ar skābo krējumu un DSJ. Pārējos paraugos būtiskas atšķirības garšas intensitātē nav novērotas, un veido skābu, sāļu, jogurta un majonēzes garšas nianses, it īpaši SC3 paraugā.

Ekspimentālo mērču paraugu kopējā patikšana

Sensorā vērtējuma kopējā patikšanā gan starp eļļas, gan skābā krējuma paraugiem tika novērotas būtiskas ($p < 0,05$) atšķirības. Šo paraugu patika tika vērtēta no 1 līdz 5: 1 - īpaši nepatīk; 5 - patīk visvairāk. Visvairāk patika

olīveļļas paraugi OO1 un OO2 DSJ sāls ekvivalentu 2% un 1,5%, bet paraugs ar samazinātu sāls daudzumu (OO3 - 1,0% sāls ekvivalents) patika vairāk nekā kontrolparaugs, bet bez būtiskām atšķirībām, kā parādīts 8. attēlā. Starp skābā krējuma paraugiem bija būtiskas ($p < 0,05$) atšķirības. SC1 nebija vērtējuma 5 (tāpat kā lielākā daļa), un kopumā starp paraugiem ar DSJ vairumam dalībnieku šie paraugi patika vismazāk, kas varētu būt izskaidrojams ar to spēcīgo garšas intensitāti. Paraugs SC3 (samazināts sāls daudzums ar vismazāko DSJ) patika tikpat labi kā SC1. Tas varētu būt izskaidrojams ar gluži pretēju iemeslu – nepietiekamas garšas intensitātes dēļ. Tomēr vidējā patika abos paraugos tika novērtēta ar vairāk nekā 3, salīdzinot ar SCC. Visvairāk patika SC2 ar 0,5% sāls ekvivalentu, kas raksturots kā ne pārāk sāļš un ar visvairāk garšas variācijām. Neskatoties uz pievienotā DSJ kā sāls ekvivalenta daudzumu, visi paraugi patika vairāk nekā SCC, kas ļauj secināt, ka skābētu kāpostu sulas pulveri varētu izmantot kā alternatīvu sālim.

Dehidrēta skābētu kāpostu sula maizes un gaļas produktos un to bioloģiskā pieejamība

Lai izpētītu eksperimentālo maizes un gaļas paraugu kopējo fenolu savienojumu (TPC) faktisko bioloģisko pieejamību, tie tika pakļauti *in vitro* kuņģa-zarnu trakta gremošanas simulācijas sistēmai.

Turpmākai izmantošanai tekstā tika izveidoti paraugu saīsinājumi, kas aprakstīti 13. tabulā.

Eksperimentālie maizes paraugi

Šī pētījuma mērķis bija novērtēt, vai dehidrētas skābētu kāpostu sulas pievienošana ietekmē maizes kvalitāti un var palielināt bioaktīvo savienojumu saturu un biopieejamību kviešu maizē. Iegūtie rezultāti liecina, ka dehidrētas skābētu kāpostu sulas pievienošana būtiski ietekmē kopējo fenolu saturu kviešu maizē. TPC saturs un ABTS⁺ antiradikālā aktivitāte Bread DSJ paraugā ir attiecīgi par 66% un 56% augstāka. Jau iepriekš ziņots, ka miltu izstrādājumiem pievienotie augu materiāli un pārtikas ražošanas blakusprodukti palielina TPC un antiradikālo aktivitāti (Ahmed & Abozed, 2015; Tomsons, 2020). Mūsu pētījumā kviešu maizes papildināšana ar DSJ palielina TPC saturu paraugā, tādējādi pārtikas matrica nodrošināja piemērotus apstākļus savienojumu izdalīšanai (vai mijiedarbībai).

Lai gan TPC bija augstāks Bread DSJ paraugā, bioloģiskās pieejamības indekss BAC ir augstāks Bread C paraugā un ir 1,10, savukārt Bread DSJ paraugā tas ir 0,65. Tas norāda, ka kviešu maizes fenolu savienojumu biopieejamība ir bioloģiski pieejama, tomēr DSJ iekapsulēšana ar nesējvielu var mijiedarboties ar citiem savienojumiem, veidojot nesagremojamus

savienojumus un neaizsargā TPC no agresīvās kuņģa vides (Tomsone et al., 2020).

Maizes paraugos tika konstatēti 9 gaistošie savienojumi, no tiem 8 pārsniedza 5% un ir parādīti 9. attēlā. Heksanāls nepārsniedza 1%, tāpēc šajā pētījumā tas nav apskatīts. Vislielākais smailes laukums bija benzaldehīdam, kas sniedza gaistošas mandeļu eļļas smaržu, un tas bija augstāks, pievienojot dehidrētu skābētu kāpostu sulu, attiecīgi 29,15% un 33,60%. Ļoti izteikta nianse – ķimenēm līdzīgs aromāts – maizes paraugā ar dehidrētu skābētu kāpostu sulu. SIA “Dimdiņi” (Latvija) skābētu kāpostu ražošanas procesā pievieno 1% ķimeņu, un šis gaistošais savienojums ir tik stiprs, ka saglabājas kaltēšanā ar izsmidzināšanu un maizes cepšanas procesā. Svaigi ceptai kviešu maizei bez pievienotām ķimenēm vai dehidrētu skābētu kāpostu sulu izceļ rozēm līdzīgu aromātu.

Maizes paraugiem Bread C un Bread DSJ (ar dehidrētu skābo kāpostu sulu) tika veikts sensorais novērtējums. 52 dalībnieki tika aicināti novērtēt vispārējo patiku, struktūru, garšu un aromātu 5 ballu hedoniskajā skalā. Bread C un Bread DSJ paraugumkopējā patikā būtiskas atšķirības netika novērotas, abi paraugi ir vienlīdz patīkami, kā arī netika novērotas būtiskas atšķirības struktūrā, garšā un aromātā.

Eksperimentālie gaļas paraugi

Augu izcelsmes sastāvdaļu pievienošana nodrošina kopējo fenolu saturu (TPC) gaļas produktos, un to ietekmē arī gaļas sagatavošanas metode, piemēram, malšana un termiskā apstrāde. Fenolu iespējamā mijiedarbība ar gaļas ķīmisko sastāvu, lipīdiem, olbaltumvielām un polisaharīdiem, var ietekmēt to ekstrahējamību no paraugiem. (Cheng et al., 2018).

Pētījumā dehidrētas skābētu kāpostu sulas pievienošana gaļas paraugos ievērojami papildināja ($p < 0,01$) TPC. TPC saturs Meat DSJ paraugā bija $61,21 \pm 1,03 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ GAE, DW un ABTS⁺ antiradikālā aktivitāte $5,72 \pm 0,17 \text{ mg TE } 100^{-1}$, DW.

Meat DSJ parauga kopējo fenolu satura bioloģiskās pieejamības indekss ir ievērojami augstāks par 1, un tādējādi savienojumi ir pieejami absorbcijai. Olbaltumvielu un fenola savienojumu kombinācija var ietekmēt TPC bioloģisko pieejamību, un to ietekmē specifiskā savienojumu mijiedarbība (Draijer et al., 2016.; Miedzianka et al., 2022). Kā pētījis Nagars (2023), izšķīdušā skābekļa līmenis zarnu fāzē un žults veicina bioloģiskās pieejamības samazināšanos – skābekļa trūkums palielina polifenolu biopieejamību.

Gaļas paraugos konstatēti 8 gaistošie savienojumi. 7 no tiem pārsniedza 5% un ir parādīti 10. attēlā. Meat C parauga smailes laukumi bija heksanāls, kas galvenokārt veidojas, oksidējoties linolskābei (Jiang et al., 2022), un 3-furaldehīds, iegūstot augļainu, zaļas zāles, mandeļu un gaistošas mandeļu eļļas

aromātu. Augstākie Meat DSJ parauga maksimumi bija benzaldehīds, kam raksturīgs grauzdētu zemesriekstu aromāts, un benzilspirts, kas sniedz vieglu gaistošu mandeļu eļļas aromātu. Furfurols ar mandeļu smaržu un n-dekānskābe ar sasmakušu, nepatīkamu aromātu, kas pārsvarē veidojas lipīdu hidrolīzes un oksidēšanās procesā (Jiang et al., 2022). Gaistošos savienojumus gaļā ietekmē gatavošanas laiks un temperatūra, kā arī dažādas reakcijas procesa laikā (piemēram, Maillard reakcija) un virkne barības vielu noārdīšanās (Jiang et al., 2022). Gaļas paraugā netika konstatēts ķīmeņu aromāts.

Gaļas paraugos tika veikts sensorais novērtējums, līdzīgi kā iepriekš aprakstīts maizes paraugos, izmantojot hedonisko skalu. Dehidrētas skābētu kāpostu sulas specifiskā aromāta un garšas īpašību dēļ bija lietderīgi noteikt kontroles un DSJ parauga atšķirības un dehidrētas skābētu kāpostu sulas ietekmi. Maizes paraugos statistika neuzrādīja būtiskas atšķirības starp paraugiem, bet gaļas paraugiem tika novērota atšķirīga tendence.

Paraugu struktūrā ($p < 0,05$) būtiskas atšķirības netika konstatētas, savukārt paraugu kopējā garšā, garšā un aromātā tika noteiktas būtiskas atšķirības ($p > 0,05$), un visos gadījumos augstāks vērtējums bija paraugam ar pievienotu DSJ. Tas skaidrojams ar tradicionālo gaļas gatavošanu un pasniegšanu ar skābētiem kāpostiem, un, Latvijas patērētājam šīs garšas ir pieņemamas, pazīstamas un augstu novērtētas. Tāpēc dehidrēta skābētu kāpostu sulas varētu būt perspektīva pielietošanai gaļas produktos.

SECINĀJUMI

1. Skābētu kāpostu sulas sastāvu ietekmē izmantoto balto kāpostu šķirne un ražas gads, un TPC, antiradikālās aktivitātes un askorbīnskābes rezultātu izkliede ir nozīmīga.
2. Skābētu kāpostu sula satur minerālvielas (kāliju, kalciju, dzelzi u.c.), cukurus, sāli ($0,75 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), pienskābes baktērijas un ir uzskatāma kā vērtīga izejviela. Lai to varētu izmantot pārtikas nozarē, ir būtiski samazināt sulas mitruma saturu.
3. Ietvaices tehnoloģija ietekmē koncentrētas skābētu kāpostu sulas fizikāli ķīmiskās īpašības. Krītošās plēves un atvērta tipa katlā iztvaicētā sula satur lielāku kopējo fenolu un askorbīnskābes saturu, savukārt rotācijas vakuumā ietvaicētā sula satur lielāku pienskābes baktēriju skaitu.
4. Krītošās plēves ietvaicē koncentrēta skābētu kāpostu sula satur minerālvielas, piemēram, kāliju ($1358 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), kalciju ($238 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), dzelzi ($1137 \mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$), kā arī C vitamīnu ($110 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), cukurus un ir NaCl ($6,33 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) avots.
5. Dehidrētu skābētu kāpostu sulu ir iespējams izkaltēt horizontālā izsmidzināšanas kaltē bez nesējvielas saglabājot augstu uzturvērtību, kopējo fenolu daudzumu, antiradikālo aktivitāti un pienskābes baktērijas.

6. Cietes šķīdums (50:75) ir piemērota nesējviela dehidrētas skābētu kāpostu sulas iegūšanai vertikālajā izsmidzināšanas kaltē. Dehidrāts satur fenola savienojumus, C vitamīnu (98 mg 100 g⁻¹), minerālvielas, piemēram, kāliju (1457 mg 100 g⁻¹), kalciju (297 mg 100 g⁻¹), dzelzi (1,5 mg 100 g⁻¹), kā arī C vitamīnu (98 mg 100 g⁻¹), cukurus, un ir NaCl avots (1,05 g 100 g⁻¹).
7. Eksperimentālo salātu mērču sensorajā RATA novērtēšanā, patērētāji atzīmēja papildus garšas, piemēram, ķiploku, jogurta un majonēzes, un paraugi, ar samazinātu sāls ekvivalentu (ar dehidrētu skābētu kāpostu sulu) saglabāja līdzvērtīgi sāļu sajūtu.
8. Dehidrētas skābētu kāpostu sulas pievienošana maizes paraugiem paaugstināja to kopējo fenolu saturu un antiradikālo aktivitāti. Sensorais novērtējums neatklāja nekādas būtiskas atšķirības. Dehidrētas skābētu kāpostu sulas pievienošana nepalielināja šo savienojumu bioloģisko pieejamību
9. Gaļas paraugu sensorajā vērtēšanā, pievienojot gan dehidrētu, gan koncentrētu skābo kāpostu sulu, tika iegūti augstāki vērtējumi attiecībā uz kopējo garšu, garšu, tekstūru un garšu. Dehidrētas skābētu kāpostu sulas pievienošana gaļas paraugiem palielināja to antiradikālo aktivitāti.
10. Pētījuma rezultāti daļēji apstiprina hipotēzi. Dehidrēta un koncentrēta skābētu kāpostu sula ir piemērota lietošanai pārtikā, taču sensorās īpašības ne vienmēr ir pieņemamas.

Mg.sc.sal. Liene Jansone
e-mail / e-pasts: Liene.Jansone@lbtu.lv
Latvia University of Life Sciences and Technologies / Latvijas Biozinātņu un
Tehnoloģiju universitāte
Faculty of Food Technology / Pārtikas Tehnoloģijas fakultāte
Rīgas Street 22a, Jelgava, LV3004, Latvia / Rīgas iela 22a, Jelgava, LV-3004,
Latvija