

ISSN 2623-6575

UDK 63

GLASILO FUTURE

PUBLIKACIJA FUTURE – STRUČNO-ZNANSTVENA UDRUGA ZA PROMICANJE ODRŽIVOG RAZVOJA, KULTURE I MEĐUNARODNE SUKADNJE, ŠIBENIK

VOLUMEN 7 BROJ 1

SVIBANJ 2024.

Glasilo Future

Stručno-znanstveni časopis

Nakladnik:

FUTURA



Sjedište udruge: Šibenik

Adresa uredništva:

Bana Josipa Jelačića 13 a, 22000 Šibenik, Hrvatska / Croatia

☎ / 📠: +385 (0) 022 218 133

✉: urednistvo@gazette-future.eu / editors@gazette-future.eu

🌐: www.gazette-future.eu

Uredivački odbor / Editorial Board:Nasl. izv. prof. dr. sc. Boris Dorbić, prof. struč. stud. – glavni i odgovorni urednik / *Editor-in-Chief*Emilija Friganović, dipl. ing. preh. teh., univ. mag. nutr., v. pred. – zamjenica g. i o. urednika / *Deputy Editor-in-Chief*Ančica Sečan, mag. act. soc. – tehnička urednica / *Technical Editor*

Prof. dr. sc. Željko Španjol – član

Mr. sc. Milivoj Blažević – član

Vesna Štibrić, dipl. ing. preh. teh. – članica

Antonia Dorbić, mag. art. – članica

Gostujuća urednica / *Guest editor* / (2024) 7(1) – Doc. dr. sc. Mladenka Šarolić**Međunarodno uredništvo / International Editorial Board:**

Dr. sc. Gean Pablo S. Aguiar – Savezna republika Brazil (Universidade Federal de Santa Catarina)

Prof. dr. sc. Kiril Bahcevdandzjev – Portugalska Republika (Instituto Politécnico de Coimbra)

Prof. dr. sc. Martin Bobinac – Republika Srbija (Šumarski fakultet Beograd)

Prof. dr. sc. Zvezda Bogevska – Republika Sjeverna Makedonija (Fakultet za zemjodjelski nauki i hrana Skopje)

Dr. sc. Bogdan Cvjetković, prof. emeritus – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Duška Čurić – Republika Hrvatska (Prehrambeno-biotehnoški fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Margarita Davitkovska – Republika Sjeverna Makedonija (Fakultet za zemjodjelski nauki i hrana Skopje)

Prof. dr. sc. Dubravka Dujmović Purgar – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Josipa Giljanović – Republika Hrvatska (Kemijsko-tehnoški fakultet u Splitu)

Prof. dr. sc. Sezai Ercişli – Republika Turska (Atatürk University Agricultural Faculty)

Prof. dr. sc. Semina Hadžiabulić – Bosna i Hercegovina (Agromediteranski fakultet Mostar)

Doc. dr. sc. Jasna Hasanbegović – Bosna i Hercegovina (Agromediteranski fakultet Mostar)

Prof. dr. sc. Péter Honfi – Mađarska (Faculty of Horticultural Science Budapest)

Prof. dr. sc. Mladen Ivić – Bosna i Hercegovina (Univerzitet PIM)

Doc. dr. sc. Anna Jakubczak – Republika Poljska (Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy)

Dr. sc. Željko Jurjević – Sjedinjene Američke Države (EMSL Analytical, Inc., North Cinnaminson, New Jersey)

Prof. dr. sc. Mariia Kalista – Ukrajina (National Museum of Natural History of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv)

Prof. dr. sc. Tajana Krička – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Doc. dr. sc. Dejan Kojić – Bosna i Hercegovina (Univerzitet PIM)

Slobodan Kulić, mag. iur. – Republika Srbija (Srpska ornitološka federacija i Confederation ornitologique mondiale)

Dr. sc. Jae Hwan Lee, pred. – Republika Koreja (Natural Science Research Institute of Sahmyook University in Seoul, South Korea)

Prof. dr. sc. Branka Ljevnaić-Mašić – Republika Srbija (Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu)

Prof. dr. sc. Zvonimir Marijanović – Republika Hrvatska (Kemijsko-tehnoški fakultet u Splitu)

Semir Maslo, prof. – Kraljevina Švedska (Primary School, Lundåkerskolan, Gislaved)

Prof. dr. sc. Ana Matin – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Elizabeta Miskoska-Milevska – Republika Sjeverna Makedonija (Fakultet za zemjodjelski nauki i hrana)

Prof. dr. sc. Bosiljka Mustać – Republika Hrvatska (Sveučilište u Zadru)

Prof. dr. sc. Ayşe Nilgün Atay – Republika Turska (Mehmet Akif Ersoy University – Burdur, Food Agriculture and Livestock School)

Nibir Pratim Choudhury, MBA – Republika Indija (Ph.D student i suradnik na projektu - University of Science and Technology Meghalaya)

Prof. dr. sc. Tatjana Prebeg – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Bojan Simovski – Republika Sjeverna Makedonija (Fakultet za šumarski nauki, pejzažna arhitektura i ekoinženering "Hans Em" Skopje)

Prof. dr. sc. Davor Skejić – Republika Hrvatska (Građevinski fakultet Zagreb)

Akademik prof. dr. sc. Mirko Smoljić, prof. struč. stud. – Republika Hrvatska (Sveučilište Sjever, Varaždin/Koprivnica, Odjel ekonomije)

Prof. dr. sc. Nina Šajna – Republika Slovenija (Fakulteta za naravoslovje in matematiko)

Doc. dr. sc. Mladenka Šarolić, prof. struč. stud. – Republika Hrvatska (Kemijsko-tehnoški fakultet u Splitu)

Prof. dr. sc. Andrej Šušek – Republika Slovenija (Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede Maribor)

Prof. dr. sc. Elma Temim – Bosna i Hercegovina (Agromediteranski fakultet Mostar)

Doc. dr. sc. Merima Toromanović – Bosna i Hercegovina (Biotehnički fakultet Univerziteta u Bihacu)

Prof. dr. sc. Marko Turk – Republika Hrvatska (Visoka poslovna škola PAR)

Prof. dr. sc. Ivana Vitasović Kosić – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Ana Vujošević – Republika Srbija (Poljoprivredni fakultet Beograd)

Sandra Vuković, mag. ing. – Republika Srbija (Poljoprivredni fakultet Beograd)

Prof. dr. sc. Vesna Židovec – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Denisa Žujo Zekić – Bosna i Hercegovina (Nastavnički fakultet Mostar)

Grafička priprema: Ančica Sečan, mag. act. soc.

Objavljeno: 31. svibnja 2024. godine.

Časopis izlazi u elektroničkom izdanju dva puta godišnje, krajem lipnja i prosinca, a predviđena su i dva specijalna izdanja tijekom godine iz biotehničkog područja.

Časopis je besplatan. Rukopisi i recenzije se ne vraćaju i ne honoriraju.

Autori/ce su u potpunosti odgovorni/e za sadržaj, kontakt podatke i točnost engleskog jezika.

Umnožavanje (reproduciranje), stavljanje u promet (distribuiranje), priopćavanje javnosti, stavljanje na raspolaganje javnosti odnosno prerada u bilo kojem obliku nije dopuštena bez pismenog dopuštenja Nakladnika.

Sadržaj objavljen u Glasilu Future može se slobodno koristiti u osobne i obrazovne svrhe uz obvezno navođenje izvora.

Časopis je indeksiran u CAB Abstract (CAB International).

Riječ gostujuće urednice

Poštovani čitatelji Glasila Future,

Iznimno mi je zadovoljstvo predstaviti Vam poseban broj časopisa čija je tematika posvećena ispitivanju kvalitete, funkcionalnosti te specifičnosti uvjeta procesiranja različitih vrsta hrane i pića. Osobita vrijednost ovog broju su radovi vezani uz funkcionalnu hranu. Funkcionalni prehrambeni proizvodi su posljednjih godina u posebnom fokusu kako znanstvenika tako i potrošača prvenstveno zbog njihovog blagotvornog i pozitivnog utjecaja na zdravlje. Rad autora izv. prof. dr. sc. Ante Lončarić i suradnika prikazuje istraživanje učinaka prerade i skladištenja na nutritivna i antioksidativna svojstva batata. Rezultati istraživanja ukazuju kako pojedini uvjeti procesiranja omogućuju proizvodnju batata kao sigurne prerađene funkcionalne hrane. Doc. dr. sc. Mladenka Šarolić i suradnici su ispitivali kako vrijeme skladištenja (čuvanja) utječe na aromatični profil djevičanskih maslinovih ulja analizirajući sastav hlapljivih spojeva svako tri mjeseca kroz period od godine dana. U radu Emilije Friganović, v. pred. i suradnika prikazana je senzorska procjena četiri različite recepture čajnog peciva obogaćenog šipkom (*Rosa canina* L.) kroz ispitivanje prihvatljivosti proizvoda od strane potrošača. Rad Nikole Marića i suradnika prikazuje postupak proizvodnje funkcionalnog napitka na bazi ječmenog slada kao i promjene koje se događaju tijekom pojedinih faza procesa proizvodnje. Klice i mikro zelenje - novi trendovi u prehrani, rad autora Koloper i Gaćina opisuje kemijski sastav i nutritivnu vrijednost ove namirnice koja je posljednjih godina sve popularnija u gastronomiji i prehrambenoj industriji. Aromu kao važan segment kvalitete ispitivali su Svalina i suradnici analizirajući kako primjena različitih vrsta kvasaca utječe na formiranje arome vina Pošip.

Doc. dr. sc. Mladenka Šarolić

Glasilo Future

Stručno-znanstveni časopis

FUTURA – stručno-znanstvena udruga za promicanje održivog razvoja, kulture i međunarodne suradnje, Bana Josipa Jelačića 13 a, 22000 Šibenik, Hrvatska

(2024) 7(1) 01–70

SADRŽAJ:

	Str.
Izvorni znanstveni rad (original scientific paper)	
<i>A. Lončarić, Sanja Zec Zrinušić, T. Kovač, Blanka Bilić Rajs, Melita Lončarić, A. Jozinović, J. Babić</i> Effect of processing and storage on the quality of the purees made from different sweet potato cultivars	01–12
<i>Mladenka Šarolić, Anita Pitarević, Z. Marijanović, Zlatka Knezović</i> Utjecaj vremena skladištenja na aromatični profil djevičanskih maslinovih ulja Influence of storage time on the aroma profile of virgin olive oils	13–27
<i>Emilija Friganović, Ljiljana Nanjara, Anđela Grabovac, Marija Zvijerac, B. Dorbić</i> Senzorska procjena čajnog peciva obogaćenog šipkom (<i>Rosa canina</i> L.) Sensory evaluation of rosehip (<i>Rosa canina</i> L.) enriched tea biscuits	28–37
Stručni rad (professional paper)	
<i>N. Marić, Sanja Radman, Danijela Skroza, Roberta Frleta Matas, Ivana Generalić Mekinić</i> Funkcionalni napitak na bazi ječmenog slada Barley malt-based functional beverage	38–47
<i>Mirna Koloper, Nikolina Gaćina</i> Klice i mikrozelenje – novi trendovi u prehrani Sprouts and microgreens – new trends in nutrition	48–56
<i>T. Svalina, A. Uremović, M. Šuste, Žana Delić</i> Utjecaj različitih vrsta kvasaca na sastav hlapljivih spojeva vina Pošip Influence of different yeast species on the composition of volatile compounds of Pošip wine	57–68
Upute autorima (instructions to authors)	69–70

Effect of processing and storage on the quality of the purees made from different sweet potato cultivars

**Ante Lončarić^{1*}, Sanja Zec Zrinušić, Tihomir Kovač, Blanka Bilić Rajs, Melita Lončarić,
Antun Jozinović, Jurislav Babić**

izvorni znanstveni rad (original scientific paper)

doi: 10.32779/gf.7.1.1

Citiranje/Citation²

Abstract

This study aimed to elucidate the effects of processing and storage on the nutritional and antioxidant properties of three sweet potato cultivars from Croatia. The sweet potato purees (SPP) were analyzed for proximate composition and properties, antiradical activity (AA), total phenolic content (TPC), starch content, free sugars (FS), β -carotene, total anthocyanins (TA), and color. The highest TPC (2.55 μ g GAE/mg) and starch content (596.9 g/kg DW) are in the purple cultivar, while the highest AA (21.76 mol TE/g) and total and reducing sugars (50.7 and 30.9 g/kg, respectively) were in the white cultivar. During processing, the sucrose, glucose, and fructose content decreased, leading to an increase in maltose content. The AA, TPC, and FS were higher in baked and steamed SPP, while the starch, β -carotene, and TA contents were lower. These results suggest that processing can enhance some of the properties (TPC, AA, and reducing sugars) of sweet potatoes making a processed sweet potato a desirable food ingredient with physio-chemical and nutritional attributes that has a future beyond home usage for the production of safe processed functional foods. Storage resulted in a decrease in AA, β -carotene, and TA, while TPC, starch, and soluble solids were stable during 6 months of storage.

Key words: sweet potato, freezing, freeze-drying, antioxidant activity, polyphenols, β -carotene.

Introduction

One of the most widely consumed tubers in the world is sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.]. It is an important staple food worldwide since it has a high nutritional value – about 50% higher than the potato (Dincer et al., 2011). More than 90% of the 105 million metric tons produced each year are

¹ Faculty of Food Technology Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Franje Kuhača 18, 31000 Osijek, Croatia.

* E-mail: ante.loncaric@ptfos.hr (Corresponding author).

² Lončarić, A., Zec Zrinušić, S., Kovač, T., Bilić Rajs, B., Lončarić, M., Jozinović, A., Babić, J. (2024). Effect of processing and storage on the quality of the purees made from different sweet potato cultivars. *Glasilo Future*, 7(1), 01–12.

produced in developing countries. The production of sweet potatoes in Croatia is very low. Estimated production in 2016 amounted to 500 tons, of which 350 tons are processed into first-class goods that are marketed as fresh produce. The other 150 tons are a good raw material for processing, which due to its nutritional composition has immense potential to prevent and reduce food insecurity and malnutrition (Bovell-Benjamin, 2007). Sweet potatoes contain high levels of polysaccharides, disaccharides, minerals, vitamins, polyphenols, and in some cultivars carotenoids (Oke and Workneh, 2013). Sweet potato varieties come in many types of skin and flesh colors, ranging from almost pure white through cream, yellow, orange, or pink, to a very deep purple, although white and yellow-orange flesh are the most common (Bovell-Benjamin, 2007). The most common ways of preparing sweet potato tubers are baking, boiling, steaming, or frying. Furthermore, the sweet potato could be processed into a puree that can be preserved by freezing, pasteurization, or dehydration (Collins and Pangloli, 2013). These processing and preservation methods change the physico-chemical characteristics of sweet potato tubers. However, by carefully managing these processes, we can get the best out of the sweet potato. Some of these changes that we can influence are starch hydrolysis, maltose yield, increase in AA and TPC, and control of β -carotene and anthocyanins (Dincer et al., 2011; Truong Van et al., 1986; Zhang et al. 2002; Takenaka et al.; 2006; Wu et al., 2008; Tao et al., 2010; Troung and Ramesh, 2010). During the last decade, the demand for value-added foods has increased. The sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] in the form of puree could be considered as an excellent novel source of natural health-promoting compounds such as anthocyanins, β -carotene, etc. for the functional food market. Ultimately, this could increase utilization and demand for the crop by the food industry as well as consumers.

This study aims to elucidate the effects of baking and steaming as well as freezing and freeze-drying on the physicochemical properties of purees obtained from three sweet potato cultivars.

Materials and methods

The analysis was conducted at the Faculty of Food Technology Osijek, at the Department of Food Technology, in 2022.

Preparation of sweet potato purees

The sweet potato cultivars (orange, white, and purple) used in this study were a gift from a local producer (Višnjica, Slatina, Osijek-Baranja County, Croatia). Before the experiment, the tubers were cleaned with water. The untreated (raw) puree was prepared after peeling and disintegration of the sweet potato tubers. Baked sweet potato puree was prepared by baking the tubers in a foil pouch at 120 °C for 60 min. After baking, the tubers were peeled and disintegrated. Steamed sweet potato tubers were prepared from the peeled tubers, which were cut into 2 cm thick slices and steam-cooked for 20 min. The process parameters for both, steamed and baked sweet potato were determined in a

preliminary study (Loncaric et al., 2016). The raw, baked, and steamed tubers were disintegrated into a puree using a laboratory mill IKA M 20 (IKA-Werke GmbH & Co. KG, Staufen, Germany). Obtained purees were preserved by freezing at -20 °C and freeze-drying in a freeze-dryer (Christ Freeze Dryer, Gamma 2-20, Germany) with a sublimation temperature of -35 °C to 0 °C at 0.220 bar. Frozen sweet potato purees were stored at -20 °C for 3 and 6 months. Freeze-dried sweet potato purees (SPPs) were milled into powders and stored in darkened glass containers at room temperature for 3 and 6 months.

Extraction procedure

For the analysis of bioactive compounds from all the purees, 1 g of purees was extracted with 10 mL of acidified methanol (1% w/w HCl) at 25 °C for 15 min using ultrasound (Bandelin Sonorex Digitech, Berlin, Germany). After extraction, the samples were centrifuged (Microspin, Grant-bio, England) for 15 min (6596.2 x g) and filtrated through 0.45 mm PTFE syringe filters (Labex Ltd., Hungary).

Determination of antioxidant activity

The antioxidant activity was measured with a DPPH radical according to the method described by Lončarić et al. (2014). The reaction mixture consisted of 0.2 mL of the extract and 3 mL of DPPH radical solution 0.5 mM in ethanol. The color change of the radical from deep violet to light yellow was measured at 517 nm using a UV-VIS spectrophotometer (Jenway 6300, Bibby Scientific, UK) and the results were expressed as moles of Trolox equivalents (TE) per gram of sample.

Determination of total polyphenolic content and monomeric anthocyanin content

Total phenolic content (TPC) was determined using Folin-Ciocalteu reagent (FC) according to a procedure described by Lončarić et al. (2014). Briefly, 0.2 mL of the extract was mixed in a test tube with 1.8 mL of deionized water, 10 mL of FC (1:10), and 8 mL of 7.5% sodium carbonate. The development of the blue color was monitored at 765 nm after 120 min using a UV-ViS spectrophotometer (Jenway 6300, Bibby Scientific, UK). The calibration curve of gallic acid was made and TPC was calculated and expressed as g gallic acid equivalent (GAE) per kg of sample equivalents of the sample.

Monomeric anthocyanins were determined by the spectrophotometric method according to the method described by Giusti and Wrolstad (Giusti and Wrolstad, 2001). Total monomeric anthocyanins were expressed as cyanidin-3-glucoside and the obtained values were expressed as µg/mg and the results were presented as the ratio of anthocyanins and β-carotene.

Determination of soluble solids, reducing and total sugars

The soluble solids content of SPP was measured using an Abbe tabletop refractometer and expressed in Brix (°Brix). The Luff Schoorl method was used to determine reducing and total sugars. The total starch was determined according to the AOAC (Official Method 996.11) and the AACC (Method 76.13.01).

Determination of individual sugars by ultra-high performance liquid chromatography (UHPLC)

For the determination of the individual sugars, 1 g of the purees were extracted in an ultrasound bath with 50 mL of water at 25 °C for 15 min. The samples were then centrifuged (6596.2 x g) for 15 min (Microspin, Grant-bio, England) and filtrated through (0.45 mm PTFE) syringe filters (Labex Ltd., Hungary). UHPLC analysis was performed on a Shimadzu Nexera XR system equipped with an LC-20AD parallel double-plunger pump, SIL-20AC autosampler, CTO-20AC column oven, RID-20A refractive index detector and CBM-20A communication bus module. The separation was performed on an InertSustain NH₂ column (250 × 4.60 mm inner diameter, 5 μm) (GL Sciences Inc., Tokyo, Japan). The mobile phase consisted of acetonitrile: water (75:25, v/v) and was degassed in an ultrasonic bath before use. Each run was completed within 20 min. The flow rate was 1 mL/min, the column oven temperature was 40 °C, and the injection volume of the sample was 10 μL. All samples and standards were filtered through a 0.45 μm Millipore membrane before use. Identification of individual sugars was done by comparing their retention time with authentic standards. Calibration curves were prepared for each sugar at a concentration of 1 – 10 mg/mL and expressed as mg/mL. The data was recorded and analyzed using the LabSolutions program (version 5.71 SP2).

Analysis of β-carotene

Extraction of β-carotene was performed according to the method described by Wu et al. (2008). HPLC analyses of β-carotene were performed on a Shimadzu system (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan) equipped with an LC-20AD Prominence solvent delivery module, an SPD-M20A Prominence UV/VIS photodiode array detector, and a SIL-10AF automatic sample injector. Chromatographic separation was performed on a LiChrospher RP18-5 column (Hichrom, United Kingdom) with a length of 250 mm and an internal diameter of 4.6 mm. β-carotene was separated using an isocratic method, with acetonitrile–methanol–ethyl acetate (80:10:10) as the mobile phase. The flow rate was 1.0 mL/min, the injection volume was 10 μL, the detection wavelength was 450 nm and chromatography was performed at 25 °C. The β-carotene was quantified using a β-carotene calibration curve generated from a series of concentrations of a β-carotene standard (Sigma, St Louis, MO, USA, C4582). All samples were determined in triplicate and expressed as μg/mg, the results were presented as the ratio of anthocyanins and β-carotene. Chromatograms were processed on a computer equipped with Lab Solution Lite software version 5.52.

Color Measurement

The color values of sweet potato flesh and flour samples were determined using a Minolta CR-300, (Japan) colorimeter. The L*, a*, and b* values are measured as lightness, components on the red-green axis, and components on the yellow-blue axis, respectively.

The color change was calculated according to equation (1), and color intensity according to equation

$$(2).\Delta E = \sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2} \quad (\text{Eq.})C = \sqrt{a^2 + b^2}$$

(Eq. 2)

Where ΔE is color change, L^* is a parameter of lightness, a^* parameter measures redness/greenness, and b^* measures yellowness/blueness.

Statistical analyses

MS Excel (StatPlus, Analyst Soft Inc.) was used for the statistical processing of the results. A one-way ANOVA was used. Normal distribution and homogeneity of cultivars for the experimental data were determined using the Shapiro-Wilkovim and Levenovim tests. Mean comparisons between cultivars were performed using the Fisher LSD (Least Significant Difference) test.

Results and discussion

Effect of processing on physicochemical parameters

The physicochemical parameters of the fresh processed (raw, baked, and steamed) SPPs of all three sweet potato cultivars tested are shown in table 1. The AA showed significant ($p \leq 0.05$) differences between the cultivars and the treatments. The AA of the SPPs ranged between 18.66 and 25.00 mol TE/g. Baking and steaming increased AA by 15.59% and 25.4% respectively, except for steamed white SPPs where AA was reduced by 14.2%. The phenol content varied between 0.22 – 5.44 $\mu\text{g GAE/mg}$, as in the case of AA, baking and steaming increased TPC by 102.4% and 111.8%, respectively. The increase in TPC during sweet potato processing was also found in other studies (Truong et al. 2007; Dincer et al. 2011). The total sugar content of the samples was between 36.5 – 114.8 g/kg and reducing sugar content ranged from 12.6 – 86.4 g/kg. The orange flesh sweet potato cultivar with orange flesh had a β -carotene content of 284.65 $\mu\text{g/mg}$, which was reduced by baking and steaming (105.84 and 127.72 $\mu\text{g/mg}$, respectively). White and purple cultivars did not contain β -carotene. However, the purple flesh color of the purple sweet potato cultivar was attributed to the anthocyanins content (0.89, 0.69, 0.57 $\mu\text{g/mg}$ in raw, baked, and steamed SPP, respectively). The major compound in all tested cultivars was starch, with values ranging from 432.9 – 596.9 g/kg DW. The results of starch content were in agreement with those reported by Dincer et al. (2011) and slightly higher than those reported by Ellong, Billard, & Adenet (2014) for eight sweet potato cultivars.

Regarding processing, baking and steaming led to significant ($p \leq 0.05$) starch degradation, with the highest degradation observed in the white sweet potato cultivar. Thermal treatment in water could cause reductions of starch through the gelatinization and hydrolization effect (Gunaratne & Hoover, 2002; Lai, Huang, Chan, Lien, & Liao, 2013). The result of starch hydrolysis was an increase in free sugar content. In fresh sweet potatoes, sucrose, fructose, and glucose were the major sugars. However, after processing, a considerable amount of maltose (2.46 – 10.37 mg/mL) was measured in all samples.

This suggests that the thermal hydrolysis of starch is closely related to the release of maltose during processing (Wu et al., 2008). As for glucose and fructose, processing reduced the content of glucose and fructose. The changes in free sugars affected the content of soluble solids. The soluble solid content ranged from 10.8 – 14.5% for raw SPP and 16.4 – 28.6% for processed SPP. Later in the experiment, the soluble solid content was used as a marker for the change in sugar content.

Table 1. Physicochemical parameters of raw and processed sweet potato purees made from different cultivars (orange, white, and purple).

Fresh	Orange			White			Purple		
	Raw	Baked	Steamed	Raw	Baked	Steamed	Raw	Baked	Steamed
DPPH [mol TE/g]	19.79 ± 0.45 ^a	22.90 ± 0.21 ^{cd}	25.00 ± 0.38 ^a	21.76 ± 0.01 ^c	22.71 ± 0.55 ^d	18.66 ± 0.30 ^e	18.83 ± 0.27 ^e	23.85 ± 0.86 ^b	23.45 ± 0.11 ^{bc}
TPC[g GAE/mg]	0.23 ± 0.01 ^f	0.53 ± 0.03 ^{de}	0.44 ± 0.03 ^{de}	0.22 ± 0.01 ^f	0.36 ± 0.00 ^{ef}	0.60 ± 0.01 ^d	2.55 ± 0.10 ^c	5.44 ± 0.01 ^a	4.37 ± 0.29 ^b
Starch [g/kg] DW	505.2 ± 1.72 ^c	432.9 ± 3.90 ^b	458.2 ± 1.01 ^e	580.3 ± 0.62 ^b	514.5 ± 0.87 ^d	483.2 ± 0.03 ^f	596.9 ± 0.12 ^a	555.1 ± 0.16 ^c	581.3 ± 0.02 ^b
Total sugars [g/kg]	40.9	95.9	72.2	50.7	97.4	78.3	36.5	114.8	79.4
Reducing sugars [g/kg]	23.3	70.5	48.7	30.9	77.8	49.8	12.6	86.4	55.5
Glucose [mg/mL]	0.97 ± 0.01 ^b	1.02 ± 0.01 ^a	0.86 ± 0.02 ^d	0.86 ± 0.04 ^d	0.93 ± 0.01 ^c	0.57 ± 0.01 ^d	0.26 ± 0.01 ^f	0.26 ± 0.04 ^f	0.14 ± 0.01 ^e
Fructose [mg/mL]	0.31 ± 0.00 ^b	0.30 ± 0.01 ^b	0.19 ± 0.01 ^c	0.35 ± 0.02 ^a	0.31 ± 0.01 ^b	0.12 ± 0.02 ^d	0.17 ± 0.02 ^c	0.11 ± 0.01 ^{de}	0.09 ± 0.00 ^e
Maltose [mg/mL]	0.10 ± 0.01 ^e	6.73 ± 0.007 ^b	3.64 ± 0.04 ^c	0.00 ± 0.00 ^e	6.54 ± 0.04 ^c	2.46 ± 0.16 ^f	0.00 ± 0.00 ^e	10.37 ± 0.15 ^a	6.09 ± 0.16 ^d
Sucrose [mg/mL]	1.40 ± 0.01 ^a	1.10 ± 0.01 ^b	0.92 ± 0.07 ^c	1.40 ± 0.01 ^a	0.56 ± 0.00 ^d	0.89 ± 0.06 ^c	1.41 ± 0.01 ^a	0.33 ± 0.01 ^f	0.42 ± 0.06 ^e
Soluble solids [%]	11.1	20.7	18.1	10.8	20.0	16.4	14.5	28.6	19.8
β-carotene/Anthocyanins [μg/mg]	284.65 ± 0.15 ^{A**}	105.84 ± 0.41 ^C	127.72 ± 0.31 ^B	-	-	-	0.89 ± 0.01 ^A	0.69 ± 0.01 ^B	0.57 ± 0.00 ^C
Color									
L	46.90 ± 0.31	41.20 ± 0.30	40.72 ± 0.22	50.06 ± 1.40	45.97 ± 0.10	37.46 ± 0.22	21.39 ± 0.19	19.35 ± 0.24	22.25 ± 0.21
a	18.26 ± 0.36	10.78 ± 0.19	8.47 ± 0.11	1.15 ± 0.55	-3.87 ± 0.11	-2.88 ± 0.16	20.09 ± 0.83	10.93 ± 0.44	12.75 ± 0.15
b	24.80 ± 0.86	23.25 ± 0.69	22.31 ± 0.54	12.45 ± 0.51	9.12 ± 0.37	7.68 ± 0.52	-2.98 ± 0.19	-3.18 ± 0.25	-5.56 ± 0.07
ΔE		9.53	11.84		7.28	12.42		9.39	7.83
C	30.80	25.63	23.86	12.50	9.91	8.20	20.31	11.38	13.91

^aEach value is expressed as mean ± SD ($n = 3$). DW – dry weight. * $p < 0.001$. Different lower-case letters in each row indicate significant differences at a 95% confidence level as obtained by the LSD test < 0.001 . Different upper-case letters in each row indicate significant differences at a 95% confidence level as obtained by the LSD test between the same cultivar.

Processing resulted in a change in the color of the SPP ($\Delta E = 7.28 - 12.42$), which was also reflected in a reduction (16.5 – 43.9%) in the color intensity of the processed SPP. These changes occurred as a result of enzymatic browning, degradation of β -carotene and anthocyanin, and elimination by dilution in water, considering only steamed samples.

Effect of freeze-drying on physicochemical parameters

The results of the physicochemical parameters of powders from freeze-dried SPPs stored for three and six months are shown in table 2. During the first three months of storage, the AA of the powders ranged between 11.31 – 25.48 mol TE/g, the TPC between 0.22 – 4.85 µg GAE/mg, the starch content between 440.9 – 579.9 g/kg DW and the soluble solids content between 10.1 – 13.7% for powders from raw SPs, and 15.4 – 27.1% for powders from processed SPs. The highest reduction in the above-mentioned parameters was observed in powders from steamed white and raw purple sweet potato cultivars. After six months of storage, a significant reduction in all measured parameters was observed ($p \leq 0.05$). The AA content of the samples ranged between 11.05 – 13.80 mol TE/g, the TPC between 0.07 – 4.79 µg GAE/mg, the starch content between 350.9 – 537.4 g/kg DW, and the soluble solids content between 9.9 – 12.5% for powders from raw SPs and 13.0 – 27.6% for powders from processed SPs.

Table 2. Physicochemical parameters of raw and processed potato purees made from different cultivars (orange, white, and purple) preserved by freeze-drying and stored for 3 and 6 months.

	Orange			White			Purple		
	Raw	Baked	Steamed	Raw	Baked	Steamed	Raw	Baked	Steamed
3 month									
DPPH [mol TE/g]	22.07 ± 0.06 ^e	24.97 ± 0.40 ^{ab}	25.48 ± 0.24 ^a	24.37 ± 0.10 ^b	24.38 ± 0.77 ^b	12.44 ± 0.53 ^f	11.31 ± 0.39 ^e	19.57 ± 0.57 ^d	17.21 ± 0.01 ^c
TPC [g GAE/mg]	0.22 ± 0.01 ⁱ	0.50 ± 0.01 ^d	0.45 ± 0.00 ^e	0.26 ± 0.02 ^b	0.33 ± 0.01 ^g	0.41 ± 0.02 ^f	0.57 ± 0.01 ^c	4.85 ± 0.01 ^a	4.14 ± 0.02 ^b
Starch [g/kg] DW	498.2 ± 9.60 ^e	440.9 ± 7.60 ^f	453.1 ± 2.21 ^c	560.7 ± 1.11 ^b	502.2 ± 4.07 ^c	490.3 ± 1.09 ^d	579.9 ± 1.16 ^a	561.6 ± 0.02 ^b	566.3 ± 1.18 ^b
Soluble solids [%]	11.0	20.5	17.8	10.1	20.1	15.4	13.7	27.1	19.3
β-carotene/Anthocyanins [µg/mg]	63.3 ± 0.76 ^c	90.5 ± 1.31 ^B	98.8 ± 1.61 ^A	-	-	-	0.23 ± 0.01 ^C	0.65 ± 0.01 ^A	0.54 ± 0.01 ^B
Color									
L	43.90 ± 1.10	39.01 ± 0.11	40.54 ± 0.21	42.23 ± 0.70	39.30 ± 0.10	40.08 ± 0.11	26.75 ± 0.43	25 ± 0.36	27.59 ± 0.16
A	3.96 ± 0.06	12.49 ± 0.02	8.09 ± 0.03	0.55 ± 0.10	-2.84 ± 0.01	-2.00 ± 0.04	6.50 ± 0.32	6.75 ± 0.11	8.78 ± 0.09
B	14.19 ± 0.13	30.60 ± 0.17	28.80 ± 0.22	12.25 ± 0.17	8.84 ± 0.06	5.62 ± 0.08	1.11 ± 0.15	-3.14 ± 0.06	-5.05 ± 0.01
ΔE	18.06	11.37	12.64	7.86	12.03	11.12	15.17	13.82	13.06
C	14.73	33.05	29.91	12.26	9.28	5.97	6.59	7.44	10.13
6 month									
DPPH [mol TE/g]	11.05 ± 0.30 ^{ef}	12.47 ± 0.77 ^c	11.77 ± 0.18 ^d	10.50 ± 0.10 ^f	11.49 ± 0.29 ^{bc}	13.16 ± 0.72 ^{ab}	11.58 ± 0.24 ^{de}	13.80 ± 0.01 ^a	12.85 ± 0.09 ^{bc}
TPC [g GAE/mg]	0.23 ± 0.01 ^{ef}	0.41 ± 0.01 ^d	0.25 ± 0.04 ^d	0.07 ± 0.02 ^f	0.33 ± 0.05 ^{de}	0.24 ± 0.01 ^e	0.93 ± 0.02 ^c	4.79 ± 0.09 ^a	2.53 ± 0.27 ^b
Starch [g/kg] DW	443.6 ± 0.32 ^e	381.1 ± 0.51 ^h	396.7 ± 0.16 ^g	504.9 ± 0.18 ^b	425.5 ± 0.41 ^f	350.9 ± 0.15 ⁱ	537.4 ± 0.19 ^a	501.8 ± 0.54 ^c	480.3 ± 0.16 ^d
Soluble solids [%]	10.6	19.6	16.1	9.9	19.0	13.0	12.5	27.6	19.0
β-carotene/Anthocyanins [µg/mg]	60.12 ± 0.05 ^c	82.45 ± 0.16 ^B	89.34 ± 0.17 ^A	-	-	-	0.12 ± 0.02 ^C	0.52 ± 0.02 ^A	0.47 ± 0.01 ^B
Color									
L	45.99 ± 0.80	43.60 ± 0.09	45.11 ± 0.30	47.47 ± 0.89	42.16 ± 0.29	39.44 ± 0.11	28.18 ± 0.79	26.54 ± 0.40	28.42 ± 0.37
A	2.64 ± 0.06	2.61 ± 0.12	0.085 ± 0.07	0.27 ± 0.08	-2.29 ± 0.04	-1.71 ± 0.05	6.51 ± 0.11	6.33 ± 0.10	8.35 ± 0.11
B	10.74 ± 0.29	20.16 ± 0.61	18.50 ± 0.53	8.73 ± 0.18	4.40 ± 0.15	3.93 ± 0.19	1.54 ± 0.11	-3.29 ± 0.04	-5.30 ± 0.10
ΔE	21.04	16.65	19.32	4.62	11.79	12.54	15.84	14.70	13.88
C	11.06	20.33	18.50	8.73	4.96	4.29	6.69	7.13	9.89

^aEach value is expressed as mean ± SD ($n = 3$). DW – dry weight. ^aEach value is expressed as mean ± SD ($n = 3$). DW – dry weight. * $p < 0.001$. Different lower-case letters in each row indicate significant differences at a 95% confidence level as obtained by the LSD test < 0.001 . Different upper-case letters in each row indicate significant differences at a 95% confidence level as obtained by the LSD test between the different treatments of the same cultivar.

Interestingly, the results of the β -carotene content of the powders indicate a higher content of β -carotene in powders from processed (baked and steamed) SPs compared to powders from raw orange fleshed SPs (table 2). It is well known that β -carotene is an unstable compound susceptible to both enzymatic and non-enzymatic oxidation. However, starch hydrolysis and the formation of free sugars affect the water content in dehydrated samples. Free sugars are highly hygroscopic and retain moisture in the food. A study conducted by Arya & Natesan (1983) showed that carotenoids in freeze-dried papaya were most stable at a_w 0.33 and their destruction rate was higher both below and above this value, suggesting that water protects carotenoids from oxidation (Sian & Ishak, 1991; Abbas, Lasekan, & Khalil, 2010).

The results of this study also showed minimal loss (5%, 9%, and 10%, respectively) of β -carotene in powders from raw, baked, and steamed SPs during storage over six months. The results of TA measurement in powders from purple SPs cultivar showed higher TA in powder from processed SPs compared to powder from raw SPs. The TA content also decreased during storage over six months (48, 20, and 13 % in powders from raw, baked, and steamed SPs, respectively).

When looking at the color of the powders, it was found that powders made from raw sweet potatoes with colored fleshed (orange and purple) showed a higher color change (ΔE) than powders from processed sweet potatoes with colored fleshed. The color change (ΔE) of powders (baked, steamed, and raw) from white-fleshed SPs were significantly different in descending order of 12, 11, and 8, respectively. The color intensity of powders was higher in powders from processed SPs than in powders from raw-colored (orange and purple) SPs. The highest change in color during storage over six months was observed in powders from orange SPs (Table 2).

Effect of freezing on physicochemical parameters

The results of the physicochemical parameters of the frozen SPPs are shown in table 3. The AA of SPPs from orange and white-fleshed sweet potatoes was not significantly different from the AA of powders from orange and white-fleshed sweet potatoes. Significantly higher AA was measured in raw, baked, and steamed SPPs compared to powders from raw, baked, and steamed purple-fleshed SPs (55%, 15%, and 26%, respectively).

Table 3. Physicochemical parameters of raw and processed sweet potato purees made from different cultivars (orange, white, and purple) preserved by freezing and stored for 3 and 6 months.

3 month	Orange			White			Purple		
	Raw	Baked	Steamed	Raw	Baked	Steamed	Raw	Baked	Steamed
DPPH [mol TE/g]	22.06 ± 1.46 ^d	24.29 ± 0.09 ^a	23.92 ± 0.24 ^{ab}	22.94 ± 0.21 ^{bcd}	23.47 ± 0.08 ^{abc}	18.63 ± 0.02 ^c	17.58 ± 0.01 ^c	22.58 ± 0.53 ^{cd}	21.85 ± 1.52 ^d
TPC [g GAE/mg]	0.23 ± 0.07 ^e	0.42 ± 0.03 ^d	0.42 ± 0.03 ^d	0.27 ± 0.02 ^{de}	0.30 ± 0.01 ^{de}	0.25 ± 0.01 ^e	0.72 ± 0.07 ^e	4.45 ± 0.07 ^e	4.00 ± 0.23 ^b
Starch [g/kg] DW	411.1 ± 1.30 ^f	398.9 ± 1.20 ^e	409.1 ± 4.30 ^f	481.4 ± 2.56 ^b	424.8 ± 0.31 ^c	358.9 ± 1.48 ^b	486.6 ± 2.00 ^a	448.2 ± 0.96 ^d	469.3 ± 1.54 ^c
Soluble solids [%]	11.1	21.0	18.0	11.0	19.9	16.5	14.5	28.1	19.2
β-carotene/Anthocyanins [μg/mg]	24.3 ± 0.66 ^A	18.5 ± 1.05 ^B	18.8 ± 1.11 ^B	-	-	-	0.21 ± 0.01 ^C	0.66 ± 0.01 ^A	0.50 ± 0.01 ^B
Color									
L	44.46 ± 0.13	41.83 ± 0.12	43.06 ± 0.43	50.21 ± 0.10	42.41 ± 0.09	39.99 ± 0.40	29.54 ± 0.36	26.63 ± 0.21	27.44 ± 0.14
A	14.64 ± 0.05	11.56 ± 0.09	9.51 ± 0.26	0.64 ± 0.06	-3.46 ± 0.03	2.76 ± 0.07	5.58 ± 0.20	6.84 ± 0.26	8.20 ± 0.15
B	20.22 ± 0.06	22.46 ± 0.45	22.06 ± 0.68	12.07 ± 0.25	9.43 ± 0.31	7.22 ± 0.18	2.69 ± 0.17	-3.14 ± 0.09	-4.32 ± 0.04
ΔE	6.33	8.72	9.94	0.65	9.43	9.17	17.58	14.58	13.41
C	24.96	25.26	24.02	12.09	10.04	7.73	6.19	7.20	9.27
6 month									
DPPH [mol TE/g]	10.79 ± 0.393 ^d	12.35 ± 3.17 ^{bcd}	13.39 ± 0.713 ^b	10.99 ± 0.16 ^d	11.26 ± 0.93 ^{cd}	13.69 ± 0.14 ^b	13.05 ± 0.60 ^{bc}	17.88 ± 0.06 ^a	17.62 ± 0.35 ^a
TPC [g GAE/mg]	0.23 ± 0.00 ^d	0.40 ± 0.01 ^d	0.41 ± 0.00 ^{cd}	0.25 ± 0.05 ^d	0.27 ± 0.00 ^d	0.63 ± 0.08 ^c	1.02 ± 0.02 ^b	4.31 ± 0.16 ^a	4.12 ± 0.38 ^a
Starch [g/kg] DW	38.64 ± 0.12 ^d	33.18 ± 0.51 ^e	35.57 ± 0.13 ^f	46.43 ± 0.31 ^b	37.68 ± 0.22 ^c	30.79 ± 0.15 ^b	49.62 ± 0.41 ^a	46.02 ± 0.27 ^b	43.83 ± 0.26 ^c
Soluble solids [%]	11.2	20.3	17.3	11.0	19.8	18.4	13.7	27.3	18.2
β-carotene/Anthocyanins [μg/mg]	12.87 ± 0.09 ^A	10.42 ± 0.11 ^B	11.01 ± 0.01 ^C	-	-	-	0.12 ± 0.01 ^C	0.49 ± 0.01 ^A	0.36 ± 0.01 ^B
Color									
L	44.86 ± 0.21	41.28 ± 0.20	42.99 ± 0.13	50.50 ± 0.19	42.93 ± 0.09	40.75 ± 0.14	29.03 ± 0.09	26.37 ± 0.35	29.83 ± 0.36
A	15.50 ± 0.10	10.71 ± 0.19	9.93 ± 0.07	0.63 ± 0.02	-3.48 ± 0.07	-2.62 ± 0.09	5.89 ± 0.13	5.78 ± 0.21	8.17 ± 0.16
B	20.95 ± 0.17	20.49 ± 0.56	23.32 ± 0.18	12.05 ± 0.16	8.90 ± 0.31	7.69 ± 0.14	3.06 ± 0.09	-2.56 ± 0.07	-4.24 ± 0.09
ΔE	5.16	10.35	9.32	0.79	9.21	9.81	17.22	15.16	14.66
C	26.06	23.12	25.35	12.07	9.56	8.12	6.64	6.32	9.20

^aEach value is expressed as mean ± SD ($n = 3$). DW – dry weight. ^aEach value is expressed as mean ± SD ($n = 3$). DW – dry weight. * $p < 0.001$. Different lower-case letters in each row indicate significant differences at a 95% confidence level as obtained by the LSD test < 0.001 . Different upper-case letters in each row indicate significant differences at a 95% confidence level as obtained by the LSD test between the different treatments of the same cultivar.

The TPC levels of frozen SPPs ranged from 0.23 to 4.45 μg GAE/mg. The starch content in frozen SPPs was slightly lower than the starch content in powders. The fact that the starch content was lower and the soluble solid content was higher indicates that starch hydrolysis continues to unfold in frozen SPPs, making the SPPs even sweeter. During storage of the frozen SPPs, the AA value of the SPPs decreased significantly, while TPC, starch content, and soluble solids were stable over six months. The anthocyanin content was 0.21, 0.66, and 0.50 μg/mg for raw, baked, and steamed SPPs, respectively, which was similar to the anthocyanin content of powders. Unlike anthocyanins, which were found to be more stable, the β-carotene content was lower at 62%, 80%, and 81% for raw, baked, and steamed SPPs, respectively, than for powders from raw, baked, and steamed SPs. After six months of storage, this decrease was even more pronounced at 79%, 87%, and 88% for raw, baked, and steamed SPPs compared to powders from raw, baked, and steamed SPs.

Measurements of the color of SPPs showed that the ΔE of frozen SPPs from orange and white sweet potatoes were lower than the ΔE of powders from orange and white SPs. It was also shown that this change was lower for frozen raw SPPs than for processed ones. For SPPs from purple sweet potatoes, freezing caused a higher ΔE compared to the powders from purple SPs. However, the result indicated that the processing of purple sweet potatoes somehow preserved the color, as the ΔE of frozen processed SPPs was lower compared to the frozen raw SPPs. Frozen raw SPPs had higher color intensity compared to the powders prepared from the raw SPs. Furthermore, frozen processed SPPs had higher color intensity than frozen raw SPPs. During the six months of the storage period, there were no significant changes in terms of color change and color intensity of all samples.

Conclusion

This study showed that processing does not necessarily lead to a reduction in the quality of the product. The results of the study show that the sweet potato cultivars investigated have a high AA and TPC, which can be increased by baking or steaming. Moreover, processing led to an increase in starch hydrolysis, free sugars, and soluble solids, all of which contribute to the stabilization of β -carotene, anthocyanins, and finally color stabilization of the freeze-dried samples. The results obtained after storage indicate higher stability of the processed SPPs, especially the SP powders, which could be used for the research and development of a wide range of new value-added products.

References

- Abbas, K.A., Lasekan, O., Khalil, S.K. (2010). The significance of glass transition temperature in the processing of selected fried food products: A review. *Mod Appl Sci.* 4, 3-21.
- Arya, S.S., Natesan, V., Vijayaraghavan, P.K. (1983). Stability of carotenoids in freeze-dried papaya (*Carica papaya*). *Int J Food Sci Technol.*, 18(2), 177-181. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1983.tb00258.x>
- Bovell-Benjamin, A.C. (2007). Sweet Potato: A Review of its Past, Present, and Future Role in Human Nutrition. *Adv Food Nutr Res.*, 52, 1-59. [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(06\)52001-7](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(06)52001-7)
- Chan, C.F.C., Chiang, C.C.M.C., Lai, Y.C.Y., Huang, C.L., Kao, S.C., Liao, W.C. (2014). Changes in sugar composition during baking and their effects on sensory attributes of baked sweet potatoes. *J Food Sci Technol.*, 51, 4072-4077. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0900-z>
- Collins, J.L., Pangloli, P. (1997). Chemical, Physical, and Sensory Attributes of Noodles with Added Sweet Potato and Soy Flour. *J Food Sci.*, 62(3), 622-625. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1997.tb04446.x>
- Dincer, C., Karaoglan, M., Erden, F., Tetik, N., Topuz, A., Ozdemir, F., (2011). Effects of Baking and Boiling on the Nutritional and Antioxidant Properties of Sweet Potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] Cultivars. *Plant Foods Hum Nutr.*, 66, 341–347. <https://doi.org/10.1007/s11130-011-0262-0>
- Ellong, E.N., Billard, C., Adenet, S. (2014). Comparison of Physicochemical, Organoleptic, and Nutritional Abilities of Eight Sweet Potato (*Ipomoea batatas*) Varieties. *Food Nutri Sci.*, 5(2), 196-211. <https://doi.org/10.4236/fns.2014.52025>
- Giusti, M., Wrolstad, R.E. (2001). Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. *CPFAC*, <https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0102s00>

Gunaratne, A., Hoover, R. (2002). Effect of heat–moisture treatment on the structure and physicochemical properties of tuber and root starches. *Carbohydr Polym.*, 49(4), 425-437. [https://doi.org/10.1016/S0144-8617\(01\)00354-X](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(01)00354-X)

Lai, Y.C., Huang, C.L., Chan, C.F., Lien, C.Y., Liao, W.C. (2013). Studies of sugar composition and starch morphology of baked sweet potatoes (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). *J Food Sci Technol.*, 50, 1193-1199. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0453-6>

Loncaric, A., Dugalic, K., Mihaljevic, I., Jakobek, L., Pilizota, V. (2014). Effects of Sugar Addition on Total Polyphenol Content and Antioxidant Activity of Frozen and Freeze-Dried Apple Purée. *J Agric Food Chem.*, 67(7), 1674-1682. <https://doi.org/10.1021/jf405003u>

Lončarić, A., Svrakačić, B., Nedić Tiban, N., Piližota, V. (2016). Effect of baking and steaming on physicochemical and thermal properties of sweet potato puree preserved by freezing and freeze-drying. *Croat J Food Sci Techn.*, 8(2), 90-98. <https://doi.org/10.17508/CJFST.2016.8.2.08>

Oke, M.O., Workneh, T.S. (2013). A review on sweet potato postharvest processing and preservation technology. *Afr. J. Agric. Res.*, 8(40), 4990-5003 <https://doi.org/10.5897/AJAR2013.6841>

Sian, N.K., Ishak, S. (1991). Carotenoid and anthocyanin contents of papaya and pineapple: Influence of blanching and drying treatments. *Food Chem.*, 39(2), 175-185. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(91\)90158-K](https://doi.org/10.1016/0308-8146(91)90158-K)

Singh, S., Raina, C.S., Bawa, A.S., Saxena, D.C. (2006). Effect of Pretreatments on Drying and Rehydration Kinetics and Color of Sweet Potato Slices. *Dry Technol.*, 24(11), 1487-1494. <https://doi.org/1080/07373930600952834>

Takenaka, M., Nanayama, K., Isobe, S., Murata, M. (2006). Changes in Caffeic Acid Derivatives in Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.) during Cooking and Processing., 70(1), 172-177. *Biosci Biotechnol Biochem.* <https://doi.org/10.1271/bbb.70.172>

Tao, X., Zhang, Y., Jiang, Y., Wang, H., Zhang, Y. (2010). Changes in root starch contents of sweet potato cultivars during storage. *Chinese J Appl Environ Biol.*, 16(5):741-744. <https://doi.org/10.3724/SP.J.1145.2010.00741>

Truong Van, D., Biermann, C.J., Marlett, J.A. (1986). Simple sugars, oligosaccharides, and starch concentrations in raw and cooked sweet potato. *J Agric Food Chem.*, 34(3), 421-425. <https://doi.org/10.1021/jf00069a010>

Truong, V.D., McFeeters, R.F., Thompson, R.T., Dean, L.L., Shofran, B. (2007). Phenolic Acid Content and Composition in Leaves and Roots of Common Commercial Sweet potato (*Ipomoea*

A. Lončarić, Sanja Zec Zrinušić, T. Kovač, Blanka Bilić Rajs, Melita Lončarić, A. Jozinović, J. Babić /
Effect of processing and storage on the quality... / *Glasilo Future* (2024) 7 (1) 01–12

batatas L.) Cultivars in the United States. *J Food Sci.*, 72(6), C343-349. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00415.x>

Truong, V.D., Ramesh, A., (2010). In Sweet Potato: Post Harvest Aspects in Food, 1st ed. ed. By R.C. Ray, K.I. Tomlins, Nova Science Publishers, New York, p. 117-134

Wu, X., Sun, C., Yang, L., Zeng, G., Liu, Z., Li, Y. (2008). β -carotene content in sweet potato varieties from China and the effect of preparation on β -carotene retention in the Yanshu No. 5. *Innov Food Sci Emerg Technol.*, 9(4), 581-586. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2008.06.002>

Zhang, Z., Wheatley, C.C., Corke, H. (2002). Biochemical changes during storage of sweet potato roots differing in dry matter content. *Postharvest Biol Technol.*, 24(3), 317-325 [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(01\)00149-1](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(01)00149-1)

Primljeno: 16. siječnja 2024. godine.

Received: January 16, 2024.

Prihvaćeno: 22. travnja 2024. godine.

Accepted: April 22, 2024.

Utjecaj vremena skladištenja na aromatični profil djevičanskih maslinovih ulja

Influence of storage time on the aroma profile of virgin olive oils

Mladenka Šarolić^{1*}, Anita Pitarević¹, Zvonimir Marijanović¹, Zlatka Knezović^{1,2}

izvorni znanstveni rad (original scientific paper)

doi: 10.32779/gf.7.1.2

*Citiranje/Citation*³

Sažetak

Djevičansko maslinovo ulje se za razliku od većine biljnih ulja dobiva pomoću niza mehaničkih tehnoloških operacija kojima je svrha izdvojiti nastale kapljice ulja u stanicama pulpe ploda maslina. Dobiveno ulje je prirodno stvorena masnoća u plodu masline i odlikuje se jedinstvenim kemijskim sastavom i specifičnom ugodnom aromom. Zato se može konzumirati izravno bez ikakvog daljnjeg rafinacijskog tretmana. Cilj ovog rada bio je utvrditi kako vrijeme skladištenja utječe na aromatični profil djevičanskog maslinovog ulja. Istraživanje je provedeno na tri uzorka ekstra djevičanskog maslinovog ulja, nakon prerade te svaka tri mjeseca u periodu od godine dana čuvanja u zatvorenoj tamnoj staklenoj boci, na suhom i tamnom mjestu pri sobnoj temperaturi. U ovom radu izolacija hlapljivih spojeva ulja provedena je mikroekstrakcijom vršnih para na krutoj fazi (HS-SPME) korištenjem sivog vlakna s DVB/CAR/PDMS ovojnicom. Analiza izoliranih hlapljivih spojeva provedena je spregnutom tehnikom plinske kromatografije-masene spektrometrije (GC-MS). Identificirani hlapljivi spojevi pripadaju sljedećim kemijskim skupinama: aldehidi, alkoholi, ketoni, kiseline, alifatski ugljikovodici i terpeni. Među hlapljivim spojevima dominantni su bili aldehidi, a najzastupljeniji spoj u svim uzorcima bio je (*E*)-heks-2-enal koji je okarakteriziran mirisom na zelenu i svježe pokošenu travu. Dobiveni rezultati ukazali su na promjene u aromatičnom profilu djevičanskih maslinovih ulja tijekom vremena skladištenja. Uglavnom su se odnosile na smanjenje udjela C-6 aldehida (*E*)-heks-2-enala te rast udjela C-6 alkohola (heksanola) odgovornih za „zelene“ i svježe note.

Ključne riječi: djevičanska maslinova ulja, skladištenje, aromatični profil, HS-SPME, GC-MS.

¹ Sveučilište u Splitu, Kemijsko-tehnološki fakultet, Ruđera Boškovića 35, 21000 Split, Republika Hrvatska.

* E-mail: msarolic@ktf-split.hr (dopisna autorica).

² Završena studentica diplomskog sveučilišnog studija Prehrambena tehnologija.

³ Šarolić, M., Pitarević, A., Marijanović, Z., Knezović, Z. (2024). Utjecaj vremena skladištenja na aromatični profil djevičanskih maslinovih ulja. *Glasilo Future*, 7(1), 13–27. / Šarolić, M., Pitarević, A., Marijanović, Z., Knezović, Z. (2024). Influence of storage time on the aroma profile of virgin olive oils. *Glasilo Future*, 7(1), 13–27.

Abstract

Unlike most vegetable oils, virgin olive oil is obtained using a series of mechanical technological operations aimed at extracting the resulting droplets of oil in the pulp cells of the olive fruit. The resulting oil is a naturally created fat in the olive fruit and is distinguished by its unique chemical composition and specific pleasant aroma. That is why it can be consumed directly without any further refining treatment. The aim of this study was to determine how storage time affects the aromatic profile of virgin olive oil. The study was conducted on three samples of virgin olive oils, after processing and every three months for a period of one year of storage in a closed dark glass bottle in a dry and dark place at room temperature. In this paper, volatile compounds were isolated by solid phase microextraction (HS-SPME) using DVB/CAR/PDMS fiber. Analysis of isolated volatile compounds was carried out using coupled technique of gas chromatography- mass spectrometry (GC-MS). The identified volatile compounds belong to the following chemical groups: aldehydes, alcohols, ketones, acids, aliphatic hydrocarbons and terpenes. Among volatile compounds aldehydes were predominant and the most abundant compound were (*E*)-hex-2-enal which is characterised by green and fresh cut grass odour. The obtained obtained indicated changes in the aromatic profile of the virgin olive oils during storage. They mainly related to the decrease in the content of C-6 aldehydes (*E*)-hex-2-enal and the increase in the content of C-6 alcohol (hexanol) responsible for "green" and fresh notes.

Key words: virgin olive oils, storage, aromatic profile, HS-SPME, GC-MS.

Uvod

Ekstra djevičansko maslinovo ulje se smatra izvrsnom prirodnom i funkcionalnom hranom dobivenom iz plodova maslina mehaničkim ili fizičkim putem. Visoki udio jednostrokonezasićene oleinske kiseline, fenolnih spojeva, vitamina te ostalih biološki vrijednih sastojaka čini ovo ulje jedinstvenim među ostalim biljnim uljima (Shendi et al., 2018). Posebna i specifična aroma djevičanskih maslinovih ulja dobivenih od zdravih plodova maslina, ubranih u optimalnoj fazi zrelosti obično se opisuje osjetilnim percepcijama koje podsjećaju na svježe pokošenu travu, lišće, cvijeće, zeleno voće (jabuka, banana, badem) ili povrće (rajčica, artičoka) uz manje ili više izražene intenzitete gorčine ili pikantnosti (Campestre et al., 2017). Iako je poznat i istražen veliki broj aromatičnih spojeva, nisu svi jednako važni za doprinos ukupnom doživljaju i senzorskim karakteristikama maslinovog ulja. Hlapljivi spojevi djevičanskih maslinovih ulja svrstani su u nekoliko kemijskih skupina: alifatski i aromatski ugljikovodici, aldehidi, alkoholi, esteri, kiseline, terpeni derivati tiofena. Među njima, C-6 zasićeni i nezasićeni aldehidi su najzastupljenija frakcija u ukupnom aromatičnom profilu visoko kvalitetnih ekstra djevičanskih maslinovih ulja koji uglavnom doprinose "zelenim" mirisnim obilježjima (Campestre et al., 2017; Angerosa et al., 2000). Na sastav hlapljivih spojeva ulja utječe niz čimbenika, među kojima je najvažnija sorta, koja uvjetuje aktivnost enzima. Hlapljive tvari s

poželjnim mirisnim svojstvima ovise o aktivnosti endogenih enzima uključenih u put lipoksigenaze (Gomes da Silva et al., 2012). Aroma je važan segment kvalitete djevičanskih maslinovih ulja, a identifikacija spojeva koji pridonose aromi, osobito je važna u kontroli kvalitete i provjeri autentičnosti. Na kvalitetu maslinovog ulja utječe niz prirodnih i ljudskih čimbenika, a posebno važno je skladištenje, odnosno čuvanje maslinovog ulja. Najveći nepoželjni čimbenici kvalitete maslinovog ulja su temperatura, kisik (zrak), svjetlost te strani mirisi. Nakon prerade maslina, proizvedeno maslinovo ulje je potrebno skladištiti u tamnim prostorijama, koje nemaju nagle promjene temperature, već se temperatura kreće od 15 do 18 °C. Kisik se u nadprostoru ulja može ukloniti na način da se istisne zrak i da se nadomjesti inertnim plinom primjerice dušikom. Za čuvanje manjih količina ulja prikladne su tamne staklene boce s minimalnim praznim prostorom iznad ulja, kako bi se spriječio utjecaj kisika te usporila oksidacija i degradacija poželjnih mirisnih tvari (Koprivnjak, 2006). Čuvanje ulja u spremniku s dušikom u natprostoru na tamnom mjestu pri sobnoj temperaturi povećava oksidativnu stabilnost te time rok trajnosti ulja (Boskou, 2006). Veće količine ulja čuvaju se u spremnicima koji štite ulje od svjetlosti i pristupa zraka, otporni su na mehanička oštećenja i koroziju, lako perivi, inertni u odnosu na ulje bez da ispuštaju pojedine sastojke u njega te zadržavaju konstantu temperaturu. Najčešće korišteni spremnici su od nehrđajućeg čelika (inox), lima, stakla i plastike. Plastični spremnici ne pružaju dovoljnu zaštitu od kisika jer nisu potpuno hermetični te plastika može apsorbirati tvari iz ulja (Koprivnjak, 2006). Tijekom čuvanja, djevičanska maslinova ulja gube na kvaliteti, što se očituje gubitkom prirodnih antioksidansa, poželjnih mirisnih tvari te pojavom kvarenja. Ovi procesi se ne mogu zaustaviti, već se mogu usporiti pravilnom doradom i skladištenjem (Škarica et al., 1996). Skladištenjem maslinovog ulja gube se poželjni produkti lipoksigenaznog puta (C-6 aldehidi, alkoholi, esteri), a reakcijama kemijske oksidacije nastaju brojni nepoželjni spojevi koji su odgovorni za pojavu mana ili defekata (Gugić et al., 2017).

Materijali i metode

Materijal

Ispitivanja u ovom radu provedena su na ekstra djevičanskim maslinovim uljima dobivenim iz plodova maslina u ekološkom sustavu uzgoja iz mjesta Šestanovac proizvođača „Jurin dvor“. Za potrebe ovog rada ispitivanja su vršena na 3 uzorka ekstra djevičanskih maslinovih ulja od kojih su dva sortna ulja (sorte *Oblica* i *Leccino*) te jedan uzorak višesortnog ulja. Ulja su nakon proizvodnje čuvana u bocama od tamnog stakla na suhom i tamnom mjestu pri sobnoj temperaturi.

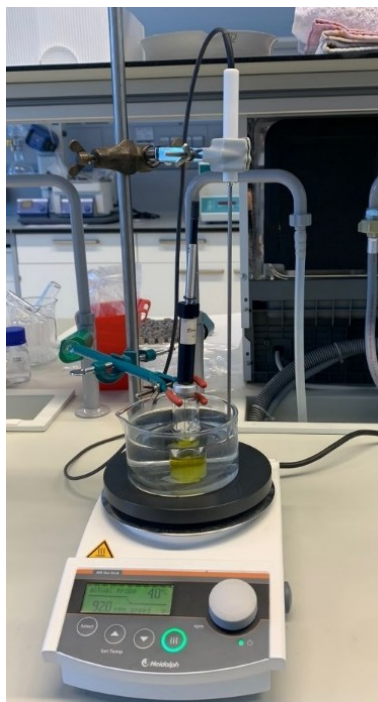


Slika 1. Uzorci ekstra djevičanskih maslinovih ulja (Foto: M. Šarolić, 2023).
Figure 1. Virgin Olive oil samples (Photo: M. Šarolić, 2023).

Metode

Izolacija hlapljivih spojeva

Za potrebe ovog rada korišteno je sivo vlakno s ovojnicom divinilbenzen/karboksen/polidimetilsiloksan (DVB/CAR/PDMS) dužine 5 cm, koje je prije upotrebe, u skladu s uputama proizvođača (Supelco Co., SAD), aktivirano kondicioniranjem 60 min na 270 °C postavljanjem SPME igle u injektor plinskog kromatografa. Nakon kondicioniranja vlakno je korišteno za ekstrakciju vršnih para uzoraka maslinovih ulja. U staklenu vialicu od 15 mL stavljeno je 5 mL uzorka djevičanskog maslinovog ulja i 1g NaCl, te magnet za miješanje. Potom je vialica hermetički zatvorena PTFE/silikon septom te postavljena na kondicioniranje u vremenu od 15 minuta u vodenu kupelj (40 °C), a sadržaj u njoj je miješan pomoću magnetske miješalice (1000 okretaja/min). Nakon kondicioniranja uzorka, SPME igla je postavljena u posudu, a vlakno je izvučeno te je provedena ekstrakcija vršnih para u vremenu od 45 min pri 40 °C, uz konstantnu brzinu miješanja uzorka. U prostoru iznad uzorka ulja odvijala se adsorpcija hlapljivih spojeva iz uzorka na vlakno (slika 2).



Slika 2. Izolacija hlapljivih spojeva iz ekstra djevičanskih maslinovih ulja mikroekstrakcijom vršnih para na krutoj fazi (HS-SPME) (Foto: M. Šarolić, 2023).

Figure 2. Isolation of the volatile compounds from virgin olive oils by solid phase microextraction (HS-SPME) (Photo: M. Šarolić, 2023).

Analiza hlapljivih spojeva

Analiza izoliranih hlapljivih spojeva djevičanskih maslinovih ulja provedena je vezanim sustavom plinske kromatografije-spektrometrije masa (GC-MS), korištenjem plinskog kromatografa (Agilent Technologies, SAD), model 8890, u kombinaciji s Agilent Technologies (SAD) masenim detektorom, model 5977E, spojenim na računalo (slika 3). Analize hlapljivih spojeva provedene su korištenjem kolone s nepolarnom stacionarnom fazom (HP-5MS) sastava 5 % difenil-95 % dimetilpolisilksan, dimenzija 30 m x 0,25 mm, debljine sloja stacionarne faze 0,25 μm . Plin nositelj je bio helij, protoka 1 mL/min, omjer cijepanja 50:1, temperatura injektora iznosila je 250 °C, temperatura detektora 280 °C, energija ionizacije 70 eV. Temperatura peći je programirana kako slijedi: 3 min izotermno pri 70 °C, zatim zagrijavanje od 70 °C do 200 °C brzinom od 3 °C/min i zadržavanje od 2 min pri 200 °C. Podaci dobiveni GC-MS analizom za svaki uzorak daju: kromatogram ukupne ionske struje, vrijeme zadržavanja pojedine komponente i njezin relativni udio te naziv spoja čiji je spektar najbliži spektru nepoznate komponente (sličnosti uspoređenih spektara izraženi su u postotcima). Pojedinačni spojevi identificirani su usporedbom masenih spektara tih spojeva s masenih spektrima iz komercijalnih biblioteka masenih spektara Wiley9 (Wiley MS libraries) i NIST17 (National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, SAD) i/ili iz literature.



Slika 3. Vezani sustav plinska kromatografija-masena spektrometrija (GC-MS)
(Foto: M. Šarolić, 2023).

Figure 3. Coupling system gas-chromatography-mass spectrometry (GC-MS)
(Photo: M. Šarolić, 2023).

Rezultati i rasprava

Rezultati analize hlapljivih spojeva ekstra djevičanskih maslinovih ulja analizirani su svaka tri mjeseca tijekom skladištenja u periodu od 12 mjeseci i prikazani su u tablicama 1, 2 i 3. U ispitanim uzorcima ulja ukupno su identificirana 24 hlapljiva spoja. Identificirani spojevi svrstani su u sljedeće kemijske skupine: aldehidi (8), alkoholi (6), esteri (1), kiseline (1), ketoni (2), alifatski ugljikovodici (3) i terpeni (3). Za svaki spoj navedeno je retencijsko vrijeme i retencijski indeks, relativni udio (%) te je za većinu spojeva dan senzorski opis.

Tablica 1. Hlapljivi spojevi ekstra djevičanskog maslinovog ulja sorte *Oblica*.
Table 1. Volatile compounds of virgin olive oil from *Oblica* variety.

Naziv spoja	RT	RI	nako n prera de (%)	3 mjese ca (%)	6 mjes eci (%)	9 mjes eci (%)	12 mjes eci (%)	Senzorski opis arome*
<i>Aldehidi</i>								
3-metil-butanal	1,4 73	64 9	2,21	3,86	3,52	3,86	3,89	slatko, voćno, slavno
(<i>E</i>)-pent-2-enal	1,9 57	75 4	1,12	1,03	0,96	0,39	0,22	zeleno, jabuka, cvjetno
(<i>Z</i>)-heks-3-enal	2,6 69	79 1	25,54	24,62	23,82	18,97	14,25	zeleno lišće, zelena jabuka, svježe pokošena trava
heksanal	2,8 43	80 0	4,51	5,02	6,25	7,18	8,01	zeleno, jabuka, svježe pokošena trava
(<i>E</i>)-heks-2-enal	3,3 31	84 9	42,25	38,37	32,12	31,02	28,25	gorko, zeleni badem, jabuka, svježe pokošena trava
(<i>E</i>)-2,4-heksadienal	5,6 32	91 0	0,62	0,48	1,03	0,65	0,21	pokošena trava
4-oxo-hesk-2-enal	5,9 96	95 8	2,01	2,00	2,21	2,18	1,85	
nonanal	9,8 99	11 02	0,08	0,23	0,75	1,53	1,71	citrusno, sapunasto, vosak, boja

Naziv spoja	RT	RI	nakon prerađe (%)	3 mjeseca (%)	6 mjeseci (%)	9 mjeseci (%)	12 mjeseci (%)	Senzorski opis arome
<i>Alkoholi</i>								
etanol	1,428	448	1,1 2	2,2 9	2,65	3,2 4	4,02	alkoholno, zrela jabuka, cvjetno
1-penten-3-ol	1,508	673	0,3 6	1,7 2	2,96	3,7 2	3,85	voćno, orašasto; blago zeleno, maslačno
(Z)-2-penten-1-ol	2,392	769	0,4 0	0,6 9	1,12	1,4 9	2,53	banana
(Z)-3-heksen-1-ol	3,515	858	3,2 4	5,2 0	5,32	9,5 2	10,03	banana, list, zeleno voće
heksan-1-ol	3,516	864	0,3 1	1,3 8	2,21	3,0 1	3,56	cvjetno, aromatično, pokošena trava
<i>Esteri</i>								
metil-acetat	1,463	528	0,6 5	1,3 2	1,45	2,0 3	2,56	zeleno, esterski
<i>Kiseline</i>								
octena kiselina	1,548	660	0,2 3	1,6 9	2,03	2,1 5	2,56	kiselo, ocat
<i>Ketoni</i>								
1-penten-3-on	1,903	678	3,1 8	2,4 6	2,02	1,7 3	0,86	slatko, jagoda, zeleno, oporo, metalno
pentan-3-on	1,959	700	0,2 3	1,1 2	1,24	2,0 2	2,65	slatko, eterski
<i>Alifatski ugljikovodici</i>								
3-etil-1,5-oktadien isomer I	5,049	867	3,2 3	2,8 9	3,24	3,1 2	2,86	plijesniv
3-etil-1,5-oktadien isomer II	6,371	867	5,1 8	4,6 8	4,15	3,4 2	1,92	plijesniv
(E)-4,8-dimetil-nona-1,3,7-triene	10,851	1116,9	0,1 2	0,2 9	0,32	0,1 8	0,09	
<i>Terpeni</i>								
trans-β-ocimen	7,945	1050	0,1 4	0,1 2	0,15	0,0 9	0,11	slatko, biljno
α-kopaen	20,913	1376	2,6 4	1,4 5	1,02	0,8 9	0,62	drvo, začín
α-muurolen	25,947	1497	0,2 7	0,2 8	0,31	0,3 4	0,34	

*Senzorski opis arome (da Costa et al., 2020.; Angerosa et al., 2004.; Tanouti et al., 2012.; Zhou et al., 2019).

RT - retencijsko vrijeme (min.).

RI - retencijski indeks.

Tablica 2. Hlapljivi spojevi ekstra djevičanskog maslinovog ulja sorte *Leccino*.

Table 2. Volatile compounds of virgin olive oil from *Leccino* variety.

Naziv spoja	RT	RI	nak on prerade (%)	3 mjeseca (%)	6 mjeseci (%)	9 mjeseci (%)	12 mjeseci (%)	Senzorski opis arome
Aldehidi								
(<i>E</i>)-pent-2-enal	1,9 57	754	1,15	0,23	0,16	0,35	1,06	zeleno, jabuka, cvjetno
(<i>Z</i>)-heks-3-enal	2,6 69	791	3,02	2,65	1,32	1,12	0,62	zeleno lišće, zelena jabuka, svježe pokošena trava
Heksanal	2,8 43	800	5,01	5,52	6,03	6,55	7,82	zeleno, jabuka, svježe pokošena trava
(<i>E</i>)-heks-2-enal	3,3 31	849	56,3 1	52,8 9	48,1 8	45,0 3	36,5 1	gorko, zeleni badem, jabuka, svježe pokošena trava
Nonanal	9,8 99	110 2	0,14	0,20	0,36	0,54	1,68	citrusno, sapunasto, vosak, boja
Alkoholi								
Etanol	1,4 28	448	1,23	1,56	2,83	2,92	3,16	alkoholno, zrela jabuka, cvjetno
1-penten-3-ol	1,5 08	673	3,26	2,84	1,62	1,48	1,01	voćno, orašasto, blago zeleno, maslačno
(<i>Z</i>)-2-penten-1-ol	2,3 92	769	0,25	0,45	0,62	0,24	1,08	banana
(<i>E</i>)-2-heksen-1-ol	3,4 90	850	4,65	5,38	7,09	7,65	8,91	zeleno, voćno
(<i>Z</i>)-3-heksen-1-ol	3,5 15	858	0,18	1,65	2,86	5,01	6,25	banana, list, zeleno voće
heksan-1-ol	3,5 16	864	2,22	2,97	4,24	5,52	6,84	cvjetno, aromatično, pokošena trava
Esteri								
metil-acetat	1,4 63	528	2,65	2,10	2,81	3,01	4,60	zeleno, esterski
Kiseline								
octena kiselina	1,5 48	660	1,24	2,15	2,42	3,02	3,74	kiselo, ocat
Ketoni								
1-penten-3-on	1,9 03	678	4,24	3,95	3,26	3,03	1,61	slatko, jagoda, zeleno, oporo, metalno, riblji
pentan-3-on	1,9 59	700	0,23	0,54	2,12	1,92	2,36	slatko, eterski
Alifatski ugljikovodici								
3-etil-1,5-oktadien isomer I	5,0 49	867	0,18	0,20	0,98	0,75	1,29	plijesniv
3-etil-1,5-oktadien isomer II	6,3 71	867	1,25	2,16	2,77	3,26	3,83	plijesniv
(<i>E</i>)-4,8-dimetil-nona-1,3,7-triene	10, 851	111 6,9	0,68	1,25	2,09	2,56	2,70	

Naziv spoja	RT	RI	nakon prerade (%)	3 mjeseca (%)	6 mjeseci (%)	9 mjeseci (%)	12 mjeseci (%)	Senzorski opis arome
<i>Terpeni</i>								
trans- β -ocimen	7,945	1050	3,27	2,95	1,12	0,65	0,25	slatko, biljno
α -kopaen	20,913	1376	0,41	0,17	0,08	0,18	0,25	drvo, začin
α -muurolen	25,947		0,07	0,07	0,08	0,09	0,09	

*Senzorski opis arome (da Costa et al., 2020; Angerosa et al., 2004; Tanouti et al., 2012; Zhou et al., 2019).

RT - retencijsko vrijeme (min.).

RI - retencijski indeks.

Tablica 3. Hlapljivi spojevi višesortnog ekstra djevičanskog maslinovog ulja.

Table 3. Volatile compounds of multivarietal virgin olive oil.

Naziv spoja	RT	RI	nakon prerade (%)	3 mjeseca (%)	6 mjeseci (%)	9 mjeseci (%)	12 mjeseci (%)	Senzorski opis arome
<i>Aldehidi</i>								
3-metil-butanal	1,473	649	0,12	0,54	0,84	1,02	3,52	slatko, voćno, sladno
(<i>E</i>)-pent-2-enal	1,957	754	2,01	1,65	1,33	0,02	0,09	zeleno, jabuka, cvjetno
(<i>Z</i>)-heks-3-enal	2,669	791	12,80	11,03	10,12	9,56	5,22	zeleno lišće, zelena jabuka, svježe pokošena trava
heksanal	2,843	800	8,65	9,12	10,92	11,02	12,14	zeleno, jabuka, svježe pokošena trava
(<i>E</i>)-heks-2-enal	3,331	849	52,47	49,01	43,32	39,03	34,02	gorko, zeleni badem, jabuka, svježe pokošena trava
(<i>E</i>)-2,4-heksadienal	5,632	910	0,08	0,03	0,01			pokošena trava
nonanal	9,899	1102	0,22	0,35	0,45	1,02	1,12	citrusno, sapunasto, vosak, boja
<i>Alkoholi</i>								
etanol	1,428	448	0,65	0,80	0,91	1,12	2,12	alkoholno, zrela jabuka, cvjetno
1-penten-3-ol	1,508	673	0,22	1,34	1,22	1,34	2,51	voćno, orašasto, blago zeleno, maslačno
(<i>Z</i>)-2-penten-1-ol	2,392	769	0,57	0,84	1,25	1,63	2,15	banana
(<i>Z</i>)-3-heksen-1-ol	3,515	858	0,65	2,02	3,85	5,12	6,32	banana, list, zeleno voće
heksan-1-ol	3,516	864	1,12	2,25	5,18	8,56	9,84	cvjetno, aromatično, pokošena trava
<i>Esteri</i>								
metil-acetat	1,463	528	0,96	1,02	1,09	1,89	2,56	zeleno, esterski

Naziv spoja	RT	RI	nak on prerade (%)	3 mjeseca (%)	6 mjeseci (%)	9 mjeseci (%)	12 mjeseci (%)	Senzorski opis arome
Kiseline								
octena kiselina	154 8	660	0,84	1,23	1,65	2,03	2,56	kiselo, ocat
Ketoni								
1-penten-3-on	1,9 03	678	0,03	1,56	2,96	4,63	6,02	slatko, jagoda, zeleno, oporo, metalno, riblji
pentan-3-on	1,9 59	700	4,32	4,12	3,05	1,52	1,15	slatko, eterski
Alifatski ugljikovodici								
3-etil-1,5-oktadien isomer I	5,0 49	867	1,87	1,52	1,65	1,03	1,18	plijesniv
3-etil-1,5-oktadien isomer II	6,3 71	867	3,59	3,01	2,23	2,12	2,32	plijesniv
(E)-4,8-dimetilnona-1,3,7-triene	10, 851	111 6,9	1,72	2,03	2,54	2,15	1,09	
Terpeni								
trans- β -ocimen	7,9 45	105 0	0,71	0,84	0,65	0,92	0,57	slatko, biljno
α -kopaen	20, 913	137 6	0,35	0,22	0,18	0,18	0,12	drvo, začín

*Senzorski opis arome (da Costa et al., 2020.; Angerosa et al., 2004.; Tanouti et al., 2012.; Zhou et al., 2019).

RT - retencijsko vrijeme (min.)

RI - retencijski indeks

Iz prikazanih rezultata vidljivo je kako je profil hlapljivih spojeva ispitanih uzoraka ekstra djevičanskih maslinovih ulja vrlo sličan. Identificirana su ukupno 24 hlapljiva spoja, od kojih je 8 aldehida, 6 alkohola, 1 ester, 1 kiselina, 2 ketona, 3 alifatska ugljikovodika te 3 terpena.

Najznačajniji hlapljivi spojevi karakteristični za ekstra djevičanska maslinova ulja su C-6 aldehidi, alkoholi te njihovi esteri, koji su odgovorni za pozitivne senzorske note, a nastaju lipoksigenaznim putem. Osim što su najzastupljeniji, aldehidi uvelike doprinose mirisu djevičanskog maslinovog ulja i obično se povezuju s pozitivnim osjetilnim karakteristikama kao što je zeleno, voćno i gorko (Zhou et al., 2019). Među aldehydima, posebno se izdvaja (E)-heks-2-enal koji doprinosi notama travnjaka, banane, zelenog (da Costa et al., 2020). Ovi rezultati su u skladu s zastupljenošću (E)-heks-2-enala u istraživanju istarskih sortnih ulja, koje je provela Brkić-Bubola (2011). U istraživanju aromatičnog profila ulja *Oblice*, *Lastovke* i *Levantine* koje je provela Soldo (2016) utvrđen je visoki udio C6 aldehida, posebno (E)-heks-2-enala. Angerosa et al. (1999.) istražujući talijanska sortna ulja utvrdili su različit udio (E)-heks-2-enala za pojedinu sortu što upućuje na utjecaj genetskih čimbenika pri sintezi ovoga spoja.

Prema istraživanju Topi et al. (2019), (*E*)-heks-2-enal, (*Z*)-hex-2-en-1-ol, i (*Z*)-3-heks-3-enil acetat su vodeći hlapljivi spojevi u uljima španjolskih, grčkih i talijanskih sorti. Nadalje, Ben Temime et al. (2006) istražujući aromatični profil tuniskih ulja navode kako su dominant hlapljivi spojevi tih ulja C-6 aldehidi (heksanal, (*E*)-heks-2-enal i (*Z*)-heks-3-enal). Prema Tanouti et al. (2012). (*E*)-heks-2-enal se može smatrati markerom svježine ulja koji je obrnuto povezan sa stupnjem oksidacije. Među aldehydima ističe se i heksanal, identificiran u svim uzorcima ulja, a povezuje se sa zelenim notama, jabukom te svježe pokošenom travom. Prema Angerosa et al. (2004) heksanal je nositelj pozitivnih senzorskih obilježja pri niskim koncentracijama, dok je pri većim koncentracijama povezan s manom užeglosti. Coutelieris i Knavouras (2006) su koristili koncentraciju heksanala kao pokazatelj kvalitete djevičanskog maslinovog ulja čuvanog u različitoj ambalaži i uvjetima skladištenja. Caipo et al. (2021) navode kako heksanal u svježim uljima nastaje tijekom mljevenja i mijesenja maslinovog tijesta, dok je povećanje njegovog udjela tijekom skladištenja posljedica autooksidacije.

(*Z*)-heks-3-en-1-ol je identificiran u svim uzorcima ulja, a Angerosa et al. (2004) mu pridodaju senzorski opis banane, lista te zelenog voća. Skladištenjem, udio heksan-1-ola u svim uljima raste. Prisutnost heksan-1-ola pridonosi cvjetnim, aromatičnim i notama svježe pokošene trave (da Costa et al., 2020). Dobivene vrijednosti udjela heksan-1-ola u skladu su s rezultatima istraživanja Sanchez-Ortiz et al. (2007) u španjolskim uljima. Među alkoholima u svim uljima je identificiran (*Z*)-pent-2-en-1-ol, koji pridonosi notama banane, a udio u uljima mu skladištenjem raste (Angerosa et al., 2004). Alkohol pent-1-en-3-ol povezuje se s blago zelenom i voćnom osjetilnom percepcijom te je odgovoran za orašaste i maslačne note (Zhou et al., 2019). Kalua et al. (2005) u istraživanju aromatičnog profila ulja sorti *Mission* i *Pargoh* povezuju ovaj alkohol s maslačnim i blago zelenim notama te ga smatraju potencijalnim indikatorom zrelosti i sortnih razlika.

U skupni ketona identificirana su dva ketona, 1-penten-3-on i 3-pentan-on. Prema Cecchi et al. (2021) 1-penten-3-on je produkt lipoksigenaznog puta te doprinosi pozitivnim senzorskim obilježjima ulja.

Među terpenima u uljima sorti *Oblica* i *Leccino* identificirani su β -ocimen, α -kopaen i α -muurolen, dok u uzorku višesortnog ulja nije utvrđeno prisustvo α -muurolena. Ovi terpeni su već ranije identificirani u aromatičnom profilu brojnih ulja (Šarolić et al., 2015; Silva et al., 2022).

Prisustvo octene kiseline u aromi djevičanskih maslinovih ulja nije poželjno jer se povezuje s kiselim i oporim osjetom što upućuje na senzorsku manu ulja (Tanouti et al., 2012). Do sličnih rezultata došli su Baccouri et al. (2008) utvrdivši povećavanje udjela octene kiseline u uljima tijekom skladištenja. Prema istim autorima vjerojatni uzrok octene kiseline može biti prisustvo kisika u natprostoru ulja kao i učestalo otvaranje spremnika pri čemu dolazi do oksidacije i formiranja hidroperoksida te potom kratkolančanih kiselina kiselog i oporog osjeta. Prema Žanetić et al. (2021) prisustvo etanola i octene

kiseline može rezultirati iz mikrobiološke fermentacije plodova te se može dovesti u vezu s senzorskim defektom “octikavo”.

Zaključak

Na temelju rezultata analize hlapljivih spojeva ekstra djevičanskih maslinovih ulja u ovom istraživanju može se zaključiti kako je aromatični profil ispitanih ulja vrlo sličan. Najzastupljeniji hlapljivi spojevi u svim uljima pripadaju skupini aldehida među kojima najviši relativni udio pripada (*E*)-heks-2-enal, odgovornom za miris na zeleno, svježe pokošenu travu i zeleni badem. Pored navedenog aldehida utvrđen je relativno visoki udio (*Z*)-heks-3-enala koji je nositelj svježih i zelenih nota. Vremenom skladištenja udio spomenutih aldehida se smanjuje, dok nasuprot tome raste udio ukupnih alkohola. Među alkoholima najviše se ističu heksan-1-ol, (*E*)-heks-2-en-1-ol i (*Z*)-heks-3-en-1-ol, koji se dovode u vezu sa voćnim i zelenim obilježjima. Ketonu imaju značajan utjecaj na aromatični profil, a poseban značaj pridaje se pent-1-en-3-onu koji je u pozitivnoj korelaciji s osjećajem gorčine i pikantnosti.

Zahvala

U radu su prikazani rezultati istraživanja dobiveni prilikom izrade diplomskog rada studentice Anite Pitarević (vidi Literaturu).

Literatura

Angerosa, F., Basti, C., Vito, R. (1999). Virgin olive oil volatile compounds from lipoxygenase pathway and characterization of some Italian cultivars, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(3), 836-839, <https://doi.org/10.1021/jf980911g>

Angerosa, F., Mostallino, R., Basti, C., Vito, R. (2000). Virgin olive oil odour notes: their relationships with volatile compounds from the lipoxygenase pathway and secoiridoid compounds, *Food Chemistry*, 68 (3), 283-287, [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(99\)00189-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00189-2)

Angerosa, F., Servili, M., Selvaggini, R., Taticchi, A., Esposto, S., Montedoro, G. (2004). Volatile compounds in virgin olive oil: occurrence and their relationship with the quality, *Journal of Chromatography A*, 1054, (1-2), 17-31, <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2004.07.093>

Baccouri, O., Bendini, A., Cerretani, L., Guerfel, M., Baccouri, B., Lercker, G., Ben Miled, D.D. (2008). Comparative study on volatile compounds from Tunisian and Sicilian monovarietal virgin olive oils, *Food Chemistry*, 111(2), 322-328. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.03.066>

Ben Temime, S., Campeol, E., Cioni, P. L., Daoud, D., Zarrouk, M. (2006). Volatile compounds from Chétoui olive oil and variations induced by growing area. *Food Chemistry*, 99, 315–325. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.046>

Boskou, D. (2006). *Olive oil –Chemistry and Technology*. New York: AOCS Publishing.

Brkić Bubola, K. (2011). Karakterizacija djevičanskih maslinovih ulja istarskih autohtonih sorti na temelju hlapljivih tvari i senzorskih svojstava, Doktorski Rad, Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno biotehnološki fakultet, Zagreb.

Caipo, L., Sandoval, A., Sepulveda, B., Fuentes, E., Valenzuela, R., Metherel, A.H., Romero, N. (2021). Effect of storage conditions on the quality of *Arbequina* extra virgin olive oil and the impact on the composition of flavor-related compounds (Phenols and volatiles), *Foods*, 10, 1-18, <https://doi.org/10.3390/foods10092161>

Campestre, C., Angelini, G., Gasbarri, C., Angerosa, F. (2017). The Compounds Responsible for the Sensory Profile in Monovarietal Virgin Olive Oils, *Molecules*, 22(11), 1-28, <https://doi.org/10.3390/molecules22111833>

Cecchi, L., Migliorini, M., Mulinacci, N. (2021). Virgin Olive Oil Volatile Compounds: Composition, Sensory Characteristics, Analytical Approaches, Quality Control, and Authentication, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69, 2013–2040. <https://dx.doi.org/10.1021/acs.jafc.0c07744?ref=pdf>

Coutelieris, F., Kanavouras, A. (2006). Experimental and theoretical investigation of packaged olive oil: Development of a quality indicator based on mathematical predictions, *Journal of Food Engineering*, 73, 85-92, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.01.008>

da Costa, J.R.O., Dal Bosco, S.M., Ramos, R.C.S, Machado, I.C.K., Garavaglia, J., Villasclaras, S.S. (2020). Determination of volatile compounds responsible for sensory characteristics from Brazilian extra virgin olive oil using HS-SPME/GC-MS direct method, *Journal of Food Science*, 85(11), 3764-3775, <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15467>

Gomes da Silva, M.D.R., Costa Freitas, A.M., Cabrita, M.J.B., Garcia, R. (2012). *Olive Oil Composition: Volatile Compounds*. U: D. Boskou (ur.) *Olive Oil - Constituents, Quality, Health Properties and Bioconversions*, InTech, DOI: 10.5772/28512

Gugić M., Šarolić, M., Grgić, I., Strikić, F., Katalinić, M. (2017). *Maslina i proizvodi*, Sinj: Ogranak Matice Hrvatske.

Kalua, C.M., Allen, M.S., Bedgood, D.R., Bishop, A. G., P. D. Prenzler, P.D. (2005). Discrimination of Olive Oils and Fruits into Cultivars and Maturity Stages Based on Phenolic and Volatile Compounds, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(20), 8054–8062, <https://doi.org/10.1021/jf051233i>

Koprivnjak, O. (2006). *Djevičansko maslinovo ulje od masline do stola*, Poreč: MIH.

Pitarević, A. (2023). Utjecaj vremena skladištenja na kvalitetu i aromatični profil djevičanskih maslinovih ulja, Diplomski rad, Sveučilište u Splitu, Kemijsko-tehnološki fakultet, Split.

Sanchez-Ortiz, A., Perez, A.G., C. Sanz, C. (2007). Cultivar differences on nonesterified polyunsaturated fatty acid as a limiting factor for the biogenesis of virgin olive oil aroma, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(19), 7869-7873, <https://doi.org/10.1021/jf071202i>

Shendi, E.G., Ozay, D.S., Ozkaya, M.T., Ustunel, N.F. (2018). Changes occurring in chemical composition and oxidative stability of virgin olive oil during storage, *OCL - Oilseeds & fats Crops and Lipids*, 25(6) 1-8. <https://doi.org/10.1051/ocl/2018052>

Silva, K., Rodrigues, N., Pereira, J.A., Ramalhosa, E. (2022). Characterisation of Olive Oils from the Douro Valley, Portugal: Study of the Volatile Fraction and Its Relationship with Sensory Characteristics, *Journal of Applied Science*, 12, 9246. <https://doi.org/10.3390/app12189246>

Soldo, B. (2016). Utjecaj lipoksigenaze na sastav hlapljivih tvari u maslinovom ulju autohtonih dalmatinskih sorti, Doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.

Šarolić, M., Gugić, M., Tuberoso, C.I.G., Jerković, I., Šuste, M., Marijanović, Z., Marek Kuš P. (2015). Volatile Profile, Phytochemicals and Antioxidant Activity of Virgin Olive Oils from Croatian Autochthonous Varieties Mašnjača and Krvavica in Comparison with Italian Variety Leccino, *Molecules*, 19, 881-895; <https://doi.org/10.3390/molecules19010881>

Škarica, B., Žužič, I., Bonifačić, M. (1996). *Maslina i maslinovo ulje visoke kakvoće u Hrvatskoj*, Rijeka: Punat.

Tanouti, K., Caid, H.S., Sindic, M., Wathélet, J.P., Ahmed, A. (2012). Volatile compounds, Profiles of virgin olive oils produced in the eastern Morocco: Oxidative stability and sensory defects, *Journal of Food Research*, 1(4), 194-206, <http://dx.doi.org/10.5539/jfr.v1n4p194>

Topi, D., Amanpour, A., Kelebek, H., Selli, S. (2019). Screening of aroma profiles in Albanian cvs. Kalinjot and Bardhi Tirana olive oils using purge and trap extraction technique, *Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*, 96, 101-108.

Zhou, Q, Liu, S., Liu, Y., Song, H. (2019). Comparative analysis of volatiles of 15 brands of extra-virgin olive oils using solid-phase micro-extraction and solvent-assisted flavor evaporation, *Molecules*, 24, 1-19, <https://doi.org/10.3390/molecules24081512>

Žanetić, M., Jukić Špika, M., Ožić, MM., Brkić Buboola, K (2021). Comparative study of volatile compounds and sensory characteristics of Dalmatian monovarietal virgin olive oils, *Plants*, 10, 1-18. <https://doi.org/10.3390/plants1010>

Primljeno: 22. siječnja 2024. godine.

Received: January 22, 2024.

Prihvaćeno: 22. travnja 2024. godine.

Accepted: April 22, 2024.

Senzorska procjena čajnog peciva obogaćenog šipkom (*Rosa canina* L.)

Sensory evaluation of rosehip (*Rosa canina* L.) enriched tea biscuits

Emilija Friganović^{1*}, Ljiljana Nanjara¹, Anđela Grabovac^{1,2}, Maria Zvijerac^{1,2}, Boris Dorbić¹

izvorni znanstveni rad (original scientific paper)

doi: 10.32779/gf.7.1.3

Citiranje/Citation³

Sažetak

Obogaćeni proizvodi su skupina funkcionalnih prehrambenih proizvoda visoko cijenjenih među potrošačima zbog mogućeg pozitivnog utjecaja na zdravlje. *Rosa canina* L. raste kao grm na poljima zapadne Azije, Sjeverne Amerike i Europe, a šipak je lažni plod ili pseudokarp vrste *Rosa* koja pripada obitelji Rosaceae koja dobiva sve više pozornosti zbog svoje visoke nutritivne i ljekovite vrijednosti. Čajno pecivo je popularan i često uživan prehrambeni proizvod te stoga pogodan za obogaćivanje dodavanjem različitih sastojaka. Cilj ovog rada bio je pripremiti uzorke čajnog peciva obogaćenog šipkom (*Rosa canina* L.) te utvrditi prihvatljivost uzoraka od strane potrošača. U tu svrhu pripremljena su i ocijenjena četiri uzorka čajnog peciva s različitim udjelom osušenog i pulveriziranog šipka u recepturi proizvoda. Podatci dobiveni senzorskom procjenom obrađeni su i analizirani u programima Microsoft Excel i IBM SPSS Statistics 25. Rezultati su prikazani kao aritmetička sredina \pm standardna devijacija. U analizi podataka korištena je jednosmjerna analiza varijance (ANOVA) uz Tukeyjev *post-hoc* test. Čajno pecivo obogaćeno osušenim i pulveriziranim plodom šipka visoko je ocijenjeno od strane potrošača. Iz dobivenih rezultata senzorskog ocjenjivanja može se zaključiti da je najprihvatljiviji uzorak s udjelom od 15 % osušenog i pulveriziranog šipka u odnosu na ukupne suhe sastojke. Podatci pokazuju da za neka senzorska svojstva postoje statistički značajne razlike između uzoraka, posebice za uzorak s najvećim udjelom osušenog i pulveriziranog šipka.

Ključne riječi: čajno pecivo, obogaćivanje proizvoda, *Rosa canina* L., šipak, senzorska procjena.

¹ Veleučilište "Marko Marulić" u Kninu, Petra Krešimira IV 30, 22300 Knin, Republika Hrvatska.

* E-mail: emilija.friganovic@veleknin.hr (dopisna autorica).

² Studentica stručnog prijediplomskog studija Prehrambena tehnologija.

³ Friganović, E., Nanjara, Lj., Grabovac, A., Zvijerac, M., Dorbić, B. (2024). Senzorska procjena čajnog peciva obogaćenog šipkom (*Rosa canina* L.). *Glasilo Future*, 7(1), 28–37. / Friganović, E., Nanjara, Lj., Grabovac, A., Zvijerac, M., Dorbić, B. (2024). Sensory evaluation of rosehip (*Rosa canina* L.) enriched tea biscuits. *Glasilo Future*, 7(1), 28–37.

Abstract

Enriched products are group of functional food products highly appreciated among consumers due to their possible positive impact on health. *Rosa canina* L. is found growing as a shrub in the fields of Western Asia, North America and Europe and rosehips are false fruits or pseudocarp of *Rosa* species belonging to the family *Rosaceae* that is gaining more attention due to its high nutritional and medicinal value. Tea biscuits are popular and often enjoyed baked good and thus suitable food for enrichment by adding different ingredients. The aim of this work was to prepare rosehip (*Rosa canina* L.) enriched tea biscuits samples and to determine the acceptability of the samples by consumers. For this purpose, four samples of tea biscuits with different proportions of dried and pulverized rosehip in the product recipe were prepared and evaluated. The data obtained from the sensory evaluation were processed and analysed in Microsoft Excel and IBM SPSS Statistics 25 programs. The results are presented as arithmetic means \pm standard deviation. One-way analysis of variance (ANOVA) with Tukey's post-hoc test was used in data analysis. Tea biscuits enriched with dried and pulverized rosehip have been rated highly by consumers. From the obtained results of sensory evaluation, it can be concluded that the most acceptable sample is the one with a proportion of 15 % of dried and pulverized rosehip to the total dry ingredients. The data show that for some sensory properties there are statistically significant differences between the samples, especially for the samples with the highest proportion of dried and pulverized rosehip.

Key words: tea biscuits, enrichment, *Rosa canina* L., rosehip, sensory evaluation.

Uvod

Obogaćeni proizvodi su skupina funkcionalnih prehrambenih proizvoda visoko cijenjenih među potrošačima zbog mogućeg pozitivnog utjecaja na zdravlje (Ćurić i Galić, 2006; Roberfroid, 2000, prema Čalić et al., 2011; Čukelj et al., 2016; Čukelj et al., 2017). Funkcionalna hrana pored svoje osnovne nutritivne vrijednosti na pozitivan i zadovoljavajući način utječe na jedan ili više ciljanih funkcija tijela smanjujući rizike razvoja pojedinih bolesti (Roberfroid, 2000, prema Čalić et al., 2011). Tipovi funkcionalne hrane prikazani su u tablici 1.

Čajno pecivo je popularan te stoga i pogodan prehrambeni proizvod za obogaćivanje dodavanjem različitih sastojaka. Prema Pravilniku o žitaricama i proizvodima od žitarica (NN 101/2022, 2022) fini pekarski proizvodi, u koje uvrštavamo i čajno pecivo, su proizvodi koje odlikuju specifična senzorska svojstva, a proizvedeni su različitim tehnološkim procesima od mlinskih proizvoda, masnoća i drugih sastojaka po kojim su specifični. Čajno pecivo dobiva se pečenjem oblikovanog tijesta, a gotov proizvod sadrži najmanje 10 % masnoća i najviše 5 % vode.

Tablica 1. Tipovi funkcionalne hrane.

Table 1. Types of functional food.

Nemodificirana i neprerađena hrana	Najjednostavniji oblik funkcionalne hrane, hrana u svom prirodnom obliku.
Obogaćeni proizvodi	Hrana nastala povećanjem količine (dodatkom) već postojećih nutrijenata/komponentata ⁴ .
	Hrana nastala dodatkom novih nutrijenata/komponentata koji nisu normalno prisutni u određenoj hrani ⁵ .
Izmijenjeni proizvodi	Hrana nastala zamjenom (djelomičnom ili potpunom) postojeće komponente i/ili antinutrijenta s nutrijentima/komponentama koje imaju povoljan učinak ⁶ .
Poboljšani proizvodi	Hrana koja je obogaćena nutrijentima/komponentama kroz specijalne uvjete uzgoja biljaka, nove formule stočne hrane kod uzgoja životinja i sl. ⁷ .

Izvor: Spence, 2006; Kotilainen et al., 2006, prema Čalić et al., 2011.

Source: Spence, 2006; Kotilainen et al., 2006, as cited in Čalić et al., 2011.

Pasja ruža, obični šipak, šipak (FCD, 2024)⁸ (*Rosa canina* L.) raste kao grm na poljima zapadne Azije, Sjeverne Amerike i Europe, a šipak je lažni plod ili pseudokarp vrste *Rosa* iz obitelji *Rosaceae* koji dobiva sve više pozornosti zbog svoje visoke nutritivne i ljekovite vrijednosti (Saini et al., 2024) i koristi se kao biljni lijek više od 2000 godina (Winther et al., 2016). Šipak sadrži razne biološki aktivne tvari s antioksidativnim i protuupalnim djelovanjem primarno askorbinske kiseline i flavonole (Peña et al., 2023), ostale polifenole, karotenoide i tokoferole (Zhou et al., 2023), a sadrži i protuupalni galaktolipid ((2S)-1,2-di-O-[(9Z,12Z,15Z)-oktadeka-9,12,15-trienoil]-3-O-β-D-galaktopiranozil glicerol) (Larsen et al., 2003; Fan et al., 2014; Schwager et al., 2014; Winther et al., 2016). Zahvaljujući navedenom sastavu, šipak pokazuje protuupalna, imunomodulatorna, antimikrobna, antiviralna, antikancerogena, antidijabetička, kardioprotektivna, hepatoprotektivna, neuroprotektivna te osteoprotektivna svojstva (Fan et al., 2014; Wang et al., 2022; Zhou et al., 2023; Ertas et al., 2023). Peña et al. (2023) identificirali su u plodu šipka devet polifenolnih spojeva: šest flavonola (prvenstveno derivati kvercetina), cijanidin-3-glukozid, katehin i galoilkvininsku kiselinu. Glavni karotenoidi koji se nalaze u šipku su β-karoten, likopen, β-kriptoksantin, rubiksantin, zeaksantin i lutein (Hodisan et al., 1997). Šipak sadrži značajno veliku količinu vitamina C (Peña et al., 2023), a većina se nalazi u koži (Georgieva et al., 2014). Prema Dobrev et al. (2015) u frakciji tokoferola prevladavaju α-(50,6 %) i γ-tokoferol (42,7 %). Meso ploda sadrži i pektin, invertni šećer, saharozu, tanine, zatim vitamine E, B2, B1 i K te minerale kalij, kalcij, magnezij, fosfor, natrij, željezo, mangan, bakar i cink, a od organskih kiselina jabučnu i limunsku (Fan et al., 2014; Wang et al., 2022; Peña et al., 2023).

⁴ Vidi primjere: Marsanasco et al., 2011; Itkonen et al., 2018.

⁵ Vidi primjere: Michaličková et al., 2019; Nami et al., 2020.

⁶ Vidi primjere: Genovese et al., 2022; Yang et al., 2017.

⁷ Vidi primjere: Kralik et al., 2024; Kralik et al., 2015.

⁸ <https://hirc.botanic.hr/fcd/DetaljiFrame.aspx?IdVrste=8641>

Cilj ovog rada bio je pripremiti uzorke čajnog peciva obogaćenog šipkom (*Rosa canina* L.) te utvrditi prihvatljivost uzoraka od strane potrošača.

Materijali i metode

Čajno pecivo obogaćeno šipkom (*Rosa canina* L.) pripremljeno je u Laboratoriju za kemiju i tehnologiju žitarica Veleučilišta "Marko Marulić" u Kninu. U tu svrhu pšenično brašno pomiješano je sa osušenim i pulveriziranim šipkom (*Rosa canina* L.) u različitim omjerima (0 % (kontrolni uzorak = uzorak br. 1), 7,5 % (uzorak br. 2), 15 % (uzorak br. 3) i 30 % (uzorak br. 4). Uzorci čajnog peciva pripremljeni su od sljedećih sastojaka kupljenih u maloprodaji (osim šipka): pšenično brašno T 400 i sušeni i usitnjeni plod šipka (80 g), biljna mast (40 g), šećer (40 g), NaCl (1,0 g), NaHCO₃ (1,0 g) i voda (8 – 20 mL). Šipak je ubran na području Šibensko-kninske županije (okolica Šibenika) i pulveriziran nakon sušenja (konvekcija, na temperaturi od 60 °C). Biljna mast i šećer glatko su izmiješani, a zatim dodani u smjesu brašna, osušenog i pulveriziranog šipka, natrijevog hidrogenarbonata i kuhinjske soli, a hladna vode dodana je prema potrebi. Tijesto je umiješeno, ohlađeno i razvučeno na ravnomjernu debljinu od 0,5 cm te izrezano u kružne oblike promjera 4,5 cm (Slika 1.). Uzorci čajnog peciva su pečeni na 175 °C 17 min. Pečeni uzorci čajnog peciva (Slika 2.) ohlađeni su i pohranjeni u hermetički zatvorenim spremnicima do senzorske procjene. Za potrebe senzorske procjene svi uzorci obogaćenog čajnog peciva imali su isti uzorak površine (Slika 3.).



Slika 1. Nepečeni uzorci čajnog peciva obogaćenog šipkom (*Rosa canina* L.) (pšenično brašno pomiješano je s osušenim i pulveriziranim šipkom u različitim omjerima [0 % (kontrolni uzorak = uzorak br. 1), 7,5 % (uzorak br. 2), 15 % (uzorak br. 3) i 30 % (uzorak br. 4)].

Figure 1. Rosehip (*Rosa canina* L.) enriched tea biscuits unbaked samples (the wheat flour was mixed with dried and pulverized rosehip at different levels [(0 % (control sample = sample no. 1), 7.5 % (sample no. 2), 15 % (sample no. 3) and 30 % (sample no. 4)].

Senzorska procjena čajnog peciva obogaćenog šipkom (*Rosa canina* L.) provedena je s ciljem utvrđivanja prihvatljivosti od strane potrošača. Ocjenjivana svojstva (boja, miris, okus, tekstura i ukupna prihvatljivost) prikazana su i opisana u Tablici 1., a ista su pojašnjena svim ispitanicima prije početka ispitivanja. Svojstva su ocjenjivana ocjenama od 1 do 5, a ocjenjivanje je provodilo 20 neiskusnih članova (Ž i M) između 20 i 50 godina starosti (studenti i nastavnici), redovitih konzumenata finih pekarskih i srodnih proizvoda, uključujući čajno pecivo, bez poznatih alergija na

sastojke pšenice i/ili šipka. Svaki ispitanik je prije početka ocjenjivanja dobio olovku i ocjenjivačke listiće. Pečeni i ohlađeni uzorci čajnog peciva, jedan po jedan, posluženi su na bijelim plastičnim tanjurima svakom ocjenjivaču. Između procjene pojedinih uzoraka ispitivačima je ponuđena voda. Podatci dobiveni senzorskom procjenom obrađeni su i analizirani u programima Microsoft Excel i IBM SPSS Statistics 25. Rezultati su prikazani kao aritmetička sredina \pm standardna devijacija. U analizi podataka korištena je jednosmjerna analiza varijance (ANOVA) uz Tukeyjev *post-hoc* test.



Slika 2. Pečeni uzorci čajnog peciva obogaćenog šipkom (*Rosa canina L.*) (pšenično brašno pomiješano je s osušenim i pulveriziranim šipkom u različitim omjerima [0 % (kontrolni uzorak = uzorak br. 1), 7,5 % (uzorak br. 2), 15 % (uzorak br. 3) i 30 % (uzorak br. 4)].

Figure 2. Rosehip (*Rosa canina L.*) enriched tea biscuits baked samples (the wheat flour was mixed with dried and pulverized rosehip at different levels [0 % (control sample = sample no. 1), 7.5 % (sample no. 2), 15 % (sample no. 3) and 30 % (sample no. 4)].



Slika 3. Uzorak površine čajnog peciva.

Figure 3. Cookie surface pattern.

Tablica 2. Opis ocjenjivanih senzorskih svojstava čajnog peciva obogaćenog osušenim i pulveriziranim šipkom (*Rosa canina L.*).

Table 2. Description of evaluated sensory properties of Rosehip (*Rosa canina L.*) enriched tea biscuits.

ČAJNO PECIVO – IZABRANA SVOJSTVA

BOJA	boja uzorka svojstvena proizvodu
MIRIS	ugodan i svojstven proizvodu
OKUS	ugodan i svojstven proizvodu
TEKSTURA	uključuje svojstva: tvrdoća, žvackljivost, adhezivnost, elastičnost
OPĆA PRIHVATLJIVOST	opći stav o prihvatljivosti uzorka/ proizvoda

Rezultati i diskusija

Rezultati provedene senzorske procjene čajnog peciva obogaćenog osušenim i pulveriziranim šipkom (*Rosa canina L.*) prikazani su u Tablici 3., a srednje vrijednosti ocjena senzorskih svojstava obogaćenog čajnog peciva prikazane su na Slici 4. Sva procjenjivana svojstva uzoraka čajnog peciva obogaćenog šipkom (*Rosa canina L.*) ocijenjena su relativno visokim ocjenama, 4,00 ili višim, osim za uzorak br. 4 koji je za svojstvo boje ocijenjen s prosječnom ocjenom 3,98.

Tablica 3. Srednje vrijednosti ocjena senzorskih svojstava čajnog peciva obogaćenog šipkom (*Rosa canina L.*).

Table 3. Mean values of sensory properties of Rosehip (*Rosa canina L.*) enriched tea biscuits.

Senzorska svojstva	Uzorak							
	Br. 1		Br. 2		Br. 3		Br. 4	
	Sr. vr.	± SD	Sr. vr.	± SD	Sr. vr.	± SD	Sr. vr.	± SD
Boja	4,25	± 0,63 ^{ab}	4,40	± 0,59 ^a	4,53	± 0,60 ^a	3,98	± 0,86 ^b
Miris	4,20	± 0,65 ^b	4,65	± 0,53 ^a	4,70	± 0,46 ^a	4,00	± 0,72 ^b
Okus	4,48	± 0,55 ^{ab}	4,68	± 0,47 ^a	4,75	± 0,54 ^a	4,18	± 0,87 ^b
Tekstura	4,45	± 0,81 ^a	4,48	± 0,60 ^a	4,50	± 0,55 ^a	4,03	± 0,77 ^b
Opća prihvatljivost	4,38	± 0,59 ^a	4,45	± 0,64 ^a	4,53	± 0,60 ^a	4,05	± 0,85 ^b

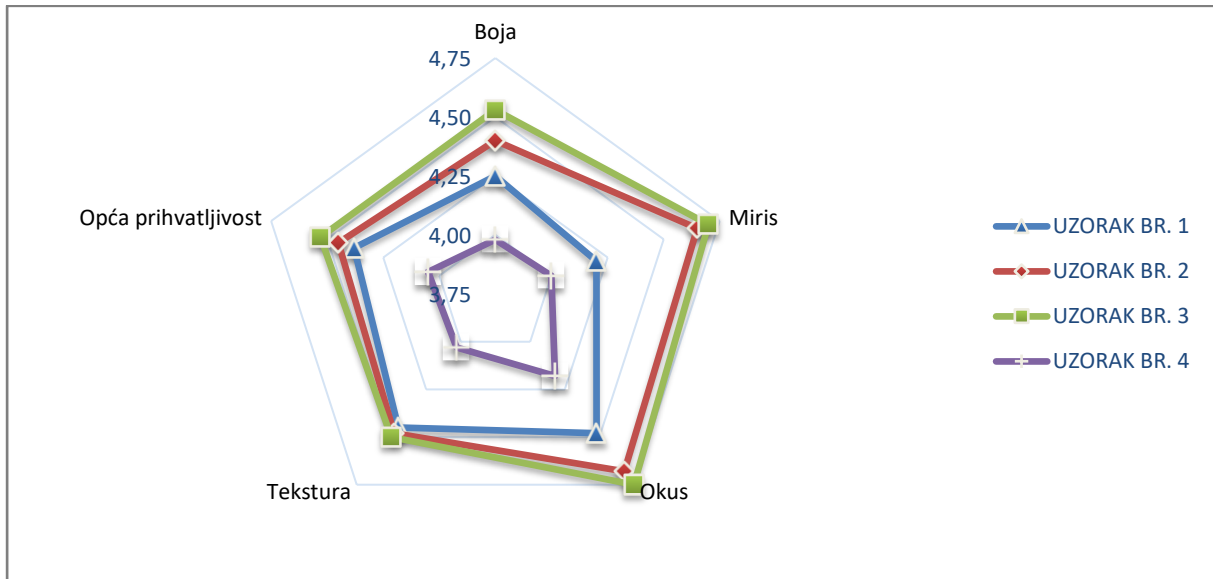
(Pšenično brašno pomiješano je s osušenim i pulveriziranim šipkom u različitim omjerima [0 % (kontrolni uzorak = uzorak br. 1), 7,5 % (uzorak br. 2), 15 % (uzorak br. 3) i 30 % (uzorak br. 4)].

Vrijednosti u tablici predstavljaju aritmetičke sredine ± standardna devijacija (N = 40, 20 ispitanika, dva ponavljanja). Vrijednosti u istom redu s različitim slovima u eksponentu (^{a, b}) značajno se razlikuju (p < 0,05).

(The wheat flour was mixed with dried and pulverized rosehip at different levels [0 % (control sample = sample no. 1), 7.5 % (sample no. 2), 15 % (sample no. 3) and 30 % (sample no. 4)].

The values represent means ± standard deviation (N = 40, 20 respondents, two repetitions). The values in a row with different superscript letters (^{a, b}) are significantly different (p < 0.05).

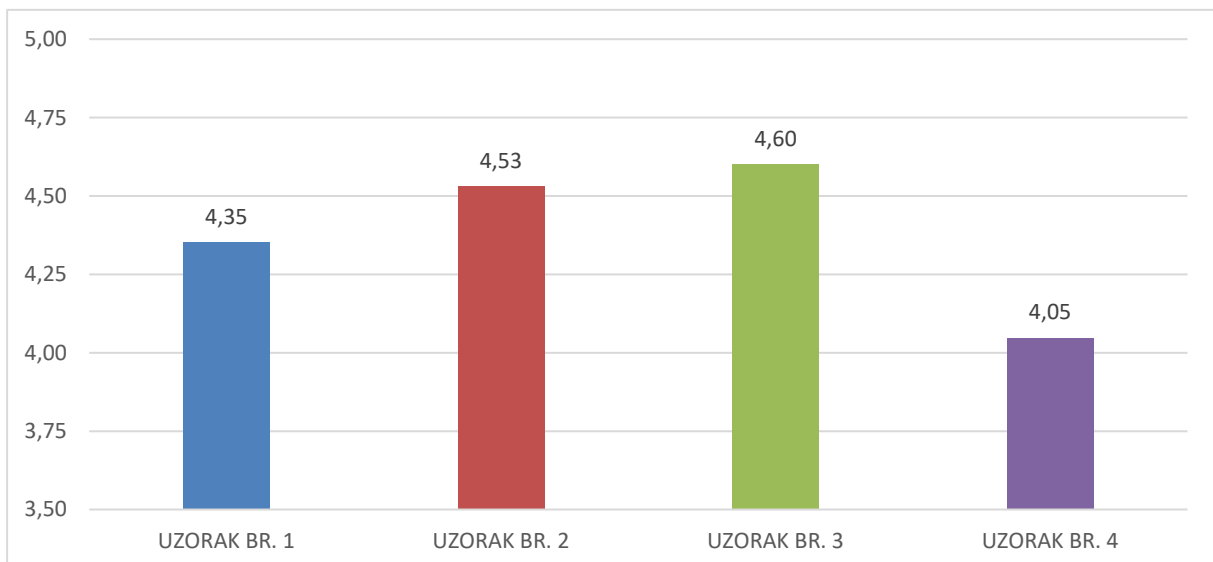
Najveću ocjenu za sva procjenjivana senzorska svojstva dobio je uzorak br. 3, zatim slijedi uzorak br. 2 za sva svojstva te kontrolni uzorak (uzorak br. 1) za sva svojstva, a posljednji je uzorak br. 4, najslabije ocijenjen za sva svojstva. Za sva procjenjivana svojstva podatci ne pokazuju da postoje statistički značajne razlike između uzorka br. 3 i uzorka br. 2. Za sva procjenjivana svojstva podatci pokazuju da postoje statistički značajne razlike između uzorka br. 4 i uzorka br. 2 te uzorka br. 4 i uzorka br. 3. Nadalje, podatci ne pokazuju da postoje statistički značajne razlike između uzorka br. 4 i kontrolnog uzorka za svojstva boje, mirisa i okusa, međutim, pokazuju da postoje statistički značajne razlike između uzorka br. 4 i kontrolnog uzorka za svojstva teksture i opće prihvatljivosti. Također, podatci pokazuju da postoje statistički značajne razlike između kontrolnog uzorka i uzorka br. 2 te kontrolnog uzorka i uzorka br. 3. za svojstvo mirisa. Iz prezentiranih podataka proizlazi da veći udio (30 %) dodanog osušenog i pulveriziranog šipka u odnosu na ukupne suhe sastojke negativno utječe na ocjenu svojstava teksture i opće prihvatljivosti, a da dodatak osušenog i pulveriziranog šipka od 7 % i 15 % u odnosu na ukupne suhe sastojke pozitivno utječe na ocjenu svojstva mirisa.



Slika 4. Srednje vrijednosti ocjena senzorskih svojstava čajnog peciva obogaćenog šipkom (*Rosa canina L.*).

Figure 4. Mean values of sensory properties of of Rosehip (*Rosa canina L.*) enriched tea biscuits.

Prema Slici 5. koja prikazuje prosječne ocjene senzorske procjene čajnog peciva obogaćenog osušenim i pulveriziranim plodom šipka (*Rosa canina L.*) vidljivo je da je uzorak s udjelom od 30 % osušenog i pulveriziranog šipka u odnosu na ukupne suhe sastojke (uzorak br. 4) dobio najnižu ocjenu (4,05), a preostala dva obogaćena uzorka čajnog peciva (uzorci br. 2 i br. 3) ocijenjena su višim ocjenama od kontrolnog uzorka. Najprihvatljiviji uzorak je uzorak s udjelom od 15 % osušenog i pulveriziranog šipka u odnosu na ukupne suhe sastojke (uzorak br. 3) s prosječnom ocjenom 4,60.



Slika 5. Prosječna ocjena senzorske procjene čajnog peciva obogaćenog šipkom (*Rosa canina L.*)

Figure 5. Average grade of sensory evaluation of of Rosehip (*Rosa canina L.*) enriched tea biscuits.

Zaključak

Čajno pecivo obogaćeno osušenim i pulveriziranim plodom šipka (*Rosa canina* L.) visoko je ocijenjeno od strane potrošača. Iz dobivenih rezultata senzorskog ocjenjivanja može se zaključiti da je najprihvatljiviji uzorak s udjelom od 15 % osušenog i pulveriziranog šipka u odnosu na ukupne suhe sastojke, iako za sva procjenjivana svojstva podatci ne pokazuju da postoje statistički značajne razlike s uzorkom šipka od 7 %. Podatci pokazuju da za neka senzorska svojstva postoje statistički značajne razlike između uzoraka, posebice za uzorak s najvećim udjelom osušenog i pulveriziranog šipka gdje je vidljivo da veći udio (30 %) dodanog osušenog i pulveriziranog šipka negativno utječe na ocjenu svojstava teksture i opće prihvatljivosti. Također, prema podacima, dodatak osušenog i pulveriziranog šipka od 7 % i 15 % pozitivno utječe na ocjenu svojstva mirisa. Rezultati provedenog ispitivanja mogu poslužiti kao osnova za daljnji razvoj obogaćenih finih pekarskih proizvoda.

Literatura

- Ćurić D., Galić K. (2006). Development of Functional Cereal Based Foodstuffs. U: Ugarčić–Hardi Ž. (ur.), *Proceedings of 3rd International Congress Flour–Bread and 5th Croatian Congress of Cereal Technologists* (121–133). Osijek, Hrvatska: Prehrambeno tehnološki fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.
- Čalić, S., Friganović, E., Maleš, V., Mustapić A. (2011). Funkcionalna hrana i potrošači. *Praktički menadžment – stručni časopis teoriju i praksu menadžmenta*, II(2):51–57. <https://hrcak.srce.hr/71847>
- Čukelj, N., Putnik, P., Novotni, D., Ajerdini, S., Voučko, B., Ćurić, D. (2016). Market potential of lignans and omega–3 functional cookies. *British Food Journal*, 118(10): 2420–2433. <https://doi.org/10.1108/BFJ-03-2016-0117>
- Čukelj, N., Novotni, D., Sarajlija, H., Drakula, S., Voučko, B., Ćurić, D. (2017). Flaxseed and multigrain mixtures in the development of functional biscuits. *LWT – Food Science and Technology*, 86:85–92. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.07.048>
- Dobрева, K., Ovcharova, T., Taneva, I. (2015). Lipid composition of rose hip fruits and seeds. *ARTTE Applied Researches in Technics, Technologies and Education*, 3(4):330–335.
- Ertas, B., Hazar-Yavuz, A. N. , Topal, F., Keles-Kaya, R., Karakus, Ö., Ozcan, G. S., Taskin, T., Cam, M. E. (2023). *Rosa canina* L. improves learning and memory-associated cognitive impairment by regulating glucose levels and reducing hippocampal insulin resistance in high-fat diet/streptozotocin-induced diabetic rats. *J Ethnopharmacol*, 313:116541. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2023.116541>

Fan, C., Pacier, C., Martirosyan, D. M. (2014). Rosehip (*Rosa canina* L): A functional food perspective. *Functional Foods in Health and Disease*, 4(11):493–509.

Genovese, A., Balivo, A., Salvati, A., Sacchi, R. (2022). Functional ice cream health benefits and sensory implications. *Food Research International*, 161: 111858. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111858>

Georgieva, S., Angelov, G., Boyadzhieva, S.S. (2014). Concentration of vitamin c and antioxidant activity of rosehip extracts. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 49(5):451–454.

Hodisan. T., Socaciu, C., Ropan, I., Neamtu, G. (1997). Carotenoid composition of *Rosa canina* fruits determined by thin-layer chromatography and high-performance liquid chromatography. *J Pharm Biomed Anal.*, 16(3):521–8. [https://doi.org/10.1016/s0731-7085\(97\)00099-x](https://doi.org/10.1016/s0731-7085(97)00099-x)

IBM SPSS Statistics 25 (2017). New York, USA: International Business Machines Corporation.

Itkonen, S. T., Erkkola, M., Lamberg-Allardt, C. J. E. (2018). Contribution to Vitamin D Intake and Vitamin D Status in Observational Studies - A Review. *Nutrients*, 10(8), 1054:1–1054:19. <https://doi.org/10.3390/nu10081054>

Kralik, Z., Kralik, G., Košević, M. i Radanović, A. (2024). Proizvodni pokazatelji i kvaliteta jaja kokoši nesilica hranjenih dizajniranim omega-3 krmnim smjesama. *Krmiva*, 66 (1):3–12. <https://doi.org/10.33128/k.66.1.1>

Kralik, Z., Kralik, G., Radišić, Ž., Kralik, I. i Hanžek, D. (2015). Influence of dietary replacement of sunflower oil with milk thistle (*Silybum marianum*) oil on fattening characteristics and market value of broiler carcasses. *Poljoprivreda*, 21(2), 61–65. <https://doi.org/10.18047/poljo.21.2.10>

Larsen, E., Kharazmi, A., Christensen, L. P., & Christensen, S. B. (2003). An antiinflammatory galactolipid from rose hip (*Rosa canina*) that inhibits chemotaxis of human peripheral blood neutrophils in vitro. *Journal of Natural Products*, 66(7), 994–995. <https://doi.org/10.1021/np0300636>

Marsanasco, M., Márquez, A. L., Wagner, J. R., Alonso, S. V., Chiaramoni, N. S. (2011). Liposomes as vehicles for vitamins E and C: An alternative to fortify orange juice and offer vitamin C protection after heat treatment. *Food Research International*, 44(9): 3039–3046. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.07.025>

Michaličková, D., Belović, M., Ilić N., Kotur-Stevuljević, J., Slanař, O., Šobajić, S. (2019). Comparison of Polyphenol-Enriched Tomato Juice and Standard Tomato Juice for Cardiovascular Benefits in Subjects with Stage 1 Hypertension: a Randomized Controlled Study. *Plant Foods Hum Nutr*, 74(1), 122–127. <https://doi.org/10.1007/s11130-019-0714-5>

Microsoft Excel (2010). Redmond, USA: Microsoft Corporation.

Nami, Y., Lornezhad, G., Kiani, A., Abdullah, N., Haghshenas, B. (2020). Alginate-Persian Gum-Prebiotics microencapsulation impacts on the survival rate of *Lactococcus lactis* ABRIINW-N19 in orange juice. *LWT*, 124, 109190. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109190>

Nikolić T. ur. (2024). Flora Croatica Database (FCD). Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu. <http://hirc.botanic.hr/fcd>

Peña, F., Valencia, S., Tereucán, G., Nahuelcura, J., Jiménez-Aspee, F., Cornejo, P., Ruiz, A. (2023). Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in the Fruit of Rosehip (*Rosa canina* L. and *Rosa rubiginosa* L.). *Molecules*, 28(8):3544. <https://doi.org/10.3390/molecules28083544>

Pravilnik o žitaricama i proizvodima od žitarica, *Narodne novine* br. 101/2022.

Saini, A., Kaur, R., Kumar, S., Saini, R. K., Kashyap, B., Kumar, V. (2024). New horizon of rosehip seed oil: Extraction, characterization for its potential applications as a functional ingredient, *Food Chemistry* 437, 137568. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137568>

Schwager, J., Richard, N., Schoop, R., Wolfram, S. (2014). A novel rose hip preparation with enhanced anti-inflammatory and chondroprotective effects. *Mediators Inflamm*, 2014:105710. <https://doi.org/10.1155/2014/105710>

Wang, Y., Zhao, Y., Liu, X., Li, J., Zhang, J., Liu, D. (2022). Chemical constituents and pharmacological activities of medicinal plants from *Rosa* genus. *Chin Herb Med*, 14(2):187–209. <https://doi.org/10.1016/j.chmed.2022.01.005>

Winther, K., Vinther Hansen, A. S., Campbell-Tofte, J. (2016). Bioactive ingredients of rose hips (*Rosa canina* L) with special reference to antioxidative and anti-inflammatory properties: in vitro studies. *Botanics: Targets and Therapy*, 6:11–23. <https://doi.org/10.2147/BTAT.S91385>

Zhou, M., Sun, Y., Luo, L., Pan, H., Zhang, Q., Yu, C. (2023). Road to a bite of rosehip: A comprehensive review of bioactive compounds, biological activities, and industrial applications of fruits. *Trends in Food Science & Technology*, 136:76–91. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.04.006>

Primljeno: 21. svibnja 2024. godine.

Received: May 21, 2024.

Prihvaćeno: 30. svibnja 2024. godine.

Accepted: May 30, 2024.

Funkcionalni napitak na bazi ječmenog slada

Barley malt-based functional beverage

**Nikola Marić¹, Sanja Radman, Danijela Skroza, Roberta Frleta Matas²,
Ivana Generalić Mekinić***

stručni rad (professional paper)

doi: 10.32779/gf.7.1.4

Citiranje/Citation³

Sažetak

Funkcionalni napitci spadaju u jednu od najzastupljenijih kategorija funkcionalne hrane, a među njima se posebno ističu napitci na bazi žitarica. Na svojstva konačnog funkcionalnog proizvoda utječu razni parametri kao što su sastav i svojstva sirovine i ostalih sastojaka koji se dodaju tijekom proizvodnje, kao i način procesiranja. U ovom radu opisan je postupak proizvodnje funkcionalnog napitka na bazi ječmenog slada i promjene koje se događaju tijekom pojedinih faza (u fazi proizvodnje sladovine i tijekom fermentacije). U konačnici, prikazan je postupak i rezultati dobiveni provođenjem preliminarnih istraživanja proizvodnje i analize funkcionalnog napitka na bazi ječmenog slada u laboratoriju Zavoda za prehrambenu tehnologiju i biotehnologiju Kemijsko-tehnološkog fakulteta u Splitu.

Ključne riječi: funkcionalna hrana, funkcionalni napitak, ječam, slad, bakterije mliječne kiseline, fermentacija.

Abstract

Functional beverages are one of the most common categories of functional foods, and cereal-based drinks stand out among them. The properties of the final product are influenced by various parameters, such as the composition and characteristics of the raw materials and other ingredients added during production, as well as the processing method applied. This paper describes the process of producing a functional beverage from barley malt and the changes that occur during certain stages (in the wort production phase and during fermentation). Finally, we have described the production process and the

¹ Sveučilište u Splitu, Kemijsko-tehnološki fakultet, Ruđera Boškovića 35, 21000 Split, Republika Hrvatska.

* E-mail: gene@ktf-split.hr (dopisna autorica).

² Centar izvrsnosti za znanost i tehnologiju – Integracija mediteranske regije (STIM), Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Splitu, Ruđera Boškovića 35, 21000 Split, Republika Hrvatska.

³ Marić, N., Radman, S., Skroza, D., Frleta Matas, R., Generalić Mekinić, I. (2024). Funkcionalni napitak na bazi ječmenog slada. *Glasilo Future*, 7(1), 38–47. / Marić, N., Radman, S., Skroza, D., Frleta Matas, R., Generalić Mekinić, I. (2024). Barley malt-based functional beverage. *Glasilo Future*, 7(1), 38–47.

analysis results obtained during the preliminary studies on the processing and analysis of the functional barley malt-based beverage in our laboratory.

Key words: functional food, functional beverage, barley, malt, lactic acid bacteria, fermentation.

Uvod

Otkrićem nutrijenata glavni ciljevi znanosti o prehrani odnosno nutricionizma bili su definiranje i razvoj pojma tzv. *uravnotežene prehrane* koji je podrazumijevao konzumaciju namirnica kojima bi se osigurali zahtjevi organizma za unosom tvari potrebnih za održavanje osnovnih tjelesnih funkcija, rast, kao i sprječavanje razvoja bolesti. Kasnije su se istraživanja usmjerila k pojmu tzv. *optimalne prehrane* čiji cilj je poboljšanje fizioloških funkcija organizma u svrhu očuvanja zdravlja i dugoročnog smanjenja rizika od pojave bolesti (Roberfroid, 2000; Ashwell, 2002). U tom razdoblju se pojavio i pojam funkcionalne hrane koji se prvi puta spomenuo tijekom provođenja projekta Japanske vlade usmjerenog na istraživanje funkcionalnosti hrane s primarnim ciljem smanjenja troškova zdravstvene skrbi (Kwak i Jukes, 2001). Kao rezultat navedenog, 1991. g. uspostavljen je poseban regulatorni okvir koji se odnosio na hranu s posebnim zdravstvenim značajem (engl. *Foods for Specified Health Use, FOSHU*), a koji je dozvolio navođenje znanstveno dokazanih zdravstvenih tvrdnji na pojedinim namirnicama i prehrambenim proizvodima (Verschuren, 2002; Doyon i Labrecque, 2008; Siró et al., 2008). Da bi se određena hrana smatrala funkcionalnom morala je pridonositi održavanju i poboljšanju zdravlja temeljem jasno definiranih zdravstvenih i nutritivnih činjenica, imati dokazane pozitivne učinke na ljudsko zdravlje i biti sigurna za potrošača. Također, njeni sastojci su trebali biti dobro definirani i nije smjelo doći do njihovih značajnijih gubitaka tijekom proizvodnje. Važnim se smatrala mogućnost konzumacije takve hrane na dnevnoj bazi (ne samo povremeno) u normalnom obliku, te isključivanje hrane i sastojaka koji se koriste isključivo kao lijek (Diplock et al., 1999). Po završetku ovog projekta pojam funkcionalne hrane se raširio ostatkom svijeta, međutim, danas postoje značajne razlike u definiranju ovog pojma. Dok se u Japanu pod funkcionalnom hranom podrazumijeva posebna kategorija proizvoda, u Europi i SAD-u se pod ovim pojmom podrazumijeva dodavanje/osiguravanje funkcionalnosti postojećeg proizvoda, te takvi proizvodi ne čine zasebnu skupinu (Kwak i Jukes, 2001).

Funkcionalna hrana

Funkcionalna hrana je definirana kao hrana koja poboljšava ili pozitivno utječe na ciljane funkcije (jednu ili više njih) i patološke procese u organizmu na način da poboljšava zdravstveno stanje i/ili smanjuje rizik od pojave bolesti kod konzumenta što mora biti znanstveno dokazano nizom *in vitro* i *in vivo* istraživanja (Doyon i Labrecque, 2008). Funkcionalna hrana može biti prirodna hrana u svom osnovnom obliku, te hrana kojoj je neki sastojak dodan ili uklonjen određenim tehnološkim i/ili biotehnološkim postupkom (Diplock et al., 1999).

Cilj procesiranja hrane je pretvorba sirovina u jestive, nutritivno vrijedne i sigurne prehrambene proizvode poželjnih fizikalno-kemijskih i organoleptičkih svojstava, te produljenog roka trajanja. Proizvodnja funkcionalne hrane ima dodatan cilj, a to je dodavanje ili optimiziranje jednog ili više funkcionalnih sastojka. Funkcionalna hrana stoga obuhvaća: a) nemodificiranu hranu tj. hranu koja sadrži funkcionalne sastojke u svom prirodnom obliku, b) obogaćene proizvode čija proizvodnja rezultira povećanim sadržajem funkcionalnih sastojaka ili proizvode u koje se funkcionalna komponenta dodaje, c) izmijenjene proizvode kod kojih je udio štetnog sastojka (antinutrijenta) smanjenja ili je isti u potpunosti uklonjen/zamijenjen, d) poboljšane proizvode kod kojih su jedan ili više sastojaka dodani, poboljšani ili je pak urađena modifikacija njihove bioraspoloživosti, te bilo koja kombinacija navedenih kategorija (Kotilainen et al., 2006; Corbo et al., 2014).

Funkcionalni napitci

Jedna od najpopularnijih i najraširenijih kategorija funkcionalne hrane su funkcionalni napitci među kojima se razlikuju oni na bazi mlijeka, žitarica, voća, povrća, kave, čaja, te sportski i energetski napitci (Corbo et al., 2014).

Funkcionalni napitci na bazi žitarica

Kao sirovina u proizvodnji funkcionalnih napitaka na bazi žitarica koristi se slad, od kojih je najčešći onaj ječmeni. Ječam (lat. *Hordeum vulgare*) je nutritivno vrijedna žitarica iz porodice trava (Poaceae) koja posjeduje brojne funkcionalne sastojke kao što su prehrambena vlakana i različite fitokemikalije (fenolne kiseline, flavonoidi, fitosteroli, lignani, folati, itd.) (Arendt i Zannini, 2013; Idehen et al., 2017). Slad je proklijalo zrno žitarice, a svrha njegove proizvodnje je u zrnju aktivirati i proizvesti enzime koji mogu razgraditi staničnu stjenku endosperma, proteine, osloboditi škrob i hidrolizirati ga kako bi nastali šećeri koje kvasci i bakterije mogu fermentirati. Sušenje zrna proklijanih u posebnim uvjetima zaustavlja se proces klijanja, ali različiti biokemijski procesi u zrnju (Cook, 1962; Briggs, 1998; Kunze, 2004).

Od prehrambenih vlakana u ječmu najvažnijima se smatraju β -glukani koji imaju dokazano djelovanje na smanjenje rizika od nastanka kardiovaskularnih bolesti i razvoj dijabetesa. Osim toga, β -glukani su i prebiotici (Schlörmann i Gleis, 2017; Din et al., 2018; Babade et al., 2022). Od fenolnih spojeva u ječmu značajne su fenolne kiseline, flavonoidi i lignani koji posjeduju jako antioksidativno djelovanje, a od ostalih spojeva ističu se tokoferoli, tokotrienoli, fitosteroli i folati (Andersson et al., 2008; Idehen et al., 2017). Slad sadrži i fitinsku kiselinu koja ima antinutritivna svojstva tj. smanjuje apsorpciju minerala tvoreći s njima kelate, ili dovodi do lošije probavljivosti proteina i/ili inhibicije enzima (Hassani et al., 2016). Udio ovog spoja se tijekom ukomljavanja i fermentacije također smanjuje čime se također poboljšavaju funkcionalna svojstva proizvoda. Tijekom fermentacije bakterije mliječne kiseline proizvode organske kiseline, antimikrobne peptide i bakteriocine koji sprečavaju rast bakterija

kvarenja, patogenih bakterija, gljivica i plijesni utječući na taj način na sigurnost proizvoda i produljenje njegova vijeka trajanja (Tsafrakidou et al., 2020).

Upravo zbog navedenih bioaktivnih i funkcionalnih spojeva kojima obiluju napitci na bazi žitarica, ali i sve veće globalne popularnosti svih oblika funkcionalnih napitaka, cilj ovog rada bio je proizvesti napitak na bazi ječma, pratiti promjene osnovnih parametara tijekom fermentacije, te odrediti aromatski i mikrobiološki profil konačnog proizvoda.

Tehnologija proizvodnje funkcionalnog napitka na bazi žitarica

Tehnologija proizvodnje funkcionalnog napitka na bazi žitarica može se podijeliti na dva dijela; prvi koji obuhvaća proizvodnju sladovine te drugi koji uključuje njenu fermentaciju.

Proizvodnja sladovine

Postupak pripreme sladovine obuhvaća postupke mljevenja slada, ukomljavanja i cijedenja (odvajanje sladovine od tropa).

Mljevenje slada: Početak proizvodnje počinje postupkom mljevenja koji ima za svrhu mehanički usitniti slad kako bi se endosperm izložio djelovanju enzima tijekom ukomljavanja. Kod mljevenja važno je da usitnjene čestice slada imaju optimalnu veličinu jer nedovoljno samljevena zrna će rezultirati nepotpunom razgradnjom škroba i niskim prinosom, dok presitno samljevena zrna će otežati postupak odvajanja sladovine od tropa i dovesti do ekstrakcije nepoželjnih tanina (Crescenzi, 1987, Laus, 2022).

Ukomljavanje: Ukomljavanje predstavlja operaciju miješanja usitnjenog slada s vodom određene temperature. Tijekom ovog procesa enzimi iz zrna sudjeluju u pretvorbi netopljivih sastojaka kao što su škrob, celuloza, proteini i drugi spojevi u topljive (šećeri, dekstrini, minerali, itd.) koji u konačnici čine ekstrakt (Kunze, 2004). Ekstrakt sladovine čini 90-92% ugljikohidrata (75% fermentabilnih šećera) i 4-5% dušičnih spojeva, dok ostatak čine različiti drugi organski i anorganski spojevi (vitamin, minerali i dr.) (Boulton i Quain, 2001). Najvažniji enzimi u ovoj fazi su oni koji sudjeluju u razgradnji škroba (α - i β -amilaza), β -glukana (endo- β -1,4-glukanaza, endo- β -1,3-glukanaza i β -glukan-solubilaza) i proteina (endopeptidaza, karboksipeptidaza, aminopeptidaza i dipeptidaza) (Kunze, 2004; Laus et al., 2022).

Odvajanje sladovine od tropa: Nakon ukomljavanja razlikuje se vodena faza koja se naziva sladovinom, te kruti, netopljivi ostatak koji se naziva tropom. Jedna od druge faze se odvaja cijedenjem. Kako bi iskorištenje bilo što bolje, nakon cijedenja sladovine trop se obično dodatno ispiru malom količinom tople vode (Mosher i Trantham, 2017). Izdvojena sladovina se potom kratko prokuha kako bi se eliminirali potencijalno prisutni mikroorganizmi te hladi.

Fermentacija

Bakterije mliječne kiseline se od davnina koriste u pripremi i konzerviranju hrane utječući primarno na poboljšanje organoleptičkih svojstava i produljenje vijeka trajanja proizvoda. Ipak, znanstvenim istraživanjima je dokazano da pojedini rodovi pozitivno utječu i na nutritivna svojstva proizvoda, sprječavaju rast nepoželjnih patogenih mikroorganizama te imaju pozitivne zdravstvene učinke na ljudski organizam (smanjenje antinutritivnih sastojaka, probiotičko djelovanje). Osim navedenog, bakterije mliječne kiseline su i sami probiotici (Peyer, 2017; Angelov et al., 2018; Bintsis et al., 2018).

Sladovina fermentira inokulacijom bakterija mliječne kiseline, odnosno skupinom nesporogenih, anaerobnih (aerotolerantnih) gram-pozitivnih vrsta koje kao glavni produkt fermentacije proizvode mliječnu kiselinu. U ovu skupinu ubrajamo širok raspon rodova od kojih su možda najznačajniji: *Aerococcus*, *Bifidobacterium*, *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Oenococcus*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus* i *Weissella* (Axelsson, 2004).

Temeljna karakteristika njihova metabolizma je razgradnja šećera te stvaranje mliječne kiseline.

Provedeno preliminarno istraživanje

Postupak proizvodnje

Za proizvodnju funkcionalnog napitka na bazi ječmene sladovine, u laboratoriju Zavoda za prehrambenu tehnologiju i biotehnologiju Kemijsko tehnološkog fakulteta Sveučilišta u Splitu, korišten je komercijalni pripravak liofiliziranih starter kultura (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium infantis* i *Bifidobacterium longum*) (Lactina ltd, Bankya, Bugarska) te tri vrste ječmenog slada: Finest Lager (900 g, Simpsons Malt LTD, Tweed Valley Maltings, UK), Dextrin (900 g, Simpsons Malt LTD) i Pale Ale (2 kg, Weyermann®, Specialty Malting, Njemačka). Za mljevenje slada korišten je ručni mlin (Brewferm, Beverlo, Belgija), a za pripremu sladovine i fermentaciju sustav Grainfather G30 (Grainfather, Bevie Handcraft NZ Ltd, Novi Zeland). Plinski kromatograf s spektrometrom masa (GC-MS, Agilent Technologies, Palo Alto, Santa Clara, CA, SAD) korišten je za razdvajanje, identifikaciju i kvantifikaciju hlapljivih spojeva iz napitka.

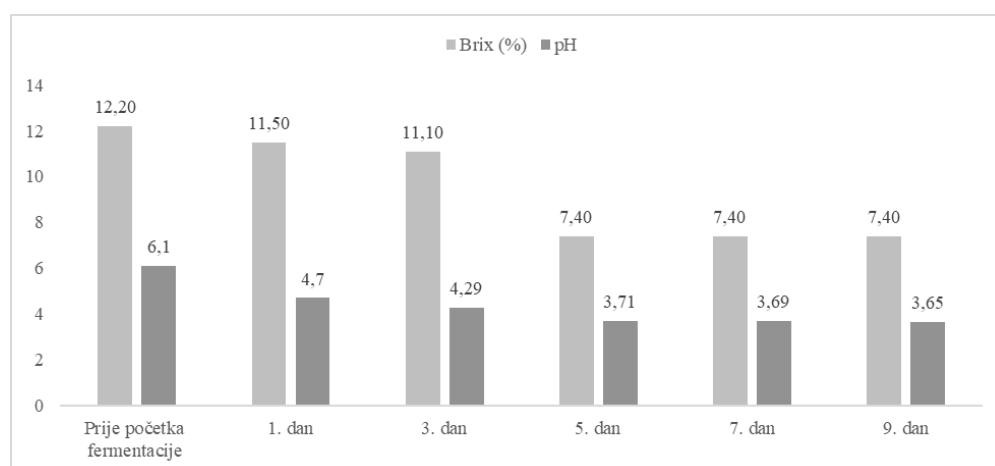
Proces ukomljavanja proveden je izotermno tijekom jednog sata u uređaju Grainfather G30 pri 66 °C korištenjem omjera slada i vode od 1:4. Nakon toga je temperatura podignuta na 78 °C tijekom 10 min kako bi se deaktivirali enzimi te smanjila viskoznost sladovine. Nakon ukomljavanja sladovina je izdvojena od tropa cijedenjem, nakon kojeg je zaostali trop ispiran tom istom sladovinom tijekom 20 min. Ohlađena sladovina je potom inokulirana bakterijama mliječne kiseline (5 g u 5 L). Fermentacija

se provodila u anaerobnim uvjetima pri 37 °C tijekom 9 dana, nakon čega je temperatura snižena na 6 °C. Dobiveni napitak je potom doslađen fruktozom (70 g/L) i preliven u boce.

Analiza funkcionalnog napitka

Od analitičkih parametara tijekom proizvodnje u sladovini su praćene pH vrijednosti (pH metar HI 2211; Hanna Instruments, SAD), specifična gustoća i sadržaj šećera (suhe tvari) (hidrometar; Brewferm, Belgija i refraktometar; Brouwland, Belgija) (slika 1).

Kao što je vidljivo iz dobivenih rezultata (Slika 1) tijekom fermentacije je zabilježen kontinuirani pad sadržaja šećera i pH vrijednosti napitka sa početnih vrijednosti od 12,2 °Brix i pH vrijednosti 6,1 na vrijednosti 7,4 °Brix i 3,65 koje su zabilježene posljednji dan fermentacije, uz osobito značajnu promjenu zabilježenu tijekom prijelaza s trećeg na peti dan fermentacije.



Slika 1. Promjena udjela šećera i pH vrijednosti tijekom fermentacije sladovine.

Figure 1. Changes in sugar and pH values during the fermentation of malt.

Hlapljivi spojevi napitka izolirani su postupkom mikroekstrakcije vršnih para na krutoj fazi (engl. *Solid-Phase Microextraction*, SPME), a identifikacija spojeva provedena je upotrebom GC-MS sustava i kapilarne kolone HP-5MS (30 m × 0,25 mm, 0,25 μm, Agilent Technologies, Palo Alto, Santa Clara, CA, SAD). Uvjeti rada plinskog kromatografa su bili sljedeći: temperaturni program kolone: 2 min izotermno na 70 °C, zatim porast temperature od 70 °C do 250 °C (3 °C/min), vrijeme u kojem izlazi otapalo je bilo 3 minute, temperatura injektora je bila 250 °C, omjer cijepanja 1:5, helij (1 mL/min) je korišten kao plin nositelj, dok kod spektrometra masa energija ionizacije je iznosila 70 eV, temperatura ionskog izvora 230 °C, a interval snimanja masa je bio 30-350 m/z. Spojevi su identificirani usporedbom njihovog retencijskog indeksa (RI) s RI serije *n*-alkana (C8-C30) te usporedbom spektra masa s podacima iz baza Wiley 9 (Wiley, New York, NY, SAD) i NIST 17 (Gaithersburg, MD, SAD).

Profil glavnih spojeva arome detektiranih u uzorku je prikazan u tablici 1.

Prema dobivenim rezultatima najviši udio izoliranih i identificiranih hlapljivih spojeva arome u pripremljenom funkcionalnom napitku čine alkoholi sa 77,41%. Među njima dominira etanol sa 39,06%, a slijede ga 3-metil-butan-1-ol (27,54%) i 2-feniletanol (9,85%). Drugi po zastupljenosti su esteri (18,13%) od koji se udjelom ističu etil oktanoat (6,57%), etil heksanoat (3,11%) i etil dekanat (3,04%). Terpeni, među njima dominira limonen (1,82%), čine treću skupinu spojeva. Od organskih kiselina najzastupljenija je kaprilna kiselina (1,23%), dok su u niskom udjelu još identificirani ketoni, alkani i alkenoni.

Tablica 1. Profil najzastupljenijih hlapljivih spojeva arome funkcionalnog napitka (%).
Table 1. Profile of functional beverage major volatiles (%).

Broj	RI*	Spoj	Udio (%)
1	<800	etanol	39,06
2	<800	3-metilbutan-1-ol	27,54
3	876	3-metilbutil acetat	1,59
4	1003	etil heksanoat	3,11
5	1037	limonen	1,82
6	1117	2-feniletanol	9,85
7	1181	kaprilna kiselina	1,23
8	1199	etil oktanoat	6,57
9	1596	etil dodekanoat	1,9

*RI- retencijski indeksi

U uzorcima funkcionalnog napitka određen je udio bakterija pripremom decimalnih razrjeđenja. Za određivanje broja bakterija mliječne kiseline pripremljena su decimalna razrjeđenja u rasponu od 10^{-1} do 10^{-5} , a za broj ukupnih aerobnih mezofila u rasponu od 10^{-1} do 10^{-6} . Metodom razmaza $100 \mu\text{L}$ uzorka je nasijano na hranjive podloge za ukupne mezofile (*Plate Count agar*, PCA) i za bakterije mliječne kiseline (*De Man, Rogosa and Sharpe agar*, MRSA). Podloge su inkubirane 48 sati pri 30°C , a po završetku inkubacije izbrojane su porasle bakterijske kolonije.

Da bi se neki napitak kategorizirao probiotičkim mora sadržavati 10^6 - 10^7 CFU/mL bakterijskih kolonija (engl. *colony forming units*, CFU), čime se povećava njegova funkcionalna vrijednost (Matouskova i sur., 2021). Rezultati mikrobiološke analize potvrdili su porast broj bakterija u napitku nakon provedene fermentacije (>300). Broj kolonija aerobnih mezofila iznosio je $2,7 \times 10^6$ CFU/mL, od čega su bakterije mliječne kiseline činile $2,2 \times 10^6$ CFU/mL. Dobiveni rezultati ukazuju na dominaciju bakterija mliječne kiseline i moguću kategorizaciju napitka kao probiotičkog pripravka.

Zaključak

U ovom radu je pobliže objašnjen pojam funkcionalne hrane i funkcionalnog napitka na bazi žitarica, točnije ječmenog slada pri čemu su opisani svi jedinični procesi koji se koriste u proizvodnji te svrha njihova provođenja. Funkcionalnost pripremljenog napitka proizlazi iz kemijskog sastava sirovine (ječmenog slada) koja obiluje fitokemikalijama koje pozitivno djeluju na ljudsko zdravlje te biotehnološkog postupka fermentacije. Korištene bakterije mliječne kiseline osim što pozitivno utječu na senzorska svojstva i produljuju vijek trajanja pripremljenog napitka, imaju i probiotičko djelovanje, te ga dodatno svrstavaju u kategoriju probiotičkih pripravaka.

Zahvala

Ovaj rad je dio istraživanja diplomskog rada Nikole Marića, studenta Prehrambene tehnologije na Kemijsko-tehnološkom fakultetu u Splitu (vidi Literaturu).

Literatura

Andersson, A.A.M., Lampi, A.M., Nyström, L., Piironen, V., Li, L., Ward, J.L., Gebruers, K., Courtin, C.M., Delcour, J.A., Boros, D., Fraš, A., Dynkowska, W., Rakszegi, M., Bedo, Z., Shewry, P.R., Aman, P. (2008). Phytochemical and dietary fiber components in barley varieties in the HEALTHGRAIN diversity screen, *J. Agric. Food Chem.*, 56, 9767-9776, <https://doi.org/10.1021/jf802037f>

Angelov, T.T., Hristova, I., Pavlov, A., Beshkova, D. (2018). *Lactic acid bacteria – From nature through food to health*, Advances in biotechnology for food industry, Vol. 14. Cambridge: Academic Press, 91-133.

Arendt, E.K., Zannini, E. (2013). *Cereal grain for the food and beverage industries*, Cambridge: Woodhead Publishing Ltd., 155-191.

Ashwell, M. (2002). *Concepts of functional foods*, Bruxelles: ILSI Europe. <https://ilsi.eu/publication/concepts-of-functional-foods/>

Axelsson, L. (2004). *Lactic acid bacteria: Classification and physiology*, Lactic acid bacteria, microbiological and functional aspects, 3rd Edition. New York: Marcel Dekker Inc.

Babade, H., Gupta, A., Sharma, S. (2022). *Beta-glucan*, Nutraceuticals and health care, Cambridge: Academic Press, 343-358.

Bintsis, T. (2018). Lactic acid bacteria: their application in foods, *Int. J. Bacteriol. Mycol.*, 6 (2018), 89-94, <https://doi.org/10.15406/jbmoa.2018.06.00182>

- Boulton, C., Quain, D. (2001). *Wort composition, Brewing, yeast and fermentation*, Oxford: Blackwell Science Ltd., 46-60.
- Briggs, D.E. (1998). *Malts and Malting*, 1st Edition. London: Blackie Academic & Professional.
- Cook, A.H. (1962). *Barley and Malt: Biology, Biochemistry, Technology*, New York: Academic Press Inc.
- Corbo, M.R., Bevilacqua, A., Petruzzi, L., Casanova, F.P., Sinigaglia M. (2014). Functional beverages: The emerging side of functional foods, *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 13, 1192-1206, <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12109>
- Crescenzi, A.M. (1987). Factors governing the milling of malt, *J. Inst. Brew.*, 93, 193-201, <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.1987.tb04498.x>
- Din, A., Chughtai, M.F.J., Khan, M.R.K., Shahzad, A., Khaliq, A., Nasir, M.A. (2018). Nutritional and functional perspectives of barley β -glucan, *Int. Food Res. J.*, 25, 1773-1784
- Diplock, A.T., Aggett, P.J., Ashwell, M., Bornet, F., Fern, E.B., Roberfroid, M.B. (1999). Scientific concepts of functional foods in Europe: consensus document, *Brit. J. Nutr.*, 81, 1-27, <https://doi.org/10.1017/s0007114599000471>
- Doyon, M., Labrecque, J. (2008). Functional foods: a conceptual definition, *Brit. Food J.*, 110, 1133-1149, <https://doi.org/10.1108/0070700810918036>
- Hassani, A., Procopia, S., Becker, T. (2016). Influence of malting and lactic acid bacteria fermentation on functional bioactive components in cereal-based raw materials: A review paper, *Int. J. Food Sci. Tech.*, 51, 14-22, <https://doi.org/10.1111/ijfs.12965>
- Henry, C.J. (2010). Functional foods, *Eur. J. Clin. Nutr.*, 64, 657-659, <https://doi.org/10.1038/ejcn.2010.101>
- Idehen, E., Tang, Y., Sang, S. (2017). Bioactive phytochemicals in barley, *J. Food Drug Anal.*, 25, 148-161, <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.08.002>
- Kotilainen, L., Rajalahti, R., Ragasa, C., Pehu E. (2006). *Health enhancing foods: Opportunities for strengthening the sector in developing countries*, Washington: The World Bank.
- Kunze, W. (2004). *Technology brewing and malting*, 3rd International Edition, Berlin: VLB.
- Kwak, N.S., Jukes, D.J. (2001). Functional foods, Part 1: the development of a regulatory concept, *Food Control*, 12, 99-107, [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(00\)00028-1](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(00)00028-1)

Laus, A., Endres, F., Hutzler, M., Zarknow, M., Jacob, F. (2022). Isothermal mashing of barley malt: New insights into wort composition and enzyme temperature ranges, *Food Bioproc. Tech.*, 15, 2294-2312, <https://doi.org/10.1007/s11947-022-02885-2>

Marić, N. (2023). *Tehnologija proizvodnje funkcionalnog napitka na bazi sladovine*, Diplomski rad, Kemijsko-tehnološki fakultet Sveučilišta u Splitu.

Matouskova, P., Hoova, J., Rysavka, R., Marova, I. (2021). Stress effect of food matrices on viability of probiotic cells during model digestion, *Microorganisms*, 9, 1625, <https://doi.org/10.3390/microorganisms9081625>

Mosher, M., Trantham, K. (2017). *Brewing science: A multidisciplinary approach*, Cham: Springer International Publishing AG.

Peyer, L. (2017). Lactic acid bacteria fermentation of wort as tool to add functionality in malting, brewing and novel beverages, PhD Thesis, Cork: University College.

Roberfroid, M. B. (2000). *Defining functional foods*, Functional foods, Cambridge: Woodhead Publishing Ltd., 9-25.

Schlörmann, W., Gleis, M. (2017). Potential health benefits of β -glucan from barley and oat, *Ernährungs Umschau*, 64, 145-149, <https://doi.org/10.4455/eu.2017.039>

Siró, I., Kápolna, E., Kápolna, B., Lugasi, A. (2008). Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance- A review, *Appetite*, 51, 456-467, <https://doi.org/10.1016/j.appet.2008.05.060>

Tsarakidou, P., Michaelidou, A.M., Biliaderis, C.G. (2020). Fermented cereal-based products: Nutritional aspects, possible impact on gut microbiota and health implications, *Foods*, 9(6), 734, <https://doi.org/10.3390/foods9060734>

Verschuren, P.M. (2002). Functional foods: Scientific and global perspectives, *Brit. J. Nutr.*, 88, 125-130, <https://doi.org/10.1079/BJN2002675>

Primljeno: 29. siječnja 2024. godine.

Received: January 29, 2024.

Prihvaćeno: 22. travnja 2024. godine.

Accepted: April 22, 2024.

Klice i mikrozelenje – novi trendovi u prehrani

Sprouts and microgreens – new trends in nutrition

Mirna Koloper¹, Nikolina Gaćina^{2*}

stručni rad (professional paper)

doi: 10.32779/gf.7.1.5

*Citiranje/Citation*³

Sažetak

Klice i mikrozelenje su namirnice visoke nutritivne gustoće koje posljednjih godina postaju sve popularnije, i u prehrambenoj industriji i u ugostiteljstvu. Karakterizira ih praktičan i brz uzgoj, održivost proizvodnje, visoka nutritivna vrijednost i mogućnost raznovrsne primjene. Klice predstavljaju najraniju fazu rasta biljaka, razvijaju se brzo i postaju jestive unutar nekoliko dana. Izrazito su bogate hranjivim tvarima, uključujući vitamine, minerale i antioksidanse, te često se koriste kao dodatak salatama, sendvičima ili drugim jelima. Njihov nježan i hrskav okus je blag i ugodan. S druge strane, mikrozelenje su biljke u fazi rasta između klica i potpuno razvijenih biljaka, što obično traje od nekoliko dana do nekoliko tjedana, ovisno o vrsti. Mikrozelenje također predstavljaju visoko nutritivnu namirnicu, ali imaju intenzivniji okus od klica te dolaze u atraktivnim bojama. Često se koriste kao ukras ili dodatak različitim jelima. Osim što se mogu uzgajati kod kuće ili u malim prostorima, zahtijevaju minimalne resurse i brigu, te predstavljaju ekološki prihvatljiv način uzgoja bilja. Budući da su često hranjivije od neprokljalog sjemena i zrelih biljaka, te donose svježinu i raznolikost prehrani, postale su omiljeni dodatak jelima širom svijeta.

Ključne riječi: klice, mikrozelenje, prirodna funkcionalna hrana, blagotvoran utjecaj na zdravlje čovjeka, nutritivna vrijednost.

Abstract

Sprouts and microgreens are foods with a high nutritional density that have become increasingly popular in recent years, both in the food and hospitality industry. They are characterized by practical and quick cultivation, sustainability of production, high nutritional value, and the possibility of various applications. Sprouts represent the earliest stage of plant growth. They develop quickly and become

¹ Student diplomskog stručnog studija Menadžment, Veleučilište u Šibeniku, Trg A. Hebranga 11, 22 000 Šibenik, Republika Hrvatska.

² Veleučilište u Šibeniku, Trg A. Hebranga 11, 22 000 Šibenik, Republika Hrvatska.

* E-mail: nikolina.gacina@vus.hr, ngacina@gmail.com (dopisna autorica).

³ Koloper, M., Gaćina, N. (2024). Klice i mikrozelenje – novi trendovi u prehrani. *Glasilo Future*, 7(1), 48–56. / Koloper, M., Gaćina, N. (2024). Sprouts and microgreens – new trends in nutrition. *Glasilo Future*, 7(1), 48–56.

edible within a few days. They are extremely rich in nutrients, including vitamins, minerals, and antioxidants, and are often used as an addition to salads, sandwiches, or other dishes. Their delicate and crunchy taste is mild and pleasant. Microgreens, on the other hand, are plants in the growth stage between sprouts and fully grown plants, which usually lasts from a few days to a few weeks, depending on the species. Microgreens are also highly nutritious but have a more intense taste than sprouts and come in attractive colors. They are often used as a decoration or addition to different dishes. Besides the fact that they can be grown at home or in small spaces, they require minimal resources and care and are an environmentally friendly way of growing herbs. Since they are often more nutritious than ungerminated seeds and mature plants and bring freshness and variety to the diet, they have become a favorite addition to dishes worldwide.

Key words: sprouts, microgreens, natural functional food, beneficial effect on human health, nutritive value.

Uvod

Interes za svježom, zdravom i blagotvornom hranom značajno je porastao u proteklom desetljeću, posebice tijekom i nakon epidemije COVID-19. U skladu s tim, konzumacija klica i mikrozelenja postala je istaknuti trend u prehrani u zemljama Europske Unije (EU). Uporaba klica i mikrozelenja uklapa se u koncept funkcionalne hrane tj. sinergiju zdravlja i prehrane (Serafini et al., 2012). Funkcionalna hrana je ona za koju je znanstveno dokazano da sadrži biološki aktivne tvari koje pozitivno utječu na zdravlje čovjeka. Prirodna funkcionalna hrana je podskupina funkcionalne hrane koja sadrži biološki aktivne tvari kao svoje osnovne sastojke. Klice predstavljaju mlade izdanke različitih biljaka, dok mikrozelenje označava sitne, ali izrazito hranjive biljke u fazi rasta. Njihova važnost nadilazi samo pružanje esencijalnih nutrijenata te predstavlja inovativan način obogaćivanja svakodnevne prehrane. Osim što zahtijevaju manje resursa od tradicionalnih poljoprivrednih kultura, uzgoj klica i mikrozelenja omogućuje raznovrsnost biljnih vrsta čak i u ograničenom prostoru (Rai et al., 2022). Zahvaljujući brzom rastu te visokom sadržaju vitamina, minerala i antioksidansa, klice i mikrozelenje postaju neizostavan dio prehrane koji doprinosi općem zdravlju.

Cilj ovog rada je prikazati razlike i sličnosti između klica i mikrozelenja te prednosti njihove uporabe kao prehrambenih resursa tj. njihove potencijalne zdravstvene benefite i ulogu u suvremenim prehrambenim trendovima.

Specifičnosti klica kao prirodne funkcionalne hrane

Naziv klice podrazumijeva proklijalo sjemenje žitarica, pseudožitarica, mahunarki, biljaka, uljarica i povrća. Najčešće se uzgajaju u mraku pri visokoj relativnoj vlažnosti, bez upotrebe supstrata te bez dodavanja sintetskih agrokemikalija i gnojiva budući da im je potrebna samo voda (Rouphael et al.,

2021). Predstavljaju početak razvoja nove biljke. Drevni Egipćani već su prakticirali klijanje sjemena oko 3000 godina prije Krista (Abdallah, 2008). Proklijala zrna žitarica su u prošlosti uglavnom bila namijenjena kao hrana za stoku, dok su proklijale sjemenke mahunarki bile češće korištene kao klice u ljudskoj prehrani. Klijanjem se povećava nutritivna vrijednost sjemenja, posebno kada klijanje traje najmanje 3 do 5 dana (Ebert, 2022). Naime, proces klijanja aktivira hidrolitičke enzime i oslobađa hranjive tvari iz njihovih antinutritivnih spojeva, čineći ih raspoloživim za apsorpciju. Istovremeno se u klici odvija i sinteza i akumulacija vitamina (Lemmens et al., 2019). U odnosu na sjemenke i zrelo povrće, klice sadrže veće količine vitamina, minerala, vlakana, bjelančevina i fitonutrijenata (Kurian i Megha, 2020; Wojdyło et al., 2020). Fitonutrijenti su različite biološki aktivne tvari koje pozitivno utječu na ljudsko zdravlje. Dakle, bogat su izvor vitamina (vitamin C, K, E i nekim vitamina B kompleksa), minerala (kalcij, željezo, magnezij, kalij i cink) i antioksidansa te dobar su izvor biljnih proteina (Awulachew, 2023). Ipak treba napomenuti da ukoliko se termički obrađuju da im se smanjuje nutritivna vrijednost zbog gubitka termolabilnih hranjivih tvari. Uz već istaknutu veliku nutritivnu te nisku energetska vrijednost, klice su i lako probavljive. Rastuća popularnost klica uglavnom se može pripisati njihovim povoljnim učincima na zdravlje kao što su antioksidativno, antimikrobno i antikancerogeno djelovanje (Aloo et al., 2021).

Današnje tržište nudi širok spektar hrane koja proizlazi iz različitih sjemenki, uključujući klice lucerne, heljde, crvenog kupusa i brokule. Konzumacija klica podrazumijeva cijelu biljku tj. korijen, sjemenje i izdanak. Klice se također koriste u mnogim osnovnim namirnicama kao što su kruh, tjestenina, rezanci i pahuljice za doručak.

Specifičnosti mikrozelenja kao prirodne funkcionalne hrane

Iako je uzgoja mikrozelenja započeo je 1980. godine u San Franciscu, na većem značaju dobio tek 18 godina kasnije kada je i dobilo ime (USDA, 2014). U to vrijeme postojalo je samo nekoliko vrsta mikrozelenja te su prvi varijeteti bili od brokule, zelja, rotkvice i bosiljka dok se danas na tržištu nalazi oko stotinjak vrsta. Osim bogatog nutritivnog sadržaja i specifičnog intenzivnog okusa, mikrozelenje je postalo vrlo privlačan prehrambeni proizvod zbog niskih troškova proizvodnje i maksimalne potrošnje u kratkom vremenu (Zhang et al., 2021). Mikrozelenje podrazumijeva mlade izdanke povrća, aromatičnog i ljekovitog bilja i žitarica s tek izniklim listovima. Krumpir i povrće iz obitelji *Solanaceae* (paprika, rajčica, patlidžan) ne uzgajaju kao mikrozelenje zbog sadržaja alkaloida budući da konzumacija većih količina alkaloida može izazvati probavne tegobe i trovanje (Di Gioia i Santamaria, 2014).

Mladi izbojci biljke, uključujući lišće i prve prave listiće su sastavni dijelovi mikrozelenja. Bere se 7-21 dan nakon klijanja, pri čemu obično dostiže visinu od 2-8 cm. Ovisno o vrsti biljke, može imati karakterističan okus koji varira od kiselkastog, slatkastog, gorkog do pikantnog (Treadwell et al., 2020), a najčešće se uzgajaju: grašak, suncokret, mungo grah, brokula, cikla, rikola, rotkvice, crveni

kupus, bosiljak i pšenična trava. Mikrozelenje ima nježnu teksturu, intenzivan miris, atraktivan izgled i ponekad egzotične boje. Bogat su izvor vitamina (C, E i K), minerala (kalcij, magnezij, željezo i cink), vlakana, aminokiselina i antioksidansa (Paradiso et al., 2018; Ghoora et al., 2020). Sadrže i značajni udio polifenolnih antioksidansa (karotenoida i flavonoida) te prehrambena vlakna koja pomažu u regulaciji probave, potiču osjećaj sitosti i održavaju stabilnu razinu šećera u krvi (Bhaswant et al., 2023).

Životni ciklus mikrozelenja je vrlo kratak i brzo se kvari nakon žetve. Kada se čuvaju na sobnoj temperaturi, moraju se potrošiti u roku od 1 do 2 dana. Važno je istaknuti da se nutritivna vrijednost mikrozelenja razlikuje ovisno o vrsti biljke koja se uzgaja kao mikrozelenje. Stoga se preporuča raznolika konzumacija različitih vrsta mikrozelenja. Koristi se kao ukras za: salate, sendviče, juhe, predjela, deserte i pića (Ebert, 2013).

Razlike i sličnosti između klica i mikrozelenja

Ponekad se mikrozelenje poistovjećuje s klicama, no postoji nekoliko bitnih razlika (tablica 1). Proces dobivanja klica iz sjemenja traje 3 do 5 dana, dok je potrebno 7 do 21 dana da se razvije mikrozelenje. Dok je za klijanje potrebna samo voda te se najčešće odvija bez prisustva svjetla, za uzgoj mikrozelenja uz vodu potrebna je zemlja kao supstrat i sunčeva svjetlost zbog procesa fotosinteze. Klice su manje od mikrozelenja te se konzumiraju cijele. Prilikom uzgoja mikrozelenja formiraju se pravi listovi te se ne konzumira njihov korijen. Većina usjeva (mahunarke, žitarice, pseudo žitarice, uljarica, povrće i začinsko bilje) uzgaja se za klice i mikrozelenje, osim graha i nekih vrsta uljarica koje se obično uzgajaju samo kao klice (Ebert, 2022). Iako su klice više prepoznate kao prirodna funkcionalna hrana nego mikrozelenje, klice imaju manji sadržaj prehrambenih vlakana i nutrijenata u odnosu na mikrozelenje (Evans, 2023).

Nadalje, u usporedbi sa sjemenkama i zrelim povrćem, oboje i klice i mikrozelenje, sadrže manje antinutrijenata te su bogatiji izvor aminokiselina, masnih kiselina i biološki aktivnih tvari (Galieni et al., 2020). Također mineralni sadržaj mikrozelenja je bolji od onog u zrele biljke. Pinto i suradnici (2015) su dokazali da mikrozelenje salate sadrži veću koncentraciju kalcija, magnezija, željeza, mangana, cinka, selena i molibdena u odnosu na zrele salatu neovisno vrsti tla na kojem se uzgajaju.

Tablica 1. Usporedba klica i mikrozelenja (Treadwell et al., 2020; Ebert, 2022).

Table 1. Comparison of sprouts and microgreens.

Uvjeti	Klice	Mikrozelenje
Visina	5–8 cm	2–10 cm
Vrijeme uzgoja	3–5 dana	7–21 dan
Sustav uzgoja	Ne zahtijeva tlo ili medij za rast. Raste isključivo u vodi ili u vlazi.	Može se uzgajati u tlu ili u potpunosti u mediju.

Uvjeti	Klice	Mikrozelenje
Zahtjevi za svjetlom	Ne, nije potreban izvor svjetla.	Da, zahtijeva izvor svjetla.
Izgled korijena	Vrlo sitan korijen bez korijenovih dlačica.	Mali korijen s korijenovim dlačicama.
Upotreba agrokemikalija	Nije potrebna upotreba kemikalija.	Nije potrebna upotreba kemikalija.
Upotreba vlage/vode	Može se uzgajati u maloj količini vode ili čak u malom sadržaju vlage.	Potrebna je mala količina vode.
Zemljišni prostor	Za proizvodnju velikih razmjera također je potreban vrlo mali prostor.	Za proizvodnju velikih razmjera također je potreban vrlo mali prostor.
Razina rasta biljke u vrijeme berbe	Djelomičan razvoj kotiledona sa samo prokljalim sjemenkama.	Potpuni razvoj kotiledona s jednim ili dva prava lista.
Vrsta žetve	Nema berbe. U potpunosti jestivo.	Berba se obavlja vađenjem korijena.

Primjena klica i mikrozelenja u gastronomiji zemalja EU

Iako je primjena klica u tradicionalnoj gastronomiji dalekog Istoka poznata od davnina, na području EU bi se klice mogle definirati kao *nova hrana*. Naziv *nova hrana* odnosi se na hranu koju populacija EU-a nije konzumirala u značajnim količinama prije donošenja *Uredbe 1997. godine o novoj hrani* (Uredba (EU) 2015/2283, 2015). Mikrozelenje također predstavlja novi trend u gastronomiji zemalja EU te se smatra inovativnom novom hranom (Dimita et al., 2022). Primjena mikrozelenja u gastronomiji EU je u sponu zahvaljujući njegovoj prirodnoj nutritivnog vrijednosti ali i senzorskim karakteristikama kao što su intenzivan okus, nježna tekstura i jarke boje. Sadržaj polifenola u mikrozelenju upravo doprinosi njegovoj boji, mirisu i okusu (Paradiso et al., 2018). Također, s obzirom na preporuke *Svjetske zdravstvene organizacija* za dnevni unos veći od 400 grama voća i povrća konzumacija klica i mikrozelenja ima veliki potencijal (WHO, 2023).

Jedan od glavnih blagodati konzumacije klica i mikrozelenja jeste u tome što se konzumiraju u svježem obliku. Budući da se uglavnom termički ne obrađuju, zadržavaju termolabilne vitamine, a istovremeno ne nastaju nepoželjni spojevi koji su česti nusprodukti termičke obrade namirnica. Iz svih navedenih razloga preporučeni su vrlo zahtjevnim potrošačima tj. ljubiteljima sirove hrane, vegetarijancima i veganima (Renna et al., 2017).

Zadnjih godina, klice i mikrozelenje čine i novi gastronomski trend u Hrvatskoj prisutan uglavnom u *fine dining* restoranima čijom primjenom želi se istaknuti kreativnost i okus. Također, restoranski gosti kad dođu doma i spravljaaju vlastite obroke žele prenijeti dojam *fine dining-a* upotrebljavajući mikrozelenje.



Slika 1. Primjena mikrozelenja (amarant) u *fine dining* jelima – chef Igor Karađole, Šibenik, Republika Hrvatska.

Figure 1. Application of microgreens (amaranth) in *fine dining* dishes - chef Igor Karađole, Šibenik, Croatia

Izvor: <https://www.instagram.com/p/Cs3GVxXIXWa/> (uz dopuštenje Chefa Igora Karađole)

Prema najnovijim saznanjima, osim u *fine dining* gastronomiji mikrozelenje je pronašlo i značajno mjesto u prehrani hospitaliziranih bolesnika. Primjenjuje se kao dio dijetoterapijske prehrane u bolničkim obrocima KBC Zagreb prvenstveno zbog pozitivnog učinka na zdravlje hospitaliziranih pacijenata ali i zbog poboljšanja vizualnog izgleda i okusa bolničkih obroka (Pavić, 2024).

Zaključak

Klice i mikrozelenje su namirnice prirodno bogate biološki aktivnim tvarima i predstavljaju inovativan način obogaćivanja prehrane. Uz brzi rast i visok sadržaj vitamina, minerala i antioksidansa, klice i mikrozelenje mogu postati neizostavan dio prehrane za unapređenje općeg zdravlja. Njihov uzgoj je jednostavan i omogućava raznovrsnost u ograničenom prostoru. Budući da se pri njihovom uzgoju ne koriste sintetske agrokemikalije i gnojiva mogu se deklarirati i kao ekološki proizvodi. Stoga, klice i mikrozelenje predstavljaju ključni element prehrane koji pruža ne samo nutritivne prednosti već i potiče održivost i zdrav način života. Njihova sve veća popularnost odražava promjene u prehrambenim navikama i naglašava važnost raznolike i nutritivno bogate prehrane u suvremenom društvu. Iako je primjena klica tradicionalna u gastronomiji azijskih zemalja, u zemljama EU-a pa tako i u Hrvatskoj je novi gastronomski trend koji se uglavnom primjenjuje u alternativnim ugostiteljskim objektima sa vegetarijanskim, veganskim i makrobiotičkim jelima. Primjena mikrozelenja u ugostiteljstvu za sad je fokusirana na vrhunskim restoranima koji vode računa i o nutritivnoj

vrijednosti svake pojedine namirnice i o izgledu jela. Iako su klice i mikrozelenje relativno skupe namirnice, osim navedene primjene u vrhunskim restoranima koriste se u dijetoterapiji hospitaliziranih bolesnika prvenstveno zbog dokazanog blagotvornog učinka na zdravlje ali i poboljšanja okusa i vizualnog identiteta bolničkih obroka.

Literatura

Abdallah, M.M.F. (2008). Seeds prouts, aphaaraoh's heritage to improve food quality. *Arab Univ. J. Agric. Sci.* 16, 469–478. <https://doi.org/10.21608/ajs.2008.15018>

Aloo, S.O., Oforu, F.K., Kilonzi, S.M., Shabbir, U., Oh, D.H. (2021). Edible plant sprouts: Health benefits, trends, and opportunities for novel exploration. *Nutrients*, 13(8), 2882. <https://doi.org/10.3390/nu13082882>

Artés-Hernández F., Castillejo N., Martínez-Zamora L. (2022). UV and visible spectrum led lighting as abiotic elicitors of bioactive compounds in sprouts, microgreens, and baby leaves—A comprehensive review including their mode of action. *Foods*, 11:265. doi: 10.3390/foods11030265. <https://doi.org/10.3390/foods11030265>

Awulachew, M.T. (2022). A Review to Nutritional and Health Aspect of Sprouted Food. *Int. J. Food Sci. Nutr. Diet*, 10(7), 564-568. <http://dx.doi.org/10.19070/2326-3350-2200097>

Bhaswant, M., Shanmugam, D.K., Miyazawa, T., Abe, C., Miyazawa, T. (2023). Microgreens—A Comprehensive Review of Bioactive Molecules and Health Benefits. *Molecules*, 28(2), 867. <https://doi.org/10.3390/molecules28020867>

Di Gioia , F. Santamaria , P. (2014). *Microgreens; nuevos alimentos frescos y funcionales para explorar todo el valor de la biodiversidad*. Milan: Ministero Italiano delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali. <https://www.researchgate.net/publication/315161436> (pristupljeno: 15.12.2023.)

Dimita R., Allah S.M., Luvisi A., Greco D., De Bellis L., Accogli R., Mininni C., Negro C. (2022). Volatile Compounds and Total Phenolic Content of *Perilla frutescens* at Microgreens and Mature Stages. *Horticulturae*. 8:71. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8010071>

Ebert, A.W. (2022). Sprouts and microgreens - novel food sources for healthy diets. *Plants*, 11(4), 571. <https://doi.org/10.3390%2Fplants11040571>

Ebert, A.W. (2013). Sprouts, microgreens, and edible flowers: The potential for high value specialty produce in Asia. In Proceedings of the SEAVEG 2012 High Value Vegetables Southeast Asia Production, Supply Demand, Chiang Mai, Thailand, pp.216–227.

Evans, A. (2023). Microgreens vs Sprouts: What is the Difference? <https://microveggy.com/sprouts-vs-microgreens/> (pristupljeno: 06.12.2023.)

Galieni, A., Falcinelli, B., Stagnari, F., Datti, A., Benincasa, P. (2020). Sprouts and microgreens: Trends, opportunities, and horizons for novel research. *Agronomy*, 10(9), 1424. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091424>

Ghoola, M.D., Babu, D.R., Srividya, N. (2020). Nutrient composition, oxalate content and nutritional ranking of culinary microgreens. *J. Food Compos. Anal.* 91, 103495. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103495>

Kurian, M.S., Megha, P. R. (2020). Assessment of variation in nutrient concentration and antioxidant activity of raw seeds, sprouts and microgreens of *Vignaradiata* (L.) Wilczek and *Cicerarietinum* L. In AIP Conference Proceedings, AIP Publishing LLC.: Melville, NY, USA, Volume 2263, 030005p. <http://dx.doi.org/10.1063/5.0018781>

Lemmens, E., Moroni, A.V., Pagand, J., Heirbaut, P., Ritala, A., Karlen, Y., Lê, K.A., Vanden Broeck, H.C., Brouns, F.J., DeBrier, N., Delcour J.A. (2019). Impact of cereal seed sprouting on its nutritional and technological properties: A critical review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 18, 305–328. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12414>

Paradiso, V.M., Castellino, M., Renna, M., Gattullo, C.E., Calasso, M., Terzano, R., Allegretta, I., Leoni, B., Caponio, F., Santamaria, P. (2018). Nutritional characterization and shelf-life of packaged microgreens. *Food & function*, 9(11), 5629–5640. <https://doi.org/10.1039/C8FO01182F>

Pavić, E. (2024). Analiza nutrigenomskih testova u kardioloških bolesnika. 7. dani bolničke prehrane, *Utjecaj prehrane na kardiometaboličke čimbenike rizika*. Stručno-znanstveni skup, Zadar, Hrvatska.

Pinto, E., Almeida, A.A., Aguiar, A.A., Ferreira, I.M.P.L.V.O. (2015). Comparison between the Mineral Profile and Nitrate Content of Microgreens and Mature Lettuces. *Journal of Food Composition and Analysis*, 37, 38–43. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.06.018>

Rai, U., Rai, S., Datta, S. (2022). Microgreens: a super food for nutritional security in the 21st century—a review. *Environment and Ecology* 40(4A): 2239—2244. <https://www.researchgate.net/publication/366621818> (pristupljeno: 15.12.2023.)

Renna, M., Di Gioia, F., Leoni, B., Mininni, C., Santamaria, P. (2017). Culinary assessment of self-produced microgreens as basic ingredients in sweet and savory dishes. *Journal of culinary science & technology*, 15(2), 126–142. <https://doi.org/10.1080/15428052.2016.1225534>

Rouphael, Y., Colla, G., De Pascale, S. (2021). Sprouts, microgreens and edible flowers as novel functional foods. *Agronomy*, 11(12), 2568. <https://doi.org/10.3390/agronomy11122568>

Serafini, M., Stanzione, A., Foddai, S. (2012). Functional foods: traditional use and European legislation. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63(sup1), 7-9. <https://doi.org/10.3109/09637486.2011.637488>

Treadwell, D., Hochmuth, R., Landrum, L., Laughlin, W. (2020). Microgreens: a new specialty crop: HS1164, rev. 9/2020. *Edis*, 2020(5). <http://dx.doi.org/10.32473/edis-hs1164-2020>

USDA (2014). Specialty greens pack a nutritional punch. *AgResearch Magazine*. <https://agresearchmag.ars.usda.gov/2014/jan/> (pristupljeno: 15.03.2024.)

Uredba (EU) 2015/2283 o novoj hrani (2015). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?qid=1449760581954&uri=OJ:JOL_2015_327_R_0001 (pristupljeno: 15.03.2024.)

Wojdyło, A., Nowicka, P., Tkacz, K., Turkiewicz, I.P. (2020). Sprouts vs. microgreens as novel functional foods: Variation of nutritional and phytochemical profiles and their in vitro bioactive properties. *Molecules*, 25(20), 4648. <https://doi.org/10.3390/molecules25204648>

World Health Organization. (2023). *Increasing Fruit and Vegetable Consumption to Reduce the Risk of Noncommunicable Diseases*. <https://www.who.int/tools/elena/interventions/fruit-vegetables-ncds> (pristupljeno: 15.12.2023.)

Zhang, Y., Xiao, Z., Ager, E., Kong, L., Tan, L. (2021). Nutritional quality and health benefits of microgreens, a crop of modern agriculture. *Journal of Future Foods*, 1(1), 58-66. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2021.07.001>

<https://www.instagram.com/p/Cs3GVxXIXWa/> (pristupljeno: 05.03.2024.)

Primljeno: 24. veljače 2024. godine.

Received: February 24, 2024.

Prihvaćeno: 22. travnja 2024. godine.

Accepted: April 22, 2024.

Utjecaj različitih vrsta kvasaca na sastav hlapljivih spojeva vina Pošip

Influence of different yeast species on the composition of volatile compounds of Pošip wine

Tomislav Svalina^{1*}, Andrej Uremović^{1,2}, Marko Šuste¹, Žana Delić¹

stručni rad (professional paper)

doi: 10.32779/gf.7.1.6

*Citiranje/Citation*³

Sažetak

Pošip je autohtona sorta vinove loze s otoka Korčule, gdje se i danas najviše uzgaja. U Hrvatskoj je jedna od zastupljenijih bijelih sorti te se koristi za proizvodnju različitih stilova vina. Cilj ovog rada bio je utvrditi utjecaj različitih vrsta kvasaca na stvaranje hlapljivih spojeva vina Pošip. Uzorci vina Pošip proizvedeni su *sur lie* metodom korištenjem dviju vrsta kvasaca: *Saccharomyces cerevisiae* (uzorak I) i *Torulaspora delbrueckii* (uzorak II). Hlapljivi spojevi vina izolirani su pomoću mikroekstrakcije vršnih para na krutoj fazi (HS-SPME) te analizirani vezanim sustavom plinska kromatografija-masena spektrometrija (GC-MS). U uzorku I identificirano je 20 spojeva što predstavlja ukupno 96,48 % hlapljivih spojeva, dok je u uzorku II identificirano 19 spojeva što predstavlja ukupno 92,27 % hlapljivih spojeva. Identificirani hlapljivi spojevi svrstani su u sljedeće kemijske skupine: alkoholi, esteri, aldehidi, monoterpeni, norizoprenoidi i spojevi s dušikom. Najzastupljeniji spojevi u oba uzorka vina bili su esteri među kojima najveći udjel pripada etil-oktanoatu i etil-heksanoatu. U uzorku I utvrđen je veći udjel izoamilnog alkohola i izoamil-acetata, dok uzorak II sadrži veći udjel furfurala i norizoprenoida. Rezultati ovog rada pokazuju da primjena vrste kvasca doprinosi različitom sastavu hlapljivih spojeva u vinu, a time i aromi kao važnom segmentu kvalitete vina.

Ključne riječi: vino Pošip, kvasci, hlapljivi spojevi, HS-SPME, GC-MS.

Abstract

Pošip is an autochthonous grape variety from the island of Korčula, where it is still predominantly grown. It is one of the more represented white grape varieties in Croatia and is used to produce

¹ Veleučilište „Marko Marulić“ u Kninu, Petra Krešimira IV 30, 22300 Knin, Republika Hrvatska.

* E-mail: tsvalina@veleknin.hr (dopisni autor).

² Završeni student preddiplomskog stručnog studija Poljoprivreda krša - Biljna proizvodnja.

³ Svalina, T., Uremović, A., Šuste, M., Delić, Ž. (2024). Utjecaj različitih vrsta kvasaca na sastav hlapljivih spojeva vina Pošip. *Glasilo Future*, 7(1), 57–68. / Svalina, T., Uremović, A., Šuste, M., Delić, Ž. (2024). Influence of different yeast species on the composition of volatile compounds of Pošip wine. *Glasilo Future*, 7(1), 57–68.

different styles of wine. This work is aimed to determine the influence of different yeast species on the formation of volatile compounds of Pošip wine. Pošip wine samples were produced using the *sur lie* method and two yeast species: *Saccharomyces cerevisiae* (sample I) and *Torulaspota delbrueckii* (sample II). Volatile compounds were isolated by headspace solid phase microextraction (HS-SPME) and analyzed by gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC-MS). 20 compounds were identified in sample I representing 96,48 % of the total volatiles, while 19 compounds were identified in sample II representing 92,27 % of the total volatiles. The identified volatile compounds are classified into the following chemical classes: alcohols, esters, aldehydes, monoterpenes, norisoprenoids and nitrogen compounds. The most abundant volatile compounds in both wine samples were esters, among which the highest content belongs to ethyl octanoate and ethyl hexanoate. Isoamyl alcohol and isoamyl acetate were present in a higher content in sample I, while furfural and norisoprenoids were present in a higher content in sample II. The results of this work show that the use of different yeast species contributes to the different composition of volatile compounds in wine, and thus to aroma which is an important segment of wine quality.

Key words: Pošip wine, yeasts, volatile compounds, HS-SPME, GC-MS.

Uvod

Vino je najznačajniji prehrambeni proizvod grožđa (Lampír i Pavloušek, 2013) te jedno od najraširenijih alkoholnih pića na svijetu. Senzorska obilježja vina, posebice okus i aroma, imaju važnu ulogu u postizanju konačne kvalitete vina. Aroma vina se obično dijeli na: primarnu aromu koju čine hlapljivi spojevi koji potječu iz voća i karakteristični su za sortu grožđa, zatim sekundarnu aromu koju čine spojevi nastali tijekom vinifikacije/fermentacije te tercijarnu aromu za koju su odgovorni spojevi nastali tijekom dozrijevanja i starenja vina (Mina i Tsaltas, 2017). U vinu je identificirano nekoliko stotina hlapljivih spojeva: terpeni, fenoli, alkoholi, esteri, aldehidi, ketoni, laktoni i dr., s koncentracijama u rasponu od nekoliko ng/L do stotina mg/L (Zhang et al., 2023). Količina hlapljivih sastojaka u vinu ovisi o nizu čimbenika, uključujući: područje uzgoja, agrotehničke mjere, sortu i stupanj zrelosti grožđa, uvjete vinifikacije, posebice fermentaciju i dozrijevanje (Muñoz-Redondo et al., 2020).

Posljednjih godina potrošači diljem svijeta sve više preferiraju vina sa specifičnim aromatičnim obilježjima što potiče vinare na korištenje različitih enoloških sredstava te modifikaciju uvjeta tehnološkog procesa proizvodnje vina s ciljem postizanja kompleksnosti arome vina. U tom smislu velika pozornost se daje primjeni ne-*Saccharomyces* kvasaca kojima se pripisuju poželjne enološke sposobnosti, posebice u produkciji visoke razine aromatičnih spojeva kao i nekolicine enzima (esteraza, β -glikozidaza, lipaza i proteaza) (Zhang et al., 2018). Duan et al. (2018) navode kako različite vrste kvasaca sadrže različite enzime koji cijepaju glikozidne veze prekursora arome pri čemu otpuštaju hlapljive spojeve u vino tijekom fermentacije. Specifična aktivnosti β -D-glukozidaze kod ne-

Saccharomyces kvasaca dobro je opisana u literaturi, što objašnjava zašto različiti rodovi/vrste mogu imati različit učinak na enološki profil (Tufariello et al., 2021).

Cilj ovog rada bio je utvrditi razlike u kemijskom sastavu hlapljivih spojeva vina Pošip proizvedenih *sur lie* metodom (dozrijevanje vina na talogu kvasaca) korištenjem kvasca *Saccharomyces cerevisiae* i ne-*Saccharomyces* kvasca *Torulaspota delbrueckii*. Pošip je kultivar uskog areala rasprostranjenosti, a najviše se uzgaja na otoku Korčuli. Bujnog je trsa, visokog rodnog potencijala, uz mogućnost nakupljanja visokog sadržaja sladora. Vino sorte Pošip jedno je od tipičnih južnih bijelih vina, prepoznatljivo po svojoj harmoničnosti, svježini i specifičnoj aromi (Mirošević i Karoglan Kontić, 2008).

Materijali i metode

Materijal

Ispitivanja u ovom radu provedena su u laboratoriju Veleučilišta „Marko Marulić“ u Kninu na vinima sorte Pošip pri čemu je korišteno grožđe iz Korčulanskog vinogorja (Položaj Smokvica). Grožđe je ubrano pri optimalnoj tehnološkoj zrelosti (23,6° brix-a, pH 3,45 i ukupnim kiselinama 6,1 g/L) u jutarnjim satima i prevezeno u vinariju gdje se hladilo do 15 °C prije prerade. Tehnološki proces prerade je započeo prešanjem cijelih grozdova u pneumatskoj preši Vaslin Bucher XP5000 uz dodatak kalijevog metabisulfita ($K_2S_2O_5$) od 6 g/100 kg grožđa, suhog leda (CO_2) i pektolitičkih enzima Lafazym Press (Laffort) u količini od 2 g/100 kg grožđa. Dobiveni mošt je dosumporen do količine od 55 mg/L ukupnog SO_2 i ohlađen na temperaturu ispod 10 °C kako bi postupak rasluzivanja bio što efikasniji. Cjelokupna količina samotoka od 3000 L nalazila se u jednom tanku za rasluzivanje. Nakon 18 sati mošt je dekantiran s taloga i razliven u inox posude za fermentaciju. Za alkoholnu fermentaciju korišteni su kvasci Zymaflore X5 (*Saccharomyces cerevisiae*) i Zymaflore Alpha (*Torulaspota delbrueckii*) proizvođača Laffort. Temperatura tijekom alkoholne fermentacije bila je 15-18 °C, a fermentacija je trajala 14 dana. Po završetku fermentacije mlado vino je dosumporeno sa SO_2 u količini od 50 mg/L kako bi se spriječila malolaktična fermentacija. Vino je odležavalo na talogu sedam mjeseci u zasebnim inox posudama uz periodično miješanje taloga, nakon čega je dekantirano s taloga. Uzorci za analizu su buteljirani u tamne staklene boce od 750 mL s plutenim čepom (slika 1) koje su pohranjene i čuvane na temperaturi od 10 °C do trenutka analize. Uzorci za analizu su označeni na sljedeći način:

Uzorak I – vino za koje je korišten kvasac Zymaflore X5 (*Saccharomyces cerevisiae*);

Uzorak II – vino za koje je korišten kvasac Zymaflore Alpha (*Torulaspota delbrueckii*).



Slika 1. Uzorci vina (Foto: T. Svalina, 2022).
Figure 1. Wine samples (Photo: T. Svalina, 2022).

Izolacija hlapljivih spojeva

Hlapljivi spojevi vina izolirani su pomoću mikroekstrakcije vršnih para na čvrstoj fazi (HS-SPME) pri čemu je korišteno vlakno divinilbenzen/karboksen/polidimetilsiloksan (DVB/CAR/PDMS, Agilent Technologies, SAD). Prije upotrebe vlakno je aktivirano kondicioniranjem u skladu s uputama proizvođača, nakon čega je korišteno za izolaciju vršnih para uzoraka. U staklenu vialicu volumena 20 mL stavljeno je 7 mL uzorka vina i 2 g NaCl. Vialica je hermetički zatvorena PTFE/silikon septom i postavljena u vodenu kupelj pri 40 °C, a sadržaj je miješan pomoću magnetske miješalice (750 okretaja/min). Nakon kondicioniranja uzorka (20 min) SPME igla je postavljena u vialicu te je provedena ekstrakcija vršnih para u vremenu od 40 minuta. Po završetku ekstrakcije SPME vlakno je vraćeno u iglu i odmah postavljeno u GC injektor (220 °C, 7 min) gdje je došlo do toplinske desorpcije ekstrahiranih spojeva izravno u GC kolonu.

Analiza hlapljivih spojeva

Analiza hlapljivih spojeva vina Pošip provedena je vezanim sustavom plinska kromatografija-spektrometrija masa (GC-MS). U radu je korišten plinski kromatograf model 7890A i spektrometar masa model 5575C proizvođača Agilent Technologies, SAD (slika 2). Separacija hlapljivih spojeva izvedena je na HP-5MS nepolarnoj koloni duljine 30 m, promjera 0,25 mm i debljine sloja 0,25 µm (J&W, SAD). Plin nositelj bio je helij s protokom 1,3 mL/min, temperatura injektora iznosila je 220 °C, temperatura detektora 280 °C, a energija ionizacije 71 eV. Temperatura peći je programirana

na sljedeći način: 3 min izotermno pri 40 °C, zatim od 40 °C do 200 °C s porastom temperature od 3 °C/min. Identifikacija hlapljivih spojeva provedena je na temelju njihovih retencijskih vremena i usporedbom masenih spektara tih spojeva s masenim spektrima iz komercijalnih biblioteka masenih spektara (Wiley 275 i NIST14).



Slika 2. Vezani sustav plinska kromatografija-masena spektrometrija (GC-MS) (Foto: T. Svalina, 2022).
Figure 2. Gas-chromatography-mass spectrometry system (GC-MS) (Photo: T. Svalina, 2022).

Rezultati i diskusija

Rezultati analize hlapljivih spojeva uzoraka vina Pošip, proizvedenih korištenjem različitih vrsta kvasaca, (Zymaflore X5 – *Saccharomyces cerevisiae* i Zymaflore Alpha – *Torulaspora delbrueckii*) prikazani su kao srednja vrijednost tri ponavljanja. Udio svakog spoja u uzorku predstavlja udio površine pika tog spoja u ukupnoj površini svih pikova (tablica 1; slika 3).

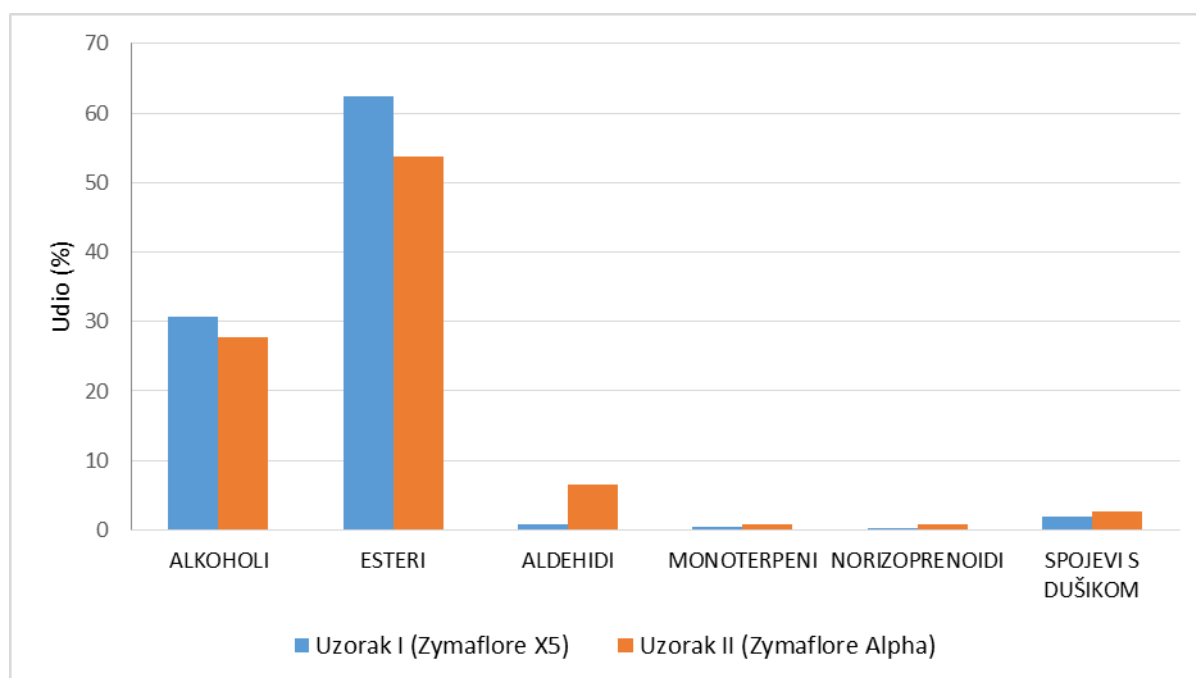
Tablica 1. Kemijski sastav hlapljivih spojeva vina Pošip.
Table 1. Chemical composition of Pošip wine volatiles.

SASTOJAK	RT	Udio (%)	
		UZORAK I (Zymaflore X5)	UZORAK II (Zymaflore Alpha)
Alkoholi		30,76	27,8
Izoamil-alkohol	4,038	29,59	25,62
Heksan-1-ol	7,693	0,1	–
2-Feniletanol	18,715	1,07	2,18
Esteri		62,5	53,72

SASTOJAK	RT	Udio (%)	
		UZORAK I (Zymaflore X5)	UZORAK II (Zymaflore Alpha)
Etil-acetat	2,281	–	0,25
Etil-butanoat	5,468	0,28	–
Izoamil-acetat	7,976	10,94	1,72
Etil-heksanoat	13,466	11,26	13,61
Heksil-acetat	14,03	0,43	0,22
Metil-oktanoat	19,379	0,42	0,69
Dietil-sukcinat	22,125	0,39	1,02
Etil-oktanoat	22,989	29,86	29,23
2-Feniletil-acetat	25,365	0,47	0,26
Propil-oktanoat	27,149	0,11	–
Metil-dekanoat	28,318	0,13	0,13
Etil-dec-9-enoat	31,177	0,19	0,34
Etil-dekanoat	31,604	7,88	6,25
Etil-dodekanoat	39,429	0,14	–
Aldehidi		0,88	6,44
Furfural	6,219	0,88	6,44
Monoterpeni		0,43	0,84
Linalol	18,157	0,43	0,84
Norizoprenoidi		0,08	0,76
Vitispiran	26,228	–	0,33
TDN	29,432	–	0,11
β-Damaskenon	30,923	0,08	0,32
Spojevi s dušikom		1,83	2,71
Metoksi-fenil-oksim	10,169	1,83	2,71
Ukupno identificirano (%)		96,48	92,27

RT – retencijsko vrijeme

RT – Retention time



Slika 3. Hlapljivi spojevi po kemijskim skupinama u uzorcima vina Pošip
Figure 3. Volatile compounds in Pošip wine samples according to chemical class

Rezultati analize hlapljivih spojeva uzoraka vina Pošip (tablica 1) pokazuju da je u uzorku I identificirano 20 spojeva, od čega su: 3 alkohola, 13 estera, 1 aldehid, 1 monoterpen, 1 norizoprenoid i 1 spoj s dušikom, koji čine 96,48 % ukupno identificiranih spojeva. U uzorku II identificirano je 19 spojeva: 2 alkohola, 11 estera, 1 aldehid, 1 monoterpen, 3 norizoprenoidea i 1 spoj s dušikom, koji čine 92,27 % ukupno identificiranih spojeva. Hlapljivi spojevi koji su identificirani samo u uzorku I su heksan-1-ol, etil-butanoat, propil-oktanoat i etil-dodekanoat, dok su etil-acetat, TDN i vitispiran karakteristični za uzorak II. Najzastupljeniji hlapljivi spojevi u ispitanim uzorcima vina bili su esteri i viši alkoholi (tablica 1; slika 3).

Viši alkoholi su važna skupina hlapljivih spojeva koji nastaju tijekom alkoholne fermentacije i uz estere su glavni nosioci sekundarne arome vina. Mogu nastati metabolizmom ugljikohidrata (anabolički) i transformacijom odgovarajućih aminokiselina (katabolički) – Ehrlichova reakcija. Ehrlichov put se sastoji od tri koraka: transaminacija aminokiselina u odgovarajuću α -keto kiselinu, dekarboksilacija u aldehid, i redukcija u odgovarajući viši alkohol pomoću alkohol dehidrogenaze (Cordente et al., 2021). Najzastupljeniji alkohol u oba uzorka vina bio je izoamilni alkohol. Prema Ribéreau-Gayon et al. (2006), sadržaj viših alkohola u vinu varira ovisno o uvjetima fermentacije, vrsti kvasca, oksigenaciji, temperaturi fermentacije te prisutnosti čestica u suspenziji mošta. Budući da su mošt i uvjeti fermentacije u oba uzorka bili isti, razlika u zastupljenosti izoamil-alkohola u ispitanim uzorcima vina može se pripisati vrsti korištenih kvasaca. Prema Zhang et al. (2018), koncentracija viših alkohola u vinima od 300 do 400 mg/L je prihvatljiva, no optimalna koncentracija

koja pridonosi ugodnoj i poželjnoj aromi vina je ispod 300 mg/L. Osim 2-feniletanola, koji nastaje iz fenilalanina i povezuje se s mirisom ruže, pojedinačni doprinos viših alkohola u ukupnoj aromi vina se ne smatra ugodnim pri višim koncentracijama (Cordente et al., 2021). Prema Marcon et al. (2018), vina dobivena fermentacijom pomoću *Torulaspore delbrueckii* u pravilu rezultiraju višim koncentracijama 2-feniletanola, koji doprinosi pozitivnim aromatičnim obilježjima. Slično pokazuju i rezultati ovog rada u kojima se također vidi veća zastupljenost 2-feniletanola u uzorku II.

Esteri su skupina od najveće važnosti u vinu i obično su najdominantniji u formiranju arome konačnog proizvoda. U vinu su važne dvije grupe estera: esteri koji nastaju tijekom alkoholne fermentacije, i imaju izrazito svježje, voćne arome, te grupa estera koji nastaju tijekom dozrijevanja vina (Alpeza, 2008). Najvažniji čimbenici koji utječu na formiranje estera su: sadržaj šećera, kisika, lipida, raspoloživog dušika te temperatura fermentacije (Ugliano i Henschke, 2009). Prema Mina i Tsaltas (2017), esteri koji najviše pridonose aromi vina su: etil-acetat, izoamil-acetat, izobutil-acetat, etil-heksanoat i 2-feniletil-acetat. Etil-acetat, izoamil-acetat i 2-feniletil-acetat su karakterizirani svježim, cvjetnim i voćnim mirisom, dok se etil-heksanoat, etil-oktanoat i etil-dekanoat dovode u vezu s mirisom na jabuku i svježje voće (Ugliano i Henschke, 2009). U oba uzorka vina najzastupljenija skupina hlapljivih spojeva bili su esteri među kojima najveći udjel pripada etil-oktanoatu i etil-heksanoatu. Etil-acetat utvrđen je samo u uzorku II, dok su etil-butanoat, propil-oktanoat i etil-dodekanoat identificirani u uzorku I. Među uzorcima vidljiva je i znatna razlika u udjelu izoamil-acetata (10,94 % u uzorku I i 1,72 % u uzorku II), premda Plata et al. (2003) navode da kvasci *Torulaspore delbrueckii* i *Saccharomyces cerevisiae* proizvode srednje razine izoamil-acetata tijekom alkoholne fermentacije.

Pereira et al. (2022) navode kako hidrosimetilfurfural i furfural uglavnom nastaju kroz Maillardove reakcije neezimatskog posmeđivanja te mogu biti ekstrahirani iz drveta tijekom dozrijevanja vina. Prema Martin-Garcia et al. (2023), aldehidi su uglavnom produkti razgradnje ugljikohidrata i lignina te su odgovorni za "toasty" arome. Isti autori su utvrdili povećanje sadržaja aldehida (furfurala, benzaldehida, 2-metilbenzaldehida i 3-metilbenzaldehida) u pjenušavom Cava vinu tijekom starenja, a to povećanje pripisuju kontaktu s fermentacijskim talogom odnosno adsorpcijom spomenutih aldehida iz taloga. Aumatell et al. (2013) navode kako je dozrijevanje vina na talogu ključni čimbenik u postizanju konačnog bouqueta pjenušavog Cava vina koji se opisuje kao *toasty*, mliječni i slatki, što se pripisuje prisutnosti furana, laktona i norizoprenoida u sastavu hlapljivih spojeva vina. U skupini aldehida identificiran je samo furfural s znatno većim udjelom u uzorku II (6,44 %) u odnosu na uzorak I (0,88 %). S obzirom da su vina u okviru ovog istraživanja proizvedena *sur lie* tehnologijom, razlika u udjelu furfurala među ispitanim uzorcima može biti uvjetovana aktivnošću korištenih kvasaca, tj. mogućnošću da ne-*Saccharomyces* kvasci u uvjetima *sur lie* tehnologije produciraju više aldehida. Jagatić Korenika et al. (2020) istraživali su aromatični profil hrvatskih pjenušavih vina u kojima su utvrdili prisutnost furfurala, linalool oksida i geranil-acetata. Prema Wang (2014), acetatni i

etilni esteri su dominantni spojevi u mladim vinima i njihova koncentracija se dozrijevanjem vina smanjuje, dok se udjeli spojeva kao što su vitispiran, dietil-sukcinat, TDN i etil-acetat povećavaju tijekom starenja i kontakta s talogom.

Aromatični spojevi koji potječu iz grožđa imaju značajnu ulogu na senzorska obilježja vina. U okviru ovih spojeva važno mjesto zauzimaju terpeni i norizoprenoidi. Utjecaj terpenskih spojeva na aromu vina najvećim dijelom je vezan za monoterpe ne linalol, nerol i citronelol kojima se pripisuju cvjetni, voćni i citrusni mirisi (Li et al., 2019). U oba uzorka vina zabilježena je prisutnost monoterpe ne linalola koji ima karakterističnu cvjetnu aromu s začinskim notama limuna. Azzolini et al. (2012) su istraživali utjecaj kvasaca *Torulasporea delbrueckii* i *Saccharomyces cerevisiae* na aromatični profil *Amarone* vina pri čemu su utvrdili četiri puta veću aktivnost enzima β -glukozidaze kod kvasca *T. delbrueckii*. Iz navedenog je jasno kako enzimska aktivnost kvasca *T. delbrueckii* pozitivno utječe na aromu vina oslobađajući sorte ne terpe ne iz nemirisnih prekursora. Uz to, isti autori navode kako je nastanak viših alkohola u vinima pod direktnim utjecajem aktivnosti enzima β -glukozidaze.

Norizoprenoidi nastaju iz karotenoida i uz terpe ne su glavni nosioci primarne arome vina. Sintetiziraju se djelovanjem dioksigenaza, enzima koji cijepaju karotenoidne supstrate na različitim mjestima u lancu pri čemu nastaju produkti različitih veličina (Ilc et al., 2016). Spojevi iz skupine norizoprenoida koji su najviše proučavani su C13-norizoprenoidi. Najvažniji predstavnici ovih spojeva u vinu su β -damaskenon, β -ionon, 1,1,6-trimetil-1,2-dihidronaftalen (TDN), (E)-1-(2,3,6-trimetilfenil)buta-1,3-dien (TPB) i vitispiran (Black et al., 2015; Slaghenaufi et al., 2022). β -damaskenon povezuje se s aromom meda, β -ionon mirisom sličnim malini (Li et al., 2019), a TDN ima karakterističan miris na kerozin (Black et al., 2015). U skupini norizoprenoida identificirani su vitispiran, TDN i β -damaskenon u uzorku II, dok je u uzorku I identificiran samo β -damaskenon. Uzorak II imao je veći udjel norizoprenoida (0,76 %) u odnosu na uzorak I (0,08 %). Od spojeva s dušikom identificiran je samo metoksi-fenil-oksim s udjelom od 1,83 % u uzorku I i 2,71 % u uzorku II.

Zaključak

Na temelju rezultata dobivenih ovim istraživanjem utvrđene su kvalitativne i kvantitativne razlike u sastavu hlapljivih spojeva ispitanih uzoraka vina Pošip. Identificirani spojevi svrstani su u sljedeće kemijske skupine: alkoholi, esteri, aldehidi, monoterpeni, norizoprenoidi i spojevi s dušikom. Najzastupljeniji hlapljivi spojevi u oba uzorka vina bili su esteri među kojima najveći udjel pripada etil-oktanoatu i etil-heksanoatu. Glavne razlike među ispitanim uzorcima očituju se kroz prisutnost/odsutnost pojedinih hlapljivih spojeva u uzorcima vina. Tako su primjerice heksan-1-ol, etil-butanoat, propil-oktanoat i etil-dodekanoat identificirani samo u uzorku I, dok su etil-acetat, TDN i vitispiran karakteristični za uzorak II. U uzorku I utvrđen je veći udjel estera i spojeva s dušikom, dok su furfural i norizoprenoidi prisutni u većem udjelu u uzorku II. Rezultati ovog rada pokazuju da

primjena vrste kvasca doprinosi različitom sastavu hlapljivih spojeva u vinu, a time i aromi kao važnom segmentu kvalitete vina.

Zahvala

U radu su prikazani rezultati istraživanja dobiveni prilikom izrade završnog rada studenta Andreja Uremovića, bacc. ing. agr. (vidi Literaturu).

Literatura

Alpeza, I. (2008). Temelji kemijskog sastava vina. *Glasnik zaštite bilja*, 31(6), 143-150.

Aumatell, M.R., Torrens, J., Sánchez, S.B., Tamames, E.L. (2013). Cava (Spanish sparkling wine) aroma: composition and determination methods. U: *Recent Advances in Pharmaceutical Sciences III*, Muñoz-Torrero, D., Cortés, A., Mariño, E.L. (ur.), Transworld Research Network, 45-60.

Azzolini, M., Fedrizzi, B., Tosi, E., Finato, F., Vagnoli, P., Scrinzi, C., Zapparoli, G. (2012). Effects of *Torulasporea delbrueckii* and *Saccharomyces cerevisiae* mixed cultures on fermentation and aroma of Amarone wine. *European Food Research and Technology*, 235, 303-313.

Black, C.A., Parker, M., Siebert, T.E., Capone, D.L. and Francis, I.L. (2015). Terpenoids: role in wine flavour. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 21, 582-600. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12186>

Cordente, A.G., Espinase Nandorfy, D., Solomon, M., Schulkin, A., Kolouchova, R., Francis, I.L., Schmidt, S.A. (2021). Aromatic Higher Alcohols in Wine: Implication on Aroma and Palate Attributes during Chardonnay Aging. *Molecules*, 26, 4979. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12186>

Duan, WP., Zhu, B., Song, RR., Zhang, B., Lan, Y., Zhu, X., Duan, CQ., Han, SY. (2018). Volatile composition and aromatic attributes of wine made with *Vitisvinifera L.* cv Cabernet Sauvignon grapes in the Xinjiang region of China: effect of different commercial yeasts. *International Journal of Food Properties*, 21(1), 1423-1441. <https://doi.org/10.1080/10942912.2018.1479860>

Ilc, T., Werck-Reichhart, D., Navrot, N. (2016). Meta-Analysis of the Core Aroma Components of Grape and Wine Aroma. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1472. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01472>

Jagatić Korenika, AM., Preiner, D., Tomaz, I., Jero, A. (2020). Volatile Profile Characterization of Croatian Commercial Sparkling Wines. *Molecules*, 25, 4349. <https://doi.org/10.3390/molecules25184349>

Lampíř, L., Pavloušek, P. (2013). Influence of Locality on Content of Phenolic Compounds in White Wines. *Czech Journal of Food Sciences*, 31, 619-626.

- Li, Z., Howell, K., Fang, Z., Zhang, P. (2019). Sesquiterpenes in grapes and wines: Occurrence, biosynthesis, functionality, and influence of winemaking processes. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(1), 247-281. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12516>
- Marcon, A.R., Schwarz, L.V., Dutra, S.V., Moura, S., Agostini, F., Delamare, A.P.L., Echeverrigaray, S. (2018). Contribution of a Brazilian *Torulaspora delbrueckii* isolate and a commercial *Saccharomyces cerevisiae* to the aroma profile and sensory characteristics of Moscato Branco wines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 24, 461-468. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12347>
- Martín-García, A., Riu-Aumatell, M., López-Tamames, E. (2023). Characterization of white and rosé sparkling wine lees surface volatiles. *BIO Web of Conferences*, 56, 02031. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20235602031>
- Mina, M., Tsaltas, D. (2017). Contribution of Yeast in Wine Aroma and Flavour. U: *Yeasts – Industrial Applications*, Morata, A., Loira, I. (ur.), London, UK: InTechOpen, 117-134.
- Mirošević, N., Karoglan Kontić, J. (2008). *Vinogradarstvo*. Zagreb: Nakladni zavod Globus.
- Muñoz-Redondo, J. M., Ruiz-Moreno, M. J., Puertas, B., Cantos-Villar, E., Moreno-Rojas, J.M. (2020). Multivariate optimization of headspace solid-phase microextraction coupled to gas chromatography-mass spectrometry for the analysis of terpenoids in sparkling wines. *Talanta*, 208, 120483. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2019.120483>
- Pereira, V., Leça, J.M., Freitas, A.I., Pereira, A.C., Pontes, M., Albuquerque, F., Marques, J.C. (2022). Unveiling the Evolution of Madeira Wine Key Metabolites: A Three-Year Follow-Up Study. *Processes*, 10, 1019. <https://doi.org/10.3390/pr10051019>
- Plata, C., Millán C., Mauricio, J.C., Ortega, J.M. (2003). Formation of ethyl and isoamyl acetate by various species of wine yeasts. *Food Microbiology*, 20, 217-224. [https://doi.org/10.1016/S0740-0020\(02\)00101-6](https://doi.org/10.1016/S0740-0020(02)00101-6)
- Ribéreau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A., Dubourdieu, D. (2006). *Handbook of Enology Volume 2: The Chemistry of Wine – Stabilization and Treatments, 2nd Edition*. Chichester, West Sussex, UK: Wiley & Sons Ltd.
- Slaghenauffi et al. (2022). Monoterpenoids and norisoprenoids in Italian red wines: This article is published in cooperation with Macrowine 2021, 23-30 June 2021. *OENO One*, 56, 185-193. <https://doi.org/10.20870/oenone.2022.56.3.5387>

Tufariello, M., Fragasso, M., Pico Carbajo, J., Panighel, A., Castellarin, S.D., Flamini, R., Grieco, F. (2021). Influence of Non-Saccharomyces on Wine Chemistry: A Focus on Aroma-Related Compounds. *Molecules*, 26, 644. <https://doi.org/10.3390/molecules26030644>

Ugliano, M., Henschke, P.A. (2009). Yeasts and wine flavor. U: *Wine Chemistry and Biochemistry*, Moreno-Arribas M.V., Polo M.C. (ur.), New York, USA: Springer Science & Business Media, LLC., 313-392.

Uremović, A. (2022). Utjecaj različitih rodova kvasaca na vino sorte Pošip, Završni rad, Veleučilište "Marko Marulić" u Kninu.

Zhang, BQ., Luan, Y., Duan, CQ., Yan, GL. (2018). Use of *Torulasporea delbrueckii* Co-fermentation With Two *Saccharomyces cerevisiae* Strains With Different Aromatic Characteristic to Improve the Diversity of Red Wine Aroma Profile. *Frontiers in Microbiology*, 9, 606. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00606>

Zhang, L., Liu, Q., Li, Y., Liu, S., Tu, Q., Yuan, C. (2023). Characterization of wine volatile compounds from different regions and varieties by HS-SPME/GC-MS coupled with chemometrics. *Current Research in Food Science*, 6, 100418. <https://doi.org/10.1016/j.crf.2022.100418>

Wang, Y. (2014). Characterisation of lees and Novel uses for Yeast Lees to Create New Wine Styles. Doctoral thesis, School of Agriculture, Food and Wine, University of Adelaide.

Primljeno: 21. siječnja 2024. godine.

Received: January 21, 2024.

Prihvaćeno: 22. travnja 2024. godine.

Accepted: April 22, 2024.

Upute autorima

Stručno znanstveni časopis Futura objavljuje znanstvene i stručne radove iz biotehničkih znanosti (poljoprivrede, šumarstva, drvne tehnologije, prehrambene tehnologije, nutricionizma, biotehnologije i interdisciplinarnih biotehničkih znanosti) kao i društvene vijesti, bibliografije, zatim prikaze knjiga i radova, popularne znanstvene radove, polemike i dr. Objavljuju se samo radovi koji nisu drugdje predani za objavljivanje, niti objavljeni. Znanstveni radovi se kategoriziraju: – izvorni znanstveni rad (original scientific paper) – pregledni znanstveni rad (scientific review) – prethodno priopćenje (preliminary communication) – konferencijsko priopćenje (conference paper) – rad prethodno prezentiran na konferenciji. Radove recenziraju dva ili više znanstvenika iz odgovarajućeg područja. Rad ne smije imati više od 17 tipkanih stranica, veličina slova 11, font Times New Roman, prored 1,5, margine 2,5. Izuzetno, uz odobrenje uredništva, neki interdisciplinarni ili uredništvu interesantni radovi mogu sadržavati do 25 ili više tipkanih stranica. Rukopisi se predaju u elektroničkom obliku na hrvatskom ili engleskom jeziku (e-mail: urednistvo@gazette-future.eu).

Izvorni znanstveni rad treba sadržavati: puna imena i prezimena autora s nazivima institucija, adresom i e-poštom u bilješkama – font 10, naslov, sažetak, abstract, uvod, materijale i metode, rezultate istraživanja, diskusiju, zaključak i literaturu – font 12 podebljano za naslove. Radovi napisani na engleskom jeziku se predaju bez naslova na hrvatskom jeziku i hrvatskog sažetka.

Naslov rada treba biti što kraći, na hrvatskom i engleskom jeziku. Kategoriju rada predlažu autori, a potvrđuju recenzenti i glavni urednik.

Sažetak treba sadržati opći prikaz, metodologiju, rezultate istraživanja i zaključak. Rad je potrebno pisati u trećem licu s min. 3 do 5 ključnih riječi. Obim sažetka ne bi smio biti veći od 250 riječi. Abstract je prijevod sažetka s ključnim riječima.

Uvod treba sadržavati što je do sada istraživano i što se željelo postići danim istraživanjem. Materijale i metode istraživanja treba ukratko izložiti. U rezultatima i diskusiji (raspravi) potrebno je voditi računa da se ne ponavlja iznijeto. U zaključcima je potrebno izložiti samo ono što pruža kratku i jasnu predstavu istraživanja. Literaturu treba poredati prema abecednom redu autora i to: prezime i početno slovo imena autora ili Anonymous (nepoznat autor), godina izdanja u zagradama, naslov knjige ili članka, naziv časopisa te broj ili godište, kao i mjesto izdavanja i oznaku stranica od–do. Više od deset autora se u literaturi navodi kao npr. Prezime et al. (2018). Fusnote u radu treba izbjegavati ili eventualno koristiti za neka pojašnjenja. Autori se u tekstu citiraju sukladno APA standardu npr. (Prezime, 2018); (Prezime1 i Prezime2, 2016); (Prezime et al., 2018) (više od dva autora). Citate prate navodnici ("n") i stranica preuzimanja citiranog teksta (Prezime, 2018, str. 44).

Tablice se numeriraju i navode iznad na hrvatskom i u kurzivu na engleskom jeziku.

Slike se numeriraju i navode ispod na hrvatskom i u kurzivu na engleskom jeziku.

Rezolucija slika (grafikon, fotografija, crtež, ilustracija, karta) treba iznositi najmanje 300 dpi.



Fotografija: opuncija cvijet (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.), Šibenik, Vidici, 2024.

Autorica: Emilija Friganović.