

Етноботаника (Ethnobotany), бр. 5, 109-133

УДК: 634.7 : 613.291(497.7)

DOI: <https://doi.org/10.46793/EtnBot25.109KV>

This is an open access manuscript under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

изворни рад
original paper

Wild raspberries from Republic of North Macedonia as a valuable source for healing vinegars

Sanja Kostadinović Veličkovska¹, Daniela Todevska¹, Fidanka Ilieva¹, Maja Chochevska²,
Elizabeta Jančovska Seniceva³, Biljana Bauer⁴

Sanja Kostadinović Veličkovska¹ (<https://orcid.org/0000-0003-2402-3306>), Daniela Todevska¹
(<https://orcid.org/0000-0001-6045-4184>), Fidanka Ilieva¹ (<https://orcid.org/0000-0001-5017-0663>), Elizabeta
Jančovska Seniceva² (<https://orcid.org/0009-0006-3343-515X>), Maja Chochevska³ (<https://orcid.org/0000-0002-8720-342X>), Biljana Bauer⁴ (<https://orcid.org/0000-0003-3574-2023>)

¹Faculty of Agriculture, University “Goce Delčev”, Krste Misirkov bb, 2000 Štip, Republic of
North Macedonia

²Food and Veterinary Agency, III Makedonska brigada No 20, 1000 Skopje, Republic of North
Macedonia

³Faculty of Medical Sciences, University “Goce Delčev”, Krste Misirkov bb, 2000 Štip,
Republic of North Macedonia

⁴Institute of Pharmacognosy, Faculty of Pharmacy, SS. Cyril and Methodius University, Majka
Tereza 47, 1000 Skopje, Republic of Macedonia

*Corresponding and presenting author: Sanja Kostadinović Veličkovska, Faculty of Agriculture,
University “Goce Delčev”, Krste Misirkov bb, 2000 Štip, Republic of North Macedonia, Tel.:
+38975390707, e-mail: sanja.kostadinovik@ugd.edu.mk

Abstract: The healing potential of wild raspberries from the Region of North Macedonia was investigated through fermentation and production of healing vinegars. For the production of homemade vinegars, wild raspberries were collected from the forest region of Berovo and Robovo, Republic of North Macedonia. The fresh wild raspberries were selected, washed, dried and cuted. About 1400 g of wild raspberries were subjected for maceration process in the period of 1–3 min. During this period, the extraction process of natural antioxidants as polyphenols (anthocyanins, tannins, proanthocyanidins) as well as organic acids, Vitamin C and other natural antioxidants were performed. The puree of raspberries was then distributed into 5–6 L glass vessels and 4.8 L of water and 500 g of sucrose were added. The fermentation process was conducted at room temperature, ranging between 21 and 26 °C, for a time period of 41 days in the absence of starter cultures like yeasts and acetic acid bacteria. Once the acetic fermentation was completed (41 days), the experimental vinegars were filtered, pasteurized (15 min at 80 °C) and transferred, under aseptic conditions, into 100 mL glass airtight containers to reduce the risk of microbial contamination. Results obtained from evaluation of vinegar from wild raspberries showed significant amounts of polyphenols (459.28 mg/L vinegar) and total anthocyanins (399.21 mg/L vinegar). The presents of high level of natural antioxidants in wild raspberry vinegar produced by spontaneous fermentation was directly linked with high value of antioxidant potential determined by DPPH radical (0.49 mg/L as equivalent for Vitamin C).

Keywords: wild raspberries, spontanous fermentation, healing vinegars, total polyphenols, total anthocyanins, antioxidant potential, DPPH assay

INTRODUCTION

The first vinegar was obtained by the native fermentation of wine, almost 10.000 years ago. From then on, its name “vinegar” originates, which comes from the French word “vinaigre” meaning “sour wine”. After people learned about the properties of vinegar, its production spread throughout the world. The history of vinegar and its application can be traced back centuries, through various eras and civilizations. The earliest knowledge of the use of vinegar dates back more than 10.000 years. Flavored vinegar was produced and sold as a commercial product as early as 5.000 years ago, namely the Babylonians produced and sold vinegars flavored with fruit, with a taste of honey and malt until the 6th century. References from the Old Testament and

Hippocrates indicate that vinegar was used for medicinal purposes for healing wounds. According to Sung Tse, who attributed the development of forensic medicine in the 10th century to the Chinese, sulfur and vinegar were used as hand washes to prevent infection. In the United States, in the 18th century, doctors used vinegar to treat a variety of ailments, including poison ivy, sore throats, stomachaches, fevers, and edema. Vinegar is mentioned several times in the Bible, and there is an English version of the Bible known as the Vinegar Bible.

In 1717, the Clarendon Press of Oxford published a new edition of the Bible in which the word "vinegar" was used instead of the word "vineyard," which is why this Bible was called the Vinegar Bible. In 1778, Durande concentrated vinegar to obtain glacial acetic acid, and in 1814, Berzelius developed a procedure for analyzing acetic acid. In 1823, Schutzenbuch developed a vinegar production process known as the generator process, which allows vinegar to be produced in 2-7 days. In 1955, Hromatka developed a vinegar production process called submerged acetification, which uses improved aeration and mixing to produce vinegar quickly (Budak, Aykin, Seydim, Greene, Guzel-Seydim, 2014).

Vinegar production in France began in the 16th century, when vinegar was produced from grapes for domestic consumption and export, and in England, vinegar was produced from malt and beer, from where production spread to several countries around the world.

Although vinegar was long considered a fermented product of lower quality than other fermented products, it has found its place primarily as a food preservative, and in some countries as a health drink (Gullo & Giudici, 2008).

Fruit vinegars in our country and around the world occupy a special place in the trend of healthy eating. They have pleasant flavors, attractive colors and aromas, and contain a number of nutrients that have passed into them during the processing of fruit into vinegar, which is why today they are one of the most commonly consumed products in everyday and dietary nutrition. Their characteristic properties are responsible for the range of health benefits they possess and are considered to contribute to the prevention of various diseases of modern man. The production of vinegar at home is carried out according to traditional procedures in small quantities. However, it is considered that the resulting vinegar is of better quality compared to white industrial vinegar obtained synthetically and commercial fruit vinegars, because in its production, which is a spontaneous process, no additional ingredients are used except for the basic raw material, fruit pulp or concentrated natural fruit juice. Another advantage of fruit

vinegars obtained by traditional procedures is that they can be produced from organically grown fruit, which ensures a special quality and healthy product. Worldwide research has shown that vinegars derived from natural fruit juice or other fermentable raw materials are abundant in quality nutritional ingredients (Matloob, 2014).

Vinegar is a fermented product from fruit which contains water, acetic acid from 5 - 20%, small amounts of amino acids, sugars, alcohols and organic acids, and significant amounts of vitamin C and polyphenols as natural antioxidants. The amount of polyphenols increases during the process if acetification the ageing of vinegars (Aguiar, Nascimento, Ferretti, Gonçalves, 2005; Chochevska et al., 2021; Dogaru, Hădărugă, Trașcă, Jianu, C., Jianu, I., 2009; Garcia-Parrilla, Torija, Mas, Cerezo, Troncoso, 2017; Tesfaye, Morales, Garcia-Parrilla, Troncoso, 2002; Vikas Bhat, Akhtar, Amin, 2014). Aroma and flavor of different vinegars is mainly a consequence of the traditional method of vinegar production, based on a slow acetification and aging in oak barrels (Budak et al., 2014; Cerezo et al., 2010; Hidalgo, Estibaliz, Cerezo, Jesús, 2010). One of the most used traditional procedures for vinegar production is Orleans method, performed commonly at home by using a larger amount of fruits resulting in high-quality vinegars (Collins, 2014).

Significant research efforts have been focused on antioxidant capacity of traditional and commercial vinegars such as apple cider, fruit and balsamic, wine and grape vinegars as the most consumed ones globally (Budak & Güzel-Seydim, 2010; Davalos, Bartolome, Gomez-Cordove, 2005; Dogaru et al., 2009; Galvez, Barroso, Perez-Bustamante, 1994; Heikefelt, 2011; Silva et al., 2024; Tagliazucchi, Verzelloni, Conte, 2008).

The main object of this study was production of high-quality raspberry vinegars with spontaneous fermentation and without addition of any starter cultures. The quality of the produced vinegar was examined by determining physicochemical parameters (pH, dry matter, total acids and alcohol) as well as determining total polyphenols, anthocyanins and antioxidant activity determined by DPPH radical (expressed as ascorbic acid equivalent).

MATERIAL AND METHODS

Materials

Chemicals and reagents

ABTS (2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid), acetic acid, potassium chloride (KCl), ammonium persulfate ((NH₄)₂S₂O₈), α -tocopherol, trolox (6-Hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid), ascorbic acid, and gallic acid were obtained from Sigma, Fluka, and Merck. Folin-Ciocalteu reagent, iron and vanillin were obtained from Merck, Germany. The stock solutions were prepared in water and stored at 4 °C, protected from a daylight. Aqueous solutions were appropriately diluted with double distilled water before being used as working solutions.

Harvesting and selection of plant material

Home-made raspberry vinegar (*Rubus idaeus*), produced by spontaneous fermentation was investigated. The raspberries were collected from the region of Berovo, the east region of North Macedonia, during the harvesting season (August, September and October, 2024). All samples were kept in closed sterile bottles at –18 °C. Before the analysis, the samples were kept at room temperature, centrifuged and filtered.

Production of vinegar from wild raspberries by spontaneous fermentation

The vinegar from wild raspberry was produced by spontaneous fermentation in glass barrels with a total volume of 5 to 6 liters. The fermentation process was conducted at room temperature at 21 - 26 °C for a time period of 41 days, excluding the starter cultures and yeasts for fast fermentation. Spontaneous fermentation includes alcoholic fermentation for 24 days and spontaneous acetic fermentation, where acetic acid bacteria produce acetic acid, at dark, from 24th till 41st day. Once the acetic fermentation was completed, the vinegars were filtered, pasteurized for the period of 20 min. at 72 °C, and transferred to airtight containers to reduce the risk of spoilage (Fig. 1).



Fig. 1. Production and analysis of vinegars from wild raspberries

Methods

The content of alcohol in HMV samples was determined by using a Liebig condenser according to AOAC Official Method 942.06. Acetic acid, as a major organic acid, was determined by titration according to AOAC method (Official Methods of Analysis of the AOAC), 1980, XIII th Edition, 30.071. For the titratable acidity (TA), 10 mL of a sample was diluted with 20 mL of distilled water and 2 - 3 drops of phenolphthalein indicator were added. Acids were titrated with 0.1 M NaOH. The formula to calculate total acid (%) is as below: $\%TA_{(\text{Acetic acid})} = (1 \text{ M}_{\text{sol.of NaOH}} \cdot 0.6 / \text{vol.of sample (ml)}) \times 100$. The total acids were expressed as g/L and were calculated using the factor for acetic acid 0.06. The soluble dry matter content was determined with refractometer (OIR type 32/930050-Bulgaria). pH variation of HMV during fermentation process was measured by pH meter SCHOTT LAB 850 model. Total polyphenols (TPs) were estimated by Folin-Ciocalteu reagent reduction to blue pigments caused by phenols in alkaline solution. Concentrations of total polyphenols were determined using a calibration curve as (+)-catechin in mg kg^{-1} fresh berry weight (FW) (Wildenradt & Singleton, 1974). Total anthocyanins (TA) were determined based on the maximum absorbance in the visible range (536–542 nm). They were quantified in mg kg^{-1} grape FW assuming average absorption of the raspberry mixture (average MW = 500 Da, $\epsilon = 18\,800 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ in 70:30:1 ethane:water:HCl solution) (Lee and Wrolstad, 2004).

DPPH antioxidant assay

Chen and Ho (1995) method was used with slight modifications to determine DPPH free radical scavenging capacity of dates' vinegar. Concisely, 0.2 ml of sample was added to 3.8 ml ethanol solution of DPPH radical (0.1 mM). The mixture was left to stand for 30 min in dark after mixing well by vortex for 1 min. The absorbance of the sample (A_{sample}) was determined

against standard solution of ascorbic acid (Vitamin C) through the UV 160 spectrophotometer at 517 nm (Fig. 2).

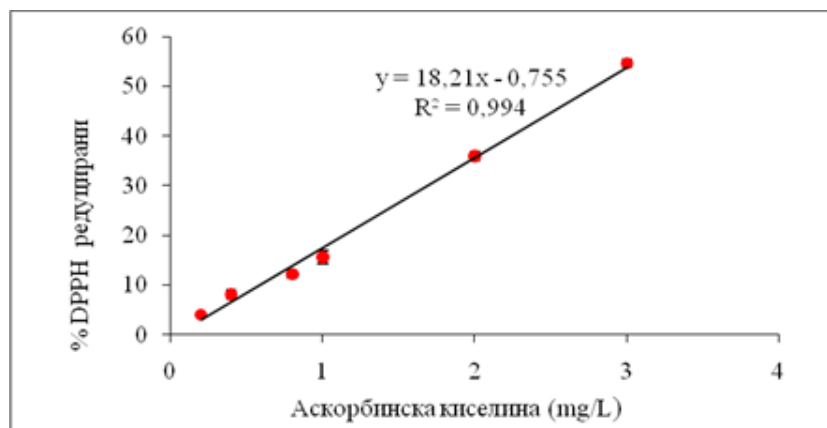


Fig 2. Calibration curve of DPPH radical against standard solution of ascorbic acid (Vitamin C)

RESULTS AND DISCUSSION

The aroma of wild raspberries is more pronounced than some cultivated raspberry species. This is due to the presence of the acid 3-methyl-3-butanoic acid, which is present only in wild raspberry varieties (Pichler, 2011). Minerals are important cofactors for enzyme activity, for the regulation of alkalinity in cells and outside the cells, stimulate the formation of blood cells, regulate blood pressure and prevent atherosclerosis and manifest a number of other important physiological functions (Verzelloni, Tagliazucchi, Conte, 2007). The berry fruit accordingly has a red, pink-violet, purple, and violet-blue color, which is due to the presence of anthocyanins. The main anthocyanins in blueberries are: delphinidin 3-glucoside, delphinidin-3-galactoside, cyanidin-3-glucoside, cyanidin-3-galactoside, petunidin-3-glucoside, pelargonidin-3-rutinoside, malvidin-3-glucoside, malvidin-3-galactoside, in blackberries they are cyanidin-3-glucoside and cyanidin-3-xyloside, in raspberries they are cyanidin-3-glucoside and cyanidin-3-rutinoside (Hafzan, Saw, Fadzilah, 2017). Different types of anthocyanins are present in fruit, in different quantities: in apples from 0-60 mg/100g fresh fruit, in blueberries from 300-698 mg/100g fresh mass, in blackberries from 82.5-325.9 mg/100g fresh fruit, in raspberries from 20-687 mg/100g.

Results presented in Table 1 are published in the literature and explain the quality of wild and domestic raspberries (Akimov, Koltsov, Zhbanova, Akimova 2021; Yu et al., 2022). As can be seen, raspberries are a rich source of minerals (especially potassium) and vitamins (especially Vitamin A and C).

Table 1. Nutritional composition of raspberries (Akimov, Koltsov, Zhbanova, Akimova 2021; Yu et al., 2022)

Composition		Vitamins (mg/100g)		Minerals (mg/100g)	
Dry matters (%)	7-11	<i>Vitamin C</i>	20	Ca	40
Carbohydrates (%)	8,8	<i>Thiamin B1</i>	0.02	Mg	22
Sugars (%)	3.5-5.5	<i>Riboflavin B2</i>	0.04	P	15
Sucrose (%)	0.7-3.0	<i>Niacin B3</i>	0.5	K	224
Total acids (%)	0.9-1.8	<i>Vitamin A(IE)</i>	90	Na	10
pH	3.0-3.7				
Proteins (g/100g)	0.7				
Lipids(g)	0.1				

Before the fermentation process began, the raspberries were crushed and turned into a puree. The chemical composition of the raspberry puree was analyzed and the results presented in Table 2 were obtained.

Table 2. Chemical composition of raspberry pulp

Fruit pulp	Soluble dry matter (g/100 mL)	Total acids (g/100 mL)	pH	Total sugars (g/100 mL)	Total phenolic compounds (mg/mL)
Raspberries	9,2±0,1	1,17±0,04	3,01	7,82±0,1	1,721 ±0,49

During the fermentation of raspberries into vinegar, a decrease in the content of total phenols and anthocyanins was determined. It is believed that the main reason is their adsorption on yeast cells or due to their condensation reactions with acetaldehyde (Aguiar, Menezes, Rogez, 2013). More precisely, the cells of spontaneously grown strains of *Saccharomyces* have a greater tendency to adsorb these molecules than inoculated strains (Coelho, Genisheva, Oliveira,

Teixeira, Domingues, 2017). Condensation reactions are the reason for the decrease in the content of aldehydes and anthocyanins during alcoholic fermentation. Losses of anthocyanins and total phenols are greater during acetic fermentation than during alcoholic fermentation. It has been noted that the production of vinegar in a semi-pilot plant ensures the production of vinegar with the highest content of phenols and antioxidant activity (Ubeda et al., 2013). The polysaccharides, phenolic compounds and proteins present in vinegar production and during aging undergo changes that include the formation of colored high-molecular fractions – melanoids (Masino, Chinnici, Bendini, Montevecchi, Antonelli, 2008). It has been established that aging increases the content of melanoids in vinegar and its reducing power, antiradical DPPH activity and radical scavenging potential. Data on antioxidant activity support the concept that melanoids formed during vinegar production may possess health-promoting activity (Capozzi et al., 2017).

The antioxidant capacity of raspberry fruit pulp was determined by the DPPH method. It was determined that raspberry puree has an antioxidant activity with a value of 0.601 ± 0.15 mg/mL equivalent of Vitamin C. The lowest sugar content in raspberry samples was 13.33%. The temperature at which this fermentation took place reached a maximum of 26 °C, which is the optimal temperature for this type of fermentation (Ferreira, 2004). Namely, it is known that lower temperature is the cause of slower fermentation, but also obtaining a final product with better sensory characteristics and overall quality (Heikefelt, 2011), which is a desired and expected characteristic of fruit vinegars.

In the pulp of raspberries, the acid content gradually increases to 0.72 g/100 mL by the 10th day, and then the growth process is very slow and after 41 days it is only 0.84 g/100 mL. Namely, according to Tackdhige and Ouchi (1995) yeast invertase is a significant factor in the regulation of osmolarity and the speed of fermentation. In the pulp of raspberries, the sucrose content decreases rapidly until the 17th day, after which the changes are very slow or insignificant until the 41st day (Bakir, Toydemir, Boyacioglu, Beekwilder, Capanoglu, 2016). The highest content of total phenols during the vinification of raspberry vinegar reached a value of (0.99 mg/ml). For raspberries in the first phase, a certain increase in the total antioxidant capacity is observed until the 8th day, and then on the 10th day it significantly decreases. In the further course of fermentation and after storage, it continuously increases.

Table 3. Chemical composition of vinegar of wild raspberry produced from spontaneous fermentation (without starter cultures)

Raspberry vinegar produced from spontaneous fermentation (without starter cultures)	
Dry matter (%)	3.0 ± 0.7
pH	2.9 ± 0.1
Total acids (g/L)	9.0 ± 0.8
Ethanol (% v/v)	4.24 ± 0.08
Total polyphenols	459.28 ± 15.28
Total anthocyanins	399.21±21.31
Antioxidant activity determined by DPPH radical (as equivalent of ascorbic acid mg/L)	0.49 ± 0.09

CONCLUSION

This study evaluated the quality of vinegar from wild raspberries produced by spontaneous fermentation (without addition of starter yeasts). The results obtained from this study showed significant amounts of polyphenols (459.28 mg/L vinegar) and total anthocyanins (399.21 mg/L vinegar) in vinegar from wild raspberries. The presents of high level of natural antioxidants in wild raspberry vinegar produced by spontaneous fermentation was directly linked with high value of antioxidant potential determined by DPPH radical (0.49 mg/L as equivalent for Vitamin C).

Note: The manuscript was presented under the same title as a poster presentation at the scientific conference "Third conference about medicinal and wild-growing edible plants" in Pirot, June 26-28, 2025.

Acknowledgements: Research grant from Innovation and Technological Development Fund of Republic of North Macedonia is gratefully acknowledged.

References:

Aguiar, A., Nascimento, R. A., Ferretti, L. P., Gonçalves, A. R. (2005). Determination of organic acids and ethanol in commercial vinegars. *Brazilian Journal of Food Technology*, 5(1), 51-56.

Aguiar, F., Menezes, V., Rogez, H. (2013). Spontaneous postharvest fermentation of açai (Euterpe oleracea) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 86, 294-299. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.07.015>

Akimov, M.Yu, Koltsov, V.A., Zhbanova, E.V, Akimova, O.M. (2021). Nutritional value of promising raspberry varieties. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 640(2), 022078. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/640/2/022078>.

Bakir, S., Toydemir, G., Boyacioglu, D., Beekwilder, J., Capanoglu, E. (2016). Fruit Antioxidants during Vinegar Processing: Changes in Content and in Vitro Bio-Accessibility. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(10), 1658. <https://doi.org/10.3390/ijms17101658>

Budak, H.N., Güzel-Seydim, Z. (2010). Antioxidant activity and phenolic content of wine vinegars produced by two different techniques. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90, 2021-2026. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4047>

Budak, H.N., Aykin, E., Seydim, A.C., Greene, A.K., Guzel-Seydim, Z.B. (2014). Functional properties of vinegar, Institute of Food Technologists. *Journal of Food Science*, 79(5), 757-762.

Cappozzi, V., Fragasso, M.G., Romaniello, R., Berbegal, C., Russo, P., Spano, G. (2017). Spontaneous Food Fermentations and Potential Risks for Human Health. *Fermentation*, 49(3), <https://doi.org/10.3390/fermentation3040049>.

Cerezo, A.B., Tesfaye, W., Soria-Dias, M.E., Torija, M.J., Estibaliz, M., Garcia-Parrilla, M.K., Troncoso, A.M. (2010). Effect of wood on the phenolic profile and sensory properties of wine vinegars during ageing. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23, 175-186. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2009.08.008>

Chen, C.W., Ho, C.T. (1995). Antioxidant properties of polyphenols extracted from green and black teas. *Journal of Food Lipids*, 2(1), 35-46. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4522.1995.tb00028.x>

Chochevska, M., Jančovska Seniceva, E., Veličkovska, S.K., Naumova-Leția, G., Mirčeski, V., Rocha, J.M.F., Esatbeyoglu, T. (2021). Electrochemical Determination of Antioxidant Capacity of Traditional Homemade Fruit Vinegars Produced with Double Spontaneous Fermentation. *Microorganisms* 13, 9(9), 1946. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9091946>

Coelho, E., Genisheva, Z., Oliveira, J.M., Teixeira, J.A., Domingues, L. (2017). Vinegar production from fruit concentrates: effect on volatile composition and antioxidant activity. *Journal of Food Science and Technology*, 54(12), 4112-4122. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2783-5>

Collins, B. (2014). *Making & Using Vinegar: Recipes That Celebrate Vinegar's Versatility*, Pownal, Vermont, USA, Storey Publishing, LLC.

Davalos, A., Bartolome, B., Gomez-Cordove, C. (2005). Antioxidant properties of commercial grape juices and vinegars. *Food Chemistry*, 93, 325-330. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.09.030>

Dogaru, D.V., Hădărugă, N., Trașcă, T., Jianu, C., Jianu, I. (2009). Researches regarding the antioxidant capacity of some fruits vinegar. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 15(4), 506-510.

Ferreira, F. (2004). *Factors influencing the fermentation performance of commercial wine yeasts*. MSc Thesis, Stellenbosch, South Africa, Agricultural Science at Stellenbosch University.

Galvez, M.C., Barroso, C.G., Perez-Bustamante, J.A. (1994). Analysis of polyphenolic compounds of different vinegar samples. *Z Lebensm Unters Forsch*, 199, 29-31.

Garcia-Parrilla, M.C., Torija, M.J., Mas, A., Cerezo, A.B., Troncoso, A.M. (2017). Vinegars and Other Fermented Condiments. *Fermented Foods in Health and Disease Prevention*, 25, 577-591. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802309-9.00025-X>

Gullo, M., Giudici, P. (2008). Acetic acid bacteria in traditional balsamic vinegar: Phenotypic traits relevant for starter cultures selection. *International Journal of Food Microbiology*, 125, 46-53 <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.11.076>

Hafzan, Y., Saw, J.W., Fadzilah, I. (2017). Physicochemical properties, total phenolic content, and antioxidant capacity of homemade and commercial date (*Phoenix dactylifera L.*) vinegar. *International Food Research Journal*, 24(6), 2557-2562.

Heikefelt, C. (2011). *Chemical and sensory analyses of juice, cider and vinegar produced from different apple cultivars*, Almas Allé 8, 750 07 Uppsala, Swedish University of Agricultural Sciences.

Hidalgo, C., Estibaliz, M., Cerezo, A.B., Jesús, M. (2010). Technological process for persimmon and strawberry vinegars. *International Journal of Wine Research*, 2, 55-61. <https://doi.org/10.2147/IJWR.S8741>

Lee, L. and R. E. Wrolstad (2004). Extraction of Anthocyanins from blueberry processing waste. *Journal of Food Chemistry and Toxicology*, 69, 71-77. <https://doi.org/10.1007/s12161-021-02056-7>

Masino, F., Chinnici, F., Bendini, A., Montevecchi, G., Antonelli, A. (2008). A study on relationships among chemical, physical, and qualitative assessment in traditional balsamic vinegar. *Food Chemistry*, 106, 90-95. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.05.069>

Matloob, M.H. (2014). Zahadi date vinegar: Production and characterization. *American Journal of Food Technology*, 9(5), 231-245. <https://doi.org/10.3923/ajft.2014.231.245>

Nour

Pichler, A., (2011). *Utečaj dodataka i skladištenja na kvalitetu, reološka i termofizikalna svojstva paste od maline*. Doktorski rad. Osijek, Hrvatska, Prehrambeno-tehnološki Fakultet.

Silva, V., Mehrpour, G., Soares, V., Santo, D., Nunes, P., Quintas, C. (2024). Quality and biological properties of vinegar processed from non-valorized fruits in Southern Portugal. *Future Foods*, 9, <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100337>.

Takeshige, K., Ouchi, K. (1995). Effect of yeast invertase on ethanol production in molasses. *Journal of Fermentation and Bioengineering*, 79(5), 513-515. [https://doi.org/10.1016/0922-338X\(95\)91274-9](https://doi.org/10.1016/0922-338X(95)91274-9)

Tagliazucchi, D., Verzelloni, E., Conte, A. (2008). Antioxidant properties of traditional balsamic vinegar and boiled must model systems. *European Food Research Technology*, 227, 835–843. <https://doi.org/10.1007/s00217-007-0794-6>

Tesfaye, W., Morales, M.L., Garcia-Parrilla, M.C., Troncoso, M.A. (2002). Evolution of phenolic compounds during an experimental aging in wood of Sherry vinegar. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(24), 7053-7061. <https://doi.org/10.1021/jf020602x>

Ubeda, C., Callejon, R.M., Hidalgo, C., Torija, M.J., Troncoso, A.M., Morales, M.L. (2013). Employment of different processes for the production of strawberry vinegars: Effects on antioxidant activity, total phenols and monomeric anthocyanins. *Food Science and Technology*, 52, 139-145. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.04.021>

Verzelloni, E., Tagliazucchi, D., Conte, A. (2007). Relationship between the antioxidant properties and the phenolic and flavonoid content in traditional balsamic vinegar. *Food Chemistry*, 105(2), 564-571. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.014>.

Vikas Bhat, S., Akhtar, R., Amin, T. (2014). An Overview on the Biological Production of Vinegar. *International Journal of Fermented Foods*, 3(2), 139-155. <https://doi.org/10.5958/2321-712X.2014.01315.5>

Wildenrad, H.L., Singleton, V.L. (1974). The production of aldehydes as a result of oxidation of polyphenolic compounds and its relation to wine aging. *American Journal of Enology and Viticulture*, 25, 119-124. <https://doi.org/10.5344/ajev.1974.25.2.119>

Yu, Y., Yang, G., Sun, L., Song, X., Bao, Y., Luo, T., Wang J. (2022). Comprehensive Evaluation of 24 Red Raspberry Varieties in Northeast China Based on Nutrition and Taste. *Foods*. 11(20), 3232. doi: 10.3390/foods11203232.

Дивите малини од Република Северна Македонија како скапоцена суровина за производство на лековити оцети

Сања Костадиновиќ Величковска¹, Даниела Тодевска¹, Фиданка Илиева¹, Маја Чочевска², Елизабета Јанчовска Сеничева³, Билјана Бауер⁴

Сања Костадиновиќ Величковска¹ (<https://orcid.org/0000-0003-2402-3306>), Даниела Тодевска¹ (<https://orcid.org/0000-0001-6045-4184>), Фиданка Илиева¹ (<https://orcid.org/0000-0001-5017-0663>), Елизабета Јанчовска Сеничева² (<https://orcid.org/0009-0006-3343-515X>), Маја Чочевска³ (<https://orcid.org/0000-0002-8720-342X>), Билјана Бауер⁴ (<https://orcid.org/0000-0003-3574-2023>)

¹Земјоделски факултет, Универзитет „Гоце Делчев“, 2000 Штип, Република Северна Македонија

²Агенција за храна и ветеринарство, 3та Македонска бригада бр 20, 1000 Скопје, Република Северна Македонија

³Факултет за медицински науки, Универзитет „Гоце Делчев“, 2000 Штип, Република Северна Македонија

⁴Институт по фармакогнозија, Фармацевтски факултет, Универзитет Св. Кирил и Методиј, Мајка Тереза 47, 1000 Скопје, Република Македонија

***Автор за кореспонденција:** Сања Костадиновиќ Величковска, ¹Земјоделски факултет, Универзитет „Гоце Делчев“, 2000 Штип, Република Северна Македонија. Tel.: +38975390707, e-mail: sanja.kostadinovik@ugd.edu.mk

Апстракт: Лековитиот потенцијал на дивите малини од регионот на Северна Македонија беше испитан преку ферментација и производство на лековити оцети. За производство на домашен оцет, дивите малини беа собрани од шумскиот регион Берово и Робово, Република Северна Македонија. Свежите диви малини беа селектирани, измиени, сушени и иситнети. Околу 1400 г диви малини беа подложени на процес на мацерација во период од 1-3 минути. Во овој период, беше извршен процесот на екстракција на природни антиоксиданси како полифеноли (антоцианини, танини, проантоцијанидини), како и органски киселини, витамин Ц и други природни антиоксиданси. Пирето од малини потоа беше дистрибуирано во стаклени садови од 5-6 литри и беа додадени 4,8 литри вода и 500 г сахароза. Процесот на ферментација беше спроведен на собна температура, помеѓу 21 и 26°C, во временски период од 41 ден во отсуство на starter култури како квасци и бактерии на оцетна киселина. Откако заврши оцетната ферментација (41 ден), експерименталните оцети беа филтрирани, пастеризирани (15 мин на 80°C) и префрлени, под асептични услови, во стаклени херметички садови од 100 mL за да се намали ризикот од микробиолошка контаминација. Резултатите добиени од евалуацијата на оцетот од диви малини покажаа значителни количества на полифеноли (459,28 mg/L оцет) и вкупни антоцијанини (399,21 mg/L оцет). Присуството на високо ниво на природни антиоксиданси во оцетот од диви малини произведен со спонтанa ферментација беше директно поврзано со високата вредност на антиоксидантниот потенцијал определен со DPPH радикал (0,49 mg/L како еквивалент за витамин C).

Клучни зборови: диви малини, спонтанa ферментација, лековити оцети, вкупни полифеноли, вкупни антоцијани, антиоксидативен потенцијал, DPPH тест

ВОВЕД

Со нативната ферментација на виното е добиен првиот оцет, уште пред речиси 10.000 години. Од тогаш потекнува и неговото име „vinegar“, кое произлегува од

францускиот збор „vinaigre“ што значи „кисело вино“. Откако луѓето ги запознале својствата на оцетот неговото производство се раширило ширум светот. Историјата на оцетот и неговата примена може да се следи низ векови, низ разните епохи и цивилизации. Најраните сознанија за употребата на оцетот датираат од пред повеќе од 10.000 години. Ароматизиран оцет бил произведувач и продаван како комерцијален производ уште пред 5.000 години, имено Вавилонците произведувале и продавале оцети ароматизирани со овошје, со вкус на мед и малт се до 6. век. Референци од Стариот завет и од Хипократ укажуваат дека оцетот е користен во медицински цели за зацелување на рани. Според Sung Tse кој развојот на судската медицина во 10 век, им ја припишува на Кинезите употребувал сулфур и оцет како средство за миење на рацете со цел да се спречи инфекција. Во САД во 18. век лекарите го користеле оцетот за третирање на повеќе заболувања вклучувајќи труење со бршлен, болки во грлото, стомачни болки, висока температура и едема. Оцетот неколку пати се споменува и во Библијата, а постои и англиска верзија на Библијата позната како Библија на оцетот.

Имено во 1717 год. издавачката куќа Кларендион Прес од Оксфорд пуштила во продажба ново издание на Библијата во која наместо зборот „vineyard“ (лозје-на англиски), бил искористен зборот „vinegar“ (оцет-на англиски) поради што оваа Библија била наречена Библија на оцетот. Во 1778 Durande го концентрирал оцетот за да добие глацијална оцетна киселина, а во 1814 год Berzelios развил постапка за анализа на оцетната киселина. Во 1823 год. Schutzenbuch ја развил постапката за добивање оцет позната како генератор процес кој овозможува оцетот да се добие за 2-7 дена. Во 1955 год. Hromatka развил постапка за добивање оцет наречена субмерзна ацетификација која користи подобрена аерација и мешање со цел брзо да се добие оцет (Budak, Aykin, Seydim, Greene, Guzel-Seydim, 2014).

Производството на оцет во Франција започнало во 16. век кога од грозје бил произведен оцет за домашна потрошувачка, но и за извоз, а во Англија оцет бил добиен од слад и пиво, од каде производството се проширило во повеќе земји низ светот.

Иако за оцетот долго се сметало дека е ферментиран производ со понизок квалитет од останатите ферментирани производи сепак тој го нашол своето место првенствено како додаток за конзервирање на храна, а во некои земји и како здрав пијалак (Gullo & Giudici, 2008).

Овошните оцети кај нас и во светот заземаат посебно место во трендот на здравата исхрана. Тие поседуваат пријатни вкусови, примамливи бои и ароми, и содржат низа хранливи материи кои преминале во нив во текот на преработката на овошјето до оцет, поради што денес се едни од најчесто конзумираните производи во секојдневната и диететска исхрана. Нивните карактеристични особини се одговорни за низата здравствените бенефити кои ги поседуваат и се смета дека придонесуваат во превенцијата на разни заболувања на современиот човек.

Производството на оцет во домашни услови се изведува по традиционални постапки во мали количества. Но, се смета дека добиениот оцет е со подобар квалитет во споредба со белиот индустриски оцет добиен по синтетски пат и комерцијалните овошни оцети, затоа што при неговото производство, кое е спонтан процес, не се користени никакви дополнителни состојки освен основната суровина, овошна пулпа или концентриран природен овошен сок. Друга предност на овошните оцети добиени по традиционална постапка е и тоа дека тие може да бидат произведувани од органски одгледано овошје, што обезбедува еден посебен квалитет и здрав производ. Истражувањата во светски рамки, покажале дека оцети добиени од природен овошен сок или друга ферментабилна суровина изобилуваат со квалитетни нутритивни состојки (Matloob, 2014).

Оцетот е ферментиран производ од овошје кој содржи вода, оцетна киселина од 5 до 20%, мали количини на аминокиселини, шеќери, алкохоли и органски киселини, како и значителни количини на витамин Ц и полифеноли како природни антиоксиданси. Количината на полифеноли се зголемува за време на процесот на ацетификација на стареењето на оцетот (Aguiar, Nascimento, Ferretti, Gonçalves, 2005; Chochevska et al., 2021; Dogaru, Hădărugă, Trașcă, Jianu, C., Jianu, I., 2009; Garcia-Parrilla, Torija, Mas, Cerezo, Troncoso, 2017; Tesfaye, Morales, Garcia-Parrilla, Troncoso, 2002; Vikas Bhat, Akhtar, Amin 2014). Аромата и вкусот на различните оцети се главно последица на традиционалниот метод на производство на оцет, базиран на бавна ацетификација и стареење во дабови буриња (Budak et al., 2014; Cerezo et al., 2010; Hidalgo, Estibaliz, Cerezo, Jesús, 2010). Една од најкористените традиционални процедури за производство на оцет е методот Орлеанс, кој најчесто се изведува дома со употреба на поголема количина овошје, што резултира со висококвалитетни оцети (Collins, 2014).

Значајни истражувачки напори се фокусирани на антиоксидантниот капацитет на традиционалните и комерцијалните оцети како што се јаболков, овошен и балсамико, вински и гроздов оцет како најконзумирани глобално (Budak & Güzel-Seydim, 2010; Davalos, Bartolome, Gomez-Cordove, 2005; Dogaru et al., 2009; Galvez, Barroso, Perez-Bustamante, 1994; Heikefelt, 2011; Silva et al., 2024; Tagliazucchi, Verzelloni, Conte, 2008).

Главната цел на оваа студија беше производство на висококвалитетни малинови оцети со спонтанa ферментација и без додавање на какви било стартер култури. Квалитетот на произведениот оцет беше испитан со определување на физичко-хемиски параметри (pH, сува материја, вкупни киселини и алкохол) како и определување на вкупни полифеноли, антоцијани и антиоксидативна активност определена со DPPH радикал (изразен како еквивалент на аскорбинска киселина).

МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДИ

Хемикалии и реагенси

ABTS (2,2'-азино-бис (3-етилбензотиазолин-6-сулфонска киселина), оцетна киселина, калиум хлорид (KCl), амониум персулфат ((NH₄)₂S₂O₈), α-токоферол, тролокс (6-хидрокси-2,5,7,8-тетраметилхроман-2-карбоксилна киселина), аскорбинска киселина и гална киселина беа добиени од Sigma, Fluka и Merck. Основните раствори беа подготвени во вода и складирани на 4°C, заштитени од дневна светлина. Водните раствори беа соодветно разредени со двојно дестилирана вода пред да се користат како работни раствори.

Берба и селекција на растителен материјал

Испитан е домашен оцет од малина (*Rubus idaeus*), произведен со спонтанa ферментација. Малините беа собрани од регионот на Берово, источниот регион на Северна Македонија, за време на сезоната на берба (август, септември и октомври 2024. година). Мострите за анализи беа избрани за време на периодот на алкохолна и оцетна ферментација, т.е., во текот на 2-ри, 4-ти, 6-ти, 8-ми, 10-ти, 24-ти, 31-ви и 41-ви ден од

ферментацијата и по 2 месеци; сите примероци беа чувани во затворени стерилни шишиња на $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Пред анализата, примероците беа чувани на собна температура, центрифугирани и филтрирани.

Производство на овошен оцет од диви малини

Домашниот оцет од малина беше произведен со спонтанa ферментација во стаклени буриња со вкупен волумен од 5 до 6 литри. Процесот на ферментација беше спроведен на собна температура од $21 - 26\text{ }^{\circ}\text{C}$ во временски период од 41 ден, со исклучок на starter културите и квасците за брза ферментација. Спонтаната ферментација вклучува алкохолна ферментација во траење од 24 дена и спонтанa оцетна ферментација, каде што бактериите на оцетна киселина произведуваат оцетна киселина, на темно, од 24-ти до 41-ви ден. Откако беше завршена оцетната ферментација, оцетите беа филтрирани, пастеризирани во период од 20 минути. на $72\text{ }^{\circ}\text{C}$ и префрлени во херметички затворени садови за да се намали ризикот од расипување (слика 1).



Слика 1. Производство и анализи на оцет од диви малини

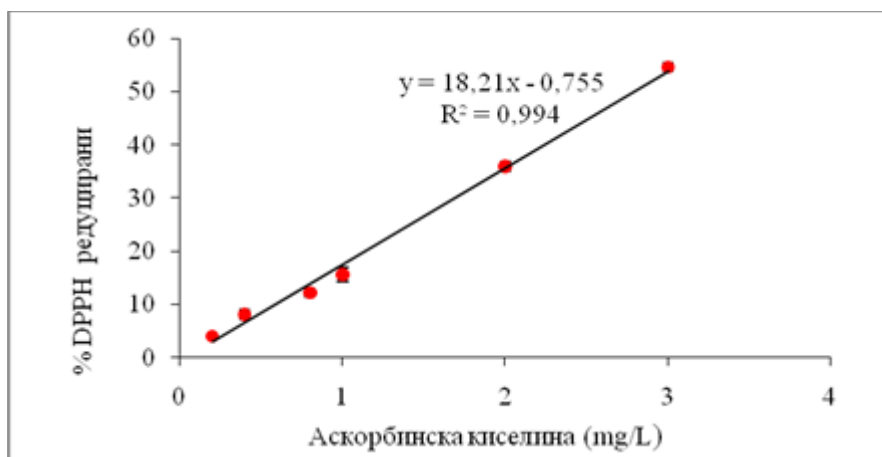
Методи

Содржината на алкохол во примероците од оцет од малина беше определена со употреба на кондензатор Liebig според официјалниот метод 942,06 на AOAC. Оцетната киселина, како главна органска киселина, беше определена со титрација според методот AOAC (Официјални методи на анализа на AOAC), 1980, XIII-то издание, 30,071. За титрациона киселост (ТА), 10 mL од примерокот беше разредена со 20 mL дестилирана вода и беа додадени 2-3 капки индикатор фенолфталеин. Киселините беа титрирани со 0,1

M NaOH. Формулата за пресметување на вкупната киселина (%) е како што следува: $\%TA(\text{Оцетна киселина}) = (1 \text{ M сол. од NaOH} \cdot 0,6 / \text{вол. од примерокот (ml)}) \times 100$. Вкупните киселини беа изразени како g/L и беа пресметани со користење на факторот за оцетна киселина 0,06. Содржината на растворлива сува материја беше определена со рефрактометар (OIR тип 32/930050-Бугарија). Варијацијата на pH вредноста на HNV за време на процесот на ферментација беше измерена со pH метар SCHOTT LAB 850 модел. Вкупните полифеноли (TPs) беа проценети со редукција на реагенсот Фолин-Чиокалтеу до сини пигменти предизвикани од феноли во алкален раствор. Концентрациите на вкупните полифеноли беа определени со користење на калибрациска крива како (+)-катехин во mg kg^{-1} тежина на свежи бобинки (FW) (Wildenradt & Singleton, 1974). Вкупните антоцијанини (TA) беа определени врз основа на максималната апсорпција во видливиот опсег (536–542 nm). Тие беа квантифицирани во mg kg^{-1} FW на грозје, претпоставувајќи просечна апсорпција на мешавината од малини (просечна MW = 500 Da, $\epsilon = 18\,800 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ во раствор од етан:вода:HCl 70:30:1) (Lee et al., 2004).

DPPH тест за определување на антиоксидативна активност на оцет од малина

Методот Chen и Ho (1995) беше користен со мали модификации за да се утврди капацитетот на DPPH за отстранување на слободни радикали од урминиот оцет. Накратко, 0,2 ml од примерокот беше додаден во 3,8 ml раствор од етанол на DPPH радикал (0,1 mM). Смесата беше оставена да отстои 30 минути во темница откако добро се мешаше со вртложен воздух 1 минута. Апсорпцијата на примерокот (А примерок) беше определена во однос на стандардни растворени од аскорбинска киселина (витамин Ц) на UV 160 спектрофотометар на 517 nm (слика 2).



Слика 2. Калибрациона крива на DPPH радикалот со аскорбинска киселина како стандард

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Аромата на дивите малини е поизразена од некои култивирани видови малини. Ова се должи на присуството на киселината 3-метил-3-бутаноична киселина, која е присутна само кај дивите сорти малини (Pichler, 2011). Минералите се важни кофактори за ензимската активност, за регулирање на алкалноста во клетките и надвор од клетките, го стимулираат формирањето на крвни клетки, го регулираат крвниот притисок и спречуваат атеросклероза и манифестираат голем број други важни физиолошки функции (Verzelloni, Tagliazucchi, Conte, 2007). Плодот од бобинката соодветно има црвена, розово-виолетова, виолетова и виолетово-сина боја, што се должи на присуството на антоцијанини. Главните антоцијанини во боровинките се: делфинидин 3-глукозид, делфинидин-3-галактозид, цијанидин-3-глукозид, цијанидин-3-галактозид, петунидин-3-глукозид, пеларгонидин-3-рутинозид, малвидин-3-глукозид, малвидин-3-галактозид, кај капините тоа се цијанидин-3-глукозид и цијанидин-3-ксилозид, кај малините тоа се цијанидин-3-глукозид и цијанидин-3-рутинозид (Hafzan, Saw, Fadzilah, 2017). Различни видови антоцијанини се присутни во овошјето, во различни количини: кај јаболката од 0-60 mg/100 g свежо овошје, кај боровинките од 300-698 mg/100 g свежа маса, кај капините од 82,5-325,9 mg/100 g свежо овошје, кај малините од 20-687 mg/100 g.

Во табелата 1 се презентирани резултатите публикувани во литературата за квалитетот на дивите и питомите капини (Akimov, Koltsov, Zhbanova, Akimova 2021; Yu et

al., 2022). Како што може да се забележи, малините се богат извор на минерали (посебно калиум) и витамини (посебно витамин А и Ц).

Табела 1. Нутритивен состав на малини (Akimov, Koltsov, Zhbanova, Akimova 2021; Yu et al., 2022)

Состав		Витамини (mg/100g)		Минерали (mg/100g)	
Сува маса (%)	7-11	Витамин С	20	Са	40
Јаглехидрати (%)	8,8	Тиамин В1	0,02	Мg	22
Шеќери (%)	3,5-5,5	Рибофлавин В2	0,04	Р	15
Сахароза (%)	0,7-3,0	Ниацин В3	0,5	К	224
Киселини (%)	0,9-1,8	Витамин А(ИЕ)	90	Na	10
рН	3,0-3,7				
Протеини (g/100g)	0,7				
Липиди(g)	0,1				

Пред да започне процесот на ферментација, малините се згмечени и претворени во пире. Анализиран е хемискиот состав на пирето од малините и добиени се резултатите презентирани во табела 2.

Табела 2. Хемиски состав на пулпа од дива малина

Овошна пулпа	Растворлива сува маса (g/100 mL)	Вкупни киселини (g/100 mL)	рН	Вкупни шеќери (g/100 mL)	Вкупни феноли (mg/mL)
Малини	9,2±0,1	1,17±0,04	3,01	7,82±0,1	1,721 ±0,49

Во текот на ферментацијата на малините до оцет утврдено е намалување на содржната на вкупни феноли и антоцијани. Се смета дека главната причина е нивната адсорпција на квасочните клетки или поради нивни реакции на кондензација со ацеталдехидот (Aguilar, Menezes, Rogez, 2013). Попрецизно, дека клетките на спонтано развиените соеви на *Sacharomyces* имаат поголема тенденција да ги адсорбираат овие молекули отколку инокулираните соеви (Coelho, Genisheva, Oliveira, Teixeira, Domingues, 2017). Реакциите на кондензација се причина за намалување на содржината на алдехидите и антоцијаните при алкохолната ферментација. Загубите на антоцијаните и вкупните феноли се поголеми при оцетната ферментација одколку при алкохолната. Забележано е дека производството на оцет во полу-пиот постројка обезбедува добивање на оцет со највисока содржин на феноли и антиоксидативна активност (Ubeda et al., 2013).

Присутните полисахариди, фенолни соединенија и протеини при добивањето на оцетот и во текот на стареењето претрпуваат промени кои вклучуваат добивање на обоени високомолекуларни фракции–меланоиди (Masino, Chinnici, Bendini, Montevercchi, Antonelli, 2008). Утврдено е дека со стареењето се зголемува содржината на меланоиди во оцетот и неговата редуктивна моќ, антирадикалната DPPH активност и потенцијалот за ловење радикали. Податоците за антиоксидативната активност го поткрепуваат концептот дека формираните меланоиди во текот на добивањето на оцетот можеби поседуваат активност која го потпомага здравјето (Carozzi et al., 2017).

Антиоксидативниот капацитет на овошните пулпа од малина е одреден со DPPH метод. Утврдено е дека пирето од малина има антиоксидативна активност со вредност од $0,601 \pm 0,15$ mg/mL еквивалент на витамин Ц. Најниска содржина на шеќери во примероците од малини изнесуваше 13,33%. Температурата при која се одвиваше оваа ферментација достигна најмногу 26 °C, што претставува оптимална температура за овој вид ферментации (Ferreira, 2004). Имено, познато е дека пониската температура е причина за побавна ферментација, но и добивање на краен производ со подобри сензорни карактеристики и севкупен квалитет (Heikefelt, 2011), што е посакувана и очекувана карактеристика на овошните оцети.

Во пулпата на малините до 10-тиот ден постепено се зголемува содржината на киселини до 0,72 g/100 mL, а потоа процесот на пораст е многу спор и по 41 ден таа изнесува само 0,84 g/100 mL. Имено според Tackedhige и Ouchi (1995) квасочната инвертаза е значаен фактор во регулацијата на осмоларноста и брзината на ферментацијата. Во пулпата од малините содржината на сахароза се намалува брзо до 17-тиот по што до 41-от ден промените се многу спори или незначителни (Masino, Chinnici, Bendini, Montevercchi, Antonelli, 2008). Најголема содржина на вкупни феноли во текот на винификација на оцетот од малини достигна вредност од (0,99 mg/ml). За малините во првата фаза се забележува извесно зголемување на вкупниот антиоксидативен капацитет до 8-от ден, за потоа на 10-от ден значително да се намали. Во понатамошниот тек на ферментацијата и по складирањето континуирано се зголемува.

Табела 3. Хемиски состав на оцет од диви малини добиен со спонтана ферментација

Оцет од диви малини	
Сува материја (%)	3.0 ± 0.7
pH	2.9 ± 0.1
Вкупни киселини (g/L)	9.0 ± 0.8
Етанол (% v/v)	4.24 ± 0.08
Вкупни полифеноли	459.28 ± 15.28
Вкупни антоцијани	399.21 ± 21.31
Антиоксидативна активност определена со DPPH радикал (изразена како еквивалент на аскорбинска киселина)	0.49 ± 0.09

ЗАКЛУЧОК

Во овој научен труд е проучуван квалитетот на оцет од диви малини произведен со спонтана ферментација (без употреба на стартер култури). Резултатите добиени од овој труд потенцираат значително количество на полифеноли (459,28 mg/L vinegar) и вкупни антоцијани (399,21 mg/L vinegar) во оцетот од диви малини. Најголемо количество на природни антиоксиданти од кашата од диви малини се екстрахира и поминува во оцетите. Ова високо количество на природни антиоксиданти во оцетот од диви малини е силно корелирано со висок антиоксидативен потенцијал определен со DPPH радикал (0,49 mg/L изразен како еквивалент на витамин Ц).

Напомена: Ракописот беше презентиран под ист наслов како презентација на научната конференција „Трета конференција за лековити и диворастечки јадливи растенија“ во градот Пирот, од 26 до 28 јуни 2025 година.

Благодарност: Со овој научен труд искажуваме благодарност до Фондот за иновации и технолошки развој на Република Северна Македонија за финансирање на истражувањето.

Примљено / Received on 27. 04. 2025.

Ревидирано / Revised on 06. 05. 2025.

Прихваћено / Accepted on 19. 05. 2025.