



ISSN 2623-6575

UDK 63

GLASILO FUTURE

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

VOLUMEN 6 BROJ 5-6

PROSINAC 2023.

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., 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

Međunarodno uredništvo / International Editorial Board:

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

Prof. dr. sc. Kiril Bahcevandziev – 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 zemjodelski nauki i hrana Skopje)

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

Prof. dr. sc. Duška Ćurić – Republika Hrvatska (Prehrambeno-biotehnološki fakultet Zagreb)

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

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

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

Prof. dr. sc. Semina Hadžabulić – Bosna i Hercegovina (Agromediterski 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 Polska (Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy)

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

Prof. dr. sc. Maria 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 ornithologique mondiale)

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

Prof. dr. sc. Zvonimir Marijanović – Republika Hrvatska (Kemijsko-tehnološki 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 zemjodelski 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)

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 Skejčić – 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-tehnološki fakultet u Splitu)

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

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

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

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 Žuko Zekić – Bosna i Hercegovina (Nastavnički fakultet Mostar)

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

Objavljeno: 31. prosinca 2023. 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 svojih radova, kontakt podatke i točnost engleskog jezika.

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

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

Časopis je indeksiran u CAB Abstract (CAB International).

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

(2023) 6 (5-6) 01–97

SADRŽAJ:

	Str.
Izvorni znanstveni rad (original scientific paper)	
<i>Ines Banjari, Marija Dundović, Jadranka Karuza, Marina Ferenac Kiš, Milica Cvijetić Stokanović</i> A grain of salt – a cross-sectional study on the consumption of foods containing iodine and sodium among adults from Croatia	01–12
<i>Azra Koes, Aida Šukalić, Alma Leto, Alma Mičijević, Vedrana Komlen</i> Human health risk assessment of intake Cd and Cu from agricultural soils in Mostar and Tomislavgrad	13–28
<i>Aleksandra Šupljevlaj Jukić, S. Šoškić, G. Prskalo, Jasmina Aliman, Jasna Hasanbegović Sejfć</i> Utjecaj navodnjavanja na prinos i masu ploda trešnje Influence of irrigation on cherry fruit yield and weight	29–41
<i>R. Kepić, Denisa Žujo Zekić, M. Dautbašić, Jasna Avdić, Alka Turalija</i> Istraživanje entomofaune hortikulturnih biljaka na posjedu Franjevačkog samostana u Visokom, Bosna i Hercegovina Survey of entomofauna of horticultural plants on the property of the Franciscan monastery in Visoko, Bosnia and Herzegovina	42–64
Prethodno priopćenje (preliminary communication)	
<i>S. Maslo</i> New floristic data of vascular plants from Bosnia and Herzegovina	65–81
Stručni rad (professional paper)	
<i>Marija Vrdoljak, Sandra Mandinić, A. Sučić, B. Dorbić</i> Promjene mlijecne masti u mlijeku djelovanjem različitih temperatura Changes in milk fat in milk under the influence of different temperatures	82–95
Upute autorima (instructions to authors)	96–97

A grain of salt – a cross-sectional study on the consumption of foods containing iodine and sodium among adults from Croatia

**Ines Banjari^{1*}, Marija Dundović², Jadranka Karuza³,
Marina Ferencac Kiš^{2,4}, Milica Cvijetić Stokanović¹**

izvorni znanstveni rad (original scientific paper)

doi: 10.32779/gf.6.5-6.1

Citiranje/Citation⁵

Abstract

Salt is the main dietary source of two important nutrients: iodine and sodium. Deficiency and excess of both minerals results in a number of adverse health effects. However, social media is full of misinformation regarding iodine's role in thyroid diseases. The aim of this cross-sectional study was to determine the types of salt consumed and the consumption of foods naturally containing iodine in adults (19 to 69 years old), both genders, in charge of food shopping and/or meal preparation (N=220), in regard to their health status. Only women reported being diagnosed with Hashimoto's thyroiditis (14.1 %) and having infertility issues (16.8 %). Sea salt is the most commonly used (62.7 %), followed by table salt (45.5 %) and Himalaya salt (29.5 %), with many using two or more types of salt simultaneously. Women diagnosed with thyroid disease were most likely to use only Himalaya salt. Foods naturally containing iodine cannot provide sufficient iodine due to low consumption; milk and dairy are consumed once a day, cheese 4 times a week, eggs 1.9 times a week, and saltwater fish 1.2 times a week. Seaweed, as the natural source with the highest content of iodine, is consumed by 5.9 % of the study participants (one has Hashimoto's thyroiditis). Participants reported high consumption of salt-containing seasonings, and pre-packed, ready-to-eat meals, which contribute significantly to daily sodium intake. Consumption of foods naturally containing iodine is low, but some types of salt could significantly alter iodine's consumption. More studies are needed to determine the exact dietary iodine consumption, especially in vulnerable populations.

Key words: iodine, sodium, thyroid diseases, dietary sources, salt.

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

*E-mail: ibanjari@ptfos.hr (corresponding author).

² University Hospital Centre Osijek, J. Huttlera 4, 31000 Osijek, Republic of Croatia.

³ Private Family Physician Office affiliated to University of Rijeka, School of Medicine, Brig 22, 51000 Rijeka, Republic of Croatia.

⁴ Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Medicine, J. Huttlera 4, 31000 Osijek, Republic of Croatia.

⁵ Banjari, I., Dundović, M., Karuza, J., Ferencac Kiš, M., Cvijetić Stokanović, M. (2023). A grain of salt – a cross-sectional study on the consumption of foods containing iodine and sodium among adults from Croatia. *Glasilo Future*, 6(5-6), 1–12.

Introduction

Iodine is a trace element important for the synthesis of thyroid hormones, but its importance extends far beyond. Iodine plays a key role in the overall metabolism, growth of the body, and neurodevelopment of foetal brain (Nazari et al., 2021). Iodine deficiency and iodine excess can increase person's risk for thyroid diseases. The actual risk for thyroid diseases is individually altered, by age, gender, genetic predisposition, environmental factors, personal history of thyroid diseases, concurring diseases, and some medications (Prete et al., 2015).

Sea salt is a general term for salt produced by evaporation of saltwater (sea, ocean or lake). It is less processed than table salt and retains trace minerals which add flavour and colour, but the amount of sodium is comparable to table salt. Yet, the amount of iodine present in sea salt is not considered as sufficient (Medeiros-Neto and Rubio, 2016). Iodized salt is the main source of iodine in diet, given that seafood, dairy and grains from iodine-rich soils contain variable, often low iodine content (Krela-Kaźmierczak et al., 2021). Today, 88 % of the global population uses iodized salt (Zimmermann and Andersson, 2021), yet about 30 % of the world's population is considered at risk of iodine deficiency (Hatch-McChesney and Lieberman, 2022). At the same time, thyroid diseases are on the rise (Taylor et al., 2018); global prevalence of Hashimoto's thyroiditis is 7.5 % in the upper-middle income countries and 11.5 % in the low-middle-income countries (Hu et al., 2022), and the burden is especially high in women. Therefore, it is not surprising that women are especially interested in sharing their opinion and/or experience with dietary iodine and thyroid diseases.

Today, social media is the primary source of information regarding food and health for as many as 85 % of population, especially for younger (Samayyia et al., 2019; Vogels et al., 2022). Some studies report that between 51 % (Borges do Nascimento et al., 2022) up to striking 87 % (Suarez-Lledo and Alvarez-Galvez, 2021) of posts on social media fall in the health misinformation group, and diet-related misinformation is around 36 % (Suarez-Lledo and Alvarez-Galvez, 2021). A large share of iodine-thyroid related information shared online is unproven and can have severe health consequences. Often, women diagnosed with hypothyroidism promote restriction of iodine consumption through foods (especially emphasizing that iodized salt is problematic), and some even promote taking extremely high doses of iodine via supplements (e.g. example of some blogs <https://isandra.weebly.com/jod>).

Himalaya salt, which is mined from deposits located in Pakistan, due to its pinkish colour, is often marketed as a healthier alternative to table salt. However, despite the content of sodium in Himalaya salt is lower than in table salt, in order for trace minerals present in Himalaya salt to achieve any health benefit, a person would need to consume extremely high amount of salt. Health risks related to excessive sodium consumption surpass this negligible benefit from trace minerals in Himalaya salt (Fayet-Moore et al., 2020). In addition, a recent study found a number of impurities in unrefined samples of salt used for cooking, including Himalaya salt (Ercoskun, 2022).

Excessive salt, i.e. sodium consumption increases blood pressure (Mente et al., 2014), and various public health strategies have been developed to promote salt reduction to reduce the risk of hypertension, the so called silent killer (World Heart Federation, 2023). Based on reports from Italy, on paediatric (Iacone et al., 2021a) and adult (Iacone et al., 2021b) populations, salt contributed to daily iodine consumption with around 20 % and the adequate intake of iodine (EFSA, 2019) was achieved only in study participants in the highest quintile of salt consumption. It is important to note that World Health Organization conducted an comprehensive meta-analysis on the efficacy and safety of iodized salt on various health conditions, and no overall effect of iodized salt on hypothyroidism was found (Aburto et al., 2014).

We aimed to determine the types of salt consumed and consumption frequency of some foods naturally containing iodine by the general population of adults in charge of food purchase/preparation, in relation to their health status.

Subjects and methods

This is a baseline study for a larger research project regarding iodine's role in health and reproduction. We obtained institutional review board approval from the Ethical Committee of the University Hospital Centre Osijek (decision from October 6, 2021, number of approval R1/13151/2021).

This part of the research was an observational, cross-sectional study conducted on general population from Croatia, both genders, ≥ 18 old. The study-specific questionnaire was anonymous, and participants were asked to complete it only once. Recruitment was done through social media posts, by sharing the link to access the questionnaire, which was prepared in an online form (by using open source Google Forms). The recruitment was done between May and June 2021. From 275 responses, three were excluded due to incomplete reporting.

Questionnaire

The questionnaire consisted of three parts, and primarily consisted of closed-types questions (except for questions about age and residence).

The first part included questions about general and socio-economic characteristics, e.g. age, gender, residence, health issues their food-related household responsibilities.

In the second part of the questionnaire, we asked about types of salt used. Also, with yes/no options participants were asked about their consumption of various bouillons, bouillon cubes, seaweed, soy sauce, and/or pre-packed seasonings for main dishes.

The last part of the questionnaire examined participants' consumption of animal foods that naturally contain iodine within the last month. Additionally, the consumption of pre-packed, ready-to-eat products was also examined. For each food consumption frequency was given, ranging from every day, up to 3 times a week, once a week, once a month, up to 5 times a month and rarely/never.

Statistical analysis

Statistical analysis was performed by software Statistica (v. 14.0, StarSoft Inc., USA), with the level of significance $p=0.05$. Normality of the data distribution was tested by the nonparametric Kolmogorov-Smirnov test for the comparison of medians and arithmetic mean, and histograms plotting. Categorical data are presented as absolute and relative frequencies, while for numerical data median and interquartile range is used. For the comparison of categorical data within and between groups Fischer's exact test was used. Differences between three independent groups were tested with Kruskal-Wallis ANOVA test.

Results and discussion

Mean age of study participants was 36.4 ± 9.3 years, from 19 to 69 years, 20.2 % males, 77.2 % living in urban area, 11.8 % in suburban area, and 11.0 % in rural area. According to their food-related household responsibilities, 61.8 % said that they are in charge of both shopping and preparing meals, 9.6 % are either responsible for food shopping or meal preparation, while 19.1 % said they only enjoy the meals prepared. Participants who said they are only consuming foods prepared were excluded from the following analysis, so the final number taken in the analysis was 220. Among them, 55.9 % said they have no health issues, 14.1 % have Hashimoto's thyroiditis, 16.8 % infertility issues, 3.6 % have hypertension, diabetes, or dyslipidaemia, and the remaining 9.6 % have other conditions like asthma, chronic pain, and gastritis. To analyse the differences between health conditions, due to a small number of other conditions, healthy participants were compared to those with Hashimoto's thyroiditis and/or infertility issues. Importantly, all participants who said they were diagnosed with Hashimoto's thyroiditis or infertility issues were women.

The majority of study participants use sea salt (62.7 %), 45.5 % use table salt, 29.5 % use Himalaya salt, and 5.5 % other types of salts (Figure 1), primarily flower of salt. The majority of participants use two (sea and table salt) or more types of salt simultaneously. Other types of salts used were Sicilian, black and smoked salt, declared to be used by one participant each. Himalaya salt is the sole type of salt used by 6.4 % of the study participants, and they were more likely to be diagnosed with Hashimoto's thyroiditis ($p<0.001$).

Table salt is typically mined from underground deposits, and the one available on Croatia's market is usually fortified with iodine. In Croatia, the first regulation of iodine content in salt was introduced in 1953. The initial amount of 10 mg KI/kg was increased to 25 mg KI/kg in 1996, after epidemiological studies have found that goitre was still present in 35 % of the school-aged population of children (Jukić et al., 2008).

Excess iodine intake, though rare, may come from use of high-dose supplements or overeating certain seaweeds. Besides children, infants and the elderly, people with existing thyroid diseases are particularly vulnerable to iodine toxicity and iodine-induced hypothyroidism and hyperthyroidism

(Murai et al., 2021; Farebrother et al., 2019). In our study, only one participant diagnosed with Hashimoto's thyroiditis uses seaweed. Since we did not question participants about their supplement use, we cannot assess the potential risk arising from excessive intake of iodine due to supplementation. Thyroid diseases are commonly associated with altered blood pressure (Marcisz et al., 2001). Therefore, restrictions in sodium intake for people with thyroid diseases is recommended. Besides the obvious, large amounts of sodium (i.e. salt) can be found in various seasonings and prepacked, ready-to-eat meals (Korošec and Pravst, 2014).

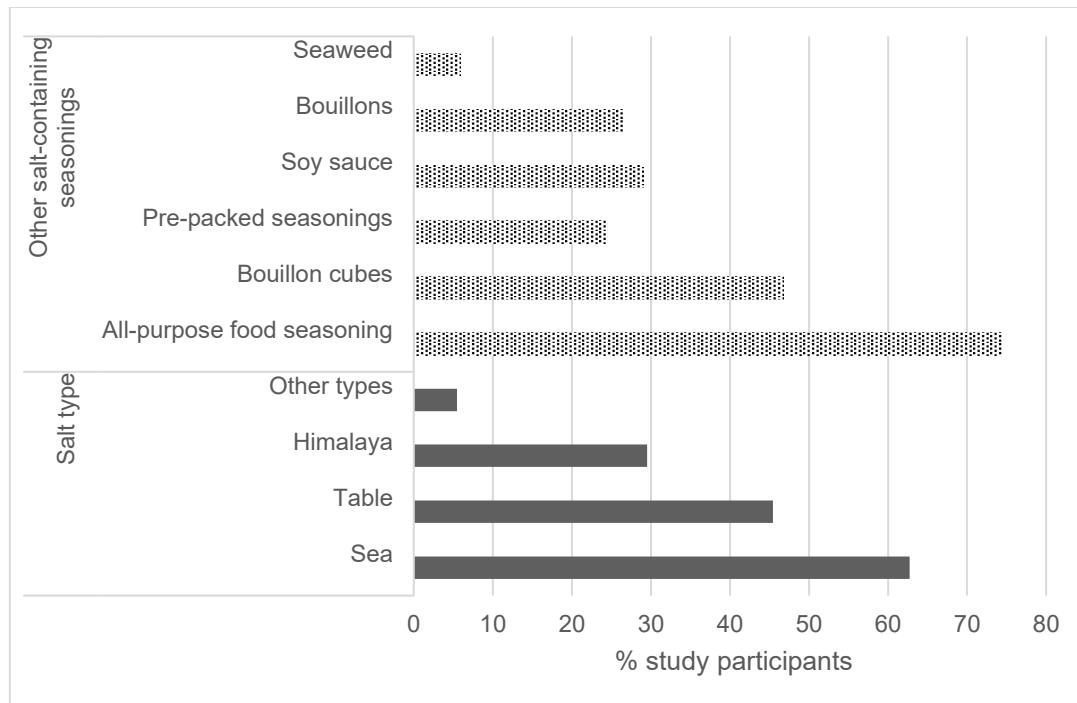


Figure 1. Consumption of various types of salts and other salt-containing seasonings among study participants (N=220)

We found that additional sodium is consumed through (Figure 1) all-purpose food seasoning for salty dishes (74.5 %), bouillon cubes (46.8 %), soy sauce (29.1 %), bouillons (26.4 %), pre-packed seasonings for various salty dishes (24.5 %), and seaweed (5.9 %). 6.4 % of the study participants said they use any of the aforementioned products. Additionally, the consumption of pre-packed, ready-to-eat products (Table 1) is another significant contributor to the total dietary sodium intake.

Since iodine is found in soil and water, its content will vary in foods depending on the climate conditions, farming, cultivation, etc. Therefore, all natural dietary sources, like saltwater fish, eggs, milk and dairy will have variable iodine content (Krela-Każmierczak et al., 2021).

We found that the consumption of foods naturally containing iodine cannot satisfy the needs for iodine (Table 1). Cheese is consumed 4 times a week, milk and dairy once a day, eggs 1.9 times a week, saltwater fish 1.2 times a week, and shellfish once a month. While participants with no health issues

consume more eggs and cheese in comparison to those with Hashimoto's thyroiditis or infertility issues, no statistical significance was found for the consumption of observed foods (Figure 2).

Table 1. Consumption frequency of foods naturally containing iodine and pre-packed, ready-to-eat products per person ($N=220$)

	Median (25 % - 75 %)	Corresponding consumption	Iodine content* ($\mu\text{g}/100 \text{ g}$ of product)
Saltwater fish	0.17 (0.06 - 0.34)	1.2 times a week	7.7 – 110
Shellfish	0.03 (0.00 - 0.17)	once a month	3.81 – 440.18**
Eggs	0.27 (0.14 - 0.43)	1.9 times a week	9.5 – 57.6
Cheese, all types	0.57 (0.28 - 0.86)	4 times a week	7.7 – 30
Milk and dairy	1.0 (0.17 - 1.0)	once a day	19.5 – 21
Pre-packed, ready-to-eat products	0.23 (0.06 - 0.51)	1.6 times a week	

*values retrieved from Krela-Kaźmierczak et al., 2021 except **from Sprague et al., 2021

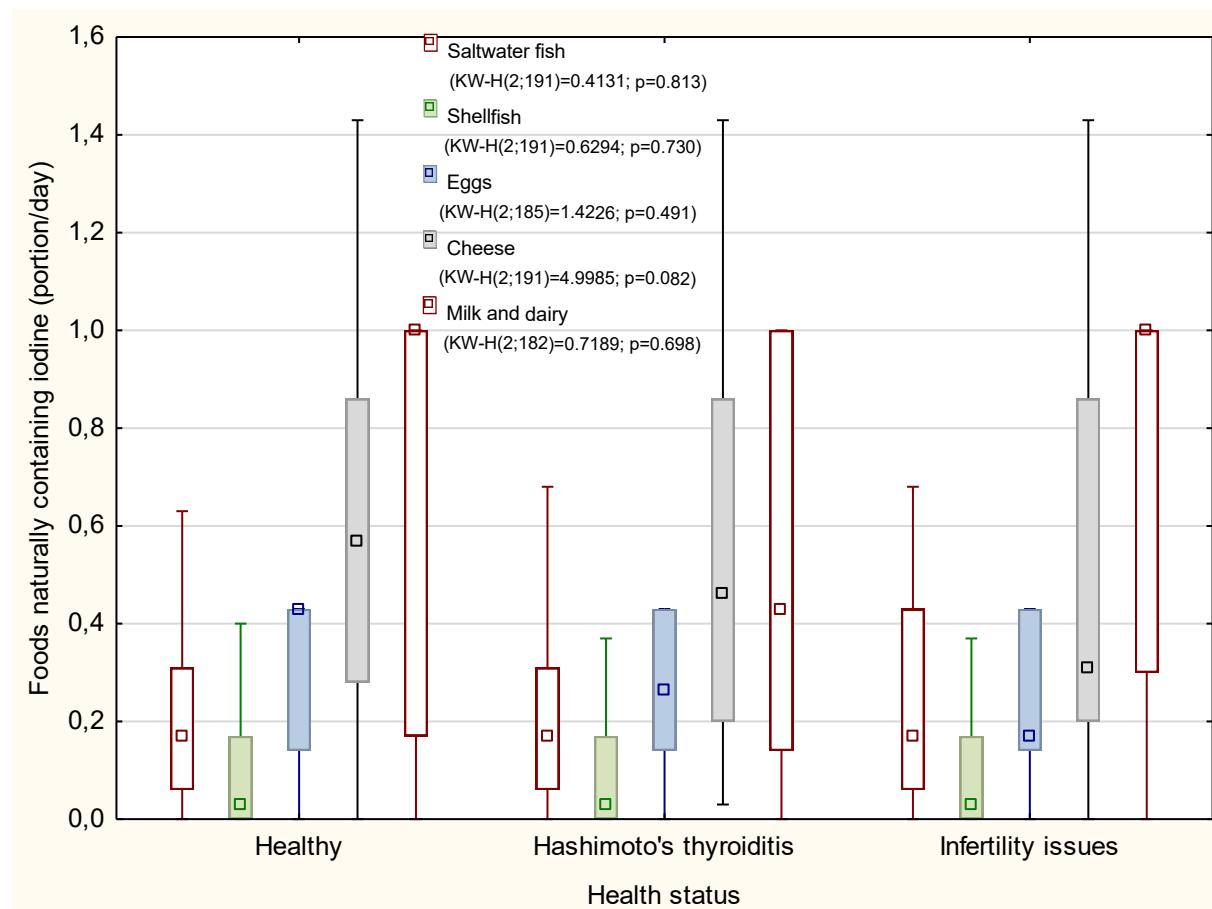


Figure 2. Consumption frequency of foods naturally containing iodine per day between healthy participants ($n=123$) and those with Hashimoto's thyroiditis ($n=31$) and infertility issues ($n=37$)
 Median; Box shows interquartile range; Whisker shows non-outlier range

KW-H – Kruskal-Wallis ANOVA test

To the best of our knowledge, there are no available results on dietary iodine consumption in adults or other population groups from Croatia. Based on the study conducted on 24 pregnant women from Eastern Croatia (Milos, 2023), their dietary consumption of iodine was 2.8 and 2.3 times higher than the recommended intake, depending on the recommendation considered. The highest contribution to daily iodine consumption, besides salt was from dried meat products, hake, white bread and yogurt. All pregnant women used sea salt (58 %) and/or table salt (50 %) (Milos, 2023). Study conducted on 71 people with thyroid diseases from Primorje-Gorski Kotar County found that they are more aware on dietary sources of iodine (Karuza, 2022). The study found that they limit dairy consumption and eat less of salty foods, and besides salt (sea salt is preferred type of salt used) major iodine sources are meat and meat products (consumed 1.2 and 1.3 times a week) and saltwater fish (2-3 times a week) (Karuza, 2022).

Study limitations and future directions

The results of this small study provide starting point for larger studies, which would focus on dietary iodine consumption, and its status (observed primarily through urinary iodine concentration) in various population groups. The need for dietary consumption of iodine was emphasized in the last national project which analysed effects of salt fortification with iodine on goitre and thyroid diseases in high-risk population groups (Kusić et al., 2012).

Despite small number of participants, the results show that people are using other types of salts (Himalaya salt, black and smoked salt) with unknown iodine content. This provides rationale to conduct a thorough monitoring of iodine content in salts available on the Croatian market and compare its content with national regulations, which is the next stage of our research.

In this study, we focused on foods naturally containing high amount of iodine like saltwater fish and shellfish. In some products, like milk and dairy, iodine content depends not only on season and feeding method, but also on sanitation practices used in the industry (Roseland et al., 2020).

For industry products containing high amounts of salt like meat or bakery products, it should be noted that salt fortified with iodine is avoided since it can alter organoleptic of the final product (Lušnic Polak et al., 2018). However, information about the type of salt used by particular industry is not disclosed so these products should be analysed to determine their iodine content. Also, these products, particularly dried meat and bakery products are consumed in large amount and could potentially contribute significantly to daily iodine consumption, which is the case for sodium.

Additionally, cooking methods can lower iodine's content in foods between 6.6 % to 51.1 % (Rana and Raghuvanshi, 2013), which is especially important to consider for foods not eaten raw, like beans, some leafy vegetables or cereals. Foods of plant origin have lower iodine content in comparison to animal foods (Krajcovicová-Kudlácková et al., 2003), resulting in higher prevalence of iodine deficiency among vegans and vegetarians (Eveleigh et al., 2020). These foods are the so called

goitrogenic foods that can negatively affect iodine's absorption and utilization in the body (Bajaj et al., 2016).

Having in mind the primary aim of this research, the design did not include dietary assessment method which would enable assessment of iodine consumption from beans, cereals and some vegetables, which can be considered as a downside. However, one must remember that salt fortification with iodine was introduced because various population groups were unable to meet iodine requirement through foods naturally containing iodine.

There is an urgent need to analyse the exact dietary iodine consumption, and educate public about harms of low and high iodine consumption on health. Urgency is emphasized by the numerous social media posts often spreading misinformation about iodine, and more interest towards foods from other countries/regions (seaweed, Himalaya salt, etc.), especially among younger generations, with unknown iodine content.

Conclusions

The consumption of foods naturally containing iodine cannot ensure sufficient amounts of iodine, unless combined with iodized salt. The majority of study participants use sea salt and/or iodized table salt but for 6.4 % of the study participants who only use Himalaya salt the risk of insufficient iodine intake should be assessed. Additionally, study participants consume a lot of salt-containing seasonings and pre-packed, ready-to-eat products, which may lead to an excessive sodium intake. Caution is needed, not only for people with hypertension or for other cardiovascular issues, but also for 14.1 % of those diagnosed with hypothyroidism since hypertension often goes hand in hand with thyroid diseases. Given the increased interest towards new types of salts, future studies should consider iodine monitoring in salts available on the market. In addition, more studies are needed to determine the exact daily iodine consumption (through all foods) and iodine's body status in various population groups. These findings can then be used for targeted actions towards public on iodine's role in health.

References

- Aburto, N. J., Abudou, M., Candeias, V., Wu, T. (2014). Effect and safety of salt iodization to prevent iodine deficiency disorders: A systematic review with meta-analyses. Geneva: World Health Organization. Available at: <https://www.who.int/tools/elena/interventions/salt-iodization> [08.11.2023.]
- Bajaj, J. K., Salwan, P., Salwan, S. (2016). Various Possible Toxicants Involved in Thyroid Dysfunction: A Review. *J Clin Diagn Res.* 10(1), FE01-FE03. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2016/15195.7092>.

Ines Banjari, Marija Dundović, Jadranka Karuza, Marina Ferenac Kiš, Milica Cvijetić Stokanović /
A grain of salt – a cross-sectional study on the consumption... / Glasilo Future (2023) 6 (5-6) 01–12

Borges do Nascimento, I. J., Pizarro, A. B., Almeida, J. M., Azzopardi-Muscat, N., Gonçalves, M. A., Björklund, M., Novillo-Ortiz, D. (2022). Infodemics and health misinformation: a systematic review of reviews. *Bull World Health Organ.* 100(9), 544-561. <https://doi.org/10.2471/BLT.21.287654>.

EFSA, European Food Safety Authority. Dietary Reference Values for the EU. Available at: <https://multimedia.efsa.europa.eu/drvs/index.htm> [25.10.2022.]

Ercoskun, H. (2022). Impurities of natural salts of the earth. *Food Addit Contam Part B Surveill.*, 1-8. doi: 10.1080/19393210.2022.2114016.

Eveleigh, E. R., Coneyworth, L. J., Avery, A., Welham, S. J. M. (2020). Vegans, Vegetarians, and Omnivores: How Does Dietary Choice Influence Iodine Intake? A Systematic Review. *Nutrients.* 12(6), 1606. <https://doi.org/10.3390/nu12061606>.

Farebrother, J., Zimmermann, M. B., Andersson, M. (2019). Excess iodine intake: sources, assessment, and effects on thyroid function. *Ann N Y Acad Sci.* 1446(1), 44-65. <https://doi.org/10.1111/nyas.14041>.

Fayet-Moore, F., Wibisono, C., Carr, P., Duve, E., Petocz, P., Lancaster, G., McMillan, J., Marshall, S., Blumfield, M. (2020). An Analysis of the Mineral Composition of Pink Salt Available in Australia. *Foods.* 9(10), 1490. <https://doi.org/10.3390/foods9101490>.

Hatch-McChesney, A., Lieberman, H. R. (2022). Iodine and Iodine Deficiency: A Comprehensive Review of a Re-Emerging Issue. *Nutrients.* 14(17), 3474. <https://doi.org/10.3390/nu14173474>.

Hu, X., Chen, Y., Shen, Y., Tian, R., Sheng, Y., Que, H. (2022). Global prevalence and epidemiological trends of Hashimoto's thyroiditis in adults: A systematic review and meta-analysis. *Front Public Health.* 10, 1020709. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1020709>.

Iacone, R., Iaccarino Idelson, P., Campanozzi, A., Rutigliano, I., Russo, O., Formisano, P., Galeone, D., Macchia, P. E., Strazzullo, P.; MINISAL-GIRCSI Study Group. (2021a) Relationship between salt consumption and iodine intake in a pediatric population. *Eur J Nutr.* 60(4), 2193-2202. <https://doi.org/10.1007/s00394-020-02407-w>.

Iacone, R., Iaccarino Idelson, P., Russo, O., Donfrancesco, C., Krogh, V., Sieri, S., Macchia, P. E., Formisano, P., Lo Noce, C., Palmieri, L., Galeone, D., Rendina, D., Galletti, F., Di Lenarda, A., Giampaoli, S., Strazzullo, P., On Behalf Of The Minisal-Gircsi Study Group. (2021b). Iodine Intake from Food and Iodized Salt as Related to Dietary Salt Consumption in the Italian Adult General Population. *Nutrients.* 13(10), 3486. <https://doi.org/10.3390/nu13103486>.

Ines Banjari, Marija Dundović, Jadranka Karuza, Marina Ferenac Kiš, Milica Cvijetić Stokanović /
A grain of salt – a cross-sectional study on the consumption... / Glasilo Future (2023) 6 (5-6) 01–12

Jukić, T., Dabelić, N., Rogan, S. A., Nõthig-Hus, D., Lukinac, Lj., Ljubicić, M., Kusić, Z. (2008). The Story of The Croatian Village of Rude after Fifty Years of Compulsory Salt Iodination in Croatia. *Coll Antropol.* 32(4), 1251–1254.

Karuza, J. (2022). Dietary Characteristics of People with Thyroid Disease from Primorje-Gorski Kotar County. Professional thesis [In Croatian]. Faculty of Food Technology Osijek, 2022. Available at: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:378032>.

Korošec, Ž., Pravst, I. (2014). Assessing the Average Sodium Content of Prepacked Foods with Nutrition Declarations: The Importance of Sales Data. *Nutrients* 6(9), 3501-3515. <https://doi.org/10.3390/nu6093501>.

Krajcovicová-Kudlácková, M., Bucková, K., Klimes, I., Seboková, E. (2003). Iodine deficiency in vegetarians and vegans. *Ann Nutr Metab.* 47(5), 183-185. <https://doi.org/10.1159/000070483>.

Krela-Kaźmierczak, I., Czarnywojtek, A., Skoracka, K., Rychter, A. M., Ratajczak, A. E., Szymczak-Tomczak, A., Ruchała, M., Dobrowolska, A. (2021). Is There an Ideal Diet to Protect against Iodine Deficiency? *Nutrients* 13(2), 513. <https://doi.org/10.3390/nu13020513>.

Kusić, Z., Jukić, T., Rogan, S. A., Juresa, V., Dabelić, N., Stanicić, J., Borić, M., Lukinac, L., Mihaljević, I., Punda, A., Smokvina, A., Topalović, Z., Katalenić, M. (2012). Current status of iodine intake in Croatia--the results of 2009 survey. *Coll Antropol.* 36(1), 123-128. Lušnic Polak, M., Polak, T., Dolhar, U., Demšar, L. (2018). Effect of iodized salt on the physiochemical parameters and sensory properties of dry-cured pork loin. *MESO: Prvi hrvatski časopis o mesu* 20(4), 300-306, <https://doi.org/10.31727/m.20.4.4>.

Marcisz, C., Jonderko, G., Kucharz, E. J. (2001). Influence of short-time application of a low sodium diet on blood pressure in patients with hyperthyroidism or hypothyroidism during therapy. *Am J Hypertens* 14(10), 995-1002. [https://doi.org/10.1016/S0895-7061\(01\)02186-0](https://doi.org/10.1016/S0895-7061(01)02186-0).

Medeiros-Neto, G., Rubio, I. G. S. (2016). Iodine Deficiency Disorders. In: *Endocrinology: Adult and Pediatrics, Seventh Edition* (p. 1584-1600.e3). Elsevier. doi: 10.1016/B978-0-323-18907-1.00091-3.

Mente, A., O'Donnell, M. J., Rangarajan, S., McQueen, M. J., Poirier, P., Wielgosz, A., Morrison, H., Li, W., Wang, X., Di, C., Mony, P., Devanath, A., Rosengren, A., Oguz,A., Zatonska, K., Yusufali, A. H., Lopez-Jaramillo, P., Avezum, A., Ismail, N., Lanas, F., Puoane, T., Diaz, R., Kelishadi, R., Iqbal, R., Yusuf, R., Chifamba, J., Khatib, R., Teo, K., Yusuf, S.; PURE Investigators (2014). Association of urinary sodium and potassium excretion with blood pressure. *N Engl J Med.* 371(7), 601-611. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1311989>.

Milos, M. (2023). Dietary Iodine Intake Among Pregnant Women. Master's thesis [In Croatian]. Faculty of Food Technology Osijek, 2023. Available at: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:035518>

Ines Banjari, Marija Dundović, Jadranka Karuza, Marina Ferenac Kiš, Milica Cvijetić Stokanović /
A grain of salt – a cross-sectional study on the consumption... / Glasilo Future (2023) 6 (5-6) 01–12

Murai, U., Yamagishi, K., Kishida, R., Iso, H. (2021) Impact of seaweed intake on health. *Eur J Clin Nutr.* 75(6), 877-889. <https://doi.org/10.1038/s41430-020-00739-8>.

Nazeri, P., Shariat, M., Azizi, F. (2021). Effects of iodine supplementation during pregnancy on pregnant women and their offspring: a systematic review and meta-analysis of trials over the past 3 decades. *Eur J Endocrinology.* 184(1), 91-106. <https://doi.org/10.1530/EJE-20-0927>.

Prete, A., Paragliola, R. M., Corsello, S. M. (2015). Iodine Supplementation: Usage "with a Grain of Salt". *Int J Endocrinol.* 2015, 312305. <https://doi.org/10.1155/2015/312305>.

Rana, R., Raghuvanshi, R.S. (2013). Effect of different cooking methods on iodine losses. *J Food Sci Technol.* 50(6), 1212-1216. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0436-7>.

Roseland, J. M., Phillips, K. M., Patterson, K. Y., Pehrsson, P. R., Bahadur, R., Ershow, A. G., Somanchi, M. (2020). Large Variability of Iodine Content in Retail Cow's Milk in the U.S. *Nutrients.* 12(5), 1246. <https://doi.org/10.3390/nu12051246>.

Sprague, M., Chong Chau, T., Givens, D. I. (2021). Iodine Content of Wild and Farmed Seafood and Its Estimated Contribution to UK Dietary Iodine Intake. *Nutrients* 14(1), 195. <https://doi.org/10.3390/nu14010195>.

Suarez-Lledo, V., Alvarez-Galvez, J. (2021). Prevalence of Health Misinformation on Social Media: Systematic Review. *J Med Internet Res.* 23(1), e17187. <https://doi.org/10.2196/17187>.

Sumayyia, M. D., Al-Madaney, M. M., Almousawi F. H. (2019). Health information on social media. Perceptions, attitudes, and practices of patients and their companions. *Saudi Med J.* 40(12), 1294-1298. <https://doi.org/10.15537/smj.2019.12.24682>.

Taylor, P. N., Albrecht, D., Scholz, A., Gutierrez-Buey, G., Lazarus, J. H., Dayan, C. M., Okosieme, O. E. (2018). Global epidemiology of hyperthyroidism and hypothyroidism. *Nat Rev Endocrinol.* 14(5), 301-316. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2018.18>.

Vogels, E. A., Gelles-Watnick, R., Massarat, N. (2022). Teens, Social Media and Technology 2022. Pew Research Center. Available at: <https://www.pewresearch.org/internet/2022/08/10/teens-social-media-and-technology-2022/> [08.11.2023.]

Zimmermann, M. B., Andersson, M. (2021). GLOBAL ENDOCRINOLOGY: Global perspectives in endocrinology: coverage of iodized salt programs and iodine status in 2020. *Eur J Endocrinol.* 185(1), R13–R21. <https://doi.org/10.1530/EJE-21-0171>.

*Ines Banjari, Marija Dundović, Jadranka Karuza, Marina Ferenac Kiš, Milica Cvijetić Stokanović /
A grain of salt – a cross-sectional study on the consumption... / Glasilo Future (2023) 6 (5-6) 01–12*

World Heart Federation. Hypertension. Available at: <https://world-heart-federation.org/what-we-do/hypertension/> [08.11.2023.]

Primljeno: 21. studenoga 2023. godine

Received: November 21, 2023

Prihvaćeno: 29. prosinca 2023. godine

Accepted: December 29, 2023

Human health risk assessment of intake Cd and Cu from agricultural soils in Mostar and Tomislavgrad

Azra Koeše¹, Aida Šukalić^{2*}, Alma Leto², Alma Mičijević², Vedrana Komlen²

izvorni znanstveni rad (original scientific paper)

doi: 10.32779/gf.6.5-6.2

Citiranje/Citation³

Abstract

The aim of the research was to determine the total content of cadmium (Cd) and copper (Cu) in agricultural soils and to determine the potential toxicity of different intake routes for children and adults. Two locations were selected (Tomislavgrad and Mostar) where field crops were grown. Taking soil samples and determining the content of Cd and Cu was carried out according to the Instructions on determining the permitted amounts of harmful and dangerous substances in the soil and their testing methods (Official Gazette of FBiH, no. 96/22). A health risk assessment model based on the guidelines of the US Environmental Protection Agency (USEPA, 1996; USEPA, 2002; USEPA, 2011) was used to calculate the human health risk assessment. The measured values of the total content of copper and cadmium at the Tomislavgrad location are in accordance with the prescribed limit values. The copper content at the Mostar location was 205.90 mg/kg, which is above the limit value, and the cadmium content is in accordance with the prescribed limit values. When the HI value is less than 1, then there is no risk to human health, but if the values are greater than 1, then there is concern about non-carcinogenic risks (USEPA, 2004). The USEPA considers a carcinogenic risk in the range of 1×10^{-6} to 1×10^{-4} to be acceptable to human health. Calculations for non-carcinogenic and cancerous health risks were following the limit values.

Key words: copper, cadmium, risk assessment, Tomislavgrad, Mostar.

Introduction

Agriculture is primarily classified as a diffuse source of soil and water pollution. According to the data of the United Nations, i.e. the Economic Commission for Europe (UN/ECE, 1996), the most common

¹ GO Contaminated Land Solutions Ltd, 4 De Frene Rd Sydenham Lewisham London, SE26 4AB, United Kingdom.

² University "Džemal Bijedić" of Mostar, Agromediterranean Faculty, Sjeverni logor bb, 88000 Mostar, Bosnia and Herzegovina.

*E-mail: aida.sukalic@unmo.ba (Corresponding author).

³ Koeše, A., Šukalić, A., Leto, A., Mičijević, A., Komlen, V. (2023). Human health risk assessment of intake Cd and Cu from agricultural soils in Mostar and Tomislavgrad. *Glasilo Future*, 6(5-6), 13–28.

water pollution in agricultural production occurs due to excessive and unprofessional use of nitrogen and phosphorus fertilizers, then pesticides and heavy metals (Petošić et al., 2011). The use of mineral and organic fertilizers (Cu, As) and the use of processed sewage sludge (Cu, Cd, Fe, Pb) contribute to the pollution of agricultural soil with heavy metals (Gimeno – Garcia et al., 1996).

A large part of pesticides, fungicides, and herbicides also contain Cu, Zn, Fe, Mn, and As, and some heavy metals such as Cd and Pb are introduced into the soil as impurities present in fertilizers. Phosphate fertilizers have the greatest importance among mineral fertilizers in terms of heavy metals as impurities, i.e. raw phosphates as individual fertilizers or as raw material for the production of individual and complex fertilizers. The main source of phosphorus to produce mineral fertilizers is phosphate ore. As much as 80 % of phosphorus from the phosphate rocks that are exploited is used precisely to produce fertilizers. In addition to phosphorus, phosphate ore contains a larger amount of cadmium and radioactive uranium (Contract, 2004).

In doing so, we pay the greatest attention to the concentration of Cd in phosphate minerals, although the share of other heavy metals is also very significant.

As a worldwide environmental problem, Cd was listed in seventh place as a toxic substance of concern by the American Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Moreover, it was listed as a highly toxic, hazardous, and carcinogenic substance by the European Union (Zenith, H.A et al., 2020). Research shows that long-term exposure to soil environments with high Cd content leads to skeletal damage, renal failure, reproductive effects, and cancers (Syfullah, S. et al., 2020).

Metals are natural components of soil. Contamination is the result of industrial activity, such as mining and smelting of ores and metals, electrolysis, exhaust gases, fuels and energy sources for production, fertilizers and pesticide application, as well as the generation of municipal waste (Wuana and Okieimen, 2011).

Cu is not a potentially toxic element, yet its elevated level can cause respiratory problems, dizziness, nausea, and diarrhea in human beings (Nihal G. et al., 2021).

Due to their ability to accumulate in the human body, heavy metals can cause poisoning, which affect the central nervous system and cause a number of other serious disorders, which can lead to death.

Cadmium poisoning can be acute or chronic. Acute poisoning occurs by inhalation of vapor or particles of cadmium salts (oxide, chloride, sulfide, sulfate, carbonate, and acetate) (Wentz, 2000). Chronic poisoning can occur due to long-term exposure to cadmium by inhalation or by oral route, and systemic exposure to cadmium leads to increased calcium excretion (Godt et al., 2006).

In 1987, cadmium and its components were classified by the International Organization for Research on Cancer (IARC) as probable carcinogens (Group 2A) based on occupational exposure.

Recent data indicate that human exposure in the general population is statistically associated with an increased risk of endometrial, bladder and breast cancer. In 1993, IARC classified cadmium and its components in Group 1 as human carcinogens based on evidence of lung cancer in humans due to occupational inhalation exposure, and based on animal studies (IARC, 1997, 2008).

Almost the entire amount of copper in the body is bound to proteins, so the concentration of free copper ions is very low, unless there are other disorders in the body. It is believed that even 35 % of the population does not consume sufficient amounts of copper with food. The recommended daily intake of copper is about 2 mg (Tasić et al., 2004). Excessive accumulation of copper in the body leads to Wilson's disease, the basis of which is a defect in the process of incorporation of Cu²⁺ ions into ceruloplasmin (Fuentealba et al., 2000). Chronic exposure to high concentrations of copper has been shown to damage the liver, kidneys, and brain (Scheinberg et al., 1996). Increased copper content in the body has a harmful effect on the cardiovascular system, leading to coronary heart disease, atherosclerosis, and hypertension.

A number of studies have been published whose role was to examine the content of heavy metals in fruit samples and assess the risk of dietary exposure to metals in fruit. Toxic metals, especially arsenic, mercury, cadmium and lead, represent a major problem in the field of food safety. It is estimated that their intake in most European countries is 30-40 % compared to the recommended tolerant weekly intake and is sometimes significantly higher. European Food Safety Agency (EFSA) for the period from 2003-2007. found that in 5 % of food samples the concentrations of heavy metals were above the permitted values.

Health risk assessment

Risk to human health is defined as a probability that describes the degree of threat to the health of an individual exposed to the action of a certain pollutant or group of pollutants.

The risk depends on several factors:

- contaminants present in food,
- contact sizes (exposure levels),
- and toxicity of contaminants.

Combining the knowledge described in these three factors is fundamental to most risk assessments. Assessing the human health risks of chemicals can help answer questions about the potential hazards of exposure to chemicals. Professionals in the field of risk assessment must understand the concept of risk, must predict, recognize, and analyze it, and make decisions related to all the above. Risk assessment for human health provides an overview of the evaluation of past, present, and future cases of exposure to food hazards and can be qualitative and/or quantitative. It is based on a scientific

understanding of pollutant properties, exposure, doses, and toxicity. Two dimensions of risk, which are a combination of the probability or frequency of a bad event and the magnitude of the consequences of that event, must be considered.

Risk assessment is a scientifically based process of assessing a possible harmful impact, which consists of:

- hazard identification,
- hazard characterization,
- exposure assessments
- risk characterization (Knežević and Serdar, 2011).

Material and methods

Two localities in Tomsilavgrad and Mostar were selected for the research. Field crops corn and wheat are grown in the researched localities. The locations were chosen due to the intensive use of pesticides and mineral fertilizers. Taking soil samples and determining the content of Cd and Cu was done according to the *Instructions on determining the permitted amounts of harmful and dangerous substances in the soil and their testing methods* (*Official Gazette of FBiH*, no. 96/22) Chemical and physical analyzes of the soil, analyzes of the content of organic matter and nutrient elements in the soil were performed in the laboratory of the Federal Institute for Agropedology in Sarajevo.

FIELD RESEARCH included:

- a) Selection of locality,
- b) Soil sampling,
- c) Monitoring of the fertilization and protection plan.

LABORATORY RESEARCH included:

- a) physical and chemical analyzes of the soil:
- b) physical and chemical characteristics,
- c) organic matter and nutrients,
- d) content of heavy metals: cadmium (Cd), copper (Cu).

RISK ASSESSMENT

Hazard Identification basically aims to investigate chemicals that are present at any given location, their concentrations, and spatial distribution. In the study area, Cd, and Cu were identified as possible hazards for the community.

The purpose of exposure assessment is to measure or estimate the intensity, frequency, and duration of human exposures to an environmental contaminant. In the study, exposure assessment was carried out by measuring the average daily intake (ADI) of heavy metals earlier identified through ingestion, inhalation and dermal contact by adults and children from the study area. Adults and children are separated because of their behavioural and physiological differences.

The dose-response assessment estimates the toxicity due to exposure levels of chemicals. The cancer slope factor (CSF, a carcinogen potency factor) and the reference dose (RfD, a non-carcinogenic threshold) are two important toxicity indices used. RfD values are derived from animal studies using the "No observable effect level" principle. For humans, RfD values are multiplied 10-fold to account for uncertainties.

Risk characterization predicts the potential cancerous and non-cancerous health risk of children and adults in the study area by integrating all the information gathered to arrive at quantitative estimates of cancer risk and hazard indices.

The potential exposure pathways for heavy metals in contaminated soils are calculated based on recommendations by several American publications. ADI (mg/kg-day) for the different pathways were calculated using the following exposure Equations, prescribed by US Environmental Protection Agency (USEPA, 1996; USEPA, 2002; USEPA, 2011).

$$\text{ADI}_{\text{oral}} = (\text{C} \times \text{IR} \times \text{EF} \times \text{ED} \times \text{CF}) / (\text{BW} \times \text{AT})$$

$$\text{ADI}_{\text{dermal}} = (\text{C} \times \text{SA} \times \text{FE} \times \text{AB} \times \text{EF} \times \text{ED} \times \text{CF}) / (\text{BW} \times \text{AT})$$

$$\text{ADI}_{\text{inhal}} = (\text{C} \times \text{IR}_{\text{air}} \times \text{EF} \times \text{ED}) / (\text{PEF} \times \text{BW} \times \text{AT})$$

ADI_{oral} , $\text{ADI}_{\text{dermal}}$ and $\text{ADI}_{\text{inhal}}$ are daily amounts of corresponding exposure to soil elements (mg/kg day).

The assessment of non-cancer risk was calculated according to the calculation model for non-cancer hazards:

$$HI = \sum_{k=1}^n HQ_k = \sum_{k=1}^n \frac{DI_k}{RfD_k}$$

The assessment of carcinogenic risk was calculated according to the calculation model for carcinogenic hazards:

$$Risk_{input\ method} = \sum_{k=1}^n DI_k CSF_k$$

Table 1. Exposure parameters used for the health risk assessment through different exposure pathways for soil. (Kamunda C., 2016.)

Parameters	Unit	Definition	Value	
			Children	Adult
ABS	--	Dermal absorption factor	0.1	0.1
AF	mg/cm ²	Soil adhesion factor for skin	0.2	0.07
BW	kg	Average weight	15	70
ED	godina	Exposure time	6	30
EF	d/godina	Exposure frequency	350	350
FE	--	Dermal exposure ratio	0.61	0.61
IngR	mg/d	Soil ingested factor	200	100
Irair	m ³ /d	Inhalation factor	10	20
SA	cm ² /event	Exposed skin surface	2.8	5.7
Atnc	D	Averaging time for noncarcinogens	ED x 365	
Atca	D	Averaging time for Carcinogens	70 × 365	
CF	kg/mg	Calculation factor	10 ⁻⁶	
PEF	kg/mg	Soil particulate emission factor – air	1.36 × 10 ⁹	

Sampling was carried out before sowing the crops by taking five individual samples along the diagonal of the plot, which were collected into one average sample, weighing about 1 kg. The obtained average samples were prepared by being crushed, packed in plastic bags and marked, after which they were delivered to the Federal Institute for Agropedology in Sarajevo for the analysis of the total content of heavy metals, and the analysis of the physico-chemical properties of the soil.

The samples taken are labeled as follows:

- Uz.1 Mostar (0-30 cm)
- Uz.2 Tomislavgrad (0-30 cm)

Determination of the content of Cd and Cu in the soil by AAS method

The preparation of samples for the instrumental analysis of the content of heavy metals in the soil is carried out using aqua regia, and then their content in the extract is determined by the method of atomic absorption spectrometry (AAS). The extraction of heavy metals in aqua regia was carried out according to the international standard ISO11464. This standard specifies a method for the extraction of trace elements with a gold nugget using an adequate atomic spectrometric technique. According to the principle of this standard, the soil sample is ground into particles smaller than 2 mm before digestion with aqua regia. Such grinding achieves a more homogeneous sample from which a sub-sample is taken and an increase in the efficiency of the action of the acid by increasing the surface area of the particles. The dried sample is then extracted with a mixture of hydrochloric/nitric acid by leaving it for 16 hours at room temperature, followed by boiling under reflux for two hours. The extract is clarified - purified (filtered) and the volume is made up with nitric acid. The international standard ISO11047 specifies the method of atomic absorption spectrometry for the determination of one or more elements in extracts from soil, extracted with aqua regia, obtained in accordance with ISO11466.

The delegated legislation that is currently in force in the territory of the Federation of Bosnia and Herzegovina, and is directly related to the research topic, is the Instruction on determining the permitted amounts of harmful and dangerous substances in the soil and their testing methods (*Official Gazette FBiH*, number 96/22) (Table 2.) in which the limit values of pollutants in the soil in their total form are defined, which apply only to agricultural soils, while the limit values for other soils have not yet been legally defined.

Table 2. Limit values of heavy metals in soil in total form

Element	Limit value (mg/kg)		
	Sandy soil	Powdery clay soil	Heavy soil
Cadmium (Cd)	0.5	1	1.5
Copper (Cu)	50	65	80

Source: Instructions on determining the permitted amounts of harmful and dangerous substances in the soil and their testing methods (*Official Gazette FBiH*, No. 96/22)

Table 3. Copper content in soil

Location	Texture tag	Cu mg/kg
Mostar	Loamy clay	205.90
Tomislavgrad	Loamy clay	25.47

The measured value of copper content above MDK was measured at the location of Mostar. According to the Instructions on determining the permitted amounts of harmful and dangerous substances in the soil and their testing methods (*Official Gazette of FBiH*, no. 96/22), the copper content in this type of

soil is up to 65 mg/kg, and in our research, it is 205.90 mg/kg. Also, according to Soriano et al. 2012, such soils are classified as moderately polluted.

The measured value of the copper content at the Tomislavgrad location was in accordance with the Instructions on determining the permitted amounts of harmful and dangerous substances in the soil and their testing methods (*Official Gazette of FBiH*, no. 96/22). Also, according to Soriano et al. 2012, such soils are classified as uncontaminated.

More copper is usually found in heavy clay soils than in light sandy ones (Kastori, 1983). According to Kabata-Pendias (2011), copper concentrations in soils around the world range from 14-109 mg/kg. According to research by Šukalić, A. 2017, the copper content in the locations of Mostar, Čapljina and Stolac in 2015 and 2016 ranged from 19 mg/kg to 57.7 mg/kg. In our research, the total content of copper in all localities did not exceed the maximum allowed concentration, which is in accordance with the research of Ramović et al. (2012) where at one location in Zenica (Pehare) the measured value of copper was 51.3 mg/kg. According to research by Bukalo et al. (2013) an increased content of total copper was determined in the location of the city of Mostar, more precisely Mostar/Kokorina, where the content of total copper was 165.58 mg/kg.

In this research, it was determined that the copper content is much higher in the Mostar location and is 205.90 mg/kg.

A possible reason for the excessive amount of copper in this location is that earlier there were potatoes in that place that were treated with preparations based on copper, and it is possible that the excessive accumulation of copper in the soil occurred precisely because of this.

Table 4. Cadmium content in soil

Location	Texture tag	Cd mg/kg
Mostar	Loamy clay	0.79
Tomislavgrad	Loamy clay	0.33

At both investigated locations, the measured cadmium content was within the limit values (Table 3). According to the Instructions on determination of permitted quantities of harmful and dangerous substances in the soil and their testing methods (*Official Gazette of FBiH*, no. 96/22), the cadmium content in the powdery loam type of soil is 1 mg/kg.

In nature, cadmium rarely occurs in pure form and is a constant companion of zinc, copper and lead, with which it is similar in geochemical characteristics. In uncontaminated soils, its content depends on the texture of the soil: in sandy soils, it is 0.01-0.3 mg/kg, and in clayey soils, it is 0.2-0.8 mg/kg. (Šukalić, A. 2017.)

In soils around the world, the cadmium content is estimated to be around 0.41 mg/kg, and Kabata-Pendias (2011) and Branković et al. (2016) state that a cadmium content of 2.5 mg/kg was determined

at the investigated locations. The content of cadmium in the soils of Serbia varied in the range of 0.01-2.0 mg/kg (Kastori, 1993).

According to research by Bukalo et al. (2013) an increased content of total cadmium was determined in three locations of Mostar: Mostar/Bogodol with a measured value of 4.17 mg/kg, Mostar/Goranci 4.13 mg/kg and Mostar/Kokorina where the content of total cadmium was 2.73 mg / kg. According to the research of Šukalić, A. 2017, the content of cadmium in the localities of Mostar in 2015 and 2016 were above the permitted limit values.

In our research, the measured value of the cadmium content in the Mostar location was 0.79 mg/kg, while in the Tomislavgrad location this content was 0.33 mg/kg. In both localities, the values were in accordance with the Instruction (*Official Gazette of FBiH, no. 96/22*), although in the Mostar locality, this value is close to the limit value.

Risk assessment calculation

Table 5. Average daily intake values (ADI) in mg/kg/d from soil for adults at locations

Average daily intake value for heavy metals in mg/kg/day for adults by location			
Location	Routes of exposure	Cd	Cu
Mostar	Ingestion	1.08E-05	2.82E-03
	Inhalation	1.59E-10	4.15E-08
	Dermal	3.76E-08	9.81E-06
	Total	1.09E-05	2.83E-03
Tomislavgrad	Ingestion	4.52E-06	3.49E-04
	Inhalation	6.65E-11	5.13E-09
	Dermal	1.57E-08	1.21E-06
	Total	4.54E-06	3.50E-04

Table 6. Average daily intake values (ADI) in mg/kg/d from soil for children at locations

Average value of daily intake for heavy metals in mg/kg/day for children by location			
Location	Routes of exposure	Cd	Cu
Mostar	ingestion	1.01E-04	2.63E-02
	inhalation	3.71E-10	9.68E-08
	dermal	8.63E-08	2.25E-05
	total	1.01E-04	2.63E-02
Tomislavgrad	ingestion	4.22E-05	3.26E-03
	inhalation	1.55E-10	1.20E-08
	dermal	3.60E-08	2.78E-06
	total	4.22E-05	3.26E-03

Table 7. Non-carcinogenic hazard index (NHI) in mg/kg/d from soil for adults at locations

NHI for heavy metals in mg/kg/day for adults by location			
Location	Routes of exposure	Cd	Cu
Mostar	ingestion	2.16E-02	7.62E-02
	inhalation	2.79E-06	
	dermal	7.53E-05	4.09E-04
	NHI	2.17E-02	7.66E-02

NHI for heavy metals in mg/kg/day for adults by location			
Location	Routes of exposure	Cd	Cu
Tomislavgrad	ingestion	9.04E-03	9.43E-03
	inhalation	1.17E-06	
	dermal	3.14E-05	5.05E-05
	NHI	9.07E-03	9.48E-03

Table 8. Non-carcinogenic hazard index (NHI) in mg/kg/d from soil for children at locations

NHI for heavy metals in mg/kg/day for children by location			
Location	Routes of exposure	Cd	Cu
Mostar	ingestion	2.02E-01	7.11E-01
	inhalation	6.51E-06	
	dermal	1.73E-04	9.37E-04
	NHI	2.02E-01	7.12E-01
Tomislavgrad	ingestion	8.44E-02	8.80E-02
	inhalation	2.72E-06	
	dermal	7.21E-05	1.16E-04
	NHI	8.45E-02	8.81E-02

When the HI value is less than 1, then there is no risk to human health, but if these values are greater than 1, then there is concern about non-carcinogenic risks (USEPA, 2004).

The average values of daily intake (inhalation, oral and dermal) of Cd and Cu from soil for adults and children at the locations of Mostar and Tomislavgrad were calculated based on a health risk assessment model based on the guidelines of the US Environmental Protection Agency (USEPA, 1996; USEPA, 2002; USEPA, 2011), parameters for risk assessment and concentration of heavy metals at sites and RfD and CSF reference doses for Cd and Cu.

Based on the ADI, the values of the non-carcinogenic hazard index (NHI) were calculated, and for adults, the total value of the NHI by different routes of Cd intake at the Mostar location is 2.17E-02, and at the Tomislavgrad location 9.07E-03.

The total value of NHI by different intake routes for Cu at the Mostar location is 7.66E-02, while at the Tomislavgrad location, this value is 9.48E-03.

For children, the total value of NHI through different routes of Cd intake at the Mostar location is 2.02E-01, and at the Tomislavgrad location 7.12E-01. The total value of NHI by different intake routes for Cu at the Mostar location is 8.45E-02, while at the Tomislavgrad location, this value is 8.81E-02.

Mičijević et al. (2019) investigated the content of Cu, Pb, and Zn at three locations in Herzegovina, and the values of the hazard index (HI) for all examined heavy metals were lower than 1 (1.62E-1 for adults, 2.44E-1 for children), and have no non-carcinogenic health risks due to ingestion, dermal contact and inhalation.

Šukalić et al. (2018) in their research on 7 heavy metals and assessment of non-carcinogenic risks, report HI values for adults Cd 5.3E-4 and for Cu 3.6E-2, and for children Cd 5.34E-4 and Cu 3.08E- 2.

Kamunda C. et al. (2016) report a hazard index value of 2.13 for all routes of intake, which makes non-carcinogenic effects significant for the adult population. For children, the value of the hazard index was 43.80, which represents a serious non-cancerous risk for children living in the researched area. In a study by Luo et al. (2012), concern about the non-carcinogenic risk of oral lead intake for children was expressed, although the HI value is lower than 1.

In our research, the HI values for adults through the oral, dermal, and inhalation routes of entry of heavy metals into the body were lower than 1 in all locations, which means that there is no risk to the health of adults and children.

Calculation of carcinogenic risk assessment of heavy metals for adults and children

Table 9. Average daily intake (CDI) values in mg/kg/d from soil for adults at the sites

Average daily intake value for heavy metals in mg/kg/day for adults by location			
Location	Routes of exposure	Cd	Cu
Mostar	Ingestion	4.64E-06	1.21E-03
	Inhalation	6.82E-11	1.80E-08
	Dermal	1.61E-08	4.20E-06
	Total	4.65E-06	1.21E-03
Tomislavgrad	Ingestion	1.94E-06	1.50E-04
	Inhalation	6.65E-11	5.13E-09
	Dermal	6.74E-09	5.20E-07
	Total	1.94E-06	1.50E-04

Table 10. Average chronic daily intake (CDI) values in mg/kg/d from soil for children at the locations

Average value of daily intake for heavy metals in mg/kg/day for children by location			
Location	Routes of exposure	Cd	Cu
Mostar	Ingestion	8.66E-06	2.26E-03
	Inhalation	3.18E-11	8.30E-09
	Dermal	7.39E-09	1.93E-06
	Total	8.66E-06	2.26E-03
Tomislavgrad	Ingestion	3.62E-06	2.79E-04
	Inhalation	1.33E-11	1.03E-09
	Dermal	3.09E-09	2.38E-07
	Total	3.62E-06	2.79E-04

Table 11. Carcinogenic hazard index (CHI) in mg/kg/d from soil for adults at locations

CHI for heavy metals in mg/kg/day for adults by location			
Location	Routes of exposure	Cd	Cu
Mostar	Ingestion	1.76E-06	/
	Inhalation	4.30E-10	/
	Dermal		/
	CHI	1.76E-06	/
Tomislavgrad	Ingestion	7.36E-07	/
	Inhalation	4.19E-10	/
	Dermal		/
	CHI	7.37E-07	/

Table 12. Carcinogenic hazard index (CHI) in mg/kg/d from soil for children at the locations

CHI for heavy metals in mg/kg/day for children by location			
Location	Routes of exposure	Cd	Cu
Mostar	Ingestion	3.29E-06	/
	Inhalation	2.01E-10	/
	Dermal	/	/
	CHI	3.29E-06	/
Tomislavgrad	Ingestion	1.37E-06	/
	Inhalation	8.38E-11	/
	Dermal	/	/
	CHI	1.37E-06	/

In our research, the carcinogenic hazard index (CHI) was calculated only for Cd, because it is a proven carcinogen, both through oral and inhalation intake. CHI for adults at the location of Mostar is 1.76E-6 and at the location of Tomislavgrad 7.37E-07. CHI for children at the location of Mostar is 3.29E-06, and at the location of Tomislavgrad 1.37E-06.

The USEPA considers a carcinogenic risk in the range of 1×10^{-6} to 1×10^{-4} to be acceptable to human health. If the carcinogenic risk is $< 10^{-6}$, the carcinogenic risk to health can be considered negligible, and if it is $> 10^{-4}$, it is considered that there is a significant risk for the development of cancer in humans.

In the research Šukalić et al. (2020) report values of carcinogenic hazard calculations for oral intake of Cd, and oral intake and dermal contact of Pb via soil for adults and children. The values were close to the limits recommended by the USEPA at the three investigated sites (2E-6 for Cd and 1.99E-6 for Pb).

In the research of Kamunda C. et al (2016), the carcinogenic risk is 1.7 E-4, which indicates that one person may be affected in 5882 adults. In addition, 1 child per 2725 children may be affected (3.67 E-4). Those carcinogenic risk values were more than acceptable.

Huabin H. et al (2019) in a study of uncultivated soils report the total carcinogenic index for Cr, Cu, Zn, As, Cd, Pb and Hg for adults (2.80 ± 0.79)E-5 and children (1.36 ± 0.39)E-5.

In our research, the calculated values for the assessment of carcinogenic risks are $< 10^{-6}$, so there is no risk to human health.

Conclusion

The measured value of the copper content above the MDK was measured at the Mostar location and is 205.90 mg/kg.

The value of NHI by different routes of Cd intake for children at the Mostar location is 2.02E-01, and at the Tomislavgrad location 7.12E-01. The total value of NHI by different intake routes for Cu at the location of Mostar is 8.45E-02, while at the location of Tomislavgrad this value is 8.81E-02. The

values of HI for adults oral, dermal and inhalation routes of entry of heavy metals into the body were lower than 1, which means that there is no risk to the health of adults and children.

The carcinogenic hazard index (CHI) in our research was calculated only for Cd, because it is a proven carcinogen and that is through oral and inhalation intake into the body. CHI for adults at the Mostar location is 1.76E-6, and at the Tomislavgrad location 7.37E-07. CHI for children in Mostar is 3.29E-06, and in Tomislavgrad 1.37E-06. USEPA considers that a carcinogenic risk in the range of 1×10^{-6} to 1×10^{-4} is acceptable for human health, which was also the case in this study.

Based on the research conducted on the content of cadmium (Cd) and copper (Cu) in agricultural soils in Tomislavgrad and Mostar with an assessment of the risk to human health, it can be concluded that the importance of permanent monitoring of agricultural soil should be given, and that would enable the identification of risk areas depending on the type and the severity of threats to the soil as a resource necessary for food production.

It is also necessary to include in the monitoring the implementation of the methodology for assessing the risk to human health from contaminants both from agricultural soil and from food in order to reduce potential risks to a minimum.

References

- Branković, Snežana., Đelić, Gorica., Brković, D., Glišić, Radmila., Đekić, Vera. (2016). Sadržaj metala u zemljištu i odabranim biljkama na jednom serpentinitskom lokalitetu (Srbija), XXI Savetovanje o biotehnologiji, *Zbornik radova*, 21(23), 379-384.
- Bukalo, E., Trako, E., Mitrović, Marina, Behlulović, D., Rahmani, Š. (2013). Monitoring tala u Federaciji BiH, 48. hrvatski i 8. međunarodni simpozij agronoma | Dubrovnik | Hrvatska, *Zbornik radova*, 65-69.
- Contract no. 016079 for specific targeted research or innovation project Sustainable and Safe Re-use of Municipal Sewage Sludge for Nutrient Recovery (SUSAN) within the 6th framework programme of the European Union (sub-priority 1.1.6.3. Global Change and Ecosystems), 2004: Annex I - Description of Work.
- Fuentealba, I.C., Mullins, J.E., Aburto, E.M., Lau, J.C., Cherian G.M. (2000). Effect of age and sex on liver damage due to excess dietary copper in Fischer 344 rats. *Clin. Toxicol* 38, 709-717.
- Gimeno-Garcia, E., Andreu, V., Boluda, R. (1996). Heavy metals incidence in the application of inorganic fertilisers and pesticides to rice farming soils. *Environmental Pollution* 92, 19-25.

Godt, J., Scheidig, F., Grosse-Siestrup, C., Esche, V., Brandenburg, P., Reich, A., Groneberg, D.A. (2006). The toxicity of cadmium and resulting hazards for human health. *J Occup Med Toxicol*, 1: 22.

Gujre, N., Rangan, L., Mitra, S. (2021). Occurrence, geochemical fraction, ecological and health risk assessment of cadmium, copper and nickel in soils contaminated with municipal solid wastes, *Chemosphere*, 271, 2021, 129573.

Huang H., Lin C., Ruilian Yu, Yu Yan, Gongren Hu and Huojin (2019) Contamination assessment, source apportionment and health risk assessment of heavy metals in paddy soils of Jiulong River Basin, *Southeast China Royal Society of Chemistry 2019*, 54, 14736-14744.

IARC (1993) Cadmium and cadmium compounds. U: Beryllium, Cadmium, Mercury and Exposure in the Glass Manufacturing Industry. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, vol.58.: WHO/IARC – World Health Organization/International Agency for Research on Cancer, Lyon, 119-237.

International Agency for Research on Cancer. Beryllium, Cadmium, Mercury, and Exposures in the Glass Manufacturing Industry., 1997.: Summary of Data Reported and Evaluation. Vol.58.

International Agency for Research on Cancer. (2008). Agents reviewed by the IARC monographs: Volumes 1-99. IARC.

Kabata-Pendias, A., Mukherjee, A.B. (2007). *Trace elements from soil to human*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.

Kabata-Pendias, A. (2011). *Trace Elements in Soils and Plants*, Fourth Edition, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton.

Kamunda, C., Mathuthu, M., Madhuku, M.(2016). Health Risk Assessment of Heavy Metals in Soils from Witwatersrand Gold Mining Basin, South Africa. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2016; 13(7): 663. <https://doi.org/10.3390/ijerph13070663>

Kastori, R. (1983). *Uloga elemenata u ishrani biljaka*. Novi Sad: Matica srpska.

Knežević, Z., Serdar, M. (2011): Procjena rizika od izloženosti ljudi pesticidima unesenim hranom. *Arh. Hig. Rada Toksikol.*, 62, 269-278.

Luo, X., Ding, J., Xu, B., Wang, Y., Li H., Yu, S. (2012). Incorporating bio accessibility into human health risk assessments of heavy metals in urban park soils. *Science of the Total Environment* 424, 88-96.

Mičijević, A., Šukalić, A., Leto, A. (2020). Non-cancerogenic Risk to Human Health with Pb, Cu, and Zn Intake from Soil in the Area of Herzegovina. In: Karabegović I. (eds) New Technologies, Development and Application II. NT 2019. Lecture Notes in Networks and Systems, 76. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-18072-0_78

Pelivanoska, V, Jordanoska, B, Filipovski, K, Mitkova, T, Markoski, M (2011). Heavy metal content in soil and tobacco leaves at the region of Skopje, Republic of Macedonia, Proc 1st International scientific conference "Soil, usage and protection", Andrevlje, 55-60.

Petošić, D., Kovačević, V., Mustać, I., Filipović, V., Dujlović, D. (2011). Utjecaj poljoprivrede na kakvoću procjednihvoda na području melioracijskog kanala za navodnjavanje Biđ-Bosutskog polja. *Hrvatske vode*, 78, 241-250.

Ramović, M., Salčinović, A., Semić, M., Behlulović, D., Mitrović, M., Oprashić, S., Sarić, E., Tahmaz, S., Kurtagić, H., Kurtović, O., Gaćeša, B. (2012). Izvještaj o monitoringu na području općine Zenica za 2011. godinu, Federalni zavod za agropedologiju i Federalni zavod za poljoprivredu, Sarajevo.

Scheinberg, I.H., Sternlieb, I. Wilson. (1996). Disease and idiopathic copper toxicosis. *Am. J. Clin. Nutr.* 63, 842S-845S.

Syfullah, S., Mohammad, M.R., Ravi, N. (2020). Geographical variation of cadmium in commercial rice brands in Bangladesh: Human health risk assessment. *Sci. Total Environ.* 2020, 716, 137049.

Šukalić, A. (2017). Analiza sadržaja teških metala u plodovima nektarina (*Prunus persica var.nucipersica* Schnied.) sa procjenom rizika za zdravlje ljudi, doktorska disertacija, Univerzitet "Džemal Bijedić" Mostar, Agromediteranski fakultet.

Šukalić, A., Ahmetović, N., Mačkić, S., Leto, A., Džubur, A., Antunović, B. (2018). Human Health Risk Assessment of Heavy Metals from the Agricultural Soil in South Herzegovina. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 83(1), 45-50.

Tasić, N., Radak, Đ., Cvetković, Z., Petković, B., Ilijevski, N., Đorđević-Denić, G. (2006). Uloga značaj oligoelemenata u patogenezi ateroskleroze, Vojnosanitetski pregled, 6(61), 667-673.

UN/ECE, Soil administration guidelines with special reference to countries in transition. New York, 1996. <https://digitallibrary.un.org/record/216105?ln=en>

Uputstvo o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih materija u zemljištu i metode njihovog ispitivanja (Sl. novine FBiH, br. 72/09).

U.S. Environmental Protection Agency. Risk Assessment Guidance for Superfund Volume 1: Human Health Evaluation Manual (Part A); Office of Emergency and Remedial Response: Washington, DC, USA, 1989.

U.S. Environmental Protection Agency. Toxics Release Inventory: Public Data Release Report. 2001. Available online: www.epa.gov/tri/tridata/tri01

U.S. Environmental Protection Agency. Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part E, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment); USEPA:Washington, DC, USA, 2004.

USEPA (1996). US Environmental Protection Agency, Soil screening guidance: User's guide, 4-23. Washington, DC 20460: Office of Solid Waste and Emergency Response, Publication 9355

USEPA (2002). US Environmental Protection Agency, A Review of the Reference Dose and Reference Concentration Processes; dostupno na: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-12/documents/rfd-final.pdf>

USEPA (2011). US Environmental Protection Agency, Exposure Factors Handbook: 2011 Edition. EPA/600/R-09/052F. Washington, DC 20460: National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development.

Wang, X., Sato, T., Xing, B. (2005). Health risks of heavy metals to the general public in Tianjin, China via consumption of vegetables and fish. *Sci. Total Environ.* 2005, 350, 28–37.

Wentz, P.W. (2000). *Chelation Therapy: Conventional Treatments*. Burlington, NC: Advance for Administrators of the Laboratory, Lab. Corp.

Wuana, R.A., Okieimen, F.E. (2011). Heavy Metals in Contaminated Soils: A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42, 111-122.

Zenith, H.A., Francisco, U., Ivan, A.A., Anne, E.N., Ana, N.A., Gervasio, A.L. (2020). Urinary metal levels after repeated edetate disodium infusions: Preliminary findings. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2020, 17, 4684.

Primljeno: 1. rujna 2023. godine

Received: September 1, 2023

Prihvaćeno: 29. prosinca 2023. godine

Accepted: December 29, 2023

Utjecaj navodnjavanja na prinos i masu ploda trešnje

Influence of irrigation on cherry fruit yield and weight

Aleksandra Šupljeglav Jukić^{1*}, Srđan Šoškić², Gordan Prskalo³, Jasmina Aliman¹, Jasna
Hasanbegović Sejfić¹

izvorni znanstveni rad (original scientific paper)

doi: 10.32779/gf.6.5-6.3

Citiranje/Citation⁴

Sažetak

Važan preduvjet za unaprjeđenje proizvodnje trešnje pored odabira sorte i podloge s dobim pomološkim karakteristikama je i procjena potrebe za navodnjavanjem, kao način na koji će se ono i obavljati. U radu su prikazani rezultati dvogodišnjih poljskih pokusa (2018.-2019), s ciljem utvrđivanja utjecaja režima navodnjavanja i sorte, te njihove interakcije na prinos i masu ploda. Ispitivane su tri sorte trešnje različitih razdoblja zriobe (Burlat, Skeena, Sweet heart), cijepljene na slabo bujnu podlogu Gisela 5, uzgajane na tlu Eutrični kambisol. Rezultati su pokazali da je sorta Skeena u 2018. godini imala najveću prosječnu masu ploda (11,68 g) i prinos (9,64 kg/stablu), dok je u 2019. godini imala najmanji prosječan prinos (3,05 kg/stablu). Sorta Burlat u 2019. godini je imala najmanju prosječnu masu ploda (7,36 g).

Koreacijskom analizom utvrđena je statistička značajnost režima navodnjavanja na ispitivane parametre promatranih sorti trešnje.

Ključne riječi: navodnjavanje, tlo, sorte, masa ploda, prinos.

Abstract

An important prerequisite for the improvement of cherry production, in addition to the selection of a variety and substrate with good pomological characteristics, is also the assessment of the need for

¹ Agromediteranski fakultet Univerzitet "Džemal Bijedić" u Mostaru, Sjeverni logor bb, 88000 Mostar, Bosna i Hercegovina.

*E-mail: aleksandra@unmo.ba (dopisna autorica).

² Vlada Crne Gore, Uprava za katastar i državnu imovinu, 1 Bulevar vojvode Stanka Radonjića, 81000 Podgorica, Republika Crna Gora.

³ Građevinski fakultet Sveučilišta u Mostaru, Kampus Sveučilišta, Matice hrvatske b.b, 88000 Mostar, Bosna i Hercegovina.

⁴ Šupljeglav Jukić, A., Šoškić, S., Prskalo, G., Aliman, J., Hasanbegović Sejfić, J. (2023). Utjecaj navodnjavanja na prinos i masu ploda trešnje. *Glasilo Future*, 6(5-6), 29–41. / Šupljeglav Jukić, A., Šoškić, S., Prskalo, G., Aliman, J., Hasanbegović Sejfić, J. (2023). Influence of irrigation on cherry fruit yield and weight. *Glasilo Future*, 6(5-6), 29–41.

irrigation, as the way in which it will be carried out. The paper presents the results of two-year field experiments (2018.-2019), with the aim of determining the influence of irrigation regime and variety, and their interaction on yield and fruit weight. Three cherry varieties of different ripening periods (Burlat, Skeena, Sweet heart) were tested, grafted onto a weakly lush rootstock of Gisela 5, grown on Eutrichni Cambisol soil. The results showed that in 2018 the Skeena variety had the highest average fruit weight (11.68 g) and yield (9.64 kg/tree), while in 2019 it had the lowest average yield (3.05 kg/tree). In 2019, the Burlat variety had the smallest average fruit weight (7.36 g).

Correlation analysis determined the statistical significance of the irrigation regime on the examined parameters of the observed cherry varieties.

Key words: irrigation, soil, cultivars, fruit weight, yield.

Uvod

Trešnja (*Prunus avium* L.) je jedna od najstarijih gospodarski eksplotiranih voćnih vrsta. Karakterizira je ranije sazrijevanje plodova u odnosu na druge voćarske vrste, nutritivna vrijednost i ugodan okus. Kao podloge za trešnju navode se sjemenjaci divlje trešnje i rašeljke te vegetativne podloge Gisela i Colt (Čmelik, 2000). U ovom istraživanju promatrane su tri sorte trešnje cijepljene na podlozi Gisela 5. Gisela 5 daje stabla slabe bujnosti, za 50 % manje nego bujnosti u usporedbi s podlogom *Prunus mahaleb*, s nedovoljno obrasлом krošnjom. Korijen se slabo učvršćuje te joj je iz tog razloga neophodna fizička potpora u obliku stupova. Za razliku od bujnih podloga na koje se cijepi sorte trešnje, i koje ne pokazuju velike zahtjeve u odnosu na oborine, stabla trešanja cijepljenih na slabo bujnim vegetativnim podlogama poput Gisela5 podloge imaju veće zahtjeve za vodom te ih je neophodno navodnjavati. Period intenzivnog uzgoja trešnje u gustom sklopu, cijepljenih na slabo bujnim podlogama (Gisela 3, Gisela 5, Gisela 6) i srednje bujnim podlogama (Colt) i u kombinaciji s novijim sortama, cijepljenim na navedenim podlogama, u Hercegovini se koristi zadnjih dvadesetak godina.

Navodnjavanje, kao hidromelioracijska mjera, je u svijetu prepoznato kao važan faktor poljoprivredne proizvodnje. Na prostoru Gatačkog i Ljubuško-Vitinskog polja (Hercegovina) postoji tradicija navodnjavanja u BiH. Natapni sustavi u BiH su do 1992. godine postojali na ukupno 19,750 ha (izvor: Strategije upravljanja vodama 2012). Komparacijom ukupno obradivih površina BiH (oko 1.100 000 ha) i površina koje je trebalo navodnjavati (191,620 ha), samo na 1,8 % od ukupnih 17,4 % obradivih površina, su bili izgrađeni natapni sustavi. Danas, na području Federacije BiH, nisu dostupni službeni podatci o površinama sa sustavima za natapanje, kao ni o kulturama na njima.

Tijekom prethodnih nekoliko godina u BiH je ostvaren samo ograničen stupanj obnove i razvitka sustava navodnjavanja. Trenutno se navodnjava manje od 3.000 hektara. Iskustva Svjetske banke iz

svih dijelova svijeta pokazala su da su koristi najčešće premašivale troškove u slučajevima u kojima među korisnicima vode postoji potražnja za navodnjavanjem. Lokalizirano navodnjavanje sve više se koristi na prostorima oskudnim vodom pri uzgoju voća i povrća te u vinogradima (Romić, 2012). U intenzivnom uzgoju trešnje koristi se više vrsta navodnjavanja, a najzastupljenije je lokalno navodnjavanje (mikro navodnjavanje) kapanjem odnosno sustav "kap po kap" i navodnjavanje mikrokišenjem. Primjena navodnjavanja u Sjedinjenim Američkim državama (prema U.S. Department of Agriculture, Služba za ekonomski istraživanja koristeći USDA, Nacionalnu službu za poljoprivrednu statistiku, Popis poljoprivrede 2017.) Californija, Nebraska, Arkansas, Teksas i Idaho, se vrši na 40 % površina od ukupno 58 milijuna hektara navodnjavanih površina. Istraživanjima na temu trešnje i pogodnosti tla za uzgoj trešnje na području Hercegovine se bavilo više autora (Badžak et al., 2022; Badžak et al., 2021; Šupljeglav Jukić et al., 2020; Hasanbegović et al., 2020; Aliman, 2008).

Geografski areal rasprostranjenosti trešnje je veoma širok, te uspijeva i u primorskim i u planinskim područjima. Komercijalni uzgoj se može organizirati u područjima sa najpovoljnijim i manje povoljnim ekološkim karakteristikama. Za komercijalni uzgoj trešnje u našoj zemlji optimalna nadmorska visina je do 800 m. Naime, povećanjem nadmorske visine smanjuje se temperatura zraka, što utječe na kasnije cvjetanje i zrenje plodova. Bez obzira na područje uzgoja, intenzivna proizvodnja trešnje ne može se zamisliti bez primjene sustava za navodnjavanje. Iako je u nekim krajevima navodnjavanje dopunska mjera kojom se koriste u poljoprivrednoj proizvodnji, u Hercegovini je ona primarna i nezaobilazna mjera bez koje se dobar prinos i masa ploda-krupnoća ne mogu ostvariti.

Intenzivan način uzgoja zahtijeva suvremene sustave navodnjavanja, ali i u odnosu na navodnjavanje, zaštitu, gnojidbu te korištenje mehanizacije. Počinje od projektiranja nasada s modernom hidromeliorativnom mrežom, fertirigacijskim sustavom, pripremom tla za sadnju, pravca sadnje stabala, formiranja željenog uzgojnog oblika, planiranja sortimenta, otpornosti i zaštitu od bolesti i štetnika pa sve do vremena i organiziranja izvođenja berbe, a sve u svrhu ostvarivanja visokog prinosa. U proizvodnju se ulaže mnogo sredstava što zahtijeva kontinuiran rad i stalni nadzor nasada, što opet ovisi od odabira sortimenta i podloge te otpornosti istih na sušu, bolesti i štetnike.

Period kada su biljke najsjetljivije na nedostatak vlage u tlu i kada je potrebno započeti sa navodnjavanjem, smatra se kritičnim razdobljem. Općenito promatrano padalina na prostoru Mostara ima dovoljno. Problem jeste činjenica da padaline nisu raspoređene tako da zadovolje potrebe biljaka. Nedovoljno vlage u početku razdoblja vegetacije voćnih vrsta, ima negativan utjecaj na porast biljke i listova, opadanja cvjetnih zametaka i slabije cvjetanje. U drugom dijelu vegetacije zbog nedostatka vlage može doći do prijevremenog sazrijevanja i opadanja plodova, nepravilnog formiranja cvjetnih zametaka. Također, dovodi do starenja i opadanja listova što utječe na smanjenje fotosinteze i akumulacijom hranjivih tvari. Prezimljavanje voćnih stabala je otežano ili dolazi do njihovog

propadanja. Razlika, u osmotskom tlaku lišća i plodova voćaka, omogućava listovima uzimati vodu iz plodova da bi nadoknadilo nedostatak vlage u sušnom razdoblju. Plodovi tada bivaju sitniji i manje kvalitetni (Pokos-Nemec, 2008).

Klimatski uvjeti submediteranske Hercegovine

Područje submediteranske Hercegovine se nalazi pod utjecajem izmijenjene mediteranske klime čija su osnovne karakteristike vrela i sušna ljeta, te blage i kišovite zime.

Obzirom da klimatske prilike neposredno utječu na fiziološke procese koji se odvijaju u biljci, neophodno je prikazati temeljne klimatske elemente ovog regiona. Za obradu klimatskih podataka koristi su podatci dobiveni iz Federalnog hidrometeorološkog zavoda Sarajevo, meteorološka stanica Mostar za vremensko razdoblje 2007.-2017. godine i za mjesec ožujak, travanj, svibanj i lipanj u 2018. i 2019. godini.

Tablica 1. Prosjek padalina u III, IV, V, VI mjesec za razdoblje 2007.-2017., u 2018. i 2019. godini.

Table 1. Average rain in III, IV, V, VI months for the period 2007.-2017., in 2018 and 2019.

Mostar godine/mjesec	Padaline (l/m ²)				Ukupno
	III	IV	V	VI	
2007. – 2017.	153,2	126,7	95,9	85,1	461
2018.	305,7	47,1	132,1	97,1	582
2019.	48,1	187,9	193,8	53,2	483

Podaci dobiveni od Federalnog hidrometeorološkog zavoda (2018. i 2019. god.) pokazuju da je ukupni zbroj padalina u promatranom razdoblju (ožujak, travanj, svibanj i lipanj) bio najveći u 2018 godini, dok je 2019. godine ukupan zbroj padalina bila približno jednak broju padalina promatranog desetogodišnjeg prosjeka. Najviše padalina je bilo u ožujku 2018. godine (305,7 l/m²), a najmanje u travnju (47,1 l/m²) iste godine. U 2019. godini su travanj i svibanj imali 3-4 puta više padalina od ožujka i lipnja.

Tablica 2. Srednje temperature zraka za III, IV, V i VI mjesec (2007.-2017., 2018., 2019 g.) za Mostar.

Table 2. Mean air temperatures for III, IV, V and VI months (2007.-2017., 2018., 2019) for Mostar.

Srednje temperature zraka za Mostar (°C)				
godine/ mjesec	III	IV	V	VI
2007. – 2017.	11,3	15,0	19,1	23,9
2018.	9,7	17,9	21,2	23,3
2019.	12,6	15,0	15,4	25,8

Može se konstatirati da je mjesec ožujak 2018. godine imao nižu srednju temperaturu zraka od desetogodišnjeg promatranog razdoblja (2007.-2017.) i 2019. godine. Također, ožujak 2018. godine je imao značajno veću količinu padalina što je vjerovatno utjecalo da temperatura u 2018. godini za 1,6 °C bude niža od desetogodišnjeg prosjeka za mjesec ožujak i za 2,9 °C niža od 2019. godine. Obrnuta situacija se dogodila u travnju mjesecu 2018. godine, koji je bio topliji za gotovo 3 °C od desetogodišnjeg prosjeka (2007.-2017.) i 2019. godine, ali je i imao značajno manje padalina (47,1 l/m²) u odnosu na druga dva promatrana razdoblja. Svibanj je u 2018. godini bio topliji u odnosu na analizirani desetogodišnji prosjek za 2,1 °C i za 5,2 °C u 2019. godini. Temperatura u lipnju mjesecu između 2018. godine i desetogodišnjeg prosjeka se može smatrati ujednačenom i nižom u odnosu na 2019. godinu za 2,5 °C.

Materijali i metode

Ispitivanja su obavljena na lokaciji "Vrapčići", na plantažama u vlasništvu tvrtke "Hercegovina lijek" d.o.o. Lokalitet "Vrapčići" koji se nalazi se na udaljenosti 7 kilometara sjeverno od Mostara, na nadmorskoj visini od oko 60 mm. Nasad trešnje podignut je 2009. godine i nalazi se u razdoblju punog plodonošenja. U zasadu su zastupljene sorte Burlat, Skeena i Sweet Heart, cijepljene na podlozi Gisela 5 (klon 148/2 (*Prunus cerasus* Schattanmorelle x *Prunus canescens* Bois.). Površina zemljišta na kojoj se nalazi promatrani nasad trešnje iznosi 10 ha. Karakterizira je ravan reljef, čije je vlaženje normalno u odnosu na klimatsku zonu. Kod ravnog reljefa tlo se navlažuje podjednako. Tlo na kojem je podignut promatrani voćnjak, spada u III klasu: Kambična tla-smeđa tla. Tip tla je Eutrični kabisol, odnosno Smeđe karbonatno skeletoidno plitko i srednje duboko dolinsko tlo na šljunjcima i serpentinama. Izvršena je analiza teksturnog sastava tla na oglednom lokalitetu, uzorkovano na dvije dubine prikazano u tablici 3.

Tablica 3. Teksturni sastav tla na oglednom lokalitetu

Table 3. Textural composition of the soil at the experimental site

Dubina (cm)	Teksturni sastav tla (%)			Teksturna oznaka (USDA)
	pjesak	Gлина	prah	
0-30	49	38	13	Ilovača
30-60	47	40	13	Ilovača

Eutrični kambisol, na obe ispitivane dubine prema teksturnom sastavu je ilovača. Struktura je povoljna i stabilna, što pospješuje propusnost i dobre vodozračne odnose ovoga tla. Kambični horizont ima nešto veći sadržaj gline, što ovom tlu daje veću sposobnost zadržavanja vlage.

U ovome voćnjaku primjenjuje se lokalizirani sustav za navodnjavanje "mikrokišenje", te suvremene agrotehničke i pomotehničke mjere (rezidba, obrada tla, gnojidba organskim i mineralnim gnojivima te zaštita od bolesti i štetnika) za ovu voćnu vrstu. Sustav se sastoji iz: izvora vode za navodnjavanje, pumpe koja crpi vodu iz bušotine, različitih kontrolnih ventila, regulatora tlaka, glavnog cjevovoda, filterskih uređaja, injektora te plastičnih cijevi za dovođenje i razvođenje vode po parceli i mikroraspšrskivača. Kao izvor vode korištene su dvije bušotine. Potopne crpke, marke Grundfos, spuštene su na dubinu od 35 m. Crpke crpe vodu te je pod potrebnim tlakom uvode u sustav za navodnjavanje. Crpu pokreće trofazni elektromotor. Glavni cjevovod je postavljen ispod površine tla. Kroz glavni cjevovod crpke potiskuju vodu u razvodne cijevi, odnosno laterale do mikrosprinklera. Laterale su postavljene na razmaku od 4 m. Na njih su montirani mikrosprinkeleri, kapaciteta 30 l/h s kružnim radom, radijusa 6 m, površine zalijevanja 8 m², na razmacima od 2 m, na visinu 70 cm od tla. Sustav za navodnjavanje se uredno održava.

Pokusom je praćen utjecaj navodnjavanja mikrokišenjem tijekom IV, V i VI mjeseca u 2018. i 2019. godini, na prinos i masu ploda tri sorte trešnje: Burlat, Skeena i Sweet Heart, cijepljene na podlozi Gisela 5 (klon 148/2 (*Prunus cerasus* Schattanmorelle x *Prunus canescens* Bois.). Uzgojni oblik je vitko vreteno. Trešnje su sađene na razmak 4 m x 2 m. Prema klasifikaciji sustava uzgoja po stupnju intenzivnosti ovakav nasad se svrstava u intenzivne nasade (Mičić et al., 2008). U nasadu je 2018. godine urađena oštra rezidba stabala u cilju održavanja uzgojnog oblika, što je imalo utjecaja na ukupan prinos. Plan pokusa je izrađen po randomiziranom blok rasporedu na 6 stabala svake sorte (dva stabla u svakom bloku), ukupno 36 stabala. Za analizu mase ploda uzeto je po 90 plodova za svaku sortu. Masa ploda mjerena je na analitičkoj vagi sa preciznošću 0,01 g. Prinos (kg/stablu) je mjerен prilikom berbe, pri čemu je korištena digitalna vaga za mjerjenje mase.

Obroci navodnjavanja razlikuju se u 2018. i 2019. godini. Početak navodnjavanja određivan je prema kritičnim razdobljima nasada trešnje u odnosu na vodu. Ožujak mjesec je u obje godine protekao bez navodnjavanja. U 2018. godini navodnjavano je 14 puta i ukupna količina vode koja je dana kroz obroke navodnjavanja iznosila je 390 l/m². U 2019. godini broj navodnjavanja iznosio je 21, te je ukupna količina vode data kroz obroke navodnjavanja iznosila 356,25 l/m². Rasporedi navodnjavanja se razlikuju kao i dužina trajanja obroka navodnjavanja (Tablica 4).

Tablica 4. Broj, obroci i rasporedi navodnjavanja u 2018. i 2019. godini

Table 4. Number irrigation, irrigation application volume and irrigation duration in 2018 and 2019

Broj navodnjavanja	Režim u 2018. godini			Režim u 2019. godini		
	Datum navodnjavanja-turnus	Trajanje navodnjavanja (h)	Obrok navodnjavanja (l/m ²)	Datum navodnjavanja-turnus	Trajanje navodnjavanja (h)	Obrok navodnjavanja (l/m ²)
1	12.04.	8	30	18.04.	5	18,75
2	16.04.	8	30	19.04.	5	18,75
3	20.04.	8	30	20.04.	5	18,75
4	23.04.	8	30	21.04.	5	18,75
5	26.04.	8	30	22.04.	5	18,75
6	28.04.	8	30	25.04.	5	18,75
7	20.05.	8	30	26.04.	5	18,75
8	27.05.	8	30	27.04.	5	18,75
9	28.05.	3	11,25	28.04.	5	18,75
10	01.06.	8	30	30.04.	5	18,75
11	04.06.	11	41,25	08.05.	5	18,75
12	12.6.	5	18,75	15.05.	4	15
13	17.06.	8	30	18.05.	4	15
14	20.06.	5	18,75	21.05.	4	15
15				24.05.	4	15
16				27.05.	4	15
17				27.05.	4	15
18				30.05.	4	15
19				02.06.	4	15
20				05.06.	4	15
21				08.06.	4	15

Ukupna količina padalina u travnju, svibnju i lipnju mjesecu za 2018. godinu je iznosila 276,3 l/m², a u 2019. godini 434,9 l/m². Količina padalina u mjesecima kada je i navodnjavano prikazano je u tablici 5.

Tablica 5. Ukupno l/m² vode aplicirana navodnjavanjem i oborinama

Table 5. Total l/m² of water applied by irrigation and rain

godina/ mjesec	Količina padalina (l/m ²)					Σ on (l/m ²)
	III	IV	V	VI	Σ p (travanj-lipanj)	
2018.	305,7	47,1	132,1	97,1	276,3	390
2019.	48,1	187,9	193,8	53,2	434,9	356,25

Σ p - Σ padalina u III,IV,V;

Σ on- Σ obroka navodnjavanja

Može se zaključiti da je u 2019. godini aplicirano manje vode (l/m²) kroz navodnjavanje u odnosu na 2018. godinu, kao i da je količina oborina u istom periodu bila veća u 2019. godini.

Podaci dobiveni mjerenjem svih parametara, te podaci o navodnjavanju obrađeni su u statističkom paketu *XL STAT2021* što obuhvaća: analizu varijance (Fisherov test) – da bi se utvrdilo postojanje utjecaja faktora na promatrana svojstva. U kom pravcu se taj utjecaj odvija, pokazuje analiza srednjih vrijednosti koja je urađena korištenjem Tukey testa. Tukey testom je testirana značajnost dobivenih razlika. Utvrđivanje postojanja utjecaja dva režima navodnjavanja na promatrana svojstva urađeno je Pearsonovim koeficijentom korelacije. Pearsonovim koeficijentom korelacije je brojčano prikazana vrijednost korelacije za ispitivane statističke parametre, dok se značajnost koeficijenta iskazuje vrijednošću P (Udovičić et al., 2007).

Rezultati i diskusija

Rezultati istraživanja provedenog 2018. i 2019. godine prikazani su u tablicama 6. – 8. (Prosječna masa ploda (g) ispitivanih sorti trešnje – tablica 6; Prosječan prinos (kg/po stablu) ispitivanih sorti trešnje – tablica 7; Pearsonova korelacija utjecaja navodnjavanja na masu ploda – tablica 8).

Tablica 6. Prosječna masa ploda (g) ispitivanih sorti trešnje (2018. – 2019.).

Table 6. Average fruit weight (g) of tested cherry varieties (2018 –2019)

Sorta	2018.	2019.
Burlat	8.82±0.90d	7.63±0.30f
Skeena	11.68±1.098a	11.29±0.68b
Sweet heart	8.43±0.824e	10.50±0.74c
ANALIZA VARIJANCE		F crit
Godina	5.84*	3.86
Sorta	774.05**	3.01
Interakcija	204.99**	3.01
TUKEY TEST 5 %	0,14* kritična vrijednost	

Vrijednosti mase ploda su aritmetičke sredine \pm SD. Različita slova pridodana prosječnim vrijednostima označavaju da se sorte značajno razlikuju u istraživanom svojstvu prema Tukeyevom HSD testu uz $p \leq 0.05$.

Najveća prosječna masa ploda je zabilježena kod sorte Skeena u 2018. godini (11,68 g), dok je najmanja prosječna vrijednost zabilježena kod sorte Burlat u 2019. godini i iznosila je 7,63 g. Sweet Heart je imala veću prosječnu masu ploda u 2019. godini (10,50 g) u odnosu na 2018. godinu. Dvofaktorijska analiza varijance za masu ploda je pokazala da postoji statistička značajnost faktora godina na masu ploda, sorte kao faktor i interakcija godina i sorte.

Na osnovu Tukey testa za masu ploda, može se konstatirati da su se sve promatrane sorte u obje godine međusobno statistički značajno razlikovale u pogledu prosječne mase ploda (tablica 6). Usporedbom dobivenih rezultata za prosječnu masu ploda u obe istraživane godine postoji podudarnost s rezultatima od 8,1g (Milatović et al., 2013.b), i 6,5-10,4 g (Milatović et al., 2011.a), ali ne i s Radunić et al. (2008) godine za sortu Burlat (5,92 g). Rezultati za masu ploda sorte Skeena (8,5 g) do kojih su došli Milatović et al. (2013b) se ne mogu smatrati podudarnima s (11,5 g) našim istraživanjem. Naši rezultati za sortu Skeena nisu u skladu s rezultatima (6,3 g i 6,2 g.) Gadže et al. (2011).

Tablica 7. Prosječan prinos (kg/po stablu) ispitivanih sorti trešnje (2018. – 2019)

Table 7. Average yield (kg / per tree) of examined sweet cherry cultivars (2018 – 2019)

Sorta	2018.	2019.
Burlat	4.00 \pm 1.95c	3.52 \pm 2.58c
Skeena	9.64 \pm 1.53a	3.05 \pm 0.70c
Sweet heart	6.29 \pm 1.22b	5.78 \pm 1.14b
ANALIZA VARIJANCE	F	F crit
Godina	18.99*	4.17
Sorta	7.89*	3.32
Interakcija	12.24*	3.32
TUKEY TEST 5 %		1,25*

Vrijednosti prinosa su aritmetičke sredine \pm SD. Različita slova pridodana prosječnim vrijednostima označavaju da se sorte značajno razlikuju u istraživanom svojstvu prema Tukeyevom HSD testu uz $p \leq 0,05$.

Najveća prosječna vrijednost prinosa po stablu je zabilježena kod sorte Skeena u 2018. godini (9,64 kg), dok je najmanja zabilježena kod sorte Skeena u 2019. godini (3,05 kg). Usporedbom rezultata (Milatović et al., 2013a), prosječan prinos za sve ispitivane sorte u razdoblju od tri godine je bio 4,2 kg po stablu što odgovara prosječnom prinosu sorte Burlat u 2018 godine. Glišić et al. (2011), navode da

prinos po stablu trešnje značajno raste od četvrte do sedme (4,76 - 10,77 kg) godine. Prosječan prinos po stablu sorte Skeena nije u skladu sa rezultatom 2,68 kg (Milatović et al., 2013.b).

Analizom varijance može se zaključiti da postoji statistička značajnost godine, sorte i interakcija godina i sorta na prinos po stablu (Tablica 7).

Dobiveni podaci se ne podudaraju s podatcima do kojih su došli Milatović et al. (2011) kada je prosječan prinos po stablu kod sorte Skeena iznosio 1,47 kg/stablu. Oni navode da su promatrane karakteristike pa i prinos po stablu imali značajno veće vrijednosti u godini u kojoj je mraz bio manjeg intenziteta, što navodi da se pri odabiru lokacije za uzgoj trešnje, na Gizela 5, mora uzeti u obzir i njihova osjetljivost na zimske mrazove. Imajući to u vidu navodnjavanje mikrosprinklerima bi bilo rješenje protiv mogućih mrazova u razdoblju cvjetanja. Treba navesti da Hercegovina ima dobre karakteristike klime za uzgoj trešnje na slabo bujnim podlogama.

Tablica 8. Pearsonova korelacija utjecaja navodnjavanja na masu ploda (2018. i 2019.)

Table 8. Pearson correlation of the impact of irrigation on fruit weight and yield per tree (2018 and 2019)

Sorta	Masa ploda 2018.	Masa ploda 2019.
Burlat	0,077	0,151*
Skeena	-0,170*	-0,155*
Sweet heart	0,359*	0,088
Prinos (kg/stablu) 2018		Prinos (kg/stablu) 2019
Burlat	0,235*	0,055
Skeena	-0,196*	0,039
Sweet heart	0,277*	0,077

*Statistička značajnost (slaba pozitivna korelacija ili slaba negativna korelacija)

Na osnovu Pearsonovog koeficijenta korelacije za masu ploda, može se zaključiti da postoji statistički značajna slaba pozitivna korelacija režima navodnjavanja u 2018. godini na masu ploda sorte Sweet heart ($r=0,359^*$). Režim navodnjavanja u 2018. godini u odnosu na masu ploda sorte Skeena pokazao je statistički značajan utjecaj i radi se o slaboj negativnoj korelaciji ($r=-0,170^*$), dok režim navodnjavanja u 2018. godini u odnosu na masu ploda sorte Burlat nije pokazao statistički značajnu korelaciju ($r=0,077$).

Na osnovu Pearsonovog koeficijenta korelacije za masu ploda, može se zaključiti da postoji statistički značajna slaba negativna korelacija režima navodnjavanja u 2019. godini na masu ploda sorte Skeena ($r=-0,155^*$). Režim navodnjavanja u 2019. godini u odnosu na masu ploda sorte Burlat pokazao je statistički značajan utjecaj i radi se o slaboj pozitivnoj korelaciji ($r=0,151^*$), dok režim navodnjavanja u 2019. godini u odnosu na masu ploda sorte Sweet heart nema statistički značajnu korelaciju ($r=0,088$).

Na osnovu Pearsonovog koeficijenta korelacije za prinos po stablu, može se zaključiti da postoji statistički značajna slaba pozitivna korelacija režima navodnjavanja u 2018. godini na prinos po stablu sorte Sweetheart ($r=0,277^*$). Režim navodnjavanja u 2018. godini u odnosu na prinos po stablu sorte Skeena pokazao je statistički značajan utjecaj i radi se o slaboj negativnoj korelaciji ($r=-0,196^*$). Režim navodnjavanja u 2018. godini u odnosu na prinos po stablu sorte Burlat je pokazao statistički značajnu slabu pozitivnu korelaciju ($r=0,277^*$).

Na osnovu Pearsonovog koeficijenta korelacije za prinos po stablu, može se zaključiti da ne postoji statistički značajna korelacija režima navodnjavanja u 2019. godini na prinos po stablu kod ispitivanih sorti trešnje Burlat ($r=0,055$), Skeena ($r=0,039$) i Sweet heart ($r=0,077$)

Zaključak

Bitni čimbenici koji utječu na masu ploda i prinos po stablu tijekom istraživanja jesu: sorta i podloga, tlo, odgovarajuće navodnjavanje, količina padalina, temperatura zraka, odnosno klimatske prilike.

Statistički je utvrđeno da su se sve promatrane sorte, u obje godine, međusobno statistički značajno razlikovale u pogledu prosječne mase ploda. U 2018. godini, za prinos (kg/stablu) je postojala statistički značajna razlika između svih sorti, a u 2019. godini je samo sorta Sweet Heart pokazala statističku značajnost u odnosu na druge dvije sorte. Utjecaj godine na prinos (kg/stablu) pokazao je značajnost samo kod sorte Skeena 9,64 kg/stablu (2018. godina) i 3,05 kg/stablu (2019. godina).

Promatrajući utjecaj režima navodnjavanja na prosječnu masu ploda i prinos (kg/stablu) Personovom korelacijskom je ustanovljeno da je režim navodnjavanja u 2018. godini imao statistički značaj na promatrane sorte. Režim navodnjavanja u 2019. godini prema Personovoj korelacijskoj imao je statističku značajnost za masu ploda kod sorte Burlat i Skeena, dok za sortu Sweet Herat nije imao značaj. Značajnost režima navodnjavanja u 2019. godini za prinos (kg/stablu), nije utvrđena Personovom korelacijskom ni za jednu promatrano sortu.

Znajući da je potrebno pravilno utvrditi potrebnu količinu vode pri svakom navodnjavanju može se reći da režim navodnjavanja u 2019. godini nije bio odgovarajući za promatrani voćnjak, te da je režim u 2018. godini dao bolje rezultate za prinos po stablu. Kao razlog se može smatrati činjenica da tlo na promatranoj parceli ima visok sadržaj gline zbog čega je režim navodnjavanja u 2018. godini imao bolji utjecaj na prinos po stablu.

Literatura

Aliman, J. (2008). Dinamika cvjetanja i pomološke karakteristike domaćih i introdukovanih genotipova trešnje. Magistarski rad, Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Sarajevo.

Badžak, N., Aliman, J., Hadžiabulić, A., Šupljeglav Jukić, A., Kulina, M., Radović, M., Alić Džanović, Z. (2021). Phenological characteristics of sweet cherry varieties on Gisela 6 rootstock in Herzegovina Region. Congress book of 31st International Scientific- Expert Conference of Agriculture and Food Industry, İzmir-Turkey with the theme "Future of Agriculture, Agriculture of Future"., 207-215.

Badžak, N., Radović, M., Aliman, J., Kulina, M., Hasanbegović Sejfić, J., Šupljeglav Jukić, A. (2022). Fizičke osobine ploda sorti trešnje na podlozi Gisela 6. Zbornik radova "XXVII Savetovanje o biotehnologiji", 179-186. DOI: 10.46793/SBT27.179B

Čmelik, Z. (2000). Vegetativne podloge za suvremene nasade trešnje. *Sjemenarstvo*, 17(5-6), 279-289.

Gadže, J., Tomasović, S., Radunić, M., Petric, I.V., Čmelik, Z. (2011). Evaluacija introduciranih sorata trešnje na području Zagrebačke županije, *Pomologia Croatica*, 17(1-2), 3-10.

Glišić, I., Milošević, T., Mitrović, M., Mladenović, J., Glišić, I. (2011). Prinos i kvalitet ploda trešnje na degradiranom zemljištu, Zbornik radova III savetovanja "Inovacije u voćarstvu", 183-194.

Hasanbegović, J., Hadžiabulić, S., Kurtović, M., Aliman, J., Skender, A., Badžak, N. (2020a). Morphological characteristics of autochthonous genotypes of sweet cherry (*Prunus avium* L.) Cv. 'Alica' and 'Hrust' in area of Herzegovina. XI International Scientific Agricultural Symposium AGROSYM, 112-120.

Mićić, N., Đurić, G., Cvetković, M., Marinković, D. (2008). Savremeni sistemi gajenja trešnje. *Zbornik naučnih radova Instituta PKB Agroekonomik*, 14(5), 33-47.

Milatović, D., Đurović, D., Đorđević, B. (2011). Osetljivost novijih sorti trešnje na pucanje, Zbornik radova III savetovanja "Inovacije u voćarstvu", Beograd, 223-230

Milatović, D.P., Đurović, D.B., Đorđević, B.S., Vulić, T.B., Zec, G.N. (2013a). Pomološke osobine novijih sorti trešnje na podlozi Colt, *Journal of Agricultural Sciences*, 58(1), 61-72.

Milatović, D., Đurović, D., Đorđević, B., Vulić, T., Zec, G. (2013b). Rodnost novijih sorti trešnje na podlozi Gisela 5, *Voćarstvo*, 47, 181-182, 39-45.

Pokos-Nemec V. (2008.). Navodnjavanje voćnjaka, *Glasnik zaštite bilja*, 31(5), 41-48.

Radunić, M., Klepo, T., Strikić, F., Čmelik, Z., Barbarić, M. (2008). Osobine sorata trešnje uザgajanih u Dalmaciji, *Pomologia Croatica*, 14(3), 159-168

Romić, D. (2012.). *Navodnjavanje*, skripta. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet.

http://www.filbis.hr/prilozi/files/navodnjavanje_skripta.pdf (pristupljeno: 22.09.2023).

Stojanović, M., Milatović, D., Kulina, M., Alić-Džanović, Z. (2013). Osjetljivost sorti trešanja izloženih kiši na pucanje ploda u Sarajevskoj regiji, *Agroznanje*, 14(2), 179-184;

Konzorcij za izradu strategije upravljanja vodama FBiH (Zavod za vodoprivredu d.d. Sarajevo i Zavod za vodoprivredu d.o.o. Mostar) (2012.). Strategija upravljanja vodama Federacije Bosne i Hercegovine 2010. – 2022. <chromeextension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://fmpvs.gov.ba/wpcontent/uploads/2018/01/Strategija-upravljanja-vodama-FBiH-2010-2022.pdf> (pristupljeno: 23.09.2023).

Šupljeglav Jukić, A., Šoškić, S., Aliman, J., Hasanbegović, J., Badžak, N. (2020). Phenological characteristics of Sweet cherries on two different types of Eutric Cambisol in herzegovina region (Bosnia and Herzegovina), XI International Scientific Agricultural Symposium "Agrosym 2020", 257-261

Udovičić, M., Baždarić, K., Bilić-Zulle, L., Petrovečki, M. (2007). What we need to know when calculating the coefficient of correlation? *Biochimia Medica*, 17(1), 10-15.

U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service USDA, USDA, Economic Research Service using USDA, National Agricultural Statistics Service, Census of Agriculture (2017). Irrigation & Water Use, State shares of U.S. irrigated agricultural land, <https://www.ers.usda.gov/topics/farm-practices-management/irrigation-water-use/> (pristupljeno: 25.09.2023).

Primljeno: 1. listopada 2023. godine

Received: October 1, 2023

Prihvaćeno: 29. prosinca 2023. godine

Accepted: December 29, 2023

Istraživanje entomofaune hortikulturnih biljaka na posjedu Franjevačkog samostana u Visokom, Bosna i Hercegovina

Survey of entomofauna of horticultural plants on the property of the Franciscan monastery in Visoko, Bosnia and Herzegovina

Robert Kepić^{1*}, Denisa Žujo Zekić², Mirza Dautbašić³, Jasna Avdić¹, Alka Turalija⁴

izvorni znanstveni rad (original scientific paper)

doi: 10.32779/gf.6.5-6.4

Citiranje/Citation⁵

Sažetak

Održivi razvoj i očuvanje krajobraza, danas postaju dio strategija razvoja mnogih država. Kako bi se osigurala dozvoljena intervencija u krajobrazu, potrebno je snimiti postojeće stanje, odrediti krajobrazne vrijednosti i kapacitet nosivosti tog područja. U krajobraznom oblikovanju važno je poznavati entomofaunu kako zbog bioraznolikosti, tako i zbog očuvanja biljnih vrsta. Revitalizacija i oblikovanje novih krajobraznih cjelina podrazumijeva analizu postojeće flore te razmatra ideju zadržavanja flornih elemenata unutar novog projekta kako bi se očuvala autentičnost terena, ali i vrednovala starost prisutnih vrsta. Cilj rada bio je istražiti entomofaunu na postojećim hortikulturnim vrstama u posjedu Franjevačkog samostana i Franjevačke klasične gimnazije u Visokom. Istraživanje je provedeno od rujna 2022. do kolovoza 2023. godine. Determinirane su 81 drvenasta i grmolika vrsta te 28 kukaca čije je djelovanje štetno. Determinacijom nađenih vrsta utvrđuje se kako najviše štetnika pripada redu Hemiptera, zatim Coleoptera te Lepidoptera, dok je najmanje pripadnika redova Diptera i Hymenoptera.

Ključne riječi: krajobraz, štetnici, entomofauna, praćenje.

¹ Univerzitet u Sarajevu, Poljoprivredno-prehrambeni fakultet, Zmaja od Bosne 8, 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina.

*E-mail: robert.lavandin@gmail.com (dopisni autor).

² Univerzitet "Džemal Bijedić" u Mostaru, Nastavnički fakultet, Sjeverni logor bb, 88000 Mostar, Bosna i Hercegovina.

³ Univerzitet u Sarajevu, Šumarski fakultet, Zagrebačka 20, 71 000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina.

⁴ Sveučilište J.J. Strossmayer u Osijeku Fakultet agrobiotehničkih znanosti, Vladimira Preloga 1, 31000, Osijek, Republika Hrvatska.

⁵ Kepić, R., Žujo Zekić, D., Dautbašić, M., Avdić, J., Turalija, A. (2023). Istraživanje entomofaune hortikulturnih biljaka na posjedu Franjevačkog samostana u Visokom, Bosna i Hercegovina. *Glasilo Future*, 6(5-6), 42–64. / Kepić, R., Žujo Zekić, D., Dautbašić, M., Avdić, J., Turalija, A. (2023). Survey of entomofauna of horticultural plants on the property of the Franciscan monastery in Visoko, Bosnia and Herzegovina. *Glasilo Future*, 6(5-6), 42–64.

Abstract

Sustainable development and landscape preservation are becoming integrated in the development strategies of many countries today. In order to secure a permitted landscape intervention, it is necessary to record the existing condition, determine the landscape values and carrying capacities of a given area. In landscape design, it is important to have knowledge of the entomofauna both for biodiversity and for the preservation of plant species. The revitalization and design of new landscapes requires analysis of the existing flora and takes into consideration the idea of retaining flora elements within the new project in order to preserve the authenticity of the terrain, but also to measure the age of the species present. The aim of this study was to investigate the entomofauna among the existing horticultural species in the property of the Franciscan Monastery and the Franciscan Classical High School in Visoko. The research was conducted from September 2022 to August 2023. 81 tree and shrub species and 28 types of harmful insect were determined. Through determination of the species identified, it was found that the most pests belonged to the order of Hemiptera, followed by Coleoptera and Lepidoptera, while the fewest belonged to the orders of Diptera and Hymenoptera.

Key words: landscape, pests, entomofauna, monitoring.

Uvod

U modernom vremenu nagle urbanizacije okoliš se brzo mijenja, što je posljedica ljudske i prirodne aktivnosti. Najviše promjena u okolišu čini čovjek, primjenjujući tehnike i opremu koji ugrožavaju biološku raznolikost. Takav utjecaj smanjuje prirodne krajobrace koje bi trebalo posebno zaštititi, što je osnovni zadatak konzervacijske biologije i ekologije. Istraživanje i poznavanje entomofaune zbog bioraznolikosti i očuvanja biljnih vrsta važan je element u planiranju prostornog uređenja i zaštite prisutnih zajednica. U postupku imunizacije, važno je služiti se metodama i pripravcima koji će ne samo pomoći u oporavku oboljele i oštećene biljne vrste nego i zaštititi druge korisne kukce i okoliš. Visoko je gradsko naselje u srednjoj Bosni, 30 kilometara sjeverozapadno od Sarajeva. Pod najstarijim i najužim pojmom Bosne smatralo se naselje u Visočkom polju i njegovu pribrežju, čiji se značaj ističe u vladarskim ispravama od 1326. do 1329. godine (Andelić, 1984), dok naziv Bosna, kasnije, u smislu oblika države, poprima druge granice (Vego, 1982). Naziv Visoko potječe od utvrde "Visoki", odakle naselje Podvisoki, smješteno podno nje, kasnije dobiva ime Visoko. Grad nema samo ulogu političkog i trgovackog nego i duhovnog centra, kao sakralno sjecište Bosne (Valenta, 2019), sudeći prema crkvi koju je Kulin ban podigao najkasnije 1203. godine (Jelenić, 1906). Preuzimajući ulogu kraljevskog središta, uz samu kraljevu palaču, Visoko dobiva samostan sv. Nikole, povjeren franjevcima koji tu ostaju do 1697. godine (Jelenić, 1906). U isto vrijeme postoji i samostan s crkvom sv. Marije u Podvisokom. Franjevački historičar Batinić, prema dnevniku fra Pavla Rovinjanina iz 1640., bilježi: "Došav u Visoki, ostao je občaran položajem grada i ljepotom njegovih mnogih bašča, tako da se nije

mogao do sita nagledati ovih prirodnih krasota. I franjevci su imali jednu ovakvu bašču, a uz samu ogragu tekla je voda na točak, te bi u večer onamo dolazila turska i kršćanska djeca" (Batinić, 1983). Bilješka ukazuje na vrt Franjevačkog samostana sv. Marije, koji se vjerojatno nalazio na mjestu na kojem je danas Pravoslavna crkva sv. Prokopija. Vjerojatno je to bio kaskadni vrt na prirodnoj padini. Nakon 1697. godine nema podataka o katolicima u Visokom i okolici, a na njihovu dotadašnju prisutnost ukazuju nazivi: brdo Križ, selo Biskupići (sada Muhašinovići) te ulica Klisa, gdje se svojevremeno nalazio samostan sv. Marije. Franjevci se vraćaju u Visoko 1899. godine i podižu sadašnji samostan, sjemenište i gimnaziju, u koju useljavaju 1900. godine, a Visoko odabiru zbog njegova položaja, pogodnosti kao i franjevačke prošlosti na tom prostoru (Gavran, 2000). Odtada do danas tu obavljaju svoju prosvjetnu, kulturnu i duhovnu djelatnost, vodeći jedinu klasičnu gimnaziju u Bosni i Hercegovini, u kojoj pravo na pohađanje i smještaj imaju svi talentirani učenici neovisno o spolnoj, nacionalnoj ili vjerskoj pripadnosti.



Slika 1. Pogled na samostan s vrtom i zgradu konvikta prije obnove



Slika 2. Franjevačka klasična gimnazija

Figure 1. View of the monastery with the garden and the dormitory building before renovation
(Photo: Samostanski arhiv)

Figure 2. Franciscan Classical High School
(Photo: <https://visoko.ba/>)

Za realizaciju ovog istraživanja odabran je posjed Franjevačkog samostana u Visokom, čija površina iznosi oko 22.000 m². Od 30-tih godina prošlog stoljeća samostanski i konviktski vrt bili su, a i danas su, ukras Visokog, o čemu su brinule Školske sestre franjevke. Svojim raskošem, oblikom i brojnošću cvjetnica i povrtnica koje su same proizvodile, plijenio je pažnju prolaznika i putnika koji bi putovali vlakovima, a zapisi kazuju kako su i lokalni željezničari govorili da od Sarajeva do Broda nema boljeg vrta (Gavran, 2000). Na posjedu se nalazi i višedesetljetna hortikulturna cjelina koju se planira podvrgnuti planskom uređenju krajobraza, zbog čega se pristupa determinaciji drvenastih i grmolikih vrsta.

Hortikulturna cjelina na posjedu Franjevačkog samostana u Visokom, u čijem se okruženju nalazin 81 drvenasta i grmolika vrsta te promjenljiv broj jednogodišnjih vrsta cvjetnica i povrtnica, predstavlja gust sklop sastavljen od više starijih vrsta koje ranije nisu pregledane ni podvrgnute zaštitnim mjerama, iz čega proizlazi hipoteza da se u toj cjelini nalaze insekti koji štetno djeluju na hortikulturne

vrste i predstavljaju prijetnju. Slijedom postavljene hipoteze, cilj istraživanja je determinirati entomofaunu prisutnu na hortikulturnim vrstama.

Determinacija entomofaune predstavlja neizostavan korak u krajobraznom oblikovanju u cilju praćenja stanja i broja vrsta koje nastanjuju hortikulturne biljke kao i postojanje štetnika koji predstavljaju prijetnju biljnim zajednicama, kako bi se ugrožene vrste mogle pravovremeno zaštiti i liječiti.

Postavljeni ciljevi realizirani su kroz istraživačke zadatke koji su uključili: determinaciju drvenastih i grmolikih vrsta, determinaciju entomofaune te analizu i usporedbu dobivenih rezultata.

Materijali i metode

Kako bi se ostvario cilj rada, planirana je kombinacija metoda i to metode istraživanja i terenskog rada te deskriptivne metode. Rad se temelji na identifikaciji krajobraznih vrijednosti i entomofaunističke raznolikosti za čiju se valorizaciju primjenjuje:

- determinacija postojeće flore (Tutin, t. G. & v. H. Heywood, (ur.), 1964-1980; Tutin, et al. 1993; Domac, 2002; Nikolić, 2019, 2020 a,b,c)
- provjera stanja hortikulturnih vrsta,
- promatranje entomofaune na terenu,
- upotreba ljepljivih traka (20 žutih i 20 plavih ljepljivih traka Aeroxon) i feromonskih klopki, (Pheroprax ampule feromon, proizvođača BASF Agro B.V Wadenswil Švicarska)
- sakupljanje insekata pomoću entomološke mreže i prepariranje,
- determinacija insekata (Chapman, 1998; Tomiczek et al., 2008; Zúbrik et al., 2013) analiza, obrada i prezentacija. Istraživanja su obavljena u periodu od rujna 2022. do kolovoza 2023. godine.

Utvrđivanje zdravstvenog statusa hortikulturnih vrsta na posjedu Franjevačkog samostana

Za istraživanje zdravstvenog stanja hortikulturnih vrsta, korištena je VTA (*Visual Tree Assesment*) metoda. VTA metoda se temelji na aksiomu konstantnog stresa prema kojem stablo ravnomjerno raspoređuje opterećenja, optimizirajući oblik u cilju održavanja svoje biološke funkcije, a njome se procjenjuju strukturalna oštećenja i stabilnost stabla (Paulić et al., 2013). Procjena stabala slijedeći ovu metodu, obavlja se kroz detaljan pregled stabala, pri čemu se zapažaju sve promjene na stablu koje upućuju na strukturalna oštećenja i vode smanjenju stabilnosti. Osim tog mehaničkog aspekta, proučava se i biološka komponenta, koja je izražena kao vitalnost stabla. Ukoliko nema znatnijih strukturalnih oštećenja i postoji vitalnost koja omogućuje da povrati stanje konstantnog stresa, tj. ojača strukturalno slaba mjesta koja predstavljaju mjesto loma stabla, stablo se ne smatra opasnim ako. U slučaju da se na osnovu vizualnog izgleda stabla ne može odrediti je li promatrano stablo opasno, tada se koriste dodatna ispitivanja uporabom arborikulturnih instrumenata. Ovom se metodom mogu odrediti opasna

stabla te propisati potrebni arborikulturni zahvati (Paulić et al., 2013). Prema istom autoru, nedostatak ove metode je visoka subjektivnost i ovisi o prijašnjem znanju i iskustvu pojedinca. Provjera zdravstvenog stanja hortikulturnih vrsta zahtijeva determinaciju i pregled svake pojedine vrste, uočavanje nepravilnog rasta, prisutnost bolesti i štetnika, odumiranja tkiva i slično. Ukoliko se primijeti prisutnost štetnika ili štete na biljnim dijelovima, vrši se detaljnije ispitivanje, (determinacija štetnika, brojnost jedinki), procjenjuje se šteta te se razmatraju prihvatljive mogućnosti saniranja i oporavka biljke. U istraživanju je korišteno po 20 žutih i 20 plavih ljepljivih traka proizvođača Aerxon, koje pregledane su u prvom postavljanju od svibnju te u drugom u srpnju. Plave su trake namijenjene utvrđivanju prisutnosti tripsa, dok su žute ljepljive trake namijenjene utvrđivanju prisutnosti drugih štetnika. U feromonskoj klopki korištene su *Pheroprax ampule feromon* proizvođača BASF Agro B.V Wadenswil Švicarska.

Rezultati i diskusija

Poznavanje zastupljenosti entomofaunističkih vrsta na terenu kao i njihovih odnosa s drugim vrstama ključno je u mnogim istraživanjima i planiranjima u području krajobraznog oblikovanja, voćarstva, šumarstva, biljne proizvodnje i dr. kukci mogu imati neutralno, korisno ili štetno djelovanje na biljku. Korisno djelovanje kukaca ogleda se u opršivanju, provjetravanju, razlaganju organske tvari te sprečavanju invazivnosti vrsta koje imaju štetan učinak na biljku. Štetno djelovanje kukaca uočljivo je kroz nastanak oboljenja, ugroženosti i odumiranja biljnih vrsta ukoliko se pravovremeno ne uoči njihovo štetno djelovanje i ne primjene metode iz fitomedicine (Dimić et al., 2013). Revitalizacija i oblikovanje novih krajobraznih cjelina podrazumijeva analizu postojeće flore te razmatra ideju zadržavanja flornih elemenata unutar novog idejnog projekta kako bi se očuvala autentičnost terena, ali i vrednovala starost prisutnih vrsta. Stoga se u očuvanju postojeće flore naglasak stavlja na analizu trenutnog stanja, primjenu metoda liječenja oboljelih vrsta te uklanjanje onih vrsta koje su odumrle ili se ne mogu liječiti. U postupku liječenja, služimo se metodama i pripravcima koji će ne samo pomoći u oporavku oboljele biljne vrste nego i zaštiti druge insekte i okolinu (Vujković, 2003). Determinacijom postojeće flore bilježe se 81 drvenasta i grmolika vrsta te promjenljiv broj jednogodišnjih cvjetnica i povrtnica.

Tablica 3. Popis hortikulturnih biljaka u samostanskom posjedu (Kepić, 2022)

Table 3. List of horticultural plants on the monastery property (Kepić, 2022)

Domaći naziv	Latinski naziv
1. Aktinidija	<i>Actinidia chinensis</i> Planch.
2. Albicija	<i>Albizia julibrissin</i> Durazz.
3. Ariš	<i>Larix decidua</i> Mill.
4. Bijeli biserak	<i>Symporicarpos albus</i> (L.) S.F. Blake
5. Bor bijeli	<i>Pinus sylvestris</i> L.
6. Bor crni	<i>Pinus nigra</i> Arnold
7. Borovac	<i>Pinus strobus</i> L.

Domaći naziv	Latinski naziv
8. Borovica puzajuća	<i>Juniperus squamata</i> Buch.-Ham.
9. Božikovina	<i>Ilex aquifolium</i> L.
10. Breza	<i>Betula pendula</i> Roth
11. Bršljan	<i>Hedera helix</i> L.
12. Bukva	<i>Fagus sylvatica</i> L.
13. Crvena hudika	<i>Viburnum opulus</i> L.
14. Divlja jabuka	<i>Malus sylvestris</i> Mill.
15. Drijen	<i>Cornus mas</i> L.
16. Dud bijeli	<i>Morus alba</i> L.
17. Duglazija	<i>Pseudotsuga menziesii</i> , (Mirb.) Franco
18. Forzicija	<i>Forsythia</i> sp.
19. Galska ruža	<i>Rosa gallica</i> L.
20. Ginko	<i>Ginkgo biloba</i> L.
21. Glog	<i>Crataegus</i> sp.
22. Grab	<i>Carpinus betulus</i> L.
23. Hibiskus	<i>Hibiscus syriacus</i> L.
24. Hortenzija	<i>Hydrangea</i> sp.
25. Hrast lužnjak	<i>Quercus robur</i> L.
26. Hudika kineska	<i>Viburnum rhytidophyllum</i> Hemsl.
27. Jabuka	<i>Malus domestica</i> L.
28. Japanska dunja	<i>Chaenomeles japonica</i> (Thunb.) Lindl. ex Spach
29. Japanska kurika	<i>Euonymus japonicus</i> Thunb.
30. Jarebika	<i>Sorbus aucuparia</i> L.
31. Javor gorski	<i>Acer pseudoplatanus</i> L.
32. Javor kineski	<i>Acer ginnala</i> Maxim.
33. Jela	<i>Abies alba</i> L.
34. Jorgovan	<i>Syringa vulgaris</i> L.
35. Judino drvo	<i>Cercis canadensis</i> L.
36. Juka	<i>Yucca gloriosa</i> L.
37. Lavanda	<i>Lavandula officinalis</i> L.
38. Kadulja	<i>Salvia officinalis</i> L.
39. Kalina	<i>Ligustrum vulgare</i> L.
40. Katalpa	<i>Catalpa bignonioides</i> Walter
41. Kesten divlji	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.
42. Koštuničava patisa	<i>Cephalotaxus harringtonii</i> K. Koch
43. Kozokrvina sjajna	<i>Lonicera nitida</i> E.H.Wilson
44. Lavanda	<i>Lavandula officinalis</i> L.
45. Lawsonov pačempres	<i>Chamaecyparis lawsoniana</i> (A. Murray) Parl.
46. Lijeska	<i>Corylus avellana</i> L.
47. Lipa malolisna	<i>Tilia cordata</i> L.
48. Lipa srebrnolisna	<i>Tilia platyphyllos</i> L.
49. Lovorvišnja	<i>Prunus laurocerasus</i> L.
50. Loza petoprstna	<i>Partenocissus quinquefolia</i> L.
51. Magnolija	<i>Magnolia</i> sp.
52. Mahonija	<i>Mahonia aquifolium</i> (Pursh.) Nutt.
53. Malina	<i>Rubus idaeus</i> L.
54. Mušmulica	<i>Cotoneaster</i> sp.
55. Negundovac	<i>Acer negundo</i> L.
56. Obična smreka	<i>Picea abies</i> (L.) Karsten
57. Orah	<i>Juglans regia</i> L.
58. Orlovi nokti	<i>Lonicera caprifolium</i> L.
59. Pajasmin	<i>Philadelphus coronarius</i> L.

Domaći naziv	Latinski naziv
60. Pančićeva omorika	<i>Picea omorika</i> (Pančić) Purk.
61. Platana	<i>Platanus occidentalis</i> L.
62. Ribizla crvena	<i>Ribes rubrum</i> L.
63. Smokva	<i>Ficus carica</i> L.
64. Srebrna smreka	<i>Picea pungens</i> Engelm.
65. Srebrenolisni javor	<i>Acer saccharinum</i> L.
66. Suručica	<i>Spiraea media</i> Schmidt
67. Svib	<i>Cornus sanguinea</i> L.
68. Šimšir	<i>Buxus sempervirens</i> L.
69. Šljiva	<i>Prunus domestica</i> L.
70. Šljiva crvenolisna	<i>Prunus cerasifera</i> Ehrh.
71. Taksodij	<i>Taxodium distichum</i> (L.) Rich.
72. Tisa	<i>Taxus baccata</i> L.
73. Trešnja	<i>Prunus avium</i> L.
74. Trnoviti glogovac	<i>Pyracantha coccinea</i> M.Roem.
75. Tuja	<i>Thuja</i> sp.
76. Vatreni trn	<i>Pyracantha coccinea</i> Roem.
77. Višnja	<i>Prunus cerasus</i> L.
78. Zanovijet obična	<i>Laburnum anagyroides</i> Medik.
79. Zova	<i>Sambucus nigra</i> L.
80. Žutika	<i>Berberis vulgaris</i> L.
81. Žutika Julijanina	<i>Berberis julianae</i> Schneid.

Popis kukaca determiniranih na analiziranim hortikulturnim vrstama na posjedu Franjevačkog samostana Visoko

Tijekom perioda istraživanja determinirano je 28 vrsta kukaca/štetnika na analiziranim hortikulturnim vrstama.

Tablica 4. Popis entomofaune na hortikulturnim biljkama na samostanskom posjedu (Kepić, 2023)

Table 4. List of entomofauna on horticultural plants on the monastery property (Kepić, 2023)

Latinski naziv štetnika	Domaći naziv štetnika	Hortikulturna vrsta
1. <i>Adelges (Chermes) abietis</i> L.	smrekina uš šiškarica	obična smreka (<i>Picea abies</i> (L.) Karsten)
2. <i>Aphis pomi</i> De Geer	zelena uš jabuke	jabuka (<i>Malus domestica</i> L.)
3. <i>Argyresthia thuiella</i> Packard	srebrnasti tujin moljac	tuja (<i>Thuja</i> sp.)
4. <i>Cameraria ohridella</i> Deschka & Dimić	kestenov moljac miner	kesten divlji (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.)
5. <i>Ceratitis capitata</i> Wiedemann	sredozemna voćna muha	višnja (<i>Prunus cerasus</i> L.)
6. <i>Cromaphis juglandicola</i> Klbt.	orahova mala uš	orah (<i>Juglans regia</i> L.)
7. <i>Coroebus rubi</i> L.	malinov krasnik	malina (<i>Rubus idaeus</i> L.)
8. <i>Corythucha ciliata</i> Say	platanova stjenica	platan (<i>Platanus occidentalis</i> L.)
9. <i>Corythucha arcuata</i> Say	hrastova stjenica	hrast lužnjak (<i>Quercus robur</i> L.)
10. <i>Cossus cossus</i> L.	crveni crvotočac, drvotočac	jabuka (<i>Malus domestica</i> L.)
11. <i>Cryptomyzus ribis</i> L.	ribizlina lisna uš	ribizla crvena (<i>Ribes rubrum</i> L.)
12. <i>Curculio nucum</i> L.	ljeskotoč	lijeska (<i>Corylus avellana</i> L.)
13. <i>Cydalima perspectalis</i> Walker	šimširov moljac	šimšir (<i>Buxus sempervirens</i> L.)
14. <i>Cydia pomonella</i> L.	jabučni savijač	jabuka (<i>Malus domestica</i> L.)

Latinski naziv štetnika	Domaći naziv štetnika	Hortikulturna vrsta
15. <i>Dendrothrips ornatus</i> Jabl.	kalinin trips	kalina (<i>Ligustrum vulgare</i> L.)
16. <i>Drosophila suzukii</i> Matsumura	octena muha	trešnja (<i>Prunus avium</i> L.)
17. <i>Eucallipterus tiliae</i> L.	lipina lisna uš	lipa srebrnolisna (<i>Tilia platyphyllos</i> L.)
18. <i>Forficula auricularia</i> L.	uholaža	višnja (<i>Prunus cerasus</i> L.) ariš (<i>Larix decidua</i> Mill.)
19. <i>Lyonetia clerkella</i> L.	moljac vijugavih mina	jabuka (<i>Malus domestica</i> L.)
20. <i>Megachile centuncularis</i> L.	pčela krojačica	galska ruža (<i>Rosa gallica</i> L.)
21. <i>Mindarus abietinus</i> Koch.	lisna jelina uš	jela (<i>Abies alba</i> L.)
22. <i>Myzocallis coryli</i> Goetze	lijeskina lisna uš	lijeska (<i>Corylus avellana</i> L.)
23. <i>Myzus cerasi</i> F.	crna trešnjina uš	trešnja (<i>Prunus avium</i> L.)
24. <i>Nezara viridula</i> L.	zelena stjenica	jorgovan (<i>Syringa vulgaris</i> L.) malina (<i>Rubus idaeus</i> L.) jabuka (<i>Malus domestica</i> L.)
25. <i>Physokermes piceae</i> (Sch.)	smrekina štitasta uš	srebrna smreka (<i>Picea pungens</i> Engelm)
26. <i>Pyrrhocoris apterus</i> L.	vatrena stjenica	lipa malolisna (<i>Tilia cordata</i> L.)
27. Curculionidae, Scolytinae	potkornjaci	ariš (<i>Larix decidua</i> Mill.) taksodij (<i>Taxodium distichum</i> (L.) Rich.) višnja (<i>Prunus cerasus</i> L.) smreke (<i>Picea</i> sp.)
28. <i>Tropinota hirta</i> Poda	dlakavi ružičar	galska ruža (<i>Rosa gallica</i> L.)

Rezultati istraživanja ukazuju na prisutnost devet vrsta biljnih uši iz reda Hemiptera, od kojih sedam vrsta iz porodice Aphididae te po jedna iz porodica Adelgidae i Coccidae. Lisne uši predstavljaju široko rasprostranjene sitne kukce veličine 1,5 – 5 mm. Po klasifikaciji, postoje generacije bez krila te s dva para opnenastih krila koja su duža od tijela. Tijelo im može biti različito obojeno, dok se identifikacija vrši na osnovu morfoloških karakteristika vrste. Rasprostranjene su svuda, a brojnost im se smanjuje na višim nadmorskim visinama (Kereši et al., 2016). Štete nanose hraneći se biljnim sokovima, zbog čega dovode do deformacije lista i uvenuća, ali indirektnu štetu nanose kao prijenosnici virusa i vektori su istih. Zahvaljujući lučenju medne rose kojom se hrane mravi i dr. štetnici, ostvaruju mutualizam s njima, a oni ih za uzvrat štite od predatora i parazitoida te ih prenose na druge biljke uslijed uvenuća napadnute biljke (Mladenović, 2018). U stadiju jaja najčešće prezime na drveću ili grmlju te se u proljeće pojavljuju jedinke koje partenogenetski ili viviparno rađaju prve kolonije beskrilnih uši, koje nakon nekoliko generacija nasljeđuju krilate kolonije. Razvoj jedne generacije traje 10 do 14 dana, a odvija se pri temperaturi 18 – 20 °C. Njihovu razvoju i djelovanju pogoduje umjereno toplo i suho vrijeme. Jesenskim parenjem i polaganjem jaja koja će prezimeti osiguravaju nastanak novih kolonija početkom vegetacijskog ciklusa (Kereši et al., 2016). Biljni predatori lisnih uši su: bubamare (Coleoptera: Coccinellidae), osolike muhe i muhe šiškarice (Diptera: Syrphidae i Cecidomyiidae) te zlatooke (Neuroptera: Chrisopidae). Među prisutnim vrstama, porodici Aphididae pripadaju: zelena uš jabuke (*Aphis pomi* De Geer), crna trešnjina uš (*Myzus cerasi* F.), ribizlina lisna uš (*Cryptomyzus ribis* L.), lipina lisna uš (*Eucallipterus tiliae* L.), orahova mala uš

(*Chromaphis juglandicola* Kltb.), lijeskina lisna uš (*Myzocallis coryli* Goetze) te lisna jelina uš (*Mindarus abietinus* Koch.), od kojih su brojnije zelene uši jabuke i crne trešnjine uši.



Slika 3. Zelena uš jabuke (*Aphis pomi* De Geer)
(Foto: R. Kepić, 2023)

Figure 3. Green apple aphid (*Aphis pomi* De Geer) (Photo: R. Kepić, 2023)



Slika 4. Crna uš trešnje (*Myzus cerasi* F.)
(Foto: R. Kepić, 2023)

Figure 4. Black cherry aphid (*Myzus cerasi* F.)
(Photo: R. Kepić, 2023)

Zelena uš jabuke (*Aphis pomi* De Geer) je monoecična vrsta koja oštećuje listove i vrhove lastara (slika 3.), pri čemu izaziva deformaciju lista i smanjuje intenzitet fotosinteze, što utječe i na veličinu ploda. Tijekom godine razvije više generacija, a razvijanjem gljiva čađavica smanjuje tržišnu vrijednost ploda (Kereši et al., 2016). Crna trešnjina uš (*Myzus cerasi* F.) nastanjuje trešnju, ali se nalazi i na višnji. Kolonije uši uzrokuju deformaciju i kovrčanje lista, pri čemu lastar zaostaje u porastu, a ometa se i sazrijevanje ploda. Uvijanjanje lišća na vrhovima lastara oblikuje neugledne bukete (Slika 4). Vrsta je glavni prijenosnik viroze trešnje (Kereši et al., 2016). Osobitu prijetnju predstavlja mladim nasadima. Rezultati istraživanja o zastupljenosti *Myzus cerasi* F. na šest polusrodnika *Prunus avium* L. u rasadniku kazuju kako bi se oplemenjivanjem sorti trešnje moglo dodatno utjecati na njenu otpornost na crnu uš (Pajnik-Poljaković et al., 2019).

Porodici Adelgidae pripada smrekina uš šiškarica (*Adelges (Chermes) abietis* L.). U pitanju je vrsta koja se javlja na smreki, a razvojni ciklus joj traje dvije godine. Prekrivene voštanim nitima, jedinke sišu sok formirajući gale u osnovi ili pri vrhovima mlađih grančica (Slika 5). Druga se krilata generacija djelomično seli nastanjujući stabla drugih četinara: borova, jela i ariša, te prezimljava na sporednom domaćinu, na kojemu polaže jaja za treću generaciju i razvija četvrtu generaciju. Peta se generacija ponovno vraća na primarnog domaćina – smreku, gdje započinje novi razvojni ciklus. Posljedice jakih napada su slabljenje stabla i stvaranje kržljavih izbojaka, pri čemu stradaju stabla svih starosti, a najviše su podložna stabla jele (Kereši et al., 2016).



Slika 5. Gale uzrokovane *Adelges (Chermes) abietis* L. (Foto: R. Kepić, 2023)

Figure 5. Gale caused Pineapple gall adelgid (Photo: R. Kepić, 2023)



Slika 6. Šiška smrekine štitaste uš (Foto: R. Kepić, 2023)

Figure 6. Spruce bud scale (Photo: R. Kepić, 2023)

U porodicu Coccidae ubraja se smrekina štitasta uš (*Physokermes (Coccus) piceae* (Sch.)). Vrsta se javlja u osnovi iglica ili na vrhu grančice podno pupoljka (Slika 6.) i razvija jednu generaciju godišnje. U šumama ne pričinjava veće ekonomске štete zbog prirodnih neprijatelja, dok u urbanim sredinama napada stabla stara 3 do 5 godina koja, uslijed fiziološkog slabljenja, podliježu napadima drugih štetnika, najčešće sipaca. Vrsta je karakteristična zbog obilnog lučenja medne rose koja privlači mrave, ose, pčele i muhe, a kasnijim razvojem gljiva čađavica gube se estetska svojstva smreke. Šteta se ogleda i u kraćim četinama, koje mogu biti skraćene čak i za 2/3 od uobičajenih. Djelovanju ove vrste pogoduje suho i toplo vrijeme (Kereši et al., 2016).

Rezultati istraživanja utvrđuju prisutnost četiri vrste stjenica iz reda Hemiptera, svrstanih u tri porodice, od kojih u porodicu Tingidae spadaju dvije vrste, dok se u porodice Pentatomidae i Pyrrhocoridae ubraja po jedna vrsta. Stjenicama (polutvrdokrilcima) pripadaju kukci različitih oblika i veličina tijela duljine od nekoliko mm do preko 100 mm. U pitanju su kukci čvrstog tjelesnog omotača, spljoštenog i izduženog tijela te različitih boja. Slabo pokretna glava uz usni aparat za bodenje i sisanje, razvijen prvi prnsni segment, jasno izražen leđni štit te krila, odlike su stjenica (Kereši et al., 2016). Karakteristične su i po lučenju prepoznatljivih mirisa koji služe i za orientaciju za skupljanje kukaca u veće grupe pri migracijama. Tako, aldehidi predstavljaju sastav sekreta žljezda kod Pentatomidae, a kod predstavnika Coreidae nađeni su: heksilacetat, heksanal, heksanol, butilbiturat i dr. (Tanasijević, 1978).

Na hortikulturnim vrstama na samostanskom posjedu nalaze se: vatrena stjenica (*Pyrrhocoris apterus* L.), zelena mediteranska stjenica (*Nezara viridula* L.), hrastova mrežasta stjenica (*Corythucha arcuata* Say) te platanova stjenica (*Corythucha ciliata* Say).



Slika 7. Vatrena stjenica (*Pyrrhocoris apterus* L.) (Foto: R. Kepić, 2023)

Figure 7. The firebug (*Pyrrhocoris apterus* L.) (Photo: R. Kepić, 2023)



Slika 8. Platanova stjenica (*Corythucha ciliata* Say) (1. jaja; 2. nimfe; 3. odrasla jedinka) (Foto: R. Kepić, 2023)

Figure 8. Sycamore lace bug (*Corythucha ciliata* Say) (1. eggs; 2. nymphs; 3. adult species) (Photo: R. Kepić, 2023)

Vatrena stjenica (*Pyrrhocoris apterus* L.) vrsta je koja se javlja na lipi, a luči miris nalik etaru (Tanasijević, 1978). Sokove siše iz različitih dijelova biljke, a štete uzrokuje naročito za vrijeme sušnih ljeta te se nerijetko nalazi i na vrstama koje su učestale u ogradama (Slika 7). Zelena mediteranska stjenica (*Nezara viridula* L.) ubraja se u polifagne vrste te je široko rasprostranjena, ali štete češće pričinjava na povrćarskim i ratarskim kulturama (Kereši et al., 2016). Zbog brojnosti i intenziteta djelovanja važno je osvrnuti se na vrste koje uzrokuju veće štete (hrastova mrežasta i platanova stjenica).

Platanova stjenica (*Corythucha ciliata* Say) otkrivena je u Europi, u Padovi, 1964. godine; u zagrebačkim se drvoredima pojavljuje 1970., a u beogradskim 1973. godine. Sada je široko zastupljena i u Bosni i Hercegovini. U pitanju je monofagna vrsta, crnog tijela dužine 4 mm, s mrežastim sivo-bijelim krilima i lepezastim štitom iznad prsa (Slika 8.). Ne leti na veću udaljenost nego se kreće lepršajući u zraku. U svom ciklusu ima dvije do tri generacije godišnje, a prezimljava u odrasлом stadiju pod korom platana ili u blizini. Štete koje nanosi primjetne su na listu na kojem prvo strada dio uz glavnu žilu, odakle se depigmentacija širi i u druge dijelove lista, što do sredine ljeta depigmentira listove platana smanjujući im asimilacijsku površinu. Budući da su drvoredi najčešće dijelovi urbanih sredina, ne vrše se adekvatna tretiranja. Važno je spomenuti kako neke vrste bubamara, stjenica i pauka predstavljaju prijetnju ovoj vrsti (Kereši et al., 2016). Prema podacima Globalnog informacijskog fonda za biološku raznolikost (eng. *Global Biodiversity Information Facility*) iz 2019. godine, u kategoriji Globalnog registra unesenih i invazivnih vrsta za Republiku Sloveniju, *Corythucha ciliata* Say. navodi se kao invazivna vrsta (<https://www.gbif.org/>).

Srodna vrsta plataninoj stjenici je hrastova mrežasta stjenica (*Corythucha arcuata* Say). Prvi put evidentirana je u Bosni i Hercegovini 2017. godine na lokalitetu Ivančevu kod Vareša te se kasnijim pregledom vrsta utvrđuje i na vareškom lokalitetu Vijaka (Dautbašić et al., 2018).

Vrsta se morfološki razlikuje od prethodne u obojenosti te u posjedovanju dviju jasno izraženih ramenih i dviju slabije izraženih krilnih smeđih pjega u odnosu na plataninu stjenicu, dok se i u usporednom promatranju može uočiti da je tamnija i sitnija od platanine stjenice (Hrašovec et al., 2013) (Slika 9.). Šteta se ogleda u depigmentaciji lista i preranom sušenju zbog smanjene asimilacijske površine. Bosanskohercegovačka istraživanja utvrđuju prisutnost ove vrste na hrastu kitnjaku (*Quercus petraea* L.) te smatraju kako je prisutnost vrste izraženija u sjevernim dijelovima Bosne i Hercegovine, dok za južnu granicu rasprostranjenosti uzimaju južne dijelove planine Zvijezde (Dautbašić et al., 2018). U rezultatima istraživanja provedenih u Republici Hrvatskoj, simptomi napada dominirali su na hrastu lužnjaku (*Quercus robur* L.), ali stjenice su evidentirane i na lišću briješta (*Ulmus minor* Mill.), divlje jabuke (*Malus sylvestris* (L.) Mill.) te nešto rjeđe na listovima kupine (*Rubus* sp.). Nadalje, novije procjene kazuju kako bi mrežasta hrastova stjenica mogla povećati fiziološku osjetljivost stabala na napade drugih štetnih insekata i bolesti, zbog čega se proporuča kontinuirano praćenje (Hrašovec et al., 2013).



Slika 9. Hrastova mrežasta stjenica (*Corythucha arcuata* Say) (Foto: R. Kepić, 2023)

Figure 9. Oak lace bug(*Corythucha arcuata* Say)
(Photo: R. Kepić, 2023)



Slika 10. Štete srebrnastog tujina moljca (Foto: R. Kepić, 2023)

Figure 10. Cause of damage arborvitae leafminer (Photo: R. Kepić, 2023)

Istraživanjem se utvrdila prisutnost pet vrsta pripadnika grupe moljaca iz reda leptira (Lepidoptera) svrstanih u pet porodica: Argyresthiidae, Crambidae, Gracillariidae, Lyonetiidae i Tortricidae.

Porodici *Argyresthiidae* pripada srebrnasti tujin moljac (*Argyresthia thuiella* Packard). Vrsta ima jednu generaciju godišnje. Tijelo leptira dugo je 5 – 6 mm, a raspon srebrnastih krila oko 8 mm. Odrasla jedinka tijekom lipnja polaže jaja na mlade grančice, te larve oštećuju napadnutu vrstu do svibnja iduće godine (osim u zimskim mjesecima), što se ogleda u sušenju vrhova tuje koja gubi ukrasnu vrijednost (Slika 10.). Jedna larva za vrijeme razvoja uništi 20 – 25 listova tuje (Kereši et al., 2016).



(a)

(b)

Slika 11. Gusjenica šimširova moljca (a) i napadnuti šimšir (b) (Foto: R. Kepić, 2023)

Figure 11. The box tree moth – caterpillar (a) attacked boxwood (b) (Photo: R. Kepić, 2023)



Slika 12. Imago šimširovog moljca (Izvor: www.cabidigitallibrary.org/)

Figure 12. Imago of the box tree moth (Source: www.cabidigitallibrary.org/)

Šimširov moljac (*Cydalima perspectalis* Walker) predstavnik je porodice Crambidae. Leptiri šimširovog moljca imaju raspon krila oko 4 cm. Javljuju se u dvije forme: bijeloj, češćoj i svjetlosmeđoj koja je rjeđa. Imaju smeđi rub oko bjeličastih krila te dugačke pipke. Tijelo je bijelo, a glava tamno smeđa (Slika 12). Nakon polaganja, jaja, su bijedo žute boje, dok su kasnije vidljive smeđe glave gusjenice. Mlade gusjenice šimširovog moljca su zeleno-žute boje s crnom glavom. Kako rastu na zelenom tijelu im se pojavljuju smeđe pruge, dok sama glava šimširove gusjenice ostaje crna. Kada dostignu svoju punu veličinu odrasle gusjenice su zelene i imaju karakteristične debele crne i tanke bijele pruge sa crnim točkama na leđnoj strani te budu dugačke do 4 cm (Slika 11a). Pupa šimširovog moljca dugačka je prosječno dva centimetra, smeđe je boje i skrivena u kokonu sačinjenom od svilenih niti između listova i grančica šimšira (Slika 11b). U početku, lutke su zelenkasto-smeđe, zatim svjetlosmeđe boje, a na samom kraju razvoja postaju crno-smeđe boje te nakon toga prelaze u stadij imag (Mujezinović et al., 2022). Šimširov moljac predstavlja prirodnog štetnika istočne Azije i rasprostranjen je na širokom području Japana, Kine i Koreje. Na europskom tlu prvi put zabilježen je 2007. godine u Njemačkoj i Nizozemskoj, te je zbog brzog širenja, njegova prisutnost potvrđena u: Švicarskoj, Francuskoj, Češkoj, Belgiji, Danskoj, Velikoj Britaniji, Mađarskoj, Italiji, Lihtenštajnu, Slovačkoj, Sloveniji, Hrvatskoj, Rumunjskoj i Turskoj te u Grčkoj, Crnoj Gori i Srbiji (Krüger 2008; Van der Straten and Muus 2010; Kenis, 2013; Strachinis, 2015., Stojanović, 2015., prema, Skopljak, 2017). U Bosni i Hercegovini zabilježen je prvi put 2014. godine na lokalitetima: Čapljina, Ljubuški, Grude i Čitluk (Ostojić et al., 2016). Podaci *Instituta za zdravlje i sigurnost hrane Zeničko-dobojskog kantona* kazuju kako je na području Zeničko-dobojskog kantona, kojem pripada i Visoko, vrsta prvi

put uočena 2018. godine, dok je na prostoru Posavine evidentirana ranije, 2015. godine (<https://inz.ba/>).



Slika 13. Kestenov moljac miner: (a) mikroskopsko uvećanje gusjenice; (b) štete na listu kestena
(Foto: R. Kepić, 2023)

Figure 13. The horse-chestnut leafminer: (a) a caterpillar magnified by a microscope (b) leaf damage
(Photo: R. Kepić, 2023)

Iz porodice Gracillariidae evidentiran je kestenov moljac miner (*Cameraria ohridella* Deschke et Dimić). Vrsta se prvi put pojavila 1986. godine u Ohridu, u Sjevernoj Makedoniji, odakle se počela širiti prema unutrašnjosti bivše Jugoslavije te prema središnjoj Europi.

Odrasli leptir naraste do 5 mm. Prema Dautbašiću (2002) prosječna dužina tijela leptira iznosi 2,65 mm. Grudi su zlatnooker boje, a trbuš tamnosive. Prednja krila su sjajna, svijetlosmeđa sa 3 tanke, poprečne srebrnobijele pruge omeđene crnim rubom. Zadnja krila su tamnosiva sa dugim resicama. Raspon krila mu je od 6 do 8 mm, a raspon krila na 200 prepariranih leptira sa područja Sarajeva iznosi 6,63 mm (Dautbašić, 2002). Jaja su prljavozelene boje, ovalnog oblika i dužine 0,2 do 0,3 mm. Gusjenica ima dorzo-ventralno spljošteno, vrlo člankovito tijelo, žućkastozelene boje čija dužina iznosi do 6 mm. Crvenosmeđa lutka duga je 4,5 do 5 mm i valjkastog je oblika.



Slika 14. Gusjenica i lutka kestenova moljca minera
(<http://vocarskisavjeti.blogspot.com/2016/02/kestenov-moljac-miner-cameraria.html>)

Figure 14. Caterpillar and pupa stage of the horse-chestnut leafminer
(<http://vocarskisavjeti.blogspot.com/2016/02/kestenov-moljac-miner-cameraria.html>)

U našim ujetima *C. ohridella* ima 3 generacije godišnje koje se preklapaju. Leptiri prezimljujuće generacije se javljaju krajem travnja, prve generacije u drugoj polovini srpnja, a treće u prvoj dekadi kolovoza. Moljac miner lista divljeg kestena kod nas prezimljava isključivo u stadiju lutke, u okruglastom diskoidalnom spljoštenom kokonu, unutar mine, u otpalom listu (Dautbašić, 2002).

Rezultati ispitivanja štetnosti *C. ohridella* na području Sarajeva, pokazuju da je površina mina na listovima divljeg kestena vrlo varijabilna. Prosječna površina jedne mine iznosi 250,57 mm². Prosječna dužina mine na ispitivanom području iznosi 27,73 mm, a širina 9,45 mm. Jedna larva moljca minera lista divljeg kestena ošteti prosječno 9,34 % lisne površine. Štetnost je uvećana izazivanjem prijevremenog opadanja listova divljeg kestena sa minama (Dautbašić, 2005).

Ogoljavanje stabala kestena potpuno kompromitira sve funkcije (kako osnovne, tako i sporedne), koje kesten treba ispuniti u vezi poboljšanja uvjeta života i rada (ekološku, higijensko-sanitarnu, estetsku, i dr.), zbog kojih se i užgaja u svim urbanim prostorima, kod nas i u svijetu. Prijevremena defolijacija prouzrokuje, osim toga, čitav niz štetni sekundarnih posljedica za sam kesten (zaustavljanje rasta, nedozrijevanje tkiva, te izmrzavanje ljetorasta tijekom zime, sušenje grana i cijelih stabala) (Dimić i Dautbašić, 2004). Vrsta je monofagma, a primijećeno je kako češće napada kestene s bijelim cvjetom nego stabla s crvenim i žutim cvjetom, zbog čega bi bilo dobro prednost dati sadnji manje osjetljivih varijateta kestena (Kereši et al., 2016).

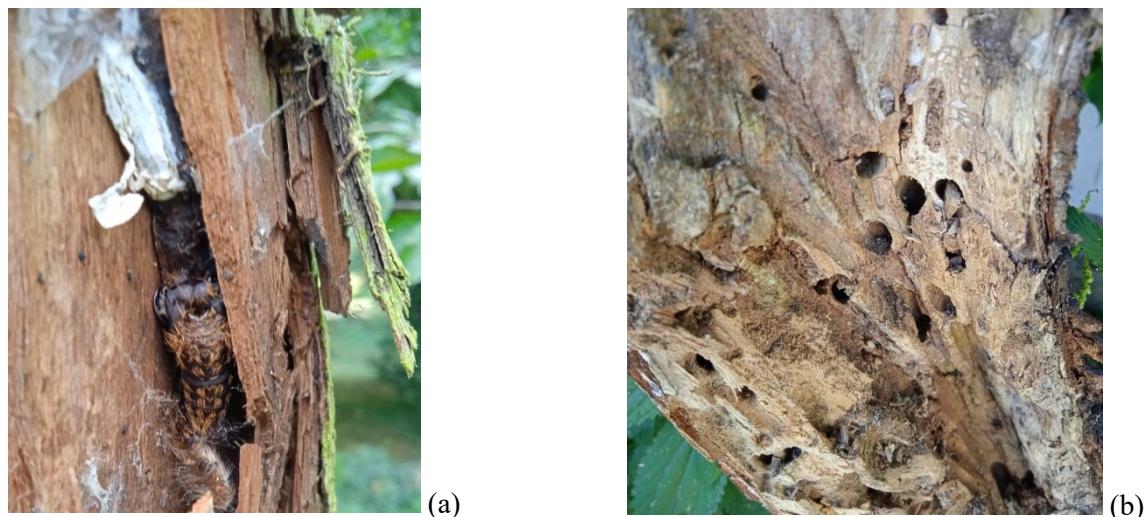
Moljac vijugavih mina (*Lyonetia clerkella* L.) klasificira se u porodicu Lyonetiidae. Vrsta je široko rasprostranjena u Europi, a ima 2 – 4 generacije tijekom godine. Odrasle jedinke su mali leptiri kojima je raspon krila 5 – 9 mm. Gusjenice se hrane parenhimom između dva epidermisa, a najčešće napadaju jabuke, kruške i stabla iz porodice Rosaceae. Oštećenja lista smanjuju njegovu asimilacijsku površinu, što utječe na kvalitetu ploda kao i stvaranje pupoljaka i plodonošenje u narednoj godini (Kereši et al., 2016).



Slika 15. Jabučni savijač: presjek oštećenog ploda jabuke s gusjenicom savijača u unutrašnosti (Foto: R. Kepić, 2023)

Figure 15. Codling Moth: part of a damaged apple fruit with a caterpillar inside
(Photo: R. Kepić, 2023)

Jabučni savijač (*Cydia pomonella* L.) predstavnik je porodice Tortricidae. Predstavlja jednog od najvažnijih štetnika jabuke, koji godišnje ima 2 – 3 generacije. Tijelo leptira dugo je oko 10 mm, s rasponom krila oko 20 mm. Krila su siva s okruglom smeđom mrljom na kraju prednjih krila. Gusjenica je duga do 20 mm, ružičasta je i smeđe glave (slika 15). Prezimljuje kao odrasla gusjenica pod korom ili u šupljinama debla jabuke do travnja, kada se izleže leptir. Vrsta je aktivna u večernjim satima, kada leti, pari se i polaže jaja pojedinačno na grančice, lišće i plodove. Gusjenice se ubuše u plodove te se hrane unutrašnjošću ploda i sjemenkama, stvarajući hodnike u plodu i izazivajući "crljivost", čime se uzrokuje direktna šteta i gubi vrijednost ploda (Kereši et al., 2016).



Slika 16. Potkornjak (*Scolytinae* sp.) u deblu taksodija (a) i višnje (b) (Foto: R. Kepić, 2023)

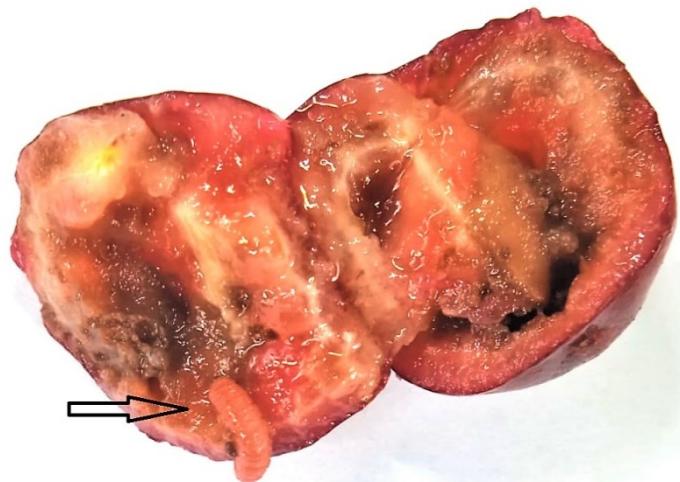
Figure 16. Bark beetle (*Scolytinae* sp.) into the taxodium (a) and cherry tree (b) (Photo: R. Kepić, 2023)

Istraživanjem je utvrđena prisutnost potkornjaka sa značajnim nanesenim štetama. Redu kornjaša (Coleoptera) pripada porodica Curculionidae, podporodica Scolytinae, čiji su predstavnici potkornjaci, značajni štetnici stabala. To su tamno-smeđi do crni insekti duljine 1 – 8 mm s kratkom glavom, uvučenom pod vratni štit. Čvrsta i kratka gornja čeljust omogućuje im gristi i bušiti drvo (Premuž, 2019). Život provode pod korom ili u drvu bušeći hodnike u stablu. Većinom su sekundarni štetnici, premda ponekad preuzmu ulogu i primarnih. Mogu biti monofagni, oligofagni ili polifagni. Veće štete stvaraju javljajući se u monokulturama nego u prirodnim heterogenim šumama, a češće se javljaju nakon elementarnih neprilika te razaraju oslabljela stabla i uzrokuju njihovo sušenje. Kod četinara na kori se javlja smolotok kao posljedica prisutnosti i djelovanja ksilofagnih insekata. Poznatiji su: mali voćni potkornjak (*Scolytus rugulosus* Müller), veliki voćni potkornjak (*Scolytus mali* Bechstein.), veliki borov srčikar (*Tomicus piniperda* L.), mali borov srčikar (*Tomicus minor* Hartig), šestozubci smrekin potkornjak (*Pityogenes chalcographus* L.), smrekov pisar (*Ips typographus* L.), mali smrekov pisar (*Ips amitinus* Eichhoff), veliki arišev potkornjak (*Ips cembre* Heer) i dr. (Ivančan et al., 2016). U svrhu prevencije njihova napada, u šumarskoj praksi postavljaju se lovna stabla (Dimić et al., 2013).

Ksilofagnim kukcima pripada i crveni crvotočac ili drvotočac (*Cossus cossus* L.) iz reda Lepidoptera i porodice Cossidae. Tijelo leptira duljine je do 4 cm, a raspon sivih krila s poprečnim prugama iznosi 8 – 10 cm. Aktivni su noću, a opažaju se tijekom lipnja i srpnja. Gusjenice su prisutne tijekom cijele godine u stablu, a rjeđe se nalaze u granama. Mlađe su gusjenice ružičaste do crvene, odrasle su tamnocrvene do smeđe, a glava im je crna s dvjema crnim mrljama na vratnom štitu. Zanimljivo je da se u jednom stablu može naći i do 200 gusjenica. Svojim djelovanjem pričinjavaju znatne štete koje dovode do stradanja stabla, a napadaju listopadno šumsko drveće te voćne kulture (Kereši et al., 2016).

Redu Dermaptera pripada uholaža (*Forficula auricularia* L.) predstavnik porodice Forficulidae. Ima vitko i spljošteno tijelo, dugo 20 – 25 mm, sa slabo ili nikako razvijenim krilima te hitiniziranim klještima na posljednjem abdominalnom članku (Lelo, 2011). Nastanjuje skrovita, vlažna i topla mjesta. Rezultati istraživanja ukazali su na pojačanu prisutnost unutar hodnika i pod korom stabala koja su oštetili potkornjaci i crvotočci.

Istraživanjem je utvrđena prisutnost dviju muha iz reda Diptera, i to octene muhe (*Drosophila suzukii* Matsumura) iz porodice Drosophilidae, i sredozemne voćne muhe (*Ceratitis capitata* Wiedemann), koja pripada porodici Tephritidae, te pčele krojačice (*Megachile centuncularis* L.) iz reda Hymenoptera, predstavnice porodice Megachilidae.



Slika 17. Ličinka octene muhe (*Drosophila suzukii* Matsumura) u plodu višnje (Foto: R. Kepić, 2023)

Figure 17. Spotted winged *Drosophila* larva in cherry fruit (Photo: R. Kepić, 2023)

Octena muha (*Drosophila suzukii* Matsumura) vrsta je žuto-smeđeg tijela, dugog 2 – 3 mm, s crvenim očima. Ženke ove vrste oštećuju plodove koji dozrijevaju tako što zarezuju kožicu ploda čijim se mesom larve počnu hranići čim se izlegu iz jaja (Slika 17) (Pajač i Barić, 2010). Takvi su plodovi podložni i sekundarnim gljivičnim i bakterijskim infekcijama, nisu za konzumaciju i gube tržišnu vrijednost.

Ove muhe lete tijekom vegetacijske godine. Najaktivnije su pri temperaturi od 20 °C, a s povećanjem temperature smanjuje se i njihova aktivnost (Steck et al., prema, Pajač i Barić, 2010).



Slika 18. Sredozemna voćna muha (Foto: R. Kepić, 2023)



Slika 19. Malinov krasnik (*Coraebus rubi* L.) (Foto: R. Kepić, 2023)

Figure 18. Mediterranean fruit fly (Photo: R. Kepić, 2023)

Figure 19. Rose buprestid (*Coraebus rubi* L.) (Photo: R. Kepić, 2023)

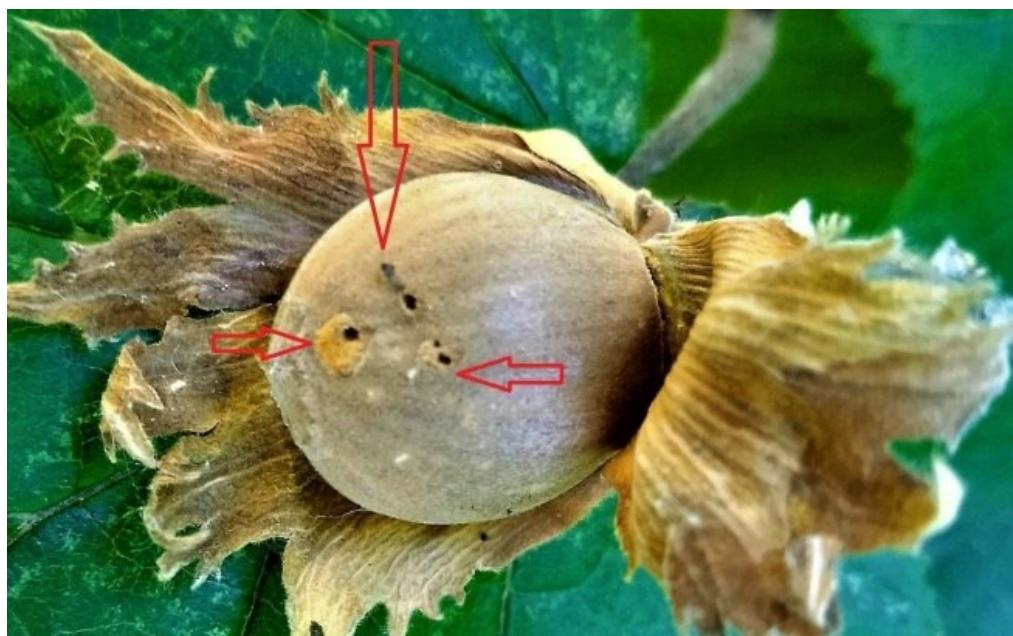
Sredozemna voćna muha (*Ceratitis capitata* Wiedemann) polifagna je invazivna vrsta koja napada više od 360 biljnih vrsta unutar 69 porodica (Liquido et al., 1998., prema Ninčević, 2023). To je muha veličine 3 – 5 mm, s crnim i svijetlo prošaranim pronotumom te krilima različitih obojenja (De Meyer, 2000., prema, Ninčević, 2023) (Slika 18). Ličinka ima tri razvojna stadija koji traju oko dva tjedna (Braughton, 2018., prema Ninčević, 2023). Pričinjava štete na plodu umanjujući njihovu kvalitetu i tržišnu vrijednost (Ninčević, 2023).

Pčela krojačica (*Megachile centuncularis* L.) divlja je pčela crnog tijela duljine 10 – 12 mm, čije trbušne bijele dlačice požute zbog polena. Ima jednu generaciju godišnje. Vrsta ima dobro razvijen usni aparat, kojim reže pravilne isječke s lista ruže, (naziv krojačica), noseći ih i gradeći sklonište potomstvu. Aktivna je isključivo prijepodne i uvijek se vraća na istu biljku po novi isječak, zbog čega se šteta uočava na jednom ili dva izbojka iste biljke (Kereši et al., 2016).

Iz reda kornjaša (Coleoptera), uz ranije opisane potkornjake, utvrđena je prisutnost još triju vrsta i to: malinova krasnika (*Coroebus rubi* L.) iz porodice Buprestidae, ljeskotoča (*Curculio nucum* L.), u porodici Curculionidae, te dlakavog ružičara (*Tropinota hirta* Poda), predstavnika porodice Cetoniidae.

Malinov krasnik (*Coroebus rubi* L.) vrsta je zastupljena na malini, kupini i ružama. Odrasli insekt dug je 8 – 11 mm, ljubičastocrn, s poprečnim sivim prugama (Slika 19). Pričinjava štetu na mladim izbojcima koji se suše i ne listaju (Kereši et al., 2016).

Ljeskotoč (*Curculio nucum* L.) predstavlja najopasnijeg štetnika u europskim i azijskim nasadima lješnjaka (AliNiazee, 1998; Ciglar, 1998., prema, Bošnjak et al., 2011). Štete, koje nanosi na listu, cvijeću i pupoljcima mnogo su manje od onih koje uzrokuje na mladim plodovima lješnjaka uzrokujući njihovu crvljivost ili prijevremeno opadanje praznih plodova (Bošnjak et al., 2011).



Slika 20. Plod ljeske izbušen djelovanjem ljeskotoča (*Curculio nucum* L.) (Foto: R. Kepić, 2023)

Figure 20. Hazelnut fruit pierced by the action of the hazelnut weevil (*Curculio nucum* L.) (Photo: R. Kepić, 2023)

Dlakavi ružičar (*Tropinota hirta* Poda) polifagna je vrsta koja oštećuje cvjetove ukrasnih, voćnih, ali i povrtnih kultura. Hraneći se prašnicima, tučkom i drugim dijelovima cvijeta onemogućuju oplodnju cvijeta i zametanje ploda (Kereši et al., 2016).

Tripsi (Thysanoptera) su skupina sitnih insekata koji pričinjavaju štete na različitim kulturama sišući sokove, a karakteristični su po resama na krilima te usnim aparatom za sisanje i bodenje (Raspudić, 2016). Istraživanjem se potvrdila prisutnost tripsa na listovima kaline. Kalinin trips (*Dendrothrips ornatus* Jabl.) pripada porodici Thripidae. Šteta se ogleda u uvijanju lišća koje gubi elastičnost, suši se i opada kao posljedica sisanja soka, što umanjuje estetsku vrijednost grmlja (Kereši et al., 2016).

Zaključak

Istraživanja entomofaune na hortikulturnim biljkama na posjedu Franjevačkog samostana u Visokom, od kojih je analizirana 81 hortikulturna vrsta, rađeno je od rujna 2022. do kolovoza 2023. godine. U tom dijelu istraživanje je obuhvatilo determinaciju i popis flore, pregled i analizu svake pojedine vrste, praćenje i diverzitet entomofaune, upotrebu ljepljivih traka i opažanje na terenu.

Rezultati istraživanja potvrđuju osnovnu hipotezu i ukazuju na prisutnost 28 vrsta insekata koje štetno djeluju na ispitivane biljne vrste. Determinirani insekti čine štetu direktno na vrstama na kojima su pronađeni, ali i indirektno na susjednim vrstama, ovisno o svojoj biologiji i životnom ciklusu.

Posljedica ovakva stanja se objašnjava nedostatkom podataka o entomofaunističkim vrstama te nepravovremenim djelovanjem u njihovu suzbijanju i sanaciji biljaka. Oštećenjima ili štetama svakako pridonosi i gustoća sklopa kao i neselektivan raspored postojeće flore.

Istraživanja, provedena tijekom ovog perioda ispunjavaju ciljnu zadaću te doprinose poznavanju raznolikosti entomofaune i sanaciji napadnutih vrsta, kao i pri odabiru biljnih vrsta u projektu krajobraznog uređenja ove površine.

Literatura

- Andelić, P. (1984). *Visoko i okolina kroz historiju I*, Visoko: Skupština opštine Visoko.
- Batinić, fra M. V. (1983). *Djelovanje franjevaca u Bosni i Hercegovini za prvi šest vekova njihova boravka*, Svezak II; Zagreb: Provincija (1517-1699), Dionička tiskara.
- Bošnjak, D., Majić, I., Ivezić, M., Raspudić, E., Brmež, M., Sarajlić, A. (2011). Najznačajniji štetnici lijeske, *Glasnik zaštite bilja*, 34(4), 28-36.
- Chapman, R. F. (1998): *The Insects – Structure&Function*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Dautbašić, M., Dimić, N. (1999). Pojava *Cammeraria ohridella* Deschka & Dimić u Bosni i Hercegovini, *Zbornik radova Šumarskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu*, 29(1), 11-14.
- Dautbašić, M. (2002). *Bioekološke karakteristike Cameraria ohridella Deschka & Dimić (Lepidoptera, Lithocolletidae) u Bosni i Hercegovini*, Doktorska disertacija, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu
- Dautbašić, M. (2005). Ispitivanje štetnosti moljca minera lista divljeg kestena *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić 1986, (*Lep.Lithocolletidae*) na području Sarajeva, *Radovi Šumarskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu*, 35(1), 103–108. <https://doi.org/10.54652/rsf.2005.v35.i1.201>.
- Dautbašić, M., Zahirović, K., Mujezinović, O., Margaretić, J. (2018). Prvi nalaz hrastove mrežaste stjenice (*Corythucha arcuata*) u Bosni i Hercegovini, *Šumarski list*, 142(3-4), 179-181.
- Dimić, N., Dautbašić, M. (2004). Zaštita divljeg kestena od minera lista *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić, *Naše šume* 3, 33-34.
- Dimić, N., Hrnčić, S., Dautbašić, M. (2013). *Opšta entomologija*. Sarajevo: Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu.
- Domac, R. (2002). *Flora Hrvatske, priručnik za određivanje biljaka*, II izdanje. Zagreb: Šk. knjiga.
- Gavran, I. (2000). *Vrata u život: Uz 100. obljetnicu postojanja zgrade Franjevačke klasične gimnazije u Visokom*, Zagreb: Svjetlo riječi.
- Hrašovec, B., Posarić, D., Lukić, I., Pernek, M. (2013). Prvi nalaz hrastove mrežaste stjenice (*Corythucha arcuata*) u Hrvatskoj, *Šumarski list*, 137(9-10), 499-503.

R. Kepić, Denisa Žuko Zekić, M. Dautbašić, Jasna Avdić, Alka Turalija / Istraživanje entomofaune hortikulturnih biljaka na posjedu Franjevačkog samostana... / Glasilo Future (2023) 6 (5-6) 42–64

Husić, A., Kadrić, A., Krzović, I., Bajić, S., Popić-Filipović, M., Kardaš, M., Pulo, M., Ganić, Đ., Čehić, H., Malić, M. (2021). *Visoko i okolina kroz historiju II*, Visoko: JU "Zavičajni muzej" Visoko.

Ivančan, G., Ivić, D., Jakovljević, I., Marić, K., Mustapić, L., Novak, A., Pandurić, N., Pekaš, A., Pintar, M., Poje, I., Popović, L., Solina-Međimurec, N., Šimala, M., Tomić, Ž., Vukadin, A. (2016). *Karantenski štetni organizmi Europske unije*, Osijek: Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu.

Jelenić, J. (1906). *Kraljevsko Visoko i samostan sv. Nikole*, Sarajevo: Tisak i naklada Daniela A. Kajona,

Kereši, T., Sekulić, R., Popović, A. (2016). *Bolesti i štetočine u hortikulturi (Deo – štetočine u hortikulturi)*. Novi Sad: Univerzitet u Novom Sadu Poljoprivredni fakultet.

Mihajlović, Lj. (2008). *Šumarska entomologija*, Beograd: Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu.
Mladenović, N. (2018). *Diverzitet biljnih vaši (Aphididae, Hemiptera) na teritoriji Pčinjskog okruga*, Niš: Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Nišu.

Mujezinović, O., Pernek, M., Vesnić, A., Ivojević, S., Kulijer, D., Alibegović, A., Prljača, D., Dautbašić, M., Čilaš, M. (2022). *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) štetnost insekta i mogućnosti suzbijanja, *Naše šume*, 66-67, 42-52.

Ninčević, P. (2023). *Utjecaj domaćina na morfološke karakteristike krila mediteranske voćne muhe Ceratitis capitata*, Diplomski rad, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

Nikolić, T. (2019). *Flora Croatica – vaskularna flora Republike Hrvatske*, Volumen 4. Zagreb: Ekskurzijska flora. Alfa d. d.

Nikolić, T. (2020a). *Flora Croatica – vaskularna flora Republike Hrvatske*, Volumen 1. Zagreb: *Uvodni dijelovi, sinopsis porodica, opće kazalo, literatura i dr.* Zagreb: Alfa d. d.

Nikolić, T. (2020b). *Flora Croatica – vaskularna flora Republike Hrvatske*, Volumen 2. *Ključevi za determinaciju s pratećim podatcima: Equisetidae, Lycopodiidae, Ophyoglossidae, Polypodiidae, Cycadidae, Ginkgooidae, Gnetidae, Pinidae, Magnoliidae – porodice A – FAB*. Zagreb: Alfa d. d.

Nikolić, T. (2020c). *Flora Croatica – vaskularna flora Republike Hrvatske*, Volumen 3. *Ključevi za determinaciju s pratećim podatcima: Magnoliidae – porodice FAG-ZYG*. Alfa d. d., Zagreb.

Ostojić, I., Zovko, M., Petrović, D., Elez, D. (2016). Novi nalaz šimširovog moljca *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) u Bosni i Hercegovini, *Radovi Poljoprivredno-prehrambenog fakulteta, Univerziteta u Sarajevu*, LX(65/1), 139-143.

R. Kepić, Denisa Žujo Zekić, M. Dautbašić, Jasna Avdić, Alka Turalija / Istraživanje entomofaune hortikulturnih biljaka na posjedu Franjevačkog samostana... / Glasilo Future (2023) 6 (5-6) 42–64

Pajač, I., Barić, B. (2010). *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) – potencijalni štetnik koštićavog voća u Hrvatskoj, *Pomologija Croatica*, 16(1-2), 43-50.

Paulić, V., Oršanić, M., Drvodelić, D. (2013): *Urbana stabla i prometna sigurnost: metode prosudbe opasnih stabala*, Zelenilo grada Zagreba, Zagreb: HAZU, 217-222.

Poljaković-Pajnik, L., Drekić, M., Kovačević, B., Stanković-Nedjić, M., Stojnić, S., Orlović, S. (2019). Host Preference of *Myzus cerasi* (Fabricius, 1775) to Half-sib Lines of *Prunus avium* L. from Six Populations Assessed in the Nursery Trial, *Topola*, 203, 87-94.

Premuž, T. (2019). *Mjere zaštite šuma tijekom 2018. godine u šumama Hrvatske*, Diplomski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

Raspudić, E. (2016). Tripsi – štetnici rajčice, *Glasilo biljne zaštite*, 16(5), 428-432.

Skopljak, N. (2017). *Razvojni ciklus i biologija šimširovog moljca (Cydalima perspectalis Walker, 1859) na području grada Zagreba*, Diplomski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. 1-32.

Šilić, Č. (1983). *Atlas drveća i grmlja*, Sarajevo: Svjetlost.

Šilić, Č. (2005). *Atlas dendroflore (drveće i grmlje) Bosne i Hercegovine*, Čitluk: Matica hrvatska.

Šilić, Č., Mrdović, A. (2013). *Atlas ukrasnih vrtnih biljaka*, Čitluk: Matica hrvatska.

Tanasijević, N., Ilić, B. (1973). *Opšta entomologija*, Beograd: Univerzitet u Beogradu.

Tomiczek, C., Diminić, D., Cech, T., Hrašovec, B., Krehan, H., Pernek, M., Perny, B. (2008). *Bolesti i štetnici urbanog drveća*, Jastrebarsko-Zabreb: Šumarski institut, Jastrebarsko; Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Trkulja, V., Karić, N., Ostojić, I., Treštić, T., Dautbašić, M., Mujezinović, O. (2012). *Atlas karantenskih štetnih organizama*, Sarajevo: Uprava Bosne i Hercegovine za zaštitu zdravlja bilja.

Tutin, T. G., Heywood, V. H., (ur.), (1964-1980). *Flora Europaea*, 1-5. Cambridge: University Press.

Tutin, T.G., Burges, N.A., Chater, A.O., Edmonson, J.R., Heywood, V.H., Moore, D.M.,

Valentine, D.H., Walters, S.M., Webb, D.A. (eds.) (1993). *Flora Europaea*, Vol. 1 (Psilotaceae to Platanaceae). 2nd Edition. Cambridge: Cambridge University Press, 1-581.

Valenta, L. (2019). *Kamenom satkana prošlost*, Sarajevo: Svjetlo riječi.

Vujković, Lj. (2003). *Pejzažna arhitektura – planiranje i projektovanje*, Beograd: Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu.

Zúbrik, M., Kunca, A., Csóka, G., Forster, B., Hâruța, O., Hoch, G., Hrašovec, B., Koltay, A., Kulfan, J., Leontovyč, R., Nageleisen, L.M., Nakládal, O., Novotný, J., Roques, A., Peña, G.S., Šrůtka, P., Stergulc, F., Sukovata, L., Tomiczek, Ch., Turčáni, M., Vakula, J., Wermelinger, B. (2013). *Insects and diseases damaging trees and shrubs of Europe*, N.A.P. Editions.

<https://visoko.ba/> (pristupljeno: 28.10.2023)

<https://www.gbif.org/> (pristupljeno: 1.11.2023)

<https://www.cabidigitallibrary.org/> (pristupljeno: 1.11.2023)

<https://inz.ba/> (pristupljeno: 3.8.2023)

<http://vocarskisavjeti.blogspot.com/2016/02/kestenov-moljac-miner-cameraria.html> (pristupljeno: 28.10.2023)

Primljeno: 26. listopada 2023. godine

Received: October 26, 2023

Prihvaćeno: 29. prosinca 2023. godine

Accepted: December 29, 2023

New floristic data of vascular plants from Bosnia and Herzegovina

Semir Maslo¹

prethodno priopćenje (preliminary communication)

doi: 10.32779/gf.6.5-6.5

Citiranje/Citation²

Abstract

Based on the field, herbarium and bibliographic research, I report distributional data for four rare plant taxa native for the sub-Mediterranean region of Bosnia and Herzegovina. It includes new records and confirmations for taxa in the genera *Campanula*, *Cardamine*, *Pisum* and *Teucrium*. New localities for *Campanula portenschlagiana* and *Cardamine fialae* are listed and the presence of two taxa *Pisum sativum* subsp. *elatius* and *Teucrium flavum* are confirmed for the country. In addition, a brief morphological description and photographs of these taxa are presented. The special attention was paid to the conservation categories of these taxa. *C. portenschlagiana* and *C. fialae* should be placed in the endangered category (VU) in Bosnia and Herzegovina, while *P. sativum* subsp. *elatius* and *T. flavum* should be classified under the Data Deficient category (DD).

Key words: Bosnia and Herzegovina, *Campanula*, *Cardamine*, distribution, *Pisum*, *Teucrium*, rare taxa.

Introduction

Campanula portenschlagiana Schult.

The genus *Campanula* L. is a genus of 350 to 450 species mainly distributed in the temperate and subtropical zones of the northern hemisphere, of which approximately 200 to 250 species and subspecies have been listed for Europe (Kovačić, 2004). About 30 species of the genus *Campanula* have been recorded in the flora of Bosnia and Herzegovina (Bjelčić, 1983, Šoljan, 2001 and Maslo and Boškailo, 2015).

Campanula portenschlagiana Schult. in Roemer & Schultes, Syst. Veg. 5: 93. 1819 (Figure 1a) is the Eastern Adriatic endemic species, distributed only in Bosnia and Herzegovina and Croatia (Nikolić et al., 2015). The species has limited distribution in Bosnia and Herzegovina; its habitats are located only in the sub-Mediterranean part of the country, in fragmented population in SW Herzegovina.

¹ Primary School, Lundåkerskolan, Gislaved, Sweden.

E-mail: semmas@edu.gislaved.se (corresponding author).

² Maslo, S. (2023). New floristic data of vascular plants from Bosnia and Herzegovina. *Glasilo Future*, 6(5-6), 65–81.

In the Herbarium of the National Museum of Bosnia and Herzegovina (SARA), only five specimens of *C. portenschlagiana* are stored. Four specimens were collected by Fiala, in the area of Ljubuški, between 1890 and 1897. One specimen was collected by Šoljan in 1986 on the locality Peć Mlini. On the other hand, one specimen of the species was deposited in the ZAGR herbarium (collected by Bogdanović in 2012 on Fortress of Herceg Stjepan Kosača, near Ljubuški). (Table 2.). Sagorski's alleged finding for the area of Mostar is certainly wrong and probably refers to the species *Campanula hercegovina* Degen & Fiala which was recorded in the Neretva River canyon north of Mostar. "Campanula Portenschlagiana R. et S. Syst. veg. 5. p 93. A specimen in a rock crevice in a grotto formation on the banks of the Narenta north of Mostar, approx. 70 m" (Sagorski, 1901). More information on distribution as well as ecological-morphological differentiation of the species' populations can be found in Šoljan (1987, 1990, 2001).

Cardamine fialae Fritsch

The genus *Cardamine* L. is a genus of approximately 200 species, of which ca. 54 taxa are listed for Europe (Kučera et al., 2005, 2010). In the flora of Bosnia and Herzegovina, ca. 20 species of the genus *Cardamine* have been recorded (Beck-Mannagetta, 1916). *Cardamine fialae* Fritsch belongs to the *C. maritima* complex, which includes seven endemic species, four of which are represented in Bosnia and Herzegovina: *C. maritima* Port. ex DC., *C. serbica* Pančić, *C. fialae* Fritsch, and *C. rupestris* (O.E. Schulz) K. Malý (Kučera et al., 2010).

Cardamine fialae Fritsch in Oesterr. Bot. Z. 47: 44. 1897 (syn. *Cardamine maritima* var. *fialae* (Fritsch) Sagorski, *Cardamine maritima* subsp. *fialae* (Fritsch) Trinajstić) (Figure 1 b) is Adriatic endemic species, distributed only in Bosnia and Herzegovina and Croatia. *C. fialae* has long been known as a narrow endemic species of the Ljubuški district in Bosnia and Herzegovina, where it was collected by Fiala back in 1892 (Two specimen from the actual locality were stored in the Herbarium GZU of the University of Graz like Isoty whole) (Figure 2). Only recently it was also recorded as a new endemic species in neighboring Croatia, in the vicinity of Vrgorac, about ten kilometers distance from the *locus classicus* near Klobuk, Herzegovina (Vukojević et al., 2016, Vitasović Kosić et al., 2020). The species has limited distribution in Bosnia and Herzegovina; its habitats are located only in the sub-Mediterranean part of the country, in a fragmented population in SW Herzegovina. Only one specimen of *C. fialae* is stored in the Herbarium of the National Museum of Bosnia and Herzegovina (SARA). It was collected by Šilić in 1978 in the vicinity of Klobuk near Vitina. On the other hand, three specimens of the species were deposited in the SAV herbarium (collected by Kučera & Kolnik in 2003 near Grude and Ljubuški) (Table 2).

Pisum sativum subsp. *elatius* (M. Bieb.) Asch. & Graebn.

The genus *Pisum* L. contains only two species, Eastern Mediterranean *Pisum fulvum* Sm. and *Pisum sativum* L. The latter is divided into two subspecies: the domesticated pea *P. sativum* L. subsp. *sativum*, and wild taxon *P. sativum* subsp. *elatius* (M. Bieb.) Asch. & Graebn.

Pisum sativum subsp. *elatius* (M. Bieb.) Asch. & Graebn., Syn. Mitteleur. Fl. 6(2): 1064. 1910 (syn. *Pisum elatius* M. Bieb., *Pisum biflorum* Raf., *Pisum humile* Boiss. & Noë) (Figure 7 a) belongs to steno-Mediterranean floral element (Pignatti, 1982) and its native distribution range is from the Iberian Peninsula in the west, throughout France, Italy and the Balkans, to the eastern Mediterranean countries, and in the north of Africa. *P. sativum* subsp. *elatius* occurs throughout the Balkan Peninsula (Kosterin, 2023). According to the same author, the wild pea has not been reported from Bosnia and Herzegovina, although it is highly expectable from there.

Teucrium flavum L.

Teucrium L. (Lamiaceae Martinov) is a cosmopolitan genus of about 250 species distributed from the Mediterranean region to Australia, America, SE Asia and Japan. (Navarro, 2010). It is represented by ca. 195 taxa in the Euro-Mediterranean region (EURO+MED, 2006). In the flora of Bosnia and Herzegovina, eight species of the genus *Teucrium* have been recorded (Beck-Mannagetta and Malý, 1950).

Teucrium flavum L., Sp. Pl.: 565. 1753 (syn. *Chamaedrys flava* (L.) Moench) (Figure 7 b) belongs to steno-Mediterranean floral element (Pignatti, 1982) and its native distribution range is from Spain in the west, across France, Italy and the Balkans, to Turkey in the east, and in the north of Africa in Algeria, Tunisia and Morocco (EURO+MED, 2006). It grows mostly on rocks and stony slopes, 0 and 300 m. Up to date, *T. flavum* was reported in the Balkans in Albania (Barina et al. 2018), Bosnia and Herzegovina (Pichler, 1898/9), Croatia (Nikolić, 2005-onwards), Greece (Dimopoulos et al., 2013), Montenegro (Lakušić et al., 2005, 2010), and Slovenia (Ravnik, 1999).

Table 1. First literature and herbarium records

Taxon	Literature records	Herbarium records
<i>Campanula portenschlagiana</i>	Ljubuški, Vitina and Klobuk, Fiala 1893	Ljubuški, leg. Fiala 06.1890 (SARA 40217), Klobuk, leg. Fiala 06.1890
<i>Cardamine fialae</i>	Ljubuški, Klobuk, Fritsch 1897	Ljubuški, Klobuk, leg. Fiala as <i>C. maritima</i> Port., rev. Fritsch 1897,
Fritsch		
<i>Pisum sativum</i> subsp. <i>elatius</i> (M. Bieb.)	Mostar, Vrelo Radobolje, Malý 1908	Neum, Kiševo, leg. Maslo 15.04.2022 (SARA 53228)
<i>Teucrium flavum</i> L.	Mostar, Pichler 1898/9	Ravlića cave near Drinovci, leg. Maslo 11.04.2023 (SARA 53737)



Figure 1. a. *Campanula portenschlagiana* b. *Cardamine fialae* in the crevices of the rocks at the entrance to the Ravlića cave near Drinovci (Photos S. Maslo)

Material and methods

The study was carried through field studies in SW Herzegovina conducted between 2016 and 2023, analysis of herbarium material deposited at SARA and ZAGR (Thiers, 2023), as well as literature data. The specimens were collected and stored in the Herbarium SARA and in the private collection of the author. Digital photographs were taken in the field. The nomenclature follows the Euro-Med checklist (EURO+MED 2006). The distribution of the species in Bosnia and Herzegovina is shown on the map using standard UTM grid 10x10 km. A list of all localities representing the distribution of *C. portenschlagiana*, *C. fialae*, *P. sativum* subsp. *elatius* and *T. flavum* in Bosnia and Herzegovina is given in the Table 2. with WGS1984 coordinates. The IUCN guidelines were used for the classification of taxa into IUCN categories (IUCN 2014).

Study species

C. portenschlagiana is a finely downy, tufted perennial with a fleshy rootstock and creeping, leafy stems. Stems are decumbent or ascending, up to 25 cm long. Leaves are downy to almost hairless, forming a rosette, heart-shaped to more or less circular, toothed, long-staked. The flowers are terminal and axillary, long-staked, in the branched, loose panicle. Calyx-lobes are lanceolate, much shorter than the corolla. Corolla to 2 cm, funnel-shaped to campanulate, incised to halfway, lobes short, deep lavender or violet. The style is included. Capsule opening by median pores. Detailed description of the taxon can be found in Šilić (1984) and Nikolić et al. (2015).

C. fialae is an annual or biennial plant. Stems are hairy, erect and branched, up to 50 cm long, with auricules on the base of stem leaves. Rosette and stem leaves are bipinnate, with serrate margin of leaflets. Leaflets are deeply lobed with obtuse segments. The flowers are white and long-staked. Sepals are hairy, mucronate, 5-9 mm long. Petals are 12-20 mm long with long unguis. Siliqua is linear, glabrous, flat, light brown when ripe, 40-55 mm long with 8-15 mm long beak. Seeds are brown, ca. 5 mm long. Detailed description of the taxon can be found in Fritsch (1897), Sagorski. (1911), Beck-Mannagetta (1916) and Šilić (1984), and indetification key for *C. maritima complex* in Kučera et al. (2010).

P. sativum is a glabrous, glaucous annual plant, with a weak, often liana-like climbing stem up to 2 m long. The leaves are alternate, pinnate. Leaflets are 1-4-paired, entire or dentate, ending in a branched tendril. Stipules are 1.5–8 cm long; petiole shorter or even much longer than stipules. The flowers borne in long-stalked, 1–3-flowered racemes, longer than supporting leaves. Calyx is tubular, 8–15 mm long, with lobes of unequal length. Legume are oblong to linear, 6–10 cm long with 3–10 seeds, the seeds are spherical, papillate, about 5 mm in diameter. Seeds are brown, ca. 5 mm long. Detailed description of the species can be found in Romero Zarco (1999).

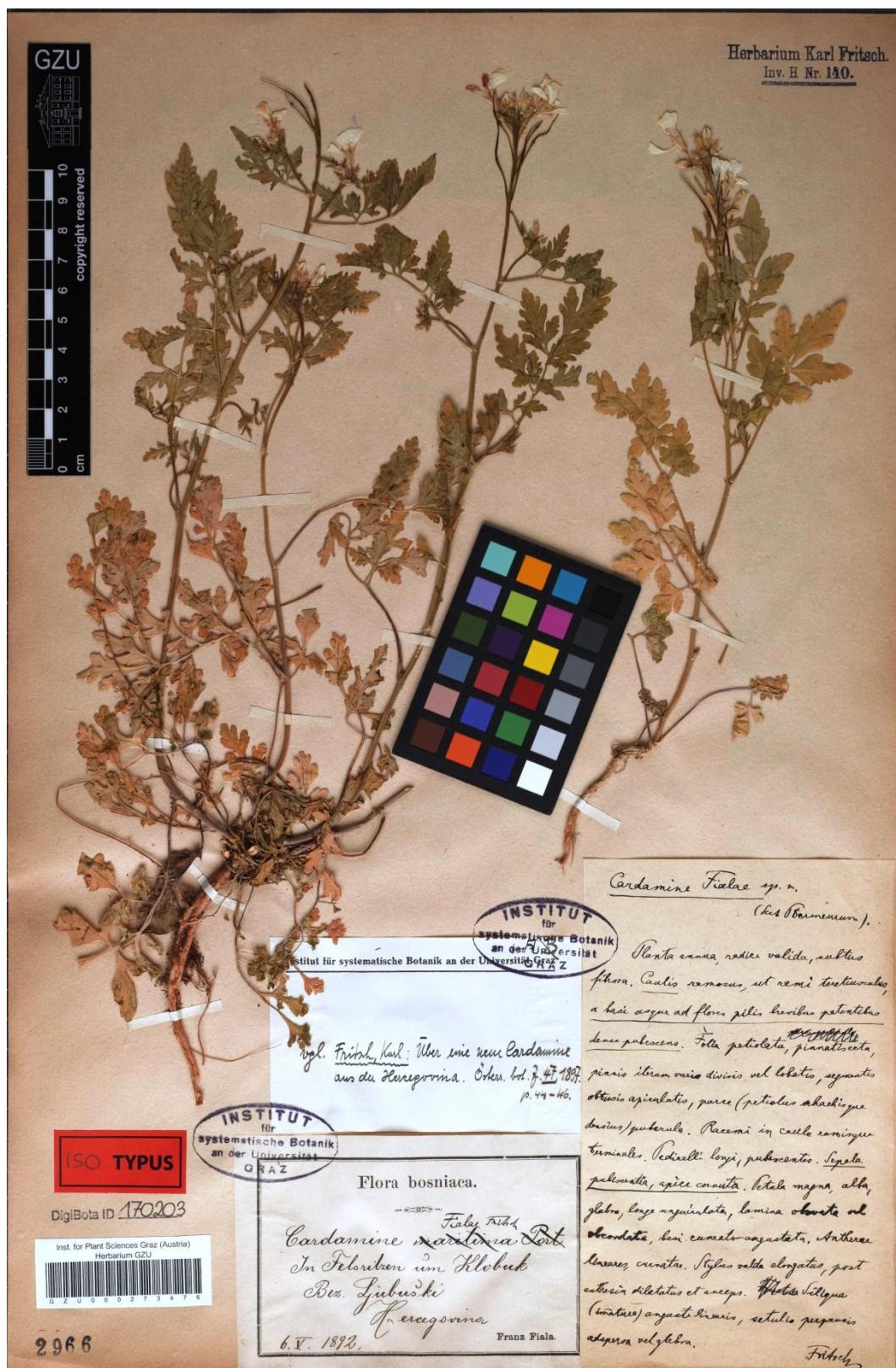


Figure 2. Herbarium specimen of *Cardamine fialae* Fritsch (Herzegovina, Klobuk near Ljubuški, collected by Fiala on 06.05.1892 as *C. maritima* Port., rev. Fritsch 1897. Isotype, Herbarium GZU 2966.

P. sativum L. is divided into two subspecies, namely the domesticated pea *P. sativum* L. subsp. *sativum*, and wild taxon *P. sativum* subsp. *elatius* (M. Bieb.) Asch. & Graebn. Both subspecies are very similar, but subsp. *elatius* has racemes which exceeding the leaves, lilac or purple corolla and papillose seeds while subsp. *sativum* has racemes which are not exceeding the leaves, corolla is white or purple and seeds are alveolate, smooth or rugose. Detailed identification key can be found in Romero Zarco (1999).

T. flavum is an evergreen, branched, semi-woody shrub, 25- 65 cm tall. Stems are erect or erect-ascending, densely hairy and distinctly woody at least at the base. Leaves are 10-35 × 8-30 mm, ovate or ovate-oblong, leathery, shallowly scalloped and stalked. Inflorescence c. 20 cm, simple or branched, lax, with 6-20 whorls of 6 flowers each. Calyx 7-9 mm long, not 2-lipped, tubular-campanulate, curved; teeth more or less equal. Corolla 12-20 mm, unilateate, yellowish-white or yellowish. Detailed description of the taxon can be found in Navarro (2010).

T. flavum L. is divided into four subspecies, of which only two are represented in the territory of the former Yugoslavia, namely *T. flavum* L. subsp. *flavum* and *T. flavum* subsp. *glaucum* (Jord. & Fourr.) Ronniger. Both subspecies are very similar, but subsp. *flavum* has leaves which are hairy or pubescent on both sides while in subsp. *glaucum* they are glabrous or only with long hairs at the base. Detailed identification key can be found in Navarro (2010).

Results and discussion

The oldest records of *Campanula portenschlagiana* from Bosnia and Herzegovina are those from Fiala 1890 near Ljubuški and Klobuk (Fiala, 1893) (see Table 1). Subsequently, the species has been recorded in other localities, all in SW Herzegovina: Vitina, Ljubuški (Fortress of Herceg Stjepan Kosača) and Peć Mlini (Šoljan, 2001) (see Table 2). During the field research conducted between 2016 and 2023, the presence of the species has been confirmed in three localities, and the species was also found at one new locality near Drinovci (see Table 2). *C. portenschlagiana* is known only from a few restricted populations in Bosnia and Herzegovina and is currently known only from four grid-cell quadrants (Figure 3). According to the standards of IUCN (2014) it should be classified in the category of Vulnerable (VU) species, the criterion D2 being adopted. Approximately 1000 mature individuals were counted within the complete range of the species in Bosnia and Herzegovina. The threat status is based on number of mature individuals, which is below 1000, as well as on the area of occupancy (AOO) which is less than 20 km², while extent of occurrence (EOO) is less than 90 km². In addition the habitat of the species may be affected by anthropogenic factors such as road construction or forest fires in the near future.

Confirmed and new localities: Locality 1: Ljubuški, Buturovica hill, (43°12'04"N 17°33'30"E). Material: observation by S. Maslo, 17 April 2019, leg. S. Maslo (SARA 53245); Population: twenty

flowering individuals have been recorded. The population was found on the walls of the fortress of Herceg Stjepan and in the crevices of the surrounding rocks at an altitude of 314 m.

Locality 2: Ljubuški, Klobuk, ($43^{\circ}16'22''N$ $17^{\circ}27'08''E$). Material: observation by S. Maslo, 17 April 2019, leg. S. Maslo (SARA 53244); Population: five flowering individuals have been recorded in rock crevices on the left side of the main road M 6, between Klobuk and Vitina, ca 900 m S of the village of Klobuk at an altitude of 134 m.

Locality 3: Peć Mlini, ($43^{\circ}20'10''N$ $17^{\circ}19'25''E$). Material: observation by S. Maslo, 11 April 2023, leg. S. Maslo (SARA 53728); Population: numerous (several hundred) individuals have been recorded in rock cervices and ruins of the old mills at the source of the river Tihaljina at an altitude of 205 m.

Locality 4: Ravlića cave near Drinovci, ($43^{\circ}20'21''N$ $17^{\circ}19'23''E$). Material: observation by S. Maslo, 11 April 2023, leg. S. Maslo (SARA 53727); Population: a dozen flowering individuals were recorded in the cervices of the rocks at the entrance to the cave at an altitude of 258 m.

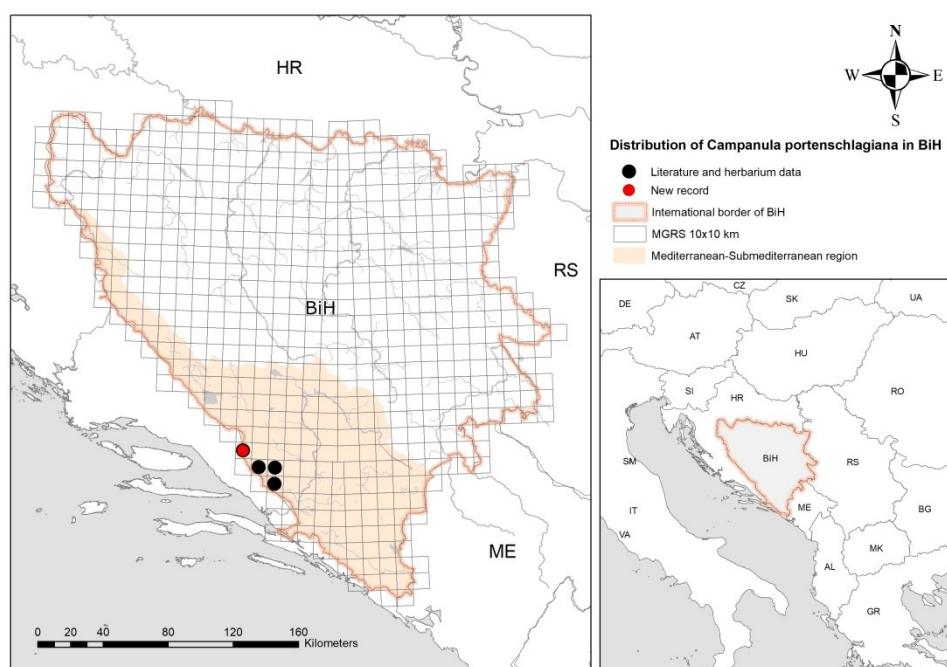


Figure 3. Distribution of *Campanula portenschlagiana* in BiH

The first finding of *Cardamine fialae* is that from Fiala 1892 in the vicinity of Klobuk near Ljubuški in SW Herzegovina as *C. maritima* DC, revised by Fritsch (1897), and described as new species *C. fialae* Fritsch (see table 1). Only recently, the species has been recorded in other localities, all in SW Herzegovina: Ljubuški (Klobuk near Vitina), Grude (near the village of Ružići), and Grude (near the town of Grude) (Kučera et al., 2010) (see Table 2). During the field research conducted between 2016 and 2023, the species was also found at two new localities near Klobuk and Drinovci (see table 2).

C. fialae is known only from a few restricted populations in Bosnia and Herzegovina and Croatia and is currently known only from three grid-cell quadrants in Bosnia and Herzegovina (Figure 4). According to the standards of IUCN (2014) it should be classified in the category of Vulnerable (VU) species, the criterion D2 being adopted. Approximately 900 mature individuals were counted within the complete range of the species including Bosnian and Herzegovinian and Croatian locations. The threat status is based on the number of mature individuals, which is below 1000, as well as on the area of occupancy (AOO) which is less than 20 km², while the extent of occurrence (EOO) is less than 90 km² (Vukojević et al., 2016). In addition, the habitat of the species may be affected by anthropogenic factors such as road construction or forest fires in the near future.

New localities: Locality 1: Ljubuški, Klobuk, (43°16'22"N 17°27'08"E). Material: observation by S. Maslo, 17 April 2019, leg. S. Maslo (SARA 53729); Population: two flowering individuals have been recorded in rock crevices on the left side of the main road M 6, between Klobuk and Vitina, ca 900 m S of the village of Klobuk at an altitude of 134 m, together with *Campanula portenschlagiana* with which it co-occurs in places.

Locality 2: Ravlića cave near Drinovci, (43°20'21"N 17°19'23"E). Material: observation by S. Maslo, 11 April 2023, leg. S. Maslo (SARA 3730); Population: seven flowering individuals were recorded in the crevices of the rocks at the entrance to the cave at an altitude of 258 m, together with *Campanula portenschlagiana* with which it co-occurs in places.

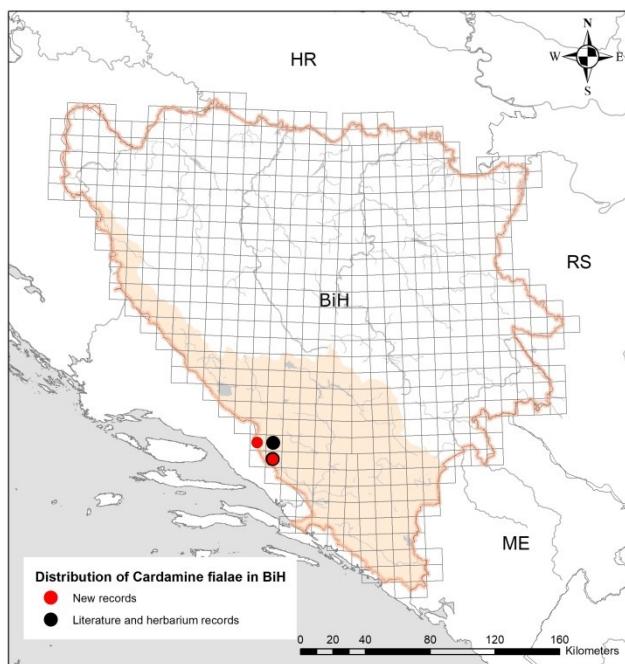


Figure 4. Distribution of *Cardamine fialae* in BiH

The occurrence of *Pisum sativum* subsp. *elatius* in the flora of Bosnia and Herzegovina was firstly noted by Malý, which was thereafter reported by Beck-Mannagetta (1927). It was recorded at only one

locality in southern Herzegovina, where it was found in karstic canyons near the source of the river Radobolja in Ilići near Mostar (Malý, 1908) (see table 1). There are no voucher specimens of this taxon in the herbarium collection of SARA and this record was never confirmed afterwards. During the field research conducted between 2016 and 2023, the subspecies was also found at three new localities (see table 2). Considering the low number of individuals and small extent occurrence *P. sativum* subsp. *elatius* should be treated as a data deficient (DD) species in the flora of Bosnia and Herzegovina. It is currently known only from four grid-cell quadrants in Bosnia and Herzegovina (Figure 5).

New localities: Locality 1: Hutovo, Hadžibegov grad ($42^{\circ}57'03''N$ $17^{\circ}39'26''E$). Material: observation by S. Maslo, 03 April 2016; Population: two individuals have been recorded in rocky and grassy slopes near the ruins of the medieval town at an altitude of 415 m.

New localities: Locality 2: Neum, Kiševac ($42^{\circ}55'51''N$ $17^{\circ}48'11''E$). Material: observation by S. Maslo, 15 April 2022, leg. S. Maslo (SARA 53228); Population: two small populations were recorded on the outcrops of limestone rocks, along the right side of the main road M 17.3 Neum - Stolac at an altitude of 175 m.

Locality 3: Ravlića cave near Drinovci, ($43^{\circ}20'21''N$ $17^{\circ}19'23''E$). Material: observation by S. Maslo, 11 April 2023, leg. S. Maslo (SARA 53734); Population: two flowering individuals were recorded on the rock surfaces and road cuttings on the left side of the road leading to Peć Mlini at an altitude of 258 m.

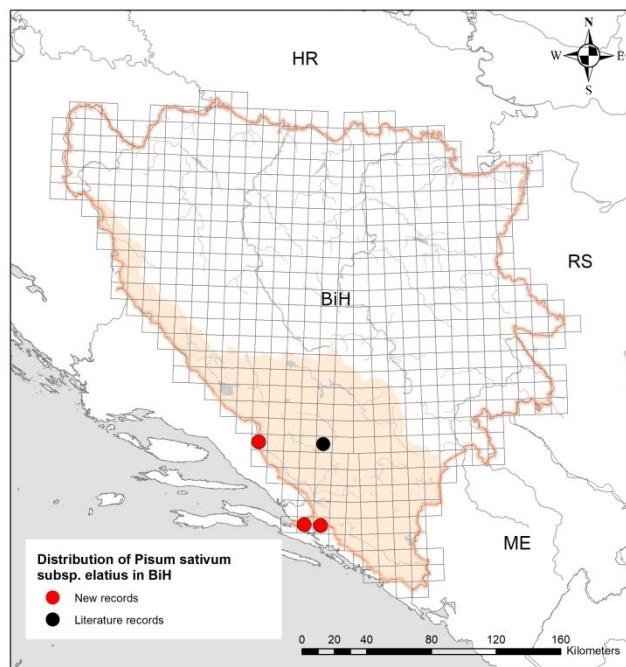


Figure 5. Distribution of *Pisum sativum* subsp. *elatius* in BiH

The oldest record of *Teucrium flavum* from Bosnia and Herzegovina is that of Pichler (1898/9) for Mostar, which was thereafter reported by Beck-Mannagetta and Maly (1950) about half a century later (see table 1). This record was never confirmed afterwards despite recent extensive research conducted in the area of Mostar (Maslo, 2014), therefore, 125 years later, the sites near Drinovci are the first and only confirmed records in Bosnia and Herzegovina. There are no voucher specimens of this species in the herbarium collection of SARA. During the field research conducted between 2016 and 2023, the species was also found at new localities (see table 2). The species is much localized and isolated growing up with two small colonies on limestone rocky spurs in vicinity of Drinovci and is currently known only from two grid-cell quadrants in Bosnia and Herzegovina (Figure 6). This species is known from numerous localities along the Adriatic coast, so the occurrence of the species in this region is to be expected and lies within their natural distribution. The species should be widely distributed in the coastal zone of Herzegovina. Data Deficient (DD).

Locality 1: Ravlića cave near Drinovci, (43°20'21"N 17°19'23"E). Material: observation by S. Maslo, 11 April 2023, leg. S. Maslo (SARA 53737); Population: two individuals were recorded in the crevices of the rocks at the entrance to the cave at an altitude of 258 m, together with *Campanula portenschlagiana* and *Cardamine fialae* with which it co-occurs in places.

Locality 2: Drinovačko brdo near Drinovci, (43°20'16"N 17°19'15"E). Material: observation by S. Maslo, 11 July 2023; Population: six individuals were recorded on rocks and stony slopes at an altitude of 285 m.

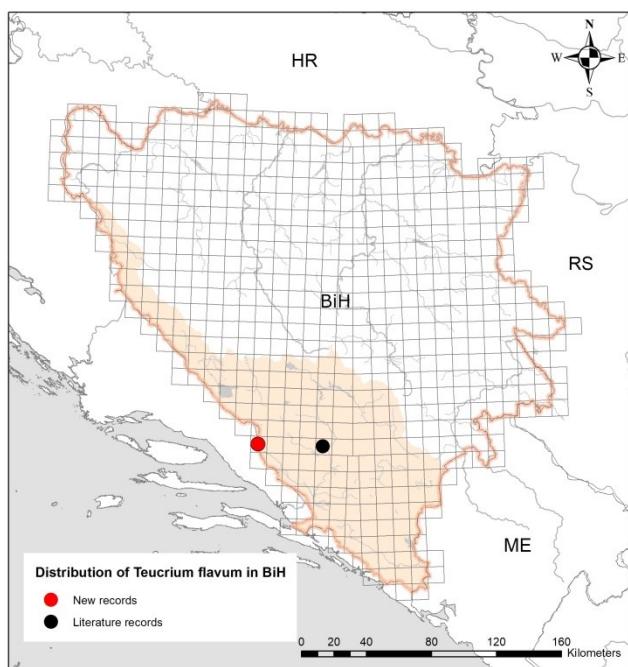


Figure 6. Distribution of *Teucrium flavum* in BiH

Conclusion



Figure 7. a. *Pisum sativum* subsp. *elatius* Neum, Kiševo **b.** *Teucrium flavum* Drinovci, Drinovačko brdo (Photos S. Maslo).

The area of SW Herzegovina is among the regions of Bosnia and Herzegovina that have been poorly botanically explored. During the latest field research in the area new localities for *Campanula portenschlagiana* and *Cardamine fialae* were recorded and the presence of *Pisum sativum* subsp. *elatius* and *Teucrium flavum* are confirmed for the country. *C. portenschlagiana* and *C. fialae* are narrow endemic species distributed only in Bosnia and Herzegovina and Croatia. On the other hand *P. sativum* subsp. *elatius* and *T. flavum* have a much wider distribution throughout the Mediterranean, but their presence in Bosnia and Herzegovina was little known until now. New field research needs to be conducted in order to monitor the population size and potentially new localities of these taxa within similar habitats in this region.

Table 2. Georeferenced data on the distribution of *Campanula portenschlagiana*, *Cardamine fialae*, *Pisum sativum* subsp. *elatius* and *Teucrium flavum* in Bosnia and Herzegovina (new records are marked in bold).

Taxon	Number and name of the locality, observers (collectors) and dates for the observations (Herbarium/collection number)	WGS coordinates	Altitude	UTM quadrant
<i>Campanula portenschlagiana</i> Schult	1 Ljubuški, Grad, leg. Fiala 06.1890 (SARA 40217), Fiala	43°12'04"N, 17°33'30"E	321 m	YH08
<i>Campanula portenschlagiana</i> Schult	2 Ljubuški, Klobuk, leg. Fiala 06.1890 (SARA 40216), Fiala 1893, Bjelčić 1893	43°16'22"N, 17°27'08"E	134 m	XH99
<i>Campanula portenschlagiana</i> Schult	3 Ljubuški, Vitina, Fiala 1893.	43°14'29"N, 17°28'57"E	110 m	YH09
<i>Campanula portenschlagiana</i> Schult	4 Ljubuški, Grad, leg. Fiala 13.05.1894 (SARA 40219)	43°12'04"N, 17°33'30"E	321 m	YH08
<i>Campanula portenschlagiana</i> Schult	5 Ljubuški, Grad, leg. Fiala 06.1897 (SARA 40215)	43°12'04"N, 17°33'30"E	321 m	YH08
<i>Campanula portenschlagiana</i> Schult	6 Peć Mlini, Tihaljina River, leg. Šoljan 26.05.1986 (SARA 51788), Šilić 1984	43°20'10"N, 17°19'25"E	250 m	XJ80
<i>Campanula portenschlagiana</i> Schult	7 Ljubuški, Buturovića brdo, Tvrđava Herceg Stjepana, leg. Maslo 17.04.2019 (SARA 53245)	43°12'04"N, 17°33'30"E	321 m	YH08
<i>Campanula portenschlagiana</i> Schult	8 Ljubuški, Klobuk, leg. Maslo 17.04.2019 (SARA 53244)	43°16'22"N, 17°27'08"E	134 m	XH99
<i>Campanula portenschlagiana</i> Schult	9 Ljubuški, Tvrđava Herceg Stjepana, leg. Bogdanović 23.06.2012 (ZAGR 32610)	43°12'04"N, 17°33'30"E	321 m	YH08
<i>Campanula portenschlagiana</i> Schult	10 Peć Mlini, Tihaljina River, leg. Maslo 11.04.2023 (SARA 53728)	43°20'10"N, 17°19'25"E	205 m	XJ80
<i>Campanula portenschlagiana</i> Schult	11 Ravlića Cave near Drinovci, leg. Maslo 11.04.2023 (SARA 53727)	43°20'21"N, 17°19'23"E	258 m	XJ80

Taxon	Number and name of the locality, observers (collectors) and dates for the observations (Herbarium/collection number)	WGS coordinates	Altitude	UTM quadrant
<i>Cardamine fialae</i> Fritsch	1 Ljubuški, Klobuk, leg. Fiala as <i>C. maritima</i> Port., rev. Fritsch 1897, 06.05.1892 (GZU 2966) Isotypus	43°18'43"N, 17°26'00"E	285 m	XH99
<i>Cardamine fialae</i> Fritsch	2 Ljubuški, Klobuk, leg. Fiala as <i>C. maritima</i> Port., rev. Fritsch 1897, 06.05.1896 (GZU 2966) Isotypus	43°18'43"N, 17°26'00"E	285 m	XH99
<i>Cardamine fialae</i> Fritsch	3 Ljubuški, Klobuk near Vitina, leg. Šilić 14.05.1978 (SARA 51502)	43°18'43"N, 17°26'00"E	285 m	XH99
<i>Cardamine fialae</i> Fritsch	4 Grude, near the village of Ružići, leg Kučera & Kolnik 23.04.2003 (SAV), Beck-Mannagetta 1916	43°19'10"N, 17°26'09"E	287 m	XH99
<i>Cardamine fialae</i> Fritsch	5 Ljubuški, near the village of Klobuk, leg Kučera & Kolnik 23.04.2003 (SAV), Beck-Mannagetta 1916	43°18'43"N, 17°26'00"E	285 m	XH99
<i>Cardamine fialae</i> Fritsch	6 Grude, near the town of Grude, leg Kučera & Kolnik 23.04.2003 (SAV)	43°20'38"N, 17°25'45"E	298 m	XH90
<i>Cardamine fialae</i> Fritsch	7 Ljubuški, Klobuk, leg. Maslo 15.04.2022 (SARA 53729)	43°16'22"N, 17°27'08"E	134 m	XH99
<i>Cardamine fialae</i> Fritsch	8 Ravlića Cave near Drinovci, leg. Maslo 11.04.2023 (SARA 53730)	43°20'21"N, 17°19'23"E	258 m	XJ80
<i>Pisum sativum</i> subsp. <i>elatius</i> (M. Bieb.) Asch. & Graebn	1 Mostar, Vrelo Radobolje, Malý 1908	43°21'19"N, 17°45'31"E	135 m	XJ20
<i>Pisum sativum</i> subsp. <i>elatius</i> (M. Bieb.) Asch. & Graebn	2 Hutovo, Hadžibegov grad, obs. Maslo 03.04.2016	42°57'03"N, 17°48'11"E	415 m	YH25
<i>Pisum sativum</i> subsp. <i>elatius</i> (M. Bieb.) Asch. & Graebn	3 Neum, Kiševo, leg. Maslo 15.04.2022 (SARA 53228)	42°55'51"N, 17°39'26"E	175 m	YH15
<i>Pisum sativum</i> subsp. <i>elatius</i> (M. Bieb.) Asch. & Graebn	4 Ravlića cave near Drinovci, leg. Maslo 11.04.2023 (SARA 53734)	43°20'21"N, 17°19'23"E	258 m	XJ80
<i>Teucrium flavum</i> L.	1 Mostar, Pichler 1898/9	43°21'19"N, 17°45'31"E	135 m	YJ20
<i>Teucrium flavum</i> L.	2 Ravlića cave near Drinovci, leg. Maslo 11.04.2023 (SARA 53737)	43°20'21"N, 17°19'23"E	258 m	XJ80
<i>Teucrium flavum</i> L.	3 Drinovci, Drinovačko brdo, obs. Maslo 11.07.2023	43°20'16"N, 17°19'15"E	285 m	XJ80

Acknowledgements

The author would like to thank the curators of the herbaria SARA and ZAGR for providing herbarium material, Đordđe Milanović for the mapping of distribution of the species and Lanna Maslo for improving the English of this paper.

References

- Barina, Z., Somogyi, G., Pifcò, D., Rakaj, M. (2018). Checklist of vascular plants of Albania. *Phytotaxa*, 378, 1-339.
- Beck-Mannagetta, G. (1916). Flora Bosne, Hercegovine i Novopazarskog Sandžaka 2(7). *Glasnik Zemaljskog muzeja u Bosni i Hercegovini*, 28(1), 41-167.
- Beck-Mannagetta, G. (1927). *Flora Bosne i Hercegovine i oblasti Novog Pazara, 3 – Horipetaleae*. Srpska kraljevska akademija. Posebna izdanja 63, Prirodnački i matematički spisi 15, 1-487.
- Beck-Mannagetta, G., Malý, K. (1950). *Flora Bosnae et Hercegovinae, 4 Sympetalae, 1*, Svjetlost, Sarajevo, 1-72.
- Bjelčić, Ž. (1983). Campanulaceae In: Beck-Mannagetta, G., Malý, K., Bjelčić, Ž. *Flora Bosnae et Hercegovinae, 4 Sympetalae, 4*. Zemaljski muzej Bosne i Hercegovine u Sarajevu. Prirodnačko odjeljenje, posebno izdanje 4, 1-188.
- Dimopoulos, P., Raus, T., Bergmeier, E., Constantinidis, T., Iatrou, G., Kokkini, S., Strid, A., Tzanoudakis, D. (comp.) (2013). *Vascular plants of Greece: an annotated Checklist*. Bot. Garten und Bot. Museum Berlin-Dahlem, Berlin & Hellenic Botanical Society, Athens.
- EURO+MED. (2006). Euro+Med PlantBase – the information resource for Euro-Mediterranean plant diversity. <http://ww2.bgbm.org/EuroPlusMed> (accessed September 2023).
- Fiala, F. (1893). Bilješke o flori Bosne i Hercegovine. *Glasnik Zemaljskog muzeja u Bosni i Hercegovini*, 5(1), 117-128.
- Fritsch, K. (1897). Ueber eine neue *Cardamine* aus der Hercegovina. *Österreichische botanische Zeitschrift*, 47, 44-46.
- IUCN 2014: IUCN Standards and Petitions Subcommittee. Guidelines for using the IUCN red list categories and criteria. Version 11.1. Prepared by the Standards and Petitions Subcommittee.
- Kosterin, O.E. (2023). Natural range, habitats and populations of wild peas (*Pisum* L.). *Genetic Resources and Crop Evolution*, 70, 1051-1083.
- Kučera, J., Marhold, K., Lihová, J. (2010). *Cardamine maritime* group (Brassicaceae) in the amphi-Adriatic area: A hotspot of species diversity revealed by DNA sequences and morphological variation. *Taxon*, 59, 148-164.
- Kučera, J., Valko, I., Marhold, K., (2005). On-line database of the chromosome numbers of the genus Cardamine (Brassicaceae). *Biologia (Bratislava)*, 60, 473-476.

Kovačić, S. (2004). The genus *Campanula* L. (Campanulaceae) in Croatia, circum-Adriatic and west Balkan region. *Acta Botanica Croatica*, 63, 171-202.

Lakušić, B., Lakušić, D., Jančić, R., Stevanović, B. (2006). Morpho-anatomical differentiation of the Balkan populations of the species *Teucrium flavum* L. (Lamiaceae). *Flora*, 201, 108-119.

Lakušić, B., Stevanović, B., Jančić, R., Lakušić, D. (2010). Habitat related adaptations in morphology and anatomy of *Teucrium* (Lamiaceae) species from the Balkan peninsula (Serbia and Montenegro). *Flora*, 205, 633-646.

Malý, K. (1908). Nabranje skupljenih biljaka u Bosni i Hercegovini od članova međunarodnog kongresa u godini 1905. *Glasnik zemaljskog muzeja u Bosni i Hercegovini*, 20(2), 558-567.

Maslo, S. (2014). The urban flora of the city of Mostar (Bosnia and Herzegovina). *Natura Croatica*, 23(1), 101-145.

Maslo, S., Boškailo, A. (2015). Južnojadranska zvončika *Campanula austroadriatica* D. Lakušić & Kovačić – nova vrsta u flori Bosne i Hercegovine. *Journal of Croatian Botanical Society*, 3(3), 33-34.

Navarro, T. (2010). *Teucrium* L. In: Morales, R., Quintanar, A., Cabezas, F., Pujadas, A.J., Cirujano, S. (eds.), *Flora Iberica Vol. 12. Verbenaceae-Labiatae-Callitrichaceae*. Real Jardín Botánico (CSIC), Madrid, 30-166.

Nikolić, T. (ed.) (2005-onwards). Flora Croatica Database. University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Botany and Botanical Garden, Zagreb. <http://hirc.botanic.hr/fcd> (accessed September 2023).

Nikolić, T., Milović, M., Bogdanović, S., Jasprica, N. (2015). *Endemi u hrvatskoj flori*. Zagreb: Alfa.

Pichler, A. (1898/9). Slike iz mostarske flore. Peti godišnji izvještaj velike gimnazije u Mostaru.

Pignatti, S. (1982). *Flora d'Italia*. Bologna: Edagricole.

Ravnik, V. (1999). *Teucrium* L. In: Martinčič, A., Wraber, T., Jogan, N., Podobnik, A., Turk, B., Vreš, B., Ravnik, V., Frajman, B., Strgulc Krajšek, S., Trčak, B., Bačić, T., Fischer, M. A., Eler, K., Surina, B. *Small flora of Slovenia*, Tehniška založba Slovenije, Ljubljana. 509-510.

Romero Zarco, C. (1999). *Pisum* L. In: Talavera, S., Aedo, C., Castroviejo, S., Romero Zarco, C., Saez, L., Salguerio, F.J., Velayos, M. (eds.), *Flora Iberica Vol. 7(1). Leguminosae (partim)*. Real Jardín Botánico (CSIC), Madrid, 482-486.

Sagorski, E. (1901). Beitrag zur Flora der Herzegovina. *Mitteilungen des Thüringischen Botanischen Vereins, N. F.*, 16, 33-50.

Sagorski, E. (1911). Über einigen Arten aus dem illyrischen Florenbezirk. *Österreichische botanische Zeitschrift* 61, 11-21.

Šilić, Č. (1984). *Endemic plants*. IP "Svetlost", SarajevoBeograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva.

Šoljan, D. (1987). Ecologico-morphological differentiation of the populations of the species *Campanula portenschlagiana* R. S. *Acta Biokovica*, 4, 55-64.

Šoljan, D. (1990). A morphological differentiation of the *Campanula portenschlagiana* Schultes in Roemer et Schultes. *Glasnik Zemaljskog Muzeja Bosne i Hercegovine u Sarajevu Prirodne Nauke*, 29, 39-50.

Šoljan, D. (2001). Distribution of rare and endangered species of genus *Campanula* L. in Bosnia and Herzegovina. *Razprave IV Razreda SAZU, Ljubljana*, 42(2), 229-241.

Thiers, B. (2023).[continuously updated] Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. Available from <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/>

Vitasović Kosić, I., Vukojević, M., Bogdanović, S. (2020). First inventory of vascular flora of Matokit mountain (Biokovo massif, Croatia). *Journal of Forestry Society of Croatia-Šumarski list Hrvatskoga Šumarskoga Drustva*, 144(5-6), 257-268.

Vukojević, M., Vitasović Kosić, I., Alegro, A., Lakušić, D., Bogdanović, S. (2016). *Cardamine fialae* Fritsch (Brassicaceae) a new species in Croatian flora. *Acta Botanica Croatica*, 75(2), 213-216.

Primljeno: 30. studenoga 2023. godine

Received: November 30, 2023

Prihvaćeno: 29. prosinca 2023. godine

Accepted: December 29, 2023

Promjene mlijecne masti u mlijeku djelovanjem različitih temperatura

Changes in milk fat in milk under the influence of different temperatures

Marija Vrdoljak^{1*}, Sandra Mandinić¹, Andrej Sučić², Boris Dorbić¹

stručni rad (professional paper)

doi: 10.32779/gf.6.5-6.6

Citiranje/Citation³

Sažetak

Mlijecna mast je uz proteine najvažniji sastojak mlijeka i sira, jer utječe na okus, aromu i konzistenciju te tijek zrenja i randman sira. Može se smatrati kao dobar izvor esencijalnih masnih kiselina i vitamina topivih u mastima. Mlijecna mast se u mlijeku nalazi u obliku globula (MFGM - Milk Fat Globule Membrane) obavijenih adsorpcijskom membranom koja stabilizira mlijecnu mast u okolnoj sredini mlijeka. Različiti temperaturni režimi, odnosno različite temperature toplinske obrade mlijeka kao i različiti tehnološki postupci u proizvodnji mlijeka i mlijecnih proizvoda značajno mijenjaju svojstva membrane globula mlijecne masti i utječu na senzorska svojstva konačnog proizvoda. Niske temperature ubrzavaju izdvajanje mlijecne masti te utječu na njenu kristalizaciju. Nasuprot tome, visoka kratkotrajna pasterizacija uzrokuje vrlo malo promjena u građi MFGM, dok visoki toplinski tretmani kao što su UHT (Ultra High Temperature) mogu negativno utjecati na proteine MFGM i destabilizirati globule što rezultira koagulacijom mlijeka.

Ključne riječi: mlijeko, mlijecna mast, temperatura, promjene mlijecne masti, senzorska svojstva.

Abstract

Milk fat, along with proteins, is the most important ingredient of milk and cheese, because it affects the taste, aroma and consistency, as well as the course of ripening and randman of the cheese. It can be considered as a good source of essential fatty acids and fat-soluble vitamins. Milk fat is found in milk in the form of globules (MFGM - Milk Fat Globule Membrane) surrounded by an adsorption membrane that stabilizes milk fat in the surrounding milk environment. Different temperature regimes,

¹ Veleučilište "Marko Marulić" u Kninu, Krešimirova 30, 22300 Knin, Republika Hrvatska.

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

² Završeni student stručnog prijediplomskog studija Prehrambena tehnologija, Veleučilište "Marko Marulić" u Kninu, Krešimirova 30, 22300 Knin, Republika Hrvatska.

³ Vrdoljak, M., Mandinić, S., Sučić, A., Dorbić, B. (2023). Promjene mlijecne masti u mlijeku djelovanjem različitih temperatura. *Glasilo Future*, 6(5-6), 82–95. / Vrdoljak, M., Mandinić, S., Sučić, A., Dorbić, B. (2023). Changes in milk fat in milk under the influence of different temperatures. *Glasilo Future*, 6(5-6), 82–95.

i.e. different temperatures of heat treatment of milk as well as different technological procedures in the production of milk and milk products significantly change the properties of the membranes of milk fat globules and affect the sensory properties of the final product. Low temperatures accelerate the separation of milk fat and affect its crystallization. In contrast, high short-term pasteurization causes very little change in the structure of MFGM, while high heat treatments such as UHT (Ultra High Temperature) can negatively affect MFGM proteins and destabilize globules resulting in milk coagulation.

Key words: milk, milk fat, temperature, changes in milk fat, sensory properties.

Uvod

Mlijeko pripada skupini osnovnih prehrabnenih namirnica neophodnih za rast, razvoj i zdravlje novorođenih sisavaca (Lopez et al., 2011). Mlijeko se "stvara" iz specifičnih sastojaka koji prelaze iz krvi u mlijecnu žljezdu gdje se zbivaju vrlo složeni biokemijski procesi sinteze i sekrecije. Sastojci mlijeka (tablica 1), kao što su mlijecna mast, mlijecni šećer (laktoza) i tipični proteini mlijeka (kazein, α -laktalbumin i β -laktoglobulin) nastaju biosintezom u mlijecnoj žljezdi, dok mineralne tvari, enzimi, vitamini, albumin krvnog seruma i imunoglobulini izravno prelaze iz krvi u mlijecnu žljezdu i na taj način postaju sastojci mlijeka (Tratnik, 1998).

Tablica 1. Udjeli glavnih sastojaka u sirovom mlijeku (Izvor: Tratnik i Božanić, 2012)

Table 1. Proportions of the main ingredients in raw milk (Source: Tratnik and Božanić, 2012)

udjel vode	86-89%
udjel suhe tvari	11-14%
Mast	3,2-5,5%
Laktoza	4,6-4,9%
Proteini	2,6-4,2%
Pepeo	0,6-0,8%

Masti su heterogena skupina makromolekula kojima je zajedničko da su topljive u organskim otapalima, a netopljive u vodi i polarnim otapalima. Mlijecna mast ima najveću energijsku vrijednost (9 kcal/g ili 37 kj/g), ali je i ekonomski vrlo važna, osobito u proizvodnji maslaca i vrhnja (Tratnik i Božanić, 2012). Prema McGuire i Bauman (2002), koncentracija mlijecne masti ovisna je o mnogim čimbenicima kao što su: pasmina, vrsta životinje, hranidba, stadij laktacije, temperatura okoliša i sezona. Predstavlja glavnu energetska komponentu mlijeka te utječe na okus i teksturu mlijecnih proizvoda osobito onih s visokim postotkom masnoće poput maslaca. Količina mlijecne masti ima utjecaj na više svojstva sira; na sastav, biokemiju, mikro-strukturu, randman, te reološka, teksturalna i kulinarska svojstva. Vanjski utjecaji kao što su svjetlo, zrak, različite temperature tijekom transporta, čuvanja i prerade te mehanički utjecaji kao što su miješanje i transport, mogu potaknuti lipolizu ili

oksidaciju mlijecne masti što vrlo negativno utječe na okus i miris mlijeka i mlijecnih proizvoda, čime se značajno narušava njihova kvaliteta i zdravstvena ispravnost.

Mlijecna mast je prisutna u mlijeku u obliku masnih globula kao suspenzija u vodenoj fazi mlijeka (Michalski i Januel, 2006).

Gustoća mlijecne masti znatno je manja ($0,915\text{--}0,930 \text{ g/cm}^3$) od gustoće mlijeka ($1,028\text{--}1,034 \text{ g/cm}^3$) što ovisi o temperaturi mjerena. Upravo zbog toga se mlijecna mast spontano izdvaja na površinu nakon duljeg stajanja mlijeka (Tratnik i Božanić, 2012). Odmah nakon mužnje mlijeko je toplo (oko 37°C) i mlijecna mast se nalazi u obliku emulzije (jer nije topljiva u vodi), i to u obliku sitnih globula. Nakon hlađenja mlijeka masne se globule skrućuju te postaju kuglice, a emulzija postaje suspenzija. Tako mlijecna mast u mlijeku istodobno može biti u stanju emulzije ili suspenzije, što ovisi o uvjetima koji utječu na njezino fizikalno stanje (Tratnik i Božanić, 2012).

U zadnjih nekoliko godina istraživanje membrane globule mlijecne masti (MFGM) je znatno uznapredovalo. Rezultati dosadašnjih istraživanja pokazuju da je membrana globule mlijecne masti visoko kompleksna struktura koja se sastoji od različitih proteina i lipida specifičnih tehnoloških i nutritivnih svojstava. Pojedini izolirani sastojci MFGM označeni su kao mogući vrijedni sastojci za daljnju uporabu u proizvodnji hrane. Tako se polarni lipidi i proteini MFGM s obzirom na podrijetlo, sastav i strukturu mogu koristiti kao emulgatori ili stabilizatori u tehnološkim procesima proizvodnje hrane (El-Loly, 2011).

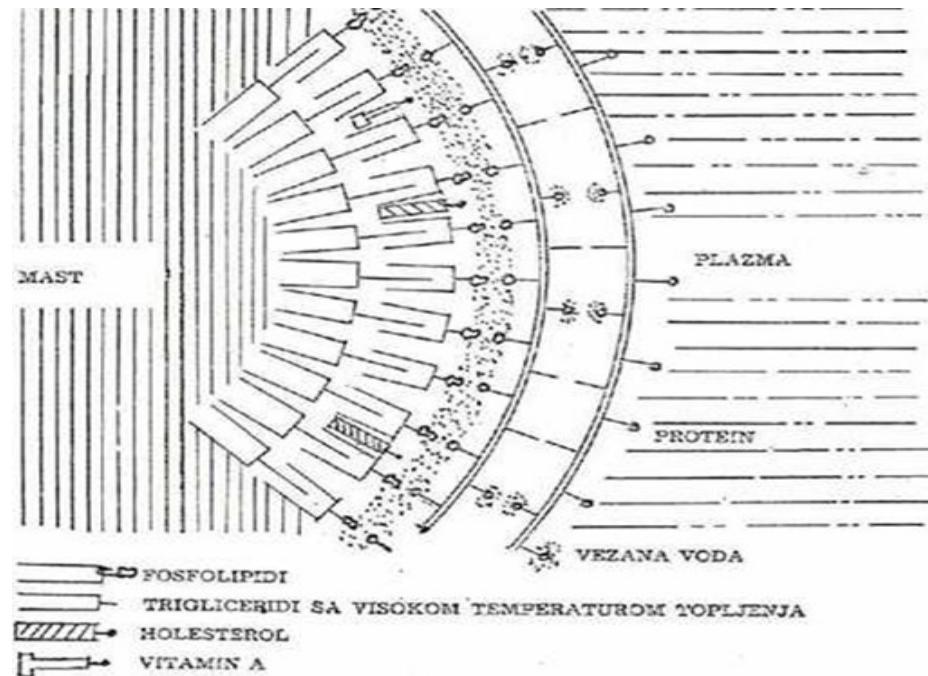
Bioraspoloživost lipida je vrlo važna u ljudskoj prehrani i zdravlju, međutim mehanizmi probave lipida nisu dovoljno istraženi te su predmet velikog zanimanja znanstvene zajednice (Berton et al., 2012). Unatoč značajnom napretku u istraživanju mlijecne masti, postoje i dalje otvorena pitanja koja zahtijevaju dublje razumijevanje, posebno u kontekstu utjecaja vanjskih čimbenika poput svjetla, temperature i mehaničkih utjecaja na stabilnost i kvalitetu mlijecnih proizvoda.

Mlijecna mast u mlijeku

Mlijecna mast ima najveću energetsku vrijednost mlijeka i utječe na okus, aromu, konzistenciju, kao i tijek zrenja i randman sira (Antunac et al., 2008). To je ujedno i udio mlijeka, čiji je sastav najviše promjenjiv. U mlijeku se mlijecna mast nalazi u obliku globula (Slika 1), različite veličine ali su puno veće od ostalih sastojaka mlijeka. Promjer masnih globula u mlijeku najčešće je od 1 do $5 \mu\text{m}$, ali mogu biti nazočne i dosta manje i puno veće globule (od $0,1$ pa i do $22 \mu\text{m}$), dok je prosječni promjer uglavnom $3\text{--}4 \mu\text{m}$ (Tratnik i Božanić, 2012). Globule masti su izrazito složene strukture, a obavijene su adsorpcijskim slojem ili membranom koja ima ulogu stabilizacije mlijecne masti u okolnoj sredini mlijeka (plazma) (Tratnik i Božanić, 2012).

U jednom mL mlijeka ima >1010 masnih globula (Huppertz i Kelly, 2009). Veličina globule mlijecne masti ovisi o pasmini, vremenu, laktaciji, hranidbi, uzgoju, klimi. Primjerice s rastom razdoblja laktacije smanjuje se veličina MFGM, a povećava se postotak mlijecne masti posebice nakon drugog

mjeseca laktacije (Wiking et al., 2004). Ovi čimbenici mogu utjecati i na samu stabilnost globule mlijecne masti (El-Loly, 2011). Ukoliko su globule mlijecne masti veće, izdvajanje na površinu je brže i potpunije. Kod proizvodnje maslaca u bućkalici, veličina masnih globula utječe na vrijeme bućanja, odnosno ukoliko su masne globule veće, vrijeme bućanja će biti kraće (Sarić, 2003).



Slika 1. Prikaz masne globule po Kingu
(Izvor: <http://www.tehnologijahrane.com/hemijahrane/mljecna-mast>)

Figure 1. Representation of a fat globule according to King
(Source: <http://www.tehnologijahrane.com/hemijahrane/mljecna-mast>)

Mlijecna mast je najsuklplji sastojak mlijeka, budući da od ukupne energetske vrijednosti mlijeka na nju prosječno otpada 54%. Sljedeći razlog je i njena biološka vrijednost u korelaciji s drugim mastima. Mlijecna mast mlijeku i mlijecnim proizvodima osigurava punoću, djeluje na okus, aromu, konzistenciju i teksturu. To je najpromjenjiviji udio od svih sastojaka u mlijeku, kreće se u rasponu od 2,5 do 6,0%, pa i više. Veličina globula ovisi o brojnim faktorima. Ovčje mlijeko ima krupnije globule od kravljeg, koje su na početku laktacije veće nego na njenom završetku. Neke pasmine krava koje u mlijeku daju veći sadržaj mlijecne masti posjeduju veće globule. U slučaju da su masne globule veće, tada je emulzija masti. Masne globule lakše savladavaju nutarnje trenje, koje čini glavni otpor k putu prema površini (Pejaković, 2023.).

Mlijecna mast je kompleks različitih lipidnih tvari (Tablica 2.), od kojih se neke nalaze u jezgri globule, neke u membrani globule, a neke se od njih u neznatnom udjelu nalaze i u plazmi mlijeka (mlijeko bez mlijecne masti). Zbog toga je raspodjela sastojaka unutar mlijecne masti, unutar sloja

membrane i onih u plazmi mlijeka još uvijek u fazi intenzivnih istraživanja. Mliječna mast sadržava najviše triacilglicerola uz mali udjel diacilglicerola i monoacilglicerola. Triacilgliceroli čine 98% ukupne količine mliječne masti te imaju veliki utjecaj na njena svojstva kao što je hidrofobnost, gustoća i taljenje. Struktura triacilglicerola mliječne masti je odgovorna za reološka svojstva masti i njezino ponašanje tijekom topljenja i kristalizacije. Sastav triacilglicerola mliječne masti može se koristiti za provjeru njene autentičnosti (Ramos i Juarez, 2002). Nakon mužnje, mliječna mast svježeg mlijeka sadrži samo mali udio diacilglicerola, monoacilglicerola i slobodnih masnih kiselina koji su vjerojatno međuproducti u biosintezi triacilglicerola, a ne produkti lipolize. Fosfolipidi čine samo 0,8% mliječnih lipida.

Većina fosfolipida (oko 65%) se nalazi u MFGM, dok je ostatak vezan za proteine mlijeka u vodenoj fazi. Steroli kao najmanje zastupljeni sastojci lipida mlijeka čine tek oko 0,3% mliječne masti (MacGibbon i Taylor, 2006).

Tablica 2. Prosječni sastav lipida svježeg mlijeka (Izvor: Walstra et al., 2006)

Table 2. Average lipid composition of fresh milk (Source: Walstra et al., 2006)

Glavni sastojci lipida	Postotni udjel u mliječnoj masti (w/w)	Postotni udjel lipida u mlijeku		
		Jezgra globule	Membrana globule	Plazma mlijeka
Neutralni gliceridi	98,70			
Triacilgliceroli	98,30	~100	+	?
Diacilgliceroli	0,30	90?	10?	+
Monoacilgliceroli	0,03	+	-	
Slobodne masne kiseline	0,10	60	10?	30
Fosfolipidi	0,80	0	65	35
Cerebrozidi	0,10	0	70	30
Steroli	0,32	80	10	10

U membrani masne globule najviše je fosfolipida (oko 65% od ukupnih u mlijeku). Hidrofobne skupine fosfolipida (lipofilne) okrenute su prema masnoj fazi i povezane s triacilglicerolima (teško topljivim) iz središta globule. Hidrofilne skupine fosfolipida (lipofobne) okrenute su prema vodenoj fazi mlijeka i povezujući se s proteinima. Ta međumolekularna veza između fosfolipida i proteina unutar membrane naziva se "lipoproteinski kompleks" koji je prilično čvrst, a oštećuju ga zahvati kao zamrzavanje, trenje, utjecaj kemikalija i slično. Fosfolipidi unutar membrane masne globule sadržavaju uglavnom nezasićene masne kiseline dužih lanaca, dok se proteini vezani unutar tog kompleksa sastavom razlikuju od ostalih proteina mlijeka. Prema svojstvima to su glikoproteini i najsličniji su globulinima.

U sloju fosfolipida unutar membrane smješteni su ostali sastojci masti kao kolesterol, neutralni gliceridi, vitamin A i karotenoidi. U sloju membrane masti nađeno je i nešto uklopljenih mlijecnih enzima te vrlo mala koncentracija mineralnih tvari (uglavnom Fe, Mo, Cu i vrlo malo Zn, Ca, Mg, Na i K), koji se zapravo smatraju sadržajem membranskih proteina i enzima. Na samoj površini membrane masne globule nalaze se adsorbirani proteini iz plazme mlijeka (kazein i proteini sirutke). U adsorpcijskom sloju membrane masti nalazi se i nešto vode vezane na hidrofilne skupine sastojaka membrane (uglavnom na fosfolipide i proteine) (Tratnik i Božanić, 2012).

Mjerljiva je i količina vrlo složenih fosfolipida, od kojih je glavninu čini lecitin, zatim kefalin te sfingomijelin, a prisutni su i cerebrozidi (Tratnik i Božanić, 2012).

U sastav masti se ubraja veći broj masnih kiselina, između 12 i 18. To su masne kiseline koje se nalaze u svim uzorcima mlijeka. Pored njih u mlijecnoj masti se nalaze i masne kiseline s neparnim brojem C atoma, kiseline s razgranatim lancem, što rezultira da ovaj broj iznosi preko 30.

Tablica 3. Sastav masnih kiselina u mlijecnoj masti

(Izvor: <https://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/mljecna-mast>)

Table 3. Composition of fatty acids in milk fat

(Source: <https://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/mljecna-mast>)

MASNA KISELINA	BROJ C-ATOMA	(%)
Butenska	C4	4,3
Kapronska	C6	2,6
Kaprilna	C8	1,2
Kaprinska	C10	2,9
Laurinska	C12	3,3
Miristinska	C14	10,9
Miristoleinska	C14:1	1,5
Pentadekanonska	C15	3,2
Palmitinska	C16	32
Palmitoleinska	C16:1	2,8
Margarinska	C17	1,0
Stearinska	C18	9,9
Oleinska	C18:1	26,9
Linolna	C18:2	3,0
Linolenska	C18:1	1,6

Masne kiseline u mlijeku se dijele na zasićene i nezasićene dok se zasićene masne kiseline prema broju C atoma dijele na niže (od 4 do 10 C atoma) i više masne kiseline (12 i više C atoma). Broj masti (tri-, di-, monoglycerida) u mlijeku je velik budući su hidroksilne grupe glicerola esterificirane

različitim masnim kiselinama pa postoji veliki broj kombinacija. Mliječnu mast karakterizira visok udio nižih masnih kiselina, prosječno 8% od količine ukupnih masnih kiselina (preostale masti biljnog i animalnog porijekla sadrže manje od 1%). Najviše ima butenske kiseline čije prisustvo čini mliječnu mast jedinstvenom u odnosu na druge masti (www.tehnologijahrane.com).

Budući da pojedine masne kiseline imaju vrlo različita kemijska i fizikalna svojstva (Tablica 3) i mliječna mast sadržava vrlo raznolike triacilglicerole. Smatra se da ih može biti s oko 1000 različitih kombinacija masnih kiselina. Time se objašnjava nejednolična kristalizacija, topljenje i ostala svojstva, kako mliječne masti tako i njezinih proizvoda (maslaca i vrhnja) (Tratnik i Božanić, 2012).

Drugi sastojci mliječne masti nalaze se u jako malim koncentracijama te su značajni za određivanje senzorskih svojstava i hranjive vrijednosti mlijeka.

Uloga mliječne masti i njezin utjecaj na ljudsko zdravlje je vrlo kontroverzna. Dok se zasićene masne kiseline i kolesterol povezuju povećanim rizikom pojave bolesti srca i krvnih žila, s druge strane, konjugirana linolna masna kiselina (CLA), sfingomijelin i maslačna kiselina posjeduju antikarcinogena svojstva (Michalski i Januel, 2006).

Zabrinutost zbog pretilosti i kardiovaskularnih bolesti u razvijenim i zemljama u razvoju povećale su javni interes za smanjenjem potrošnje masti. Takve zabrinutosti potaknule su mljekarsku industriju na razvoj tehnologija mijenjajući sadržaj mliječne masti, što je vidljivo iz raspona tekućih mliječnih proizvoda koji su dostupni (Bennett et al., 2013).

Promjene mliječne masti

Utjecaj temperature na promjene mliječne masti

Mlijeko se izlaže višim, srednjim i nižim temperaturama. Uz ova razmatranja, odmah se postavlja pitanje: što se podrazumijeva pod tim pojmovima, koje su granice između njih. Točne i oštре granice između njih ne postoje, što znači da su ovi pojmovi uvjetni. Međutim, kada se uzme u obzir cilj koji se želi postići njihovom primjenom, može se reći da se pod višim temperaturama podrazumijevaju one iznad 60 °C, srednje od 18 do 55 °C, a niske temperature ispod 10 °C do temperature smrzavanja mlijeka.

Visoke temperature koriste se prvenstveno za uništavanje mikroorganizama i inaktivaciju enzima, ali se koriste i za poboljšanje tehnoloških svojstava (toplinska stabilnost), denaturaciju proteina i njihovu interakciju, kao i za koncentriranje mliječne tvari.

Međutemperature se nazivaju temperaturama podgrijavanja mlijeka jer se koriste kako bi se omogućilo izvođenje određenih tehnoloških operacija (separacija, podešavanje masnoće - tipizacija,

standardizacija, homogenizacija, sirenje mlijeka), odnosno kako bi se osigurala optimalna aktivnost korištenih čistih kultura (npr. proizvodi od kiselog mlijeka).

Niske temperature koriste se za sprječavanje neželenog razvoja mikroorganizama, produljenje roka trajanja proizvoda, poboljšanje organoleptičkih svojstava ili sprječavanje njihovog kvarenja (Đorđević, 1987).

Punomasno mlijeko pasterizira se kroz kraće vrijeme na visokim temperaturama jer su u tom slučaju manje izražene negativne promjene kvalitete. Visoke temperature se koriste za inaktivaciju lipaza te do aktivacije –SH grupe i B-laktoglobulina što povećava otpornost prema oksidativnim promjenama u razdoblju skladištenja (Tratnik i Božanić 2012).

Promjene mlijecne masti uzrokovane visokim temperaturama

Visoke temperature igraju vrlo važnu ulogu u preradi mlijeka. Primjenjuju se u procesima pasterizacije, kojima se u pravilu u mljekari podvrgava cijelokupna količina kvalitetnog mlijeka, neovisno o namjeni za koju će se koristiti u daljnjoj obradi i preradi. U današnje vrijeme sve je izraženija tendencija da se pri toplinskoj obradi mlijeka koriste više temperature, uz istovremeno skraćivanje vremena njihovog djelovanja, kako bi se uz što manje promjene postigao isti ili bolji učinak uništavanja mikroorganizama i inaktivacije enzima, što je moguće u organoleptičkim svojstvima mlijeka i očuvanju vitaminske vrijednosti (Đorđević, 1987).

Mnoge hranjive tvari mlijeka kao što su proteini, mlijecna mast, ugljikohidrati kao i većina minerala, prilično su stabilni tijekom toplinske obrade mlijeka. Dakle, kvaliteta hranjivih tvari je sačuvana, osim kod steriliziranih mlijecnih proizvoda (Erbersdobler et al., 2002).

Termostabilnost mlijeka je jedno od najznačajnijih tehnoloških svojstava mlijeka, a zapravo se odnosi na stabilnost mlijeka prema djelovanju visokih temperatura. Termostabilnost mlijeka se izražava vremenom potrebnim da se izazove koagulacija mlijeka na određenoj temperaturi ili temperaturom potrebnom da izazove koagulaciju mlijeka za određeno vrijeme. Mlijecna mast otežava praćenje termostabilnosti mlijeka, a smatra se da je samo povišena kiselost uzrok smanjenja termostabilnosti mlijeka. Tijekom toplinske obrade mlijeka razbijaju se nakupine globula masti, a samim tim se i teže izdvajaju na površinu mlijeka. Toplinska razgradnja (degradacija) lipida u mlijeku je jako malo istraživana jer se neoksidativna razgradnja masnih kiselina odvija na temperaturama iznad 200 °C. Toplinska obrada mlijeka može znatno promijeniti svojstva MFGM. Do denaturacije proteina MFGM dolazi na temperaturama iznad 70 °C što dovodi do oslobođanja reaktivnih skupina. Pri izraženom učinku dolazi do oslobođanja sulfhidrilne (-SH) skupine. L – cisteinski ostaci membrane postaju vrlo aktivni što može dovesti do povezivanja sirutke i kazeina s membranama globula mlijecne masti. Osim denaturacije proteina, na povišenoj temperaturi dolazi i do izdvajanje fosfolipida iz membrane globula mlijecne masti MFGM (Huppertz i Kelly, 2009).

Tipični uvjeti pasterizacije, odnosno visoke temperature kroz kratko vrijeme ne utječu na funkcionalna i nutritivna svojstva mlijecne masti. Više temperature mogu uzrokovati oksidaciju masti i loš okus. Visoki toplinski tretmani kao što su UHT (Ultra High Temperature) mogu negativno utjecati na proteine MFGM i destabilizirati globule što rezultira koagulacijom mlijeka (Fox i McSweeney, 1998). Zagrijavanje mlijeka na temperaturu iznad 62 °C ili tretiranje mlijeka tlakom višim od 400 MPa narušava stopu izdvajanja vrhnja kod mlijeka.

Slično povećanje izdvajanja vrhnja se pokazalo i kod tretiranja mlijeka tlakom od 100 do 250 MPa (Huppertz i Kelly, 2006).

Termizacija je blaža kontinuirana toplinska obrada mlijeka, koju slijedi hlađenje a koristi se radi očuvanja kvalitete mlijeka prije sirenja tj. Da bi svojstva sirovog mlijeka ostala gotovo nepromijenjena, a mikroflora održana (Grgurek, 2015).

Termizacija znatno reducira broj bakterija uz minimalno oštećenje sastojaka mlijeka i ne uzrokuje promjene u okusu mlijeka. Osim toga, termizacija dokazano reducira formacije pahuljastog taloga u laboratorijski pasteriziranom mlijeku. Ove pahuljaste nakupine nastaju djelovanjem fosfolipaza bakterije *Bacillus cereus* koja oštećuje MFGM (Stepaniak i Rukke, 2002).

Toplinska obrada mlijeka temperaturama > 70 °C bez homogenizacije, može smanjiti izdvajanje mlijecne masti na površini mlijeka (Huppert et al., 2003). Nakon pasterizacije mlijeka dolazi do razbijanja nakupina globula masti, te se one teže izdvajaju na površini mlijeka. Visoka kratkotrajna pasterizacija (HTST- High Temperature Short Time) ne uzrokuje značajne promjene u građi membrana globula mlijecne masti. Međutim izrazito visoke temperature pasterizacije dovode do denaturacije krioglobulina i agregacije globula masti pri čemu je izdvajanje vrhnja smanjeno ili spriječeno. Izlaganjem mlijeka temperaturi od 80 °C tijekom 15 minuta dolazi do izdvajanja lipida i proteina iz membrane globula koje zbog toga ostaju nezaštićene te se spajaju u veće nakupine (Fox i McSweeney, 1998). Prema El-Loly (2011) grijanje mlijeka na 80 °C tijekom 20 minuta rezultira značajnim gubicima triacilglicerola, ali ne i fosfolipida iz MFGM. Ultra visoka kratkotrajna pasterizacija (UHT - Ultra High Temperature) mlijeka je kontinuiran proces kojim se zaustavlja rast bakterija nakon aseptičkog pakiranja mlijeka, a takav proizvod nosi naziv "komercijalno sterilan". Ovaj postupak podrazumijeva grijanje mlijeka na temperaturama iznad 130 °C (obično od 138 do 145 °C) u trajanju od 1-10 s (obično 1-3 s). UHT postupkom na približno 140 °C, uzrokuje manje kemijskih promjena u mlijeku nego dugotrajno zagrijavanje na nižim temperaturama (Deeth i Datta, 2002).

Promjene mlijecne masti uzrokovane niskim temperaturama

Ovisno o temperaturi hlađenja i vremenu čuvanja mlijeka, dolazi do fizikalnih promjena ugljikohidrata, bjelančevina i masti mlijeka, što rezultira i promjenom prirodnih svojstava mlijeka i

utjecajem na njegovu preradu. Niske temperature ubrzavaju izdvajanje mlijecne masti, u čemu glavnu ulogu imaju imunoglobulini IgG₁ i IgG₂. Hlađenje mlijeka utječe i na kristalizaciju mlijecne masti, odnosno na veličinu i strukturu kristala. Što je brže hlađenje i niža temperatura, to se stvara više kristala (Kirin, 2001).

Sirovo mlijeko mora se najkasnije dva sata nakon mužnje ohladiti na temperaturu do najviše 6 °C. Svrha hlađenja sirovog mlijeka je usporavanje ili zaustavljanje razvoja mikroorganizama prisutnih u mlijeku. Hlađenjem se povećava viskoznost mlijeka koja dostiže najvišu vrijednost nakon 72 sata čuvanja na temperaturi od 2 do 5 °C što je povezano s promjenama mlijecnih proteina i mlijecne masti. Niske temperature ubrzavaju izdvajanje mlijecne masti u čemu glavnu ulogu imaju imunoglobulini (IgG₁ i IgG₂), te utječu na njenu kristalizaciju. Što je brže hlađenje i niža temperatura, to se stvara više kristala (Kirin, 2001). Kada se mlijeca mast postepeno hlađi na 5 °C, stupnjevito 0,1 °C/min, javlja se sferna (sferalna) mikrostruktura. Međutim, kada se isto mlijeko brzo ohladi do 5 °C, javlja se više granularna struktura. Tijekom sporog hlađenja, događa se opsežan rast kristala. Za razliku od brzog hlađenja, proces kristalizacije je mnogo brži i prevladavaju nukleacije nad rastom kristala, tako da se javlja veliki broj malih mikrostrukturalnih značajki koje su više raspršene nego kod slučaja sporog hlađenja (Wright i Marangoni, 2006). Hlađenje mlijeka uzrokuje otpuštanje više od 15 % fosfolipida iz MFGM, što rezultira povećanjem sadržaja fosfolipida u serumu mlijeka. Hlađenje također uzrokuje prijelaz ksantin oksidoreduktaze iz masti u serum mlijeka i rezultira reverzibilnom adsorpcijom krioglobulina na masne globule (Huppertz i Kelly, 2006). Na temperaturama ispod 4 °C, kristali masti počinju formirati jezgru masne globule. Strukturna oštećenja na membrani masne globule mogu uzrokovati upravo ovakvi kristali npr. ubadajući i probadajući je, što uzrokuje povećanje količine slobodnih masnih kiselina u mlijeku. Čuvanje svježeg sirovog mlijeka na 8 °C više od 96 sati rezultiralo je gubitkom od oko 10 % fosfolipida iz MFGM (Evers, 2004., El-Loly, 2011). Zamrzavanjem mlijeka, a osobito vrhnja dolazi do niza fizikalno-kemijskih promjena lipoproteina i fizičkog oštećenja membrane globule mlijecne masti zbog nastanka ledenih kristala. U odmrznutom mlijeku većina mlijecne masti je u obliku neglobularne slobodne masti (Fox, 2002).

Zatvoreno i ohlađeno mlijeko u spremniku mora se prilično često miješati (svakih 20 – 30 min) kako bi se spriječilo formiranje sloja masnoće na površini mlijeka, koji može stvoriti uvjete za razmnožavanje mikroorganizama uzročnika kvarenja mlijeka (Mills, 2002). Kada se mlijeko čuva na niskim temperaturama duže od 48 sati, dolazi do promjena fizikalnih i kemijskih svojstava te do selektivnog rasta psihrofilnih i psihrotrofnih bakterija, što dovodi do poteškoća u preradi i promjenama nekih svojstava mlijecnih proizvoda. Mlijecne globule kozjeg mlijeka ne srastaju tijekom procesa hlađenja jer im nedostaje aglutinin (ili ga ima vrlo malo), koji je odgovoran za agregaciju globula mlijecne masti u kravljem mlijeku (Tziboula-Clarke, 2002).

Tijekom kristalizacije mlijecna mast u globulama izložena je i utjecaju visokog hidrostatskog tlaka. Postupak tretiranja mlijeka visokim tlakom (HP –High pressure treatment) 100 do 500 Mpa pri temperaturi od 23 °C uzrokuje kristalizaciju masti unutar globula, koja se nastavlja tijekom čuvanja na istoj temperaturi. Prelazak mlijecne masti iz čvrste u tekuću fazu uzrokovan povišenjem temperature tijekom tretiranja mlijeka postupkom HP u svezi je s ubrzanjem kristalizacije mlijecne masti. HP inducirana kristalizacija mlijecne masti snažno je povezana s redukcijom veličine mlijecne globule (Huppertz i Kelly, 2006). Huppertz et al. (2003) su dokazali da su nakupine mlijecne masti formirane pri hladnom čuvanju, koje su tretirane tlakom od 200 Mpa, bile veće nego one formirane u mlijeku koje nije bilo tretirano visokim tlakom. Međutim, točan mehanizam izdvajanja vrhnja iz mlijeka tretiranim visokim tlakom još nije potpuno objašnjen. Isti autori navode da nije došlo do nakupina globula tijekom hladnog čuvanja kod mlijeka tretiranog tlakom od 600 MPa. Toplinska ili visokim tlakom inducirana hladna aglutinacija vjerojatno je rezultat denaturacije IgM.

Zaključak

Mlijecna mast ima najveću energetsku vrijednost mlijeka i utječe na okus, aromu, konzistenciju, kao i tijek zrenja i randman sira. Toplinska obrada mlijeka, odnosno različite temperature obrade mlijeka kao i različiti tehnološki postupci u proizvodnji mlijeka i mlijecnih proizvoda znatno mijenjaju svojstva membrana globula mlijecne masti i utječu na senzorska svojstva konačnog proizvoda.

Izlaganjem mlijeka temperaturi od 80 °C tijekom 15 minuta dolazi do izdvajanja lipida i proteina iz membrane globula koje zbog toga ostaju nezaštićene te se spajaju u veće nakupine. Grijanje mlijeka na 80 °C tijekom 20 minuta rezultira značajnim gubicima triacilglicerola, ali ne i fosfolipida iz MFGM. Ultra visoka kratkotrajna pasterizacija uzrokuje manje kemijskih promjena u mlijeku nego dugotrajno zagrijavanje na nižim temperaturama.

Na temperaturama ispod 4 °C, kristali masti počinju formirati jezgru masne globule. Strukturalna oštećenja na membrani masne globule mogu uzrokovati upravo ovakvi kristali npr. ubadajući i probadajući je, što uzrokuje povećanje količine slobodnih masnih kiselina u mlijeku.

Zamrzavanjem mlijeka, a osobito vrhnja, dolazi do niza fizikalno-kemijskih promjena lipoproteina i fizičkog oštećenja membrane globule mlijecne masti zbog nastanka ledenih kristala.

Toplinska razgradnja lipida u mlijeku relativno je slabo istraživana te su svakako potrebna daljnja istraživanja u ovome pravcu.

Napomena

Rad je nastao u okviru izrade Završnog rada, završenog studenta Andreja Sučića (vidi literaturu).

Literatura

- Antunac, N., Mikulec, N., Bendelja, D., Prpić, Z., Barać, Z. (2008). Karakterizacija i istraživanje kvalitete mlijeka u proizvodnji krčkog sira. *Mljekarstvo*, 58(3), 203-222.
- Barukčić, I. (2013). Zašto školarcima treba mlijeko? *Mlijeko i ja*, 2(18), 26-27.
- Bennett, A., Muehlhoff, E., McMahon, D. (2013). Milk and dairy products in human nutrition. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
- Berton, A., Rouvellac, S., Benoit, R., Rousseau, F., Loprez, C., Crenon, I. (2012). Effect of size and interface composition of milk fat globules on their in vitro digestion by the human pancreatic lipase: native versus homogenized milk fat globules. *Food Hydrocolloids*, 29, 123-134.
- Chowdary, A. (2022). Role of Milk Fats in Nutrition and Health. *Journal of Food & Industrial Microbiology*, 8(3), 1.
- Deeth, H.C. (2002). *Lipolysis*. U: *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Roginski H., Fuquay, J.W., Fox, P.F. (Eds.), Vol. 1, London: Academic Press.
- Deeth, H.C., Datta, N. (2002). *Heating systems*. U: *Encyclopedia of Dairy Sciences*.
- Đorđević, J. (1987). *Mleko: hemija i fizika mleka*. Beograd: Naučna knjiga.
- El-Loly M.M. (2011). Composition, properties and nutritional aspects of milk fat globule membrane - a Review. *Polish journal of food and nutrition sciences*, 61(1), 7-32.
- Erbersdobler, H.F., Drusch, S., Faist, V. (2002). *Effects of processing on protein quality of milk and milk products*. U: *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Roginski H., Fuquay, J.W., Fox, P.F. (Eds.), Vol. 1, London: Academic Press, 2137-2143.
- Evers, J.M. (2004). The milkfat globule membrane-compositional and structural changes post secretion by the mammary secretory cell. *International Dairy Journal* 14, 661-674.
- Fox, P.F. (2002). *Fat Globules in Milk*. U: *Encyclopedia of Dairy science*. Roginski H., Fuquay, J.W., Fox, P.F. (Eds.), Vol. 1, London: Academic Press, 1564-1568.
- Fox, P.F., McSweeney, P.L.H. (1998). *Production and utilization of milk*. U: *Diary Chemistry and Biochemistry*. Fox, P.F. McSweeney, P.L.H. (Eds.), London: Blackie Academic and professional, 1-20.
- <https://dairyprocessinghandbook.tetrapak.com/chapter/chemistry-milk> (pristup: 21.2.2023)
- <https://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/mlijecna-mast> (pristup: 21.2.2023)

<http://www.tehnologijahrane.com/hemijahrane/mljecna-mast> (pristup: 20.12.2023)

Grgurek, Lj. (2015). *Proizvodnja sireva – teorija i praksa*, Zagreb: Probiotik d.o.o.

Huppertz, T., Fox, P.F., Kelly, A.L. (2003). High pressure-induced changes in the creaming properties of bovine milk. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 4, 349-359.

Huppertz, T., Kelly, A.L. (2006). *Physical Chemistry of Milk Fat Globules*. U: *Advanced Dairy Chemistry*. Fox P.F., McSweeney P.L.H. (Eds.), Vol. 2, Lipids, New York: 3rd edition, Springer, 173-204.

Huppertz, T., Kelly, A. L. (2009). *Properties and Constituents of Cow's Milk* U: *Milk Processing and Quality Management*, Tamime, A.Y. Blackwell Publishing Ltd, UK, 23-43.

King, N. (1955). *The milk fat globule membrane*, CAB, Fornham Royal, England.

Kirin, S. (2001). Utjecaj hlađenja na svojstva i kakvoću sirovog mlijeka, *Mljarstvo*, 51(2) 151-159.

Lopez, C., Briard-Bion, V., Ménard, O., Beaucher, E., Rousseau, F., Fauquant, J., Leconte, N., Robert. B, (2011). Fat globules selected from whole milk according to their size: Different compositions and structure of the biomembrane, revealing sphingomyelin-rich domains. *Food Chemistry*, 125, 355-368.

MacGibbon, A.K.H., Taylor, M.W. (2006). *Composition and Structure of Bovine Milk Lipids*. U: *Advanced Dairy Chemistry*. Fox P.F., McSweeney, P.L.H. (Eds.), Vol. 2, Lipids, New York: 3rd edition, Springer, 1-35.

McGuire, M.A., Bauman, D.E. (2002). *Milk fat*. U: *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Roginski H., Fuquay, J.W., Fox, P.F. (Eds.), Vol. 1, London: Academic Press, 1828-1834.

Michalski, M. C., Januel, C. (2006). Does homogenization affect the human health properties of cow's milk? *Trends in food Science & Technology*, 17, 423-437.

Mills, O. (2002): *Milking management*. U: *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Roginski H., Fuquay, J.W., Fox, P.F. (Eds.), Vol. 1, London: Academic Press, 2507-2517.

Pejaković, A. (2023). Mliječna mast u mlijeku, dostupno na: <https://gospodarski.hr/rubrike/ostalo/mljecna-mast-u-mlijeku/> (pristup: 25.09.2023).

Pravilnik o mlijeku i mliječnim proizvodima, *Narodne novine* br. 20/2009.

Pravilnik o utvrđivanju sastava sirovog mlijeka, *Narodne novine* br. 27/2017.

Ramos, M., Juarez, M. (2002). *Sheep milk*. U: *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Roginski H., Fuquay, J.W., Fox, P.F. (Eds.), Vol. 1, London: Academic Press, 2539-2545.

Sarić, Z. (2003). *Tehnologija mlijeka i mlječnih proizvoda*. Sarajevo: I dio neautorizovana predavanja.

Singh, R. P., Zorrilla, S.E. (2002). *Process and plant design*. U: *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Roginski H., Fuquay, J.W., Fox, P.F. (Eds.), Vol. 1, London: Academic Press, 2322-2330.

Stepaniak, L., Rukke, E.O. (2002). *Termization of milk*. U: *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Roginski H., Fuquay, J.W., Fox, P.F. (Eds.), Vol. 1, London: Academic Press, 2619-2625.

Sučić, A. (2023). Utjecaj temperatura na promjene mlječne masti mlijeka. Završni rad. Veleučilište "Marko Marulić" u Kninu.

Tratnik, LJ. I Božanić, R. (2012). *Mlijeko i mlječni proizvodi*. Zagreb: Hrvatska mljekarska udruga.

Tratnik, LJ. (1998). *Mlijeko-tehnologija, biokemija i mikrobiologija*. Zagreb: Hrvatska mljekarska udruga.

Tziboula-Clarke, A. (2002). *Goat milk*. U: *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Roginski H., Fuquay, J.W., Fox, P.F. (Eds.), Vol. 1, London: Academic Press, 1270-1279.

Walstra, P., Wouters, J.T.M., Geurts, T.J. (2006), *Dairy Science and Technology*, 2. Izdanje, London, New York: SRC Press, Taylor & Fancis Group, Boca Raton,

Wiking, L., Stagsted, J., Bjorck, L., Nielsen, J.H. (2004). Milk fat globule size is affected by fat production in dairy cows. *International Dairy Journal*, 14(10), 909-913.

Wright, A. J., Marangoni, A.G. (2006). *Crystallization and Rheological Properties of Milk Fat*. U: *Advanced Dairy Chemistry*. Fox P.F., McSweeney, P.L.H. (Eds.), Vol. 2, Lipids, 3rd edition, New York: Springer, 245-281.

Živković, R., Hadžiosmanović, M., Oberiter, V. (1995). *Mlijeko, medicinski i prehrambeni problemi*. Senat, Kolegij javnog zdravstva, Odbor veterinarske medicine, 37-44.

Primljeno: 27. studenoga 2023. godine

Received: November 27, 2023

Prihvaćeno: 29. prosinca 2023. godine

Accepted: December 29, 2023

Upute autorima

Stručno znanstveni časopis *Futura* objavljuje znanstvene i stručne rade iz biotehničkih znanosti (poljoprivrede, šumarstva, drvne tehnologije, prehrambene tehnologije, nutricionizma, biotehnologije i interdisciplinarne biotehničke znanosti) kao i društvene vijesti, bibliografije, zatim prikaze knjiga i rada, popularne znanstvene rade, polemike i dr. Objavljaju se samo rade koji nisu drugdje predani za objavljanje, niti objavljeni. Znanstveni rade 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. Rade 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 rade 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).

Iзворни 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 jasnú 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: Stari alati i predmeti, Maovice, Vrlika, 2023.

Autor: Emilia Friganović, ljubaznošću gosp. Jakova Režića.

