

Получаване на функционална напитка от червена боровинка (*Vaccinium vitis-idaea* L.) и екстракт от дива мента (*Mentha pulegium* L.)

Албена Пържанова¹, Теодора Янева¹, Иван Иванов²

¹Институт по Консервиране и Качество на Храните, бул. Васил Априлов 154, 4000, Пловдив, България

Селскостопанска академия, 1373, София, България

²Университет по хранителни технологии- Пловдив, катедра „Органична химия и неорганична химия“, Пловдив, бул. „Марица“ 26, 4000, Пловдив, България

Development of an Innovative Functional Beverage from Fermented Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) and Wild Mint (*Mentha pulegium* L.)

Albena Parzhanova¹, Teodora Yaneva¹, Ivan Ivanov²

¹Institute of Food Preservation and Quality, Department of Food Technologies, Vasil Aprilov 154 Blvd., 4000, Plovdiv, Bulgaria

Agricultural Academy of Bulgaria, 1373 Sofia, Bulgaria

²University of food technologies-Plovdiv, Organic chemistry and Inorganic chemistry, Plovdiv, Maritsa 26 Blvd, 4000, Plovdiv, Bulgaria

*E-mail: a.parzhanova@canri.org; t.yaneva@canri.org

РЕЗЮМЕ

Настоящата разработка представя създаване на иновативна функционална напитка от червена боровинка (*Vaccinium vitis-idaea* L.) и дива мента (*Mentha pulegium* L.) с подобрена технология. Проучени са основни биохимични параметри на напитката и използваните суровини, включително общи полифеноли, концентрации на въглехидрати и аскорбинова киселина, както и антиоксидантната активност по DPPH и FRAP метод. Полученият продукт представлява слабо алкохолна ферментационна напитка с освежаващ вкус и натурална органолептика. Синергичната комбинация от

SUMMARY

This study presents the development of a novel functional beverage based on fermented lingonberry (*Vaccinium vitis-idea* L.) and wild mint (*Mentha pulegium* L.), obtained through an optimized technological process.

The main biochemical parameters of the beverage and the raw materials used were studied, including the concentrations of total polyphenols, carbohydrates, ascorbic, and antioxidant activity by the DPPH and FRAP methods.

The final product contains very low alcohol as a result of controlled

растителни екстракти предполага потенциални функционални свойства, включващи стимулиране на храносмилателните процеси, антиоксидантна защита, имуностимулиращ ефект, леко седативно и релаксиращо действие. Представена е технологична схема за производство на напитката. Разработката има потенциал за приложение в индустрията на функционалните храни и напитки. Получените резултати предоставят възможност за създаване на здравословен продукт с добавена стойност и природосъобразен състав.

Ключови думи: червена боровинка, дива мента, функционална напитка

УВОД

Напоследък се наблюдава все по-голям интерес към функционалните напитки, обогатени с натурални растителни съставки, поради възможността да съчетаят освежаващ вкус с благоприятни върху здравето ефекти. *Vaccinium vitis-idaea* L. (червена боровинка) е ценен източник на полифеноли, проантоцианидини и антоциани с изразена антиоксидантна и противовъзпалителна активност. *Mentha pulegium* L. (дива мента) съдържа етерични масла и флавоноиди, допринасящи за успокояващ, антимикробен и благоприятстващ храносмилането ефект. Комбинирането на тези растения и подлагането им на ферментация, предоставя възможност за получаването на нови функционални напитки с висока биологична стойност.

Червената боровинка (*Vaccinium vitis-idaea* L.), lingonberry, е малък вечнозелен храст, който ражда яркочервени плодове, ценени заради техните хранителни и здравословни свойства. В последните години

fermentation and exhibits a refreshing taste with naturally preserved bioactive compounds.

The synergistic action of the herbal extracts suggests potential health benefits such as improved digestion, enhanced antioxidant protection, immune system support, and mild sedative effects.

A technological flowchart for production is proposed.

Key words: lingonberry, wild mint, functional beverage

INTRODUCTION

Recently, there has been growing interest in functional beverages enriched with natural plant ingredients due to their potential to combine refreshing taste with beneficial health effects.

Vaccinium vitis-idaea L. (lingonberry) is a valuable source of polyphenols, proanthocyanidins, and anthocyanins with notable antioxidant and anti-inflammatory activity.

Mentha pulegium L. (wild mint) contains essential oils and flavonoids that contribute to stress-releasing, antimicrobial, and digestion-promoting effects.

Combining these plants enables the production of novel functional beverages with high biological value.

Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) is a small evergreen shrub that bears bright red fruits valued for their nutritional and health-promoting properties. In recent years, interest in lingonberries has increased, especially in the context of

интересът към червената боровинка нараства, особено в контекста на производството на напитки. Тези плодове са известни със своето високо съдържание на антиоксиданти, включително фенолни съединения и витамини (Milkova-Tomova et al., 2018; Kowalska, 2021). Червените боровинки са признати за безопасни горски плодове и могат да се консумират пресни или да се трансформират в продукти като сокове, нектари, конфитюри и желета (Debnath and Arigundam, 2020; Kowalska, 2021).

Червената боровинка, известна в България с наименованието Брусница (*V. vitis-idaea*) за сега не се използва масово, защото се събира от дивата природа. Интересът към нея се засилва на база новите данни за изключително високо съдържание на антиоксидантни съединения и доказването на редица здравни ползи. Естествените съединения, открити в брустниците притежават доказани противовъзпалителни свойства, като намаляват нивата на хронично възпаление, характерно за затлъстяването. Приемът на червена боровинка оказва положително влияние върху мозъка и е помощно средство при лечението на невродегенеративни заболявания (Kowalska, 2021). Hewage et al., (2021), доказват, че червена боровинка осигурява защита срещу чернодробно увреждане, чрез подобряване на чернодробната стеатоза, отслабване на оксидативния стрес. Тя може да служи като потенциална алтернатива за лечение на омазнен черен дроб, който не е причинен от консумация на алкохол (Hewage et al., 2021).

Въпреки полезните им свойства, характерният кисел и леко стипчив вкус на плодовете може да бъде отблъскващ за някои потребители, което може да доведе до ограничена консумация. Ароматно-вкусовите съединения са важни показатели за

beverage production.

These fruits are known for their high content of antioxidants, including phenolic compounds and vitamins (Milkova-Tomova et al., 2018; Kowalska, 2021). Lingonberries are considered safe wild fruits and can be consumed fresh or processed into products such as juices, nectars, jams, and jellies (Debnath & Arigundam, 2020; Kowalska, 2021).

In Bulgaria, lingonberry, locally known as *brusnitsa* (*V. vitis-idaea*), is not yet widely used because it is harvested from the wild nature. Interest in the fruit is increasing due to new findings about its exceptionally high antioxidant content and proven health benefits. The natural compounds found in lingonberries have confirmed anti-inflammatory properties, reducing levels of chronic inflammation associated with obesity.

The consumption of lingonberry positively affects brain health and supports treatment of neurodegenerative diseases (Kowalska, 2021). According to Hewage et al. (2021), lingonberry provides protection against liver damage by improving hepatic steatosis and reducing oxidative stress.

It may serve as a potential alternative for the treatment of non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD).

Despite their health benefits, the characteristically sour and slightly astringent taste of lingonberries can be off-putting to some consumers, potentially limiting their application in foodstuffs. Flavor and aroma compounds are important determinants of the sensory

органолептичните качества на червената боровинка и са важни фактори при решенията на потребителите за покупка (Laaksonen et al., 2016). Напитките, произведени от червена боровинка, могат да бъдат обогатени с добавки от други плодове или билки, за да се увеличи тяхната хранителна стойност и вкусови качества (Amundsen et al., 2023), тъй като важен аспект на изследванията на храните е връзката между вкуса и химичния състав на горските плодове (Wang et al., 2023).

Промените в органолептичния профил по време на ферментация на напитки, получени от различни плодове могат да предложат уникален вкус, което да ги направи привлекателни за потребителите (Vilkickyté et al., 2019; Hewage et al., 2021). Добавките с Червена боровинка (*Vaccinium vitis-idaea* L.) представляват ценен ресурс за производството на напитки, благодарение на своите хранителни и здравословни свойства. Съчетаването на традиционни методи на преработка с иновации в областта на ферментацията и добавките може да доведе до нови и интересни продукти на пазара (Kowalska, 2021).

Комбинирането на горски плодове с диворастящи билки при определени концентрации води до получаване на функционални напитки, които освен високия си антиоксидантен потенциал, притежават привлекателен вид, вкус и аромат (Burlingame et al., 2009).

Настоящото изследване представя сравнителен анализ на основните биохимични показатели, характеризиращи функционалните свойства на ферментационна напитка от червена боровинка (*Vaccinium vitis-idaea* L.), както и варианти, обогатени с растителни екстракти от дива мента (*Mentha pulegium* L.) и индрише (*Pelargonium roseum* Willd.).

Дивата мента (*Mentha pulegium*

qualities of lingonberries and significantly influence consumer purchasing decisions (Laaksonen et al., 2016).

Lingonberry-based beverages can be enriched with other fruit or herbal additives to enhance their nutritional value and flavor (Amundsen et al., 2023), since a key focus of food research is the link between taste and the chemical composition of wild berries (Wang et al., 2023).

Changes in the organoleptic profile during fermentation of fruit-based beverages can offer a unique taste that appeals to consumers (Vilkickyté et al., 2019; Hewage et al., 2021).

Lingonberry additives (*Vaccinium vitis-idaea* L.) are a valuable resource for beverage production, owing to their nutritional and health-enhancing properties. Combining traditional processing methods with innovations in fermentation and additive use can lead to the development of new and interesting market products (Kowalska, 2021).

Combining wild berries with wild herbs at specific concentrations results in functional beverages that, in addition to their high antioxidant potential, possess attractive appearance, taste, and aroma (Burlingame et al., 2009; 2012).

This study presents a comparative analysis of the main biochemical indicators characterizing the functional properties of a fermented beverage made from lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.), as well as variants enriched with plant extracts from wild mint (*Mentha pulegium* L.) and rose geranium (*Pelargonium roseum* Willd.).

Wild mint (*Mentha pulegium* L.),

L.), род *Mentha*, семейство *Lamiaceae* е ароматно и многогодишно растение (Rodrigues et al., 2013). Тя е разпространена в Европа, Близкия изток и Северна Африка и се адаптира при различни условия на околната среда (Kumar et al., 2011). Salehi et al., (2018) са установили, че етеричните масла и екстрактите от мента се използват в козметиката и в различни фармацевтични препарати като антиспазмолитични и газогонни средства (Gulluce et al., 2007; Anwar et al., 2019). Растението е използвано още в древността в гръцката, римската и средновековната култура като средство подпомагащо храносмилането. Използвано е също и като противокашлично и антисептично средство (Nickavar and Jabbareh, 2018; El-Gazar et al., 2022). Последните проучвания показват, че *Mentha pulegium* L. може да бъде полезна при хронични заболявания като диабет и невродегенеративни патологии (Edris, 2007), благодарение на нейните антиоксидантни (Al-Rajhi et al., 2022), антивирусни (Parsania et al., 2017) и антибактериални свойства (Mahboubi and Haghi 2008; Barchan et al., 2016).

Дивата мента намира все по-широко приложение в хранителната индустрия, медицината и козметиката. Разработват се научни подходи за доказване на лечебното ѝ действие, полезните свойства и употреба в различни хранителни продукти, напитки, добавки, медицински и козметични продукти. Дестилацията на етерични масла от мента започва в Япония и Англия, но става важен индустриален продукт за САЩ, Китай, Индия и други държави (Mahboubi and Haghi, 2008). Сред лечебните растения, (видовете *Mentha*) проявяват множество полезни за здравето свойства, като превенция от развитие на рак и против затлъстяване, антимикробни, противовъзпалителни, антидиабетни и кардиопротективни

from the genus *Mentha*, family *Lamiaceae*, is an aromatic perennial plant (Rodrigues et al., 2013). It is distributed across Europe, the Middle East, and North Africa and adapts well to different environmental conditions (Kumar et al., 2011).

According to Salehi et al. (2018), the essential oils and extracts from mint are used in cosmetics and various pharmaceutical preparations as antispasmodic and carminative agents (Gulluce et al., 2007; Anwar et al., 2019). Historically, the plant has been used since ancient times in Greek, Roman, and medieval cultures as a digestive aid. It has also been applied as an antitussive and antiseptic agent (Nickavar and Jabbareh, 2018; El-Gazar et al., 2022).

Recent studies show that *Mentha pulegium* L. may be beneficial in managing chronic conditions such as diabetes and neurodegenerative diseases (Edris, 2007), owing to its antioxidant (Al-Rajhi et al., 2022), antiviral (Parsania et al., 2017), and antibacterial properties (Mahboubi and Haghi, 2008; Barchan et al., 2016).

Wild mint is increasingly used in the food industry, medicine, and cosmetics. Scientific approaches are being developed to validate its therapeutic effects, beneficial properties, and applications in various food products, beverages, supplements, medicinal, and cosmetic products.

The distillation of mint essential oils began in Japan and England but later became an important industrial process in countries like the USA, China, India, and others (Mahboubi and Haghi, 2008). Among medicinal plants, *Mentha* species exhibit many health benefits, such as cancer prevention, anti-obesity effects, antimicrobial, anti-inflammatory, antidiabetic, and cardioprotective properties.

ефекти. Цъфтящите надземни части на *Mentha pulegium* L. (*Labiatae*) се използват поради антисептичните си свойства и за лечение на инфекциозни заболявания (Mahboubi and Haghi, 2008).

Дивата мента също е богата на фенолни съединения, особено на фенолни киселини и флавоноиди (Idrissi et al., 2001). Като цяло, биологичните активности на ментата се дължат предимно на полифенолите и фитохимикалите в етеричното масло (Orhan et al., 2012; Elansary et al., 2016; Bahadori et al., 2018). *Mentha pulegium* трябва да се дозира прецизно поради съдържанието на пулегон – вещество с хепатотоксични свойства. Трябва да се избягва от бременни и кърмещи жени (Anderson et al., 1996; EMA – Herbal Medicinal Products (HMPC)).

Индришето (*Pelargonium roseum*), принадлежи към семейство *Geraniaceae* (Ávila, et al., 2013). Произходът на *Pelargonium roseum* е Южна Африка, а в Европа е познат от началото на XVIII век (Roman et al., 2023). Освен, че се отглежда като декоративно растение, видовете *Pelargonium* са важни за парфюмерийната индустрия и се култивират и дестилират заради ароматите си. Етеричните масла извлечени от видовете *Pelargonium* се използват в ароматерапията и масажната терапия (Dorman and Deans, 2000; Tabari et al., 2019).

В билковата медицина видът *Pelargonium* се използва при чревни проблеми, рани и респираторни заболявания. През последните години в Европа и Съединените щати за лечение на простудни заболявания се разпространяват лекарствени средства съдържащи масло от *Pelargonium*. В няколко проучвания се съобщава, че маслото от индрише подпомага хормоналния баланс, функциите на черния дроб и бъбреците, изхвърля токсините от

The flowering aerial parts of *Mentha pulegium* L. (*Labiatae*) are used for their antiseptic properties and in the treatment of infectious diseases (Mahboubi and Haghi, 2008).

Wild mint is also rich in phenolic compounds, especially phenolic acids and flavonoids (Idrissi et al., 2001). In general, the biological activities of mint are primarily attributed to the polyphenols and phytochemicals found in its essential oil (Orhan et al., 2012; Elansary et al., 2016; Bahadori et al., 2018).

Mentha pulegium must be dosed carefully due to its content of pulegone – a compound with hepatotoxic properties. It should be avoided by pregnant and breastfeeding women (Anderson et al., 1996; EMA – Herbal Medicinal Products (HMPC)).

Rose geranium (*Pelargonium roseum*) belongs to the family *Geraniaceae* (Ávila et al., 2013).

The plant originates from South Africa and has been known in Europe since the early 18th century (Roman et al., 2023). In addition to being cultivated as an ornamental plant, *Pelargonium* species are important to the perfume industry and are grown and distilled for their aromatic properties.

The essential oils extracted from *Pelargonium* species are used in aromatherapy and massage therapy (Tabari et al., 2019; Dorman and Deans, 2000).

In herbal medicine, *Pelargonium* species are used to treat digestive issues, wounds, and respiratory illnesses. In recent years, medicinal products containing *Pelargonium* oil have become widespread in Europe and the United States for the treatment of common colds.

Several studies report that rose geranium oil supports hormonal balance, liver and kidney function, and detoxification of the liver, which can contribute to overall well-

черния дроб, което може да повлияе върху цялостното благосъстояние на организма.

Подпомага храносмилателната, нервната и кръвоносната система и има антисептични свойства (Dorman et al., 2000; Dzamic et al., 2014).

Целта на настоящата научна разработка е да се определят физикохимичните показатели: съдържание на общите феноли, флавоноиди, антоциани и антиоксидантна активност на горски плод червена боровинка (*Vaccinium vitis-idaea* L.) и на лечебните и ароматични растения дива мента (*M. pulegium* L.) и индрише *Pelargonium roseum* Willd, растящи и идентифицирани в България. както и да се разработи технология за приготвянето на нова функционална напитка, която да е приложима за профилактично и диетично хранене с потенциален благоприятен ефект върху човешкият организъм.

• **Материали и методи**

• **Суровини**

- **Растителни**

Растенията са събирани както следва: червената боровинка *Vaccinium vitis-idaea* L. от Местност „Коначищата“, област Смолян, дивата мента *Mentha pulegium* L. от село Любча, област Смолян. *Pelargonium roseum* Willd. (индрише) е добит от Индустриална зона север, община Пловдив. Техните координати са показани в Таблица 1.

being. It supports the digestive, nervous, and circulatory systems and possesses antiseptic properties (Dorman et al., 2000; Dzamic et al., 2014).

Objective

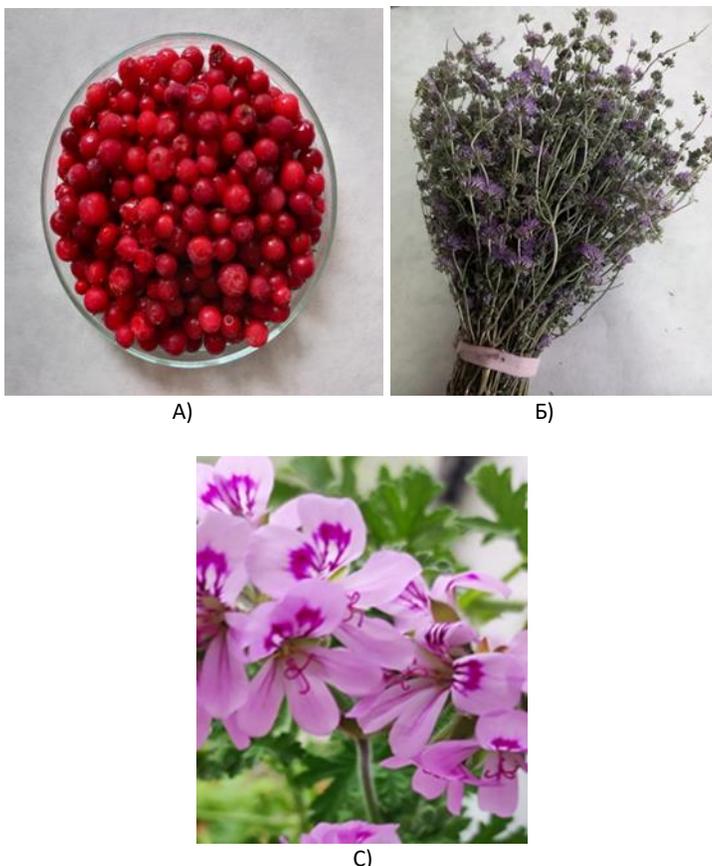
The aim of this scientific study is to determine the physicochemical parameters—specifically, the content of total phenols, flavonoids, anthocyanins, and antioxidant activity—of the wild fruit lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) and the medicinal and aromatic plants wild mint (*Mentha pulegium* L.) and rose geranium (*Pelargonium roseum* Willd.), which grow and have been identified in Bulgaria. The bioactive compounds present in these medicinal plants are the reason for developing a technology to create a new functional beverage suitable for preventive and dietary nutrition, with potential beneficial effects on human health.

• **Materials and methods**

• **Raw materials**

- **Plant**

Plants were collected as follows: Lingonberry, *Vaccinium vitis-idaea* L. from the locality “Konachishta”, district Smolyan, Wild mint, *Mentha pulegium* L. from the village Lyubcha, district Smolyan. *Pelargonium roseum* Willd., Rose geranium was collected from the Industrial Zone North, Plovdiv Municipality. Their coordinates are shown in Table 1.



**Фиг.1. Растителни суровини: А) *Vaccinium vitis-idaea* L.(Червена боровинка), Б) *Mentha pulegium* L, (Дива мента) и С) *Pelargonium roseum* Willd. (Индрише)
Fig.1. Plant raw materials: A) *Vaccinium vitis-idaea* L. (Lingonberri), B) *Mentha pulegium* L, (Wild mint) and C) *Pelargonium roseum* Willd. (Rose geranium)**

Плодовете на червената боровинка са събрани през периода август - септември 2024 г. и се използват в пряно състояние за приготвяне на ферментационна напитка. Другите две растителни суровини дива мента и индрише са събрани юли/август 2024 г. изсушени на въздух при стайна температура (20-23°C), (Фигура. 1) и се използват в сухо състояние.

The lingonberry fruits were harvested in the period August-September 2024 and used fresh for the preparation of a fermentation beverage.

The other two botanicals wild mint and indris were collected in July/August 2024 and air-dried at room temperature (20-23°C) (Figure 1) and used in the dry state.

Таблица 1. Произход на растенията *Vaccinium vitis-idaea* L. (Червена боровинка), *Mentha pulegium* L, (Дива мента) и *Pelargonium roseum* Willd. (Индрише)

Table 1. Origin of the plants *Vaccinium vitis-idaea* L. (Lingonberry), *Mentha pulegium* L, (Wild Mint) and *Pelargonium roseum* Willd. (Rose geranium)

Растение/ Plant	Регион/ Region	Област/ District	GPS Координати GPS/ Coordinates	Надморска височина, м/ Altitude, m
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L. Червена боровинка/ <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L. (Lingonberry)	Община Доспат, Местност „Коначищата“/ Dospat Municipality, "Konachishtata" locality	Смолян / Smolyan	41°66'N 24°16'E/ 41°66'N 24°16'E	1275
<i>Mentha pulegium</i> L. Дива мента/ <i>Mentha pulegium</i> L. (Wild Mint)	Община Доспат, Село Любча/ Dospat Municipality, Lyubcha village	Смолян/ Smolyan	41°37' N 24°05' E/ 42°10'N 24°43'E	1170
<i>Pelargonium roseum</i> Willd. Индрише/ <i>Pelargonium roseum</i> Willd. (Rose Geranium)	Община Пловдив, Индустриална зона Север/ Plovdiv Municipality, North Industrial Zone	Пловдив/ Plovdiv	42°10' N 24°43' E/ 42°10'N 24°43'E	164

- Вода изворна, използвана за ферментирала напитка от Червена боровинка

- Вода дейонизирана за билкови екстракти от Дива мента и Индрише

- Подсладител стевия / еритрол кристали.

Ферментационна напитка от боровинка (*Vaccinium vitis-idaea* L).

От плодовете на червената боровинка се приготвя основната ферментационна напитка. Почистените плодове се заливат с изворна вода при хидромодул 1:2, подреждат се на пластове в дървена бъчва, като между тях се поставят семе от синап (*Sinapis*). Напитката отлежава на защитено от светлина място с продължителност на 30 дни при температура на въздуха от 18°C до 20°C, при ежедневно разбъркване и

- Spring water used for fermented lingonberry beverage

- Deionized water for herbal extracts from pennyroyal and rose geranium

- Sweetener: stevia/erythritol crystals

Fermented Beverage from Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.)

The base fermented beverage was prepared from lingonberry fruits. The cleaned fruits were soaked in spring water at a hydromodule of 1:2 and layered in a wooden barrel, with mustard seeds (*Sinapis*) placed between the layers.

The beverage was left to ferment in a dark and cool place for 30 days at an ambient temperature of 18°C to 20°C, with daily stirring and aeration.

аериране.

Методи за анализ

Приготвяне на екстракти

Сушените билки *Mentha pulegium* L. (дива мента) и *Pelargonium roseum* Willd. (индрише) са фино смлени с помощта на блендер. Водни екстракти (инфузия) са получени чрез заливане на 10 g от смления сух материал с кипяща дестилирана вода при хидромодул 1:50 за индрише и дива мента. Екстракцията е проведена в продължение на 30 минути. Получените екстракти са филтрирани през филтърна хартия и съхранявани при 4°C до времето за анализ, но не повече от 24 часа или са замразени при -18C⁰ при по-дълъг срок на съхранение.

Физикохимични анализи

Физикохимичните характеристики на избраните растения са оценени съгласно следните български държавни стандарти: съдържание на влага – БДС 15437:1982, Съдържание на пепел – БДС 7646:1982, въглехидрати – ВЛМ 3:2023, протеини – БДС 14431:1978, и аскорбинова киселина (витамин С) - БДС 11812: 1991.

Общо фенолно съдържание

Общото фенолно съдържание (TPC) е определено с помощта на реактива на Folin-Ciocalteu. Реакционната смес, съдържаща 1 ml от реактива Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich, Merck, Германия), 0,8 ml 7,5% натриев карбонат (Sigma-Aldrich, Merck) и 0,2 ml от растителния екстракт, се държи на тъмно при стайна температура в продължение на 20 min. Абсорбцията е измерена със спектрофотометър Camspec M107 (Spectronic-Camspec Ltd., Великобритания) при 765 nm спрямо празна проба (дестилирана вода). Резултатите бяха представени като mg еквивалент на галова киселина (GAE)/g сухо тегло (dw) на пробата

Methods of Analysis

Preparation of Extracts

The dried herbs *Mentha pulegium* L. (Wild Mint I) and *Pelargonium roseum* Willd. (Rose geranium) were finely ground using a blender. Aqueous extracts (infusions) were obtained by pouring boiling distilled water over 10 g of the ground dry material at a water-to-plant ratio (hydromodule) of 1:50 for both rose geranium and pennyroyal. The extraction was carried out for 30 minutes. The resulting extracts were filtered through filter paper and stored at 4°C until analysis, but for no longer than 24 hours, or were frozen at -18°C for longer storage.

Physicochemical Analyses

The physicochemical characteristics of the selected plants were evaluated according to the following Bulgarian state standards: moisture content – BDS 15437:1982, ash content – BDS 7646:1982, carbohydrates in-house laboratory method VLM 3:2023, proteins – BDS 14431:1978, and ascorbic acid (vitamin C) – BDS 11812:1991.

Total Phenolic Content

The total phenolic content (TPC) was determined using the Folin–Ciocalteu reagent. The reaction mixture, consisting of 1 ml of Folin–Ciocalteu reagent (Sigma-Aldrich, Merck, Germany), 0.8 ml of 7.5% sodium carbonate (Sigma-Aldrich, Merck), and 0.2 ml of plant extract, was kept in the dark at room temperature for 20 minutes. Absorbance was measured at 765 nm using a Camspec M107 spectrophotometer (Spectronic-Camspec Ltd., UK) against a blank sample (distilled water).

Results were expressed as mg gallic acid equivalents (GAE)/100 ml of the sample (Ivanov et al., 2014).

(Ivanov et al., 2014).

Общо съдържание на флавоноиди

Общото съдържание на флавоноиди (TFC) е оценено по метода, описан от Ivanov et al., (2014). Аликвотна част от 1 ml от растителния екстракт се добавя към 0,1 ml 10% $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$, 0,1 ml 1 M CH_3COOK (Sigma-Aldrich, Merck) и 3,8 ml дестилирана вода. След инкубиране при стайна температура в продължение на 40 min, абсорбцията е измерена при 415 nm. Кверцетинът е използван като стандарт, а резултатите са изразени като mg еквиваленти на кверцетин (QE)/g, dw. (сухо тегло) от пробата.

Общо съдържание на антоциани

Общото съдържание на антоциани беше оценено с помощта на рН диференциален метод, съгласно Lee et al., (2005). Пробите (0,2 ml) се смесват с буфери при рН 1,0 и 4,5 (1,8 ml) и абсорбцията се измерва спрямо празна проба при 520 nm и 700 nm, използвайки спектрофотометър Camspec M107 (Spectronic-Camspec Ltd., UK). Резултатите са изразени като mg еквиваленти на цианидин-3-гликозиди (mg cyd-3-glu)/100 ml проба.

Антиоксидантна активност DPPH тест

Реакционната смес, съдържаща 2,85 ml DPPH реагент (2,2-дифенил-1-пикрилхидразил) (Sigma-Aldrich, Merck) и 0,15 ml от тествания растителен екстракт, се инкубира при 37°C за 15 минути. Абсорбцията е измерена при 517 nm спрямо (метанол). Антиоксидантната активност е изразена като mM Trolox еквиваленти (TE)/g dw проба (Ivanov et al., 2014).

FRAP тест (Желязо-редуциращата антиоксидантна сила)

Реагентът FRAP се приготвя пряко с 300 mM ацетатен буфер с рН 3,6, 10 mM 2,4,6-Tris(2-pyridyl)-s-triazine

Total Flavonoid Content

The total flavonoid content (TFC) was assessed using the method described by Ivanov et al., 2014. An aliquot of 1 ml of plant extract was added to 0.1 ml of 10% $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$, 0.1 ml of 1 M CH_3COOK (Sigma-Aldrich, Merck), and 3.8 ml of distilled water.

After incubation at room temperature for 40 minutes, absorbance was measured at 415 nm. Quercetin was used as the standard, and results were expressed as mg quercetin equivalents (QE)/100 ml of the sample.

Total Anthocyanins

The total anthocyanins content was estimated using the pH differential method according to Lee et al. (2005). The samples (0.2 ml) were mixed with buffers at pH 1.0 and 4.5 (1.8 ml), and the absorbance was measured against a blank at 520 nm and 700 nm using a Camspec M107 spectrophotometer (Spectronic-Camspec Ltd., UK). The results were expressed as mg cyanidin-3-glycoside equivalents (mg cyd-3-glu)/ 100 ml of sample.

Antioxidant Activity DPPH Radical Scavenging Assay

The reaction mixture, containing 2.85 ml of DPPH reagent (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) (Sigma-Aldrich, Merck) and 0.15 ml of the tested plant extract, was incubated at 37°C for 15 minutes. Absorbance was measured at 517 nm against a methanol blank. Antioxidant activity was expressed as mM Trolox equivalents (TE)/100 ml of the sample (Ivanov et al., 2014).

Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) Assay

The FRAP reagent was freshly prepared using a 300 mM acetate buffer (pH 3.6), 10 mM 2,4,6-Tris(2-pyridyl)-s-

(TPTZ) в 40 mM солна киселина и 20 mM железен (III) хлорид хексахидрат (Sigma-Aldrich, Merck) в дестилирана вода в съотношение 10:1:1. Реакционната смес (3 ml FRAP реагент и 0,1 ml растителен екстракт) се инкубира при 37 °C за 10 min на тъмно. Абсорбцията се измерва при 593 nm спрямо празна проба (дестилирана вода). Антиоксидантната активност е изразена като mM TE/g от dw проба (Ivanov et al., 2014).

triazine (TPTZ) in 40 mM hydrochloric acid, and 20 mM ferric chloride hexahydrate (Sigma-Aldrich, Merck) in distilled water in a ratio of 10:1:1.

The reaction mixture (3 ml FRAP reagent and 0.1 ml plant extract) was incubated in the dark at 37°C for 10 minutes. Absorbance was measured at 593 nm against a distilled water blank. Antioxidant activity was expressed as mM TE/100 ml of the sample (Ivanov et al., 2014).

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Определени са процентните концентрации сухо вещество, обща пепел, въглехидрати и протеини за всяко едно от диворастящите растения. Определено е и съдържанието на антиоксиданти в суровините и в готовия продукт. Направена е технология за получаване на функционалната напитка, в която те са подходящо съчетани за достигане на добър вкус, цвят и консистенция.

• Физикохимични показатели на суровините

В Таблица 2 са представени резултатите от физикохимичните показатели на трите растения. Констатирани са неголеми разлики по отношение на съдържанието на сухо вещество, пепел и протеини, докато относно въглехидратния състав и съдържанието на витамин С се наблюдават съществени различия между някои от суровините. Тези параметри оказват пряко влияние върху функционалните свойства и хранителната стойност на крайния продукт.

RESULTS AND DISCUSSION

The percentage concentrations of dry matter, total ash, carbohydrates, and proteins were determined for each of the wild-growing plants. Antioxidant content was also evaluated both in the raw materials and in the final product. A technological process was developed for obtaining the functional beverage, in which the components were suitably combined to achieve good taste, color, and consistency.

Physicochemical Parameters of the Raw Materials

Table 2 displays the results of the physicochemical analyses of the three plants. Minor differences were observed in terms of dry matter, ash, and protein content, while significant differences were found in carbohydrate composition and vitamin C content among some of the raw materials.

These parameters directly influence the functional properties and nutritional value of the final product.

Таблица 2. Физикохимични показатели на растенията *Vaccinium vitis-idaea* L.(Червена боровинка), *Mentha pulegium*, (Дива мента) и *Pelargonium roseum* Willd (Индрише)

Таблица 2. Physicochemical indicators of the plants *Vaccinium vitis-idaea* L.(Lingonberry), *Mentha pulegium*, (wild mint) and *Pelargonium roseum* Willd (Rose geranium)

Вид на растението/ Plant Species	Сухо вещество, %/Dry Matter (%)	Обща пепел %/ Total Ash (%)	Въглеhidрати %/Carbohydrates (%)	Протеини, %/ Proteins (%)	Витамин С mg/100 g/ Vitamin C (mg/100 g)
Червена боровинка* <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L./Lingonberry* <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.*	86,94±0,02	1,05±0,00	37,09± 1,29	3,88 ± 0,05	207,0±0,54
Мента <i>Mentha pulegium</i> L./ Wild mint <i>Mentha pulegium</i> L.	75,25±0,2	2,7±0,003	4,42±0,2	2,74±0,04	1484±4,4
Индрише <i>Pelargonium roseum</i> Willd./ <i>Rose geranium</i> <i>Pelargonium roseum</i> Willd.	84,09±0,4	1,85±0,002	2,65±0,1	0,42±0,06	1335 ±3,9

*резултатите за Червена боровинка**Vaccinium vitis-idaea* L.*са публикувани в Tumbarski et al., 2025
* Results for lingonberry* *Vaccinium vitis-idaea* L.*are published in Tumbarski et al., 2025

Сухо вещество

По отношение на съдържанието на сухо вещество най-висока стойност се наблюдава при червената боровинка (86,94%), което е характерно за зрели, плодови суровини с високо съдържание на разтворими сухи вещества (захари, органични киселини и фенолни съединения).

Индришето и ментата показват пониски стойности (84,09% и 75,25%), съответстващи на тяхната билкова структура и водно съдържание. Повишената влажност при *Mentha pulegium* е важен фактор при екстракцията на водоразтворими биоактивни компоненти.

Dry Matter

In terms of dry matter content, the highest value was observed in lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) at 86.94%, which is characteristic of ripe, fruit-based raw materials rich in soluble solids (sugars, organic acids, and phenolic compounds). Rose geranium (*Pelargonium roseum* Willd.) and pennyroyal (*Mentha pulegium* L.) showed lower values (84.09% and 75.25%, respectively), corresponding to their herbaceous structure and higher water content. The increased moisture content in *Mentha pulegium* is an important factor for the efficient extraction of water-soluble bioactive components.

Обща пепел

Общото съдържание на пепел е показател за минералното богатство на растенията. Ментата показва най-високо пепелно съдържание (2,7%), значително над това на боровинката (1,05%) и индришето (1,85%). Това предполага високо съдържание на микро и макроелементи в ментата като калций, калий, магнезий и желязо, които не само допринасят за обогатяване на хранителната стойност на напитката, но също така влияят върху антиоксидантната и активност.

Въглехидрати

Относно въглехидратния профил, червената боровинка съдържа най-голямо количество въглехидрати (37,09%), което е очаквано за плодова суровина. Това я прави подходящ субстрат за ферментация, като наличието на прости захари (глюкоза, фруктоза) подпомага развитието на ферментативната микрофлора. За разлика от нея, ментата (4,42%) и индришето (2,65%) имат значително по-ниско съдържание на въглехидрати, което ограничава техния принос към ферментационния процес, но ги прави ценни като нискоенергийни добавки с функционални качества.

Протеини

Протеиновото съдържание е най-високо при боровинката (3,88%), следвана от ментата (2,74%). Индришето се отличава с много ниско съдържание на протеини (0,42%). Въпреки че, растителните протеини не са основен фокус при разработването на настоящата функционална напитка, тяхното присъствие има значение за хранителната и стойност и потенциалната и биоактивност.

Витамин С (Аскорбинова киселина)

Изключително високи стойности на витамин С са установени в ментата (1484 mg/100 g) и индришето (1335 mg/100 g), значително над тази

Total Ash

Total ash content is an indicator of the mineral richness of the plants. Wild mint showed the highest ash content (2.7%), significantly exceeding that of lingonberry (1.05%) and rose geranium (1.85%). This suggests a high concentration of micro- and macroelements in pennyroyal, such as calcium, potassium, magnesium, and iron, which not only enhance the nutritional value of the beverage but also influence its antioxidant activity.

Carbohydrates

Regarding carbohydrate profile, lingonberry had the highest carbohydrate content (37.09%), as expected for a fruit-based material.

This makes it a suitable substrate for fermentation, as the presence of simple sugars (glucose, fructose) supports the development of fermentative microflora. In contrast, pennyroyal (4.42%) and rose geranium (2.65%) had significantly lower carbohydrate contents, which limits their contribution to the fermentation process but makes them valuable as low-calorie additives with functional properties.

Proteins

Protein content was highest in lingonberry (3.88%), followed by wild mint (2.74%). Rose geranium had a notably low protein content (0.42%).

Although plant proteins are not a primary focus in the development of the current functional beverage, their presence contributes to its nutritional value and potential bioactivity.

Vitamin C (Ascorbic Acid)

Extremely high levels of vitamin C were found in wild mint (*M. pulegium* L.) (1484 mg/100 g) and rose geranium (*P. roseum* Willd.) (1335 mg/100 g),

на боровинката (207 mg/100 g). Този резултат показва, че ментата и индришето са изключително богати източници на аскорбинова киселина – мощен водоразтворим антиоксидант, който не само увеличава функционалната стойност на напитката, но и стабилизира други биоактивни съединения като антоцианите. Присъствието на витамин С в такова високо количество може да допринесе и за имуностимулиращия ефект на продукта.

• Общи полифеноли, флавоноиди, антоциани и антиоксидантна активност определена по DPPH и FRAP методи на суровините и готовия продукт

Настоящото изследване представя сравнителен анализ на основните биохимични показатели, характеризиращи функционалните свойства на ферментационна напитка от червена боровинка (*Vaccinium vitis-idaea* L.), както и варианти, обогатени с растителни екстракти от дива мента (*Mentha pulegium* L.) и индрише (*Pelargonium roseum* Willd.).

Измерените параметри включват съдържание на общи полифеноли, флавоноиди, антоциани и антиоксидантна активност, определена чрез DPPH и FRAP методи. Анализът цели да установи ефекта от добавянето на билкови компоненти върху функционалния профил на напитката.

Резултатите от определените общи феноли, флавоноиди, антоцианини и антиоксидантна активност на трите лечебни растения са отразени във Фигури 2 и 3.

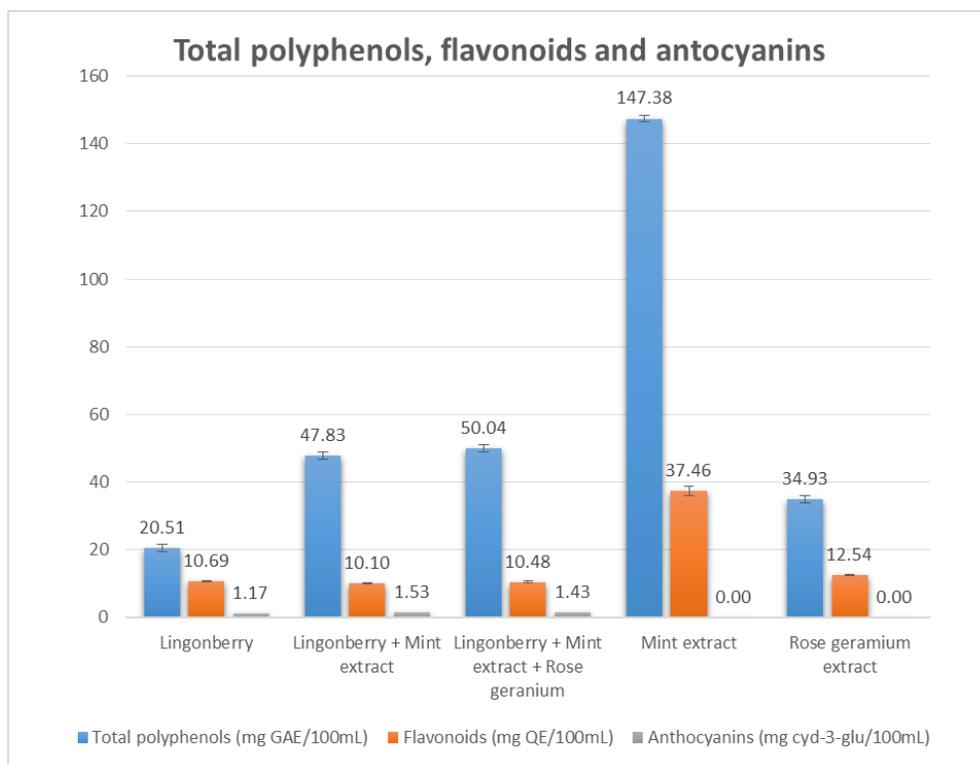
significantly exceeding that of lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) (207 mg/100 g). This result indicates that pennyroyal and rose geranium are exceptionally rich sources of ascorbic acid—a powerful water-soluble antioxidant that not only enhances the functional value of the beverage but also stabilizes other bioactive compounds, such as anthocyanins. The presence of vitamin C in such high amounts may also contribute to the immunostimulatory effect of the product.

Total Polyphenols, Flavonoids, Anthocyanins, and Antioxidant Activity (DPPH and FRAP) in the Raw Materials and Final Product

This study presents a comparative analysis of the key biochemical parameters that characterize the functional properties of the fermented beverage based on lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.), along with versions enriched with plant extracts from wild mint (*M. pulegium* L.) and rose geranium (*P. roseum* Willd.).

The measured parameters include total polyphenol content, flavonoids, anthocyanins, and antioxidant activity, determined using the DPPH and FRAP methods. The analysis aims to assess the effect of incorporating herbal components on the functional profile of the beverage.

The results for total phenolics, flavonoids, anthocyanins, and antioxidant activity of the three medicinal plants are presented in Figures 2 and 3.



Фиг. 2. Общи полифеноли, флавоноиди, антоциани в *Vaccinium vitis-idaea* L.; *Mentha pulegium* L. u *Pelargonium roseum* Willd

Fig. 2. Total polyphenols, flavonoids, anthocyanins in *Vaccinium vitis-idaea* L.; *Mentha pulegium* L. u *Pelargonium roseum* Willd

Общи полифеноли

Данните за концентрацията на общи полифеноли (изразено като mg GAE/100 mL) демонстрират ясно изразени различия между отделните проби. Най-ниска стойност е регистрирана при ферментирала напитка, съдържаща само боровинка ($20,51 \pm 0,05$), докато най-висока стойност е установена при екстракта от мента ($147,38 \pm 1,40$), което потвърждава, че дивата мента е изключително богата на фенолни съединения. Добавянето на ментов екстракт и екстракт от индрише към боровинкова база значително повишава общото съдържание на

Total Polyphenols

The data on the concentration of total polyphenols (expressed as mg GAE/100 mL) demonstrate clearly pronounced differences between the individual samples.

The lowest value was recorded in the fermented beverage containing only lingonberry (20.51 ± 0.05), while the highest value was found in the mint extract (147.38 ± 1.40), confirming that wild mint is exceptionally rich in phenolic compounds. The addition of mint and rose geranium extracts to the lingonberry base significantly increased the total

полифеноли до $(50,04 \pm 0,32 \text{ mg GAE}/100 \text{ mL})$. Този ръст може да се обясни със синергичния ефект между компонентите и високото съдържание на феноли в добавените билкови екстракти.

Флавоноиди

Интересен е резултатът по отношение на концентрацията на флавоноиди, при които най-високата стойност отново се наблюдава при екстрактът от дива мента ($37,46 \pm 0,12 \text{ mg QE}/100 \text{ mL}$). Това е в съответствие с литературните данни, според които *Mentha spp.* съдържат значителни количества флавоноиди като лутеолин, апигенин и др. При напитките, съдържащи боровинка с добавена мента и индрише, стойностите остават сходни ($10\text{--}10,5 \text{ mg QE}/100 \text{ mL}$), което предполага, че по време на ферментационния процес част от флавоноидите или се разпадат, или не се извличат ефективно в крайния продукт, вероятно поради свързване с други съединения или нестабилност при киселинна рН среда.

Антоциани

Съдържанието на антоциани показва по-малки вариации. Най-ниска е стойността при ферментирала боровинка ($1,17 \pm 0,01 \text{ mg cyd-3-glu}/100 \text{ mL}$), а най-висока – при добавяне на мента ($1,53 \pm 0,01$). Това подсказва, че присъствието на ментови компоненти може да стабилизира антоциановите пигменти, възможно е чрез комплексообразуване или чрез повлияване на рН и редокс средата. При пробата с добавено индрише се наблюдава лек спад на антоциановото съдържание ($1,43 \pm 0,01$), което би могло да се дължи на взаимодействие с терпенови съединения от индришето, които потенциално могат да влязат в конкуренция за стабилизиращи комплекси.

polyphenol content to $50.04 \pm 0.32 \text{ mg GAE}/100 \text{ mL}$. This increase may be explained by a synergistic effect between the components and the high phenolic content of the added herbal extracts.

Total Flavonoids

An interesting result was observed regarding the flavonoid concentration, where the highest value again appeared in the wild mint extract ($37.46 \pm 0.12 \text{ mg QE}/100 \text{ mL}$). This is consistent with literature data indicating that *Mentha spp.* contain substantial amounts of flavonoids such as luteolin, apigenin, and others.

In the beverages containing lingonberry with added mint and rose geranium, the values remained similar ($10\text{--}10.5 \text{ mg QE}/100 \text{ mL}$), suggesting that during the fermentation process, part of the flavonoids may either degrade or are not effectively extracted into the final product—likely due to binding with other compounds or instability in an acidic pH environment.

Total Anthocyanins

Anthocyanin content showed smaller variations. The lowest value was found in the fermented lingonberry sample ($1.17 \pm 0.01 \text{ mg cyd-3-glu}/100 \text{ mL}$), while the highest was observed upon addition of mint (1.53 ± 0.01). This suggests that the presence of mint components may help stabilize anthocyanin pigments, possibly through complex formation or by influencing the pH and redox environment. A slight decrease in anthocyanin content was observed in the sample with added rose geranium (1.43 ± 0.01), which may be due to interactions with terpene compounds from the rose geranium that potentially compete for stabilizing complexes.

Антиоксидантна активност по DPPH и FRAP методи

Антиоксидантната активност, измерена чрез DPPH, показва особено отчетлива тенденция. (Фигура 3). Най-висока е активността при ментовия екстракт ($1911,59 \pm 16,05$ mM TE/100 mL), следвана от индрише ($350,36 \pm 1,35$ mM TE/100 mL) и пробите, съдържащи и двете съставки. Забележително е, че напитката с боровинка, мента и индрише има DPPH стойност $361,30 \pm 1,67$ mM TE/100 mL, което надвишава значително както ферментиралата боровинка, така и варианта само с мента. Подобна тенденция се потвърждава и от FRAP анализа, при който комбинираната напитка достига до $385,34 \pm 3,50$ mM TE/100 mL. Синергичното увеличение на антиоксидантната активност при комбинирание на трите компонента предполага, че различните антиоксидантни молекули (феноли, флавоноиди, терпени) взаимно усилват своето действие, покривайки различни механизми на редукция и улавяне на свободните радикали.

На базата на определените физикохимични показатели: общи феноли, флавоноиди, антоциани и антиоксидантна активност на червената боровинка, дивата мента с или без добавен екстракт от индрише е предложена технология за приготвяне на функционална ферментационна напитка. Очаква се тя да притежава здравословен ефект върху човешкия организъм и да е практически приложима в профилактичното и диетично хранене.

Antioxidant Activity by DPPH and FRAP Methods

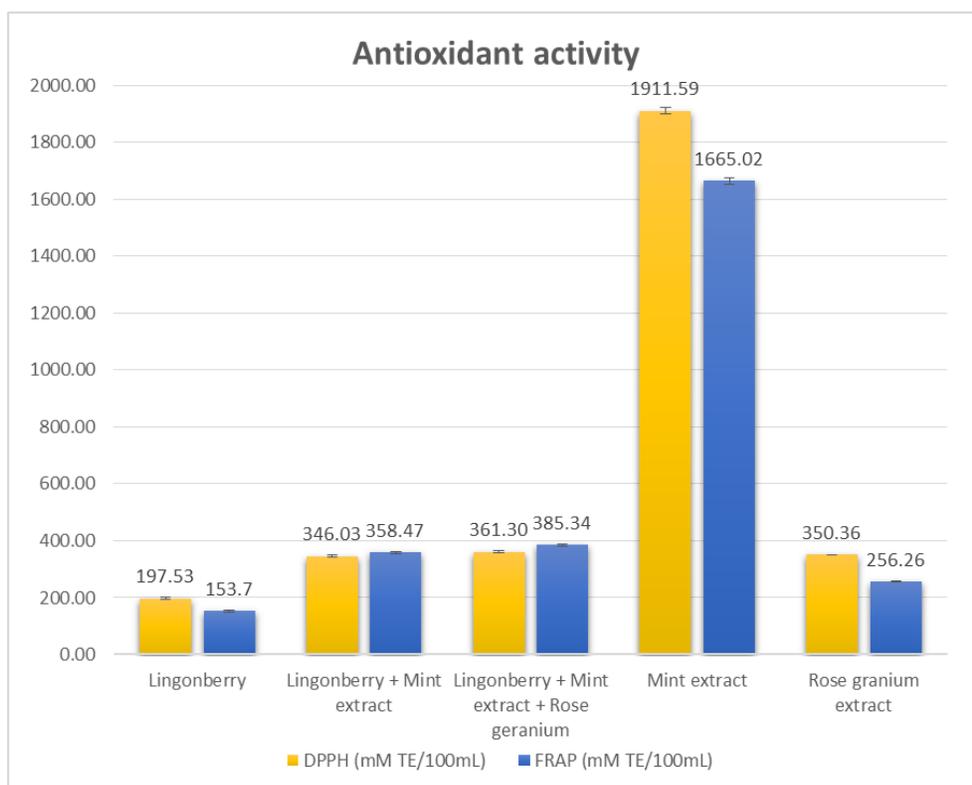
The antioxidant activity measured by the DPPH method shows a particularly pronounced trend (see Figure 3). The highest activity was recorded for the mint extract (1911.59 ± 16.05 mM TE/100 mL), followed by rose geranium (350.36 ± 1.35 mM TE/100 mL) and the samples containing both ingredients.

Notably, the beverage containing lingonberry, mint, and rose geranium showed a DPPH value of 361.30 ± 1.67 mM TE/100 mL, significantly exceeding both the fermented lingonberry and the variant with mint alone.

A similar trend is confirmed by the FRAP analysis, where the combined beverage reached 385.34 ± 3.50 mM TE/100 mL.

The synergistic increase in antioxidant activity upon combining all three components suggests that the different antioxidant molecules (phenolics, flavonoids, terpenes) mutually enhance each other's effect, covering various mechanisms of reduction and free radical scavenging.

Based on the determined physicochemical parameters (total phenolics, flavonoids, anthocyanins, and antioxidant activity) of lingonberry, wild mint, with or without the addition of rose geranium extract, a technology has been proposed for the preparation of a functional fermented beverage. The beverage is expected to have health-promoting effects on the human body and to be practically applicable in preventive and dietary nutrition.



Фиг. 3. Антиоксидантна активност на екстракти от *Vaccinium vitis- idaea* L.; *Mentha pulegium* L. и *Pelargonium roseum* Willd. По DPPH (mM TE/100mL); FRAP(mM TE/100mL)

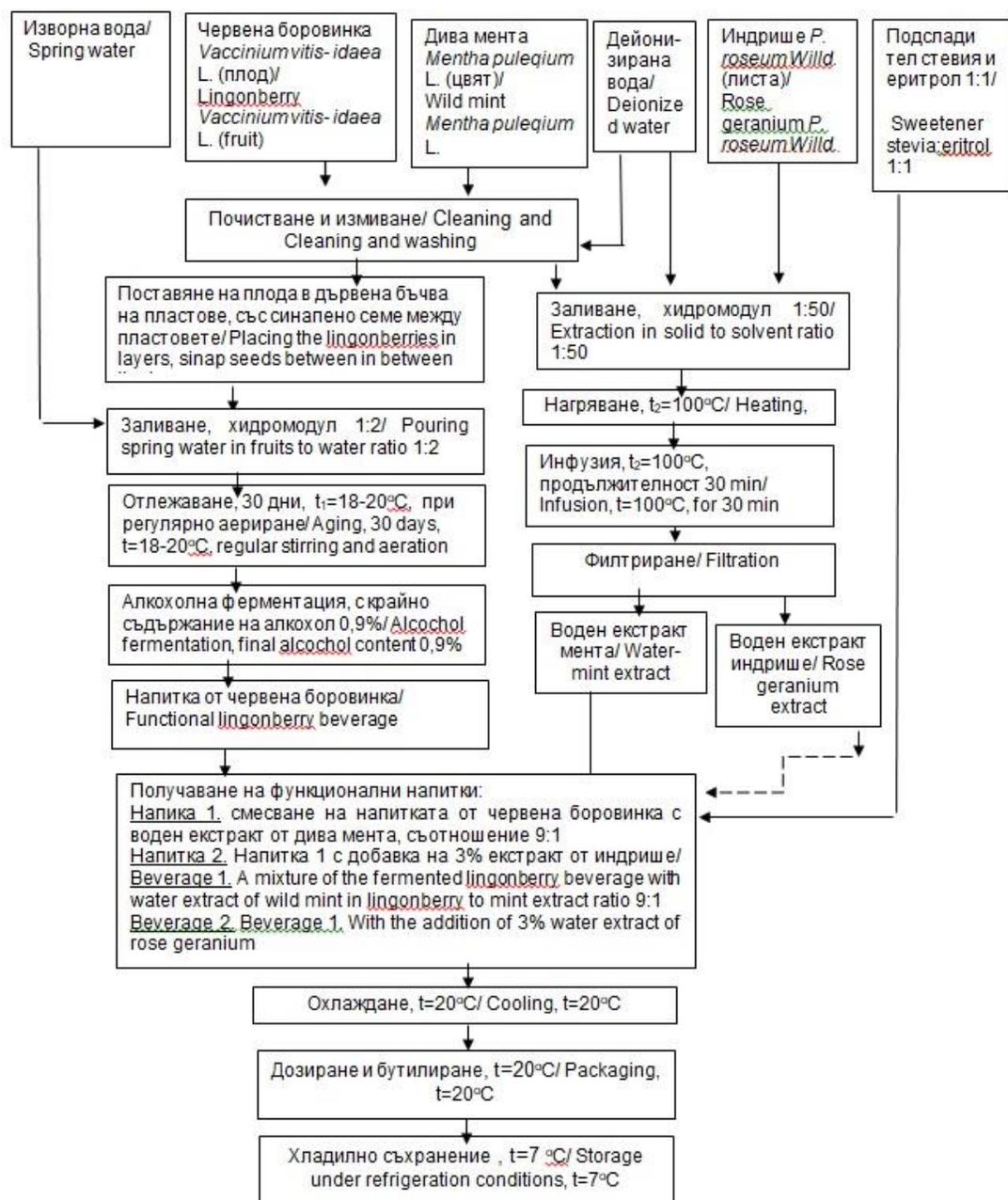
Fig. 3. Antioxidant activity of extracts of *Vaccinium vitis- idaea* L.; *Mentha pulegium* L. and *Pelargonium roseum* Willd. By DPPH (mM TE/100mL); FRAP(mM TE/100mL)

• Технология за получаване на функционална напитка от растенията *Vaccinium vitis- idaea* L. (Червена боровинка), *Mentha pulegium* L., (Дива мента) и *Pelargonium roseum* Willd. (Индрише).

Технологичната схема на приготвяне на ферментационна функционална напитка от избраните диворастящи растения е показана на Фигура.4.

Technology for the Production of a Functional Beverage from *Vaccinium vitis-idaea* L. (Lingonberry), *Mentha pulegium* L. (Wild Mint), and *Pelargonium roseum* Willd. (Rose Geranium).

The technological scheme for the preparation of the fermented functional beverage from the selected wild plants is presented in Figure 4.



Фиг.4. Технологична схема за производството на функционална ферментационна напитка от червена боровинка *V. vitis-idaea* L. (плод) и дива мента *Mentha pulegium* (цвят), (Напитка 1) с добавка на екстракт от индрише *P. roseum* Willd. (листа), (напитка 2).

Fig.4. Technological scheme for the production of functional fermentation beverage from lingonberry *V. vitis-idaea* L. (fruit) and wild mint *Mentha pulegium* (flower), (Beverage 1) with the addition of Rose geranium extract *P. roseum* Willd. (leaves), (Beverage 2).

ИЗВОДИ

Ферментиралата напитка от боровинка има най-ниски стойности при всички показатели, което е очаквано, като се има предвид ограниченото съдържание на фенолни съединения в червената боровинка, спрямо билковите екстракти.

Добавянето на мента значително увеличава съдържанието на полифеноли и антиоксидантната активност, като DPPH и FRAP стойностите на напитката с мента са почти двойно по-високи в сравнение с базовия вариант.

Добавянето на индрише води до допълнително повишаване на антиоксидантния потенциал, макар и в по-малка степен, спрямо ментовия ефект. Това предполага, че индришето обогатява напитката с допълнителни антиоксиданти.

Екстрактите от мента и индрише в самостоятелна форма показват изключително високи антиоксидантни стойности, което подчертава потенциала им като функционални съставки в здравословни напитки.

Комбинацията от червена боровинка, дива мента и индрише води до функционален продукт с обогатен фенолен профил и повишена антиоксидантна активност. Наблюдаваните синергични ефекти между компонентите подчертават важноста на растителните комбинации в разработването на функционални храни и напитки. Изследването потвърждава, че натуралните растителни екстракти не само допринасят за подобряване на органолептичните характеристики, но и значително подобряват биохимичния и здравословен профил на крайния продукт.

CONCLUSIONS

The fermented lingonberry beverage exhibited the lowest values across all indicators, which is expected given the comparatively limited content of phenolic compounds in lingonberries compared to the herbal extracts.

The addition of mint significantly increased the polyphenol content and antioxidant activity, with the DPPH and FRAP values of the mint-infused beverage being nearly twice as high as those of the base variant.

The inclusion of rose geranium led to a further increase in antioxidant potential, though to a lesser extent than the effect observed with wild mint. This suggests that rose geranium enriches the beverage with additional antioxidants.

Mint and rose geranium extracts in their pure forms showed exceptionally high antioxidant values, highlighting their potential as functional ingredients in health-promoting beverages.

The results of the present study demonstrate that the combination of lingonberry, wild mint, and rose geranium leads to a functional product with an enriched phenolic profile and enhanced antioxidant activity.

The observed synergistic effects between the components emphasize the importance of plant combinations in the development of functional foods and beverages. The study confirms that natural plant extracts not only contribute to improved organoleptic properties but also significantly enhance the biochemical and health-related profile of the final product.

БЛАГОДАРНОСТИ

Провеждането на изследването стана възможно благодарение на Националната програма „Млади учени и постдокторанти - 2“. Проектът се изпълнява в базовата организация - Институт по консервиране и качество на храните - гр. Пловдив, Селскостопанска академия, България.

ACKNOWLEDGMENTS

This research was made possible with the support of the National Program "Young Scientists and Postdoctoral Researchers – 2."

The project is being carried out at the Institute of Food Preservation and Quality – Plovdiv, Agricultural Academy, Bulgaria.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Al-Rajhi, A. M. H., H. Qanash, M. S. Almuhayawi, S. K. Al Jaouni, M. M. Bakri, M. Ganash, H. M. Salama, S. Selim and T. M. Abdelghany, 2022. Molecular interaction studies and phytochemical characterization of *Mentha pulegium* L. constituents with multiple biological utilities as antioxidant, antimicrobial, anticancer and anti-hemolytic agents. *Molecules*, 27, 4824.
2. Amundsen, M., A. L. Hykkerud, N. Kelanne, S. Tuominen, G. Schmidt, O. Laaksonen, B. Yang, I. Martinussen, L. Jaakola and K. Aaby, 2023. Composition of Sugars, Organic Acids, Phenolic Compounds, and Volatile Organic Compounds in Lingonberries (*Vaccinium vitis-idaea* L.) at Five Ripening Stages. *Foods*, 12 (11), 2154. <https://doi.org/10.3390/foods12112154>
3. Anderson, I. B., W. H. Mullen, J. E. Meeker, S. C. Khojasteh-Bakht, S. Oishi, S. D. Nelson and P. D. Blanc, 1996. Pennyroyal toxicity: measurement of toxic metabolite levels in two cases and review of the literature. *Annals of Internal Medicine*, 124 (8), 726–734.
4. Anwar, F., A. Abbas, T. Mehmood, A. H. Gilani and N. U. Rehman, (2019). *Mentha*: A genus rich in vital nutra-pharmaceuticals—A review. *Phytotherapy Research*, 33 (10), 2548-2570.
5. Ávila, M. B., J. A. G. de Lúcio, N. V. Mendoza, C. V. González, M. De la O Arciniega and G. A. Vargas, 2013. *Geranium* species as antioxidants. *Oxidative stress and chronic degenerative diseases-A role for Antioxidants*, 113-129.
6. Bahadori, B., G. Zengin, S. Bahadori, L. Dinparastd and N. Movahhedin, 2018. Phenolic composition and functional properties of wild mint (*Mentha longifolia* var. *calliantha* (Stapf)
7. Barchan, A., M. Bakkali, A. Arakrak and A. Laglaoui, 2016. Effet antibactérien et anti-biofilm de trois espèces de *Mentha*: *Mentha spicata*, *Mentha pulegium* et *Mentha piperita*. *Phytothérapie*, 14, 88–96.
8. Burlingame B., R. Charrondiere and B. Mouille, 2009. Food composition is fundamental to the cross-cutting initiative on biodiversity for food and nutrition. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22 (5), 361–365.
9. Bulgarian State Standard BDS 15437:1982 (Moisture content).
10. BDS 7646:1982 (Ash content).
11. BDS 14431:1978 (Proteins).
12. BDS 11812:1991 (Ascorbic acid, Vitamin C).
13. Debnath, S. C. and U. Arigundam, 2020. In Vitro Propagation Strategies of Medicinally Important Berry Crop, Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.). *Agronomy*, 10 (5), 744. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050744>
14. Dorman, H. J. and S. G. Deans 2000. Antimicrobial agents from plants:

antibacterial activity of plant volatile oils. *J Appl Microbiol.*;88(2):308–16. doi: 10.1046/j.1365-2672.2000.00969.x.

15. Dorman, H. J. D., P. Surai and S. G. Deans, 2000. In vitro antioxidant activity of a number of plant essential oils and phytoconstituents. *J Essent Oil Res.* 12, 241–8.

16. Dzamic, A. M., M. D. Sokovic, M. S. Ristici, S. M. Grujic, K. S. Mileski and P. D. Marin, 2014. Chemical composition, antifungal and antioxidant activity of *Pelargonium graveolens* essential oil. *J Appl Pharm Sci.* 4 (3),1–5.

17. Edris, A. E., 2007. Pharmaceutical and therapeutic potentials of essential oils and their individual volatile constituents: A review. *Phytother. Res.* 21, 308–323.

18. Elansary, O., K. Yessoufou, S. Shokralla, A. Mahmoud and K. Skalicka-Woźniak, 2016. Enhancing mint and basil oil composition and antibacterial activity using seaweed extracts. *Industrial Crops and Products*, 92, 50–56.

19. El-Gazar, A. A., A. M. Emad, G. M. Ragab and D. M. Rasheed, 2022. *Mentha pulegium* L. (Pennyroyal, *Lamiaceae*) extracts impose abortion or fetal-mediated toxicity in pregnant rats; evidenced by the modulation of pregnancy hormones, MiR-520, MiR-146a, TIMP-1 and MMP-9 protein expressions, inflammatory state, certain related signaling pathways, and metabolite profiling via UPLC-ESI-TOF-MS. *Toxins* 14, 347.

20. EMA, Committee on Herbal Medicinal Products (HMPC).

21. Gulluce, M.F., M. Shain, H. Sokmen, D. Ozer, A. Daferera, M. Sokmen, M. Polissiou, A. Adiguzel and H. Ozkan, 2007. Antimicrobial and antioxidant properties of the essential oils and methanol extract from *Mentha longifolia* L. spp. *longifolia*. *Food Chem.*, 103, 1449–1456.

22. Hewage M., S., S. O. K. Prashar and Y. L. Siow, 2021. Lingonberry Improves Non-Alcoholic Fatty Liver Disease by Reducing Hepatic Lipid Accumulation, Oxidative Stress and Inflammatory Response. *Antioxidants*, 10 (4), 565. <https://doi.org/10.3390/antiox10040565>

23. Idrissi, I. and S. Fkih-Tetouani, 2001. Phytochemical Study of *Mentha Longifolia* of Morocco. *Fitoterapia*, 72 (5), 596–598.

24. In-house laboratory method VLM 3:2023 (Carbohydrates).

25. Ivanov, I., R. Vrancheva, A. Marchev, N. Petkova-Aneva, P. Denev, V. Georgiev and A. Pavlov, 2014. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3, 296.

26. Kowalska, K., 2021. Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) Fruit as a Source of Bioactive Compounds with Health-Promoting Effects - A Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22, 5126. <https://doi.org/10.3390/ijms22105126>, <https://www.mdpi.com/journal/ijms>

27. Kumar, P., S. Mishra, A. Malik and S. Satya, 2011. Insecticidal properties of *Mentha* species: A review. *Ind. Crops Prod.*, 34, 802–817.

28. Laaksonen, O., A. Knaapila, T. Niva, K. C. Deegan and M. Sandell, 2016. Sensory properties and consumer characteristics contributing to liking of berries. *Food Quality and Preference*, 53, 117-126.

<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.06.004>

29. Lee, J., R. Durst and R. E. Wrolstad, 2005. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: Collaborative study. *J. AOAC Int.* 88:1269-1278. <https://doi.org/10.1093/jaoac/88.5.1269>.

30. Mahboubi, M. and G. Haghi, 2008. Antimicrobial activity and chemical composition of *Mentha pulegium* L. essential oil. *Journal of Ethnopharmacology*, 119 (2), 325-327.

31. Milkova-Tomova, Il., P. Radusheva, D. Buhalova, Kr. Nikolova, S. Krustev, T. Evtimov and I. Alexieva, 2018. Optical characteristics and antioxidant activity of lingonberry (*Vaccinium vitis idaea*) fruit juice. *Bulgarian Chemical Communications*, Volume 50, Special Issue C, pp. 125 – 130.
32. Nickavar, B. and F. Jabbareh, 2018. Analysis of the essential oil from *Mentha pulegium* and identification of its antioxidant constituents. *J. Essent. Oil Bear. Plants*, 21, 223–229.
33. Orhan, F., Ö. Barış, D. Yanmış, T. Bal, Z. Güvenalp and M. Güllüce, 2012. Isolation of Some Luteolin Derivatives from *Mentha Longifolia* (L.) Hudson Subsp. *Longifolia* and Determination of Their Genotoxic Potencies. *Food chemistry*, 135 (2), 764–769.
34. Parsania, M., M. B. Rezaee, S. H. Monavari, K. Jaimand, S. M. Mousavi-Jazayeri, M. Razazian and M. H. Nadjarha, 2017. Antiviral screening of four plant extracts against acyclovir resistant herpes simplex virus type-1. *Pak. J. Pharm. Sci.*, 30, 1407–1411.
35. Rodrigues, L., O. Póvoa, G. Teixeira, A.C. Figueiredo, M. Moldão and A. Monteiro, 2013. Trichomes micromorphology and essential oil variation at different developmental stages of cultivated and wild growing *Mentha pulegium* L. populations from Portugal. *Ind. Crops Prod.*, 43, 692–700.
36. Roman, S., C. Voaides and N. Babeanu, 2023. Exploring the sustainable exploitation of bioactive compounds in Pelargonium sp.: beyond a fragrant plant. *Plants*, 12 (24), 4123.
37. Salehi, B., Z. Stojanović-Radić, J. Matejić, F. Sharopov, H. Antolak, D. Kręgiel, S. Sen, M. Sharifi-Rad, K Acharya and R. Sharifi-Rad, 2018. Plants of genus *Mentha*: From farm to food factory. *Plants* 7, 70.
38. Tabari, M. A., M. R. Youssefi, M. Nasiri, M. Hamidi, K. Kiani, S. A. Samakkhah, and F. Maggi, 2019. Towards green drugs against cestodes: Effectiveness of Pelargonium roseum and Ferula gummosa essential oils and their main component on Echinococcus granulosus protoscoleces. *Veterinary Parasitology*, 266, 84-87.
39. Tumbarski, Y., A. Parzhanova, I. Ivanov, D. Dimitrov, I. Vasileva, M. Todorova, L. Krasimirov and V. Yanakieva, 2025. Physicochemical characteristics and biological potential of the fruits of four medicinal plants from Dospat region, Bulgaria. In *BIO Web of Conferences*, 170:02008, pp.1-11. EDP Sciences. https://www.bioconferences.org/articles/bioconf/abs/2025/21/bioconf_foset2025_02008/bioconf_foset2025_02008.html
40. Vilkickytė, G., 2019. *Individualių fenolinių junginių antioksidantinio aktyvumo tyrimai* (Master's thesis, Lithuanian University of Health Sciences (Lithuania)).
41. Wang, L., S. Zhang, L. Fu, Y. Chang, S. Nie and Y. Fu, 2023. Simultaneous quantification and quality control of flavor and functional phytochemicals in Rosa roxburghii fruit through multiple reaction monitoring mass spectrometry. *Journal of Food Composition and Analysis*, 119, 105227.