Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2018, 21 (2), 130-140 ISSN 1311-0489 (Print)
Research Institute of Mountain Stockbreeding and Agriculture, Troyan ISSN 2367-8364 (Online)

Въздействие на климатичните фактори върху химичните свойства на плодове от сортове касис (*Ribes nigrum* L.)

Светлана М. Паунович[1]*, Михаило Николич[2], Раде Милетич[1], Мира Милинкович[1], Жаклина Караклаич-Стаич[1], Йелена Томич[1], Марияна Пешакович[1]

[1]Изследователски институт по овощарство, Чачак, "Краля Петра I", 9, 3200, Чачак, Република Сърбия
[2]Аграрен факултет, Белградски университет, ул. „Неманина“ 6, 11081 Белград-Земун, Република Сърбия

Effect of climatic factors on chemical properties in berries of black currant (*Ribes nigrum* L.) cultivars

Svetlana M. Paunović[1]*, Mihailo Nikolić[2], Rade Miletić[1], Mira Milinković[1], Žaklina Karaklajić-Stajić[1], Jelena Tomić[1], Marijana Pešaković[1]

[1]Fruit Research Institute, Čačak, Kralja Petra I/9, 32000 Čačak, Republic of Serbia
[2]Faculty of Agriculture, University of Belgrade, Nemanjina 6, 11081 Belgrade-Zemun, Republic of Serbia
**E-mail: svetlana23869@gmail.com*

Received: 10.04.2018 *Accepted:* 05.09.2018 *Published:* 20.09.2018

РЕЗЮМЕ

Експериментът оценява въздействието на климатичните фактори (температура на въздуха и валежи) върху химичните свойства (инвертна захар, органични киселини, общи антоцианини, общи феноли и антиоксидантни свойства) в плодовете на седем сорта касис („Бен Ломонд“, „Бен Сарек“, „Цема“, „Титания", „Чачанска Църна", „Тисел" и „Тибен"). Сортовете показват значими различия по между си. В сорт „Бен Ломонд“ са установени високи нива на глюкоза (92.3 mg g^{-1}), фруктоза (133.7 mg g^{-1}) и захароза (19.9 mg g^{-1}). В сорт „Тисел" са установени органични киселини (лимонена киселина - 1.62 mg

SUMMARY

This experiment evaluated the effect of climatic factors (air temperature and precipitation) on the chemical properties (individual invert sugars, organic acids, total anthocyanins, total phenols, and antioxidant capacity) of the fruit of seven black currant cultivars (‘Ben Lomond’, ‘Ben Sarek’, ‘Tsema’, ‘Titania’, ‘Čačanska Crna’, ‘Tisel’ and ‘Tiben’).

The cultivars showed highly significant differences. High levels of glucose (92.3 mg g^{-1}), fructose (133.7 mg g^{-1}) and sucrose (19.9 mg g^{-1}) were found in ‘Ben Lomond’, and tested organic acids were recorded in ‘Tisel’ (citric acid - 1.62 mg g^{-1} and malic acid -

g^{-1} и ябълчена киселина - 0.40 mg g^{-1}). От друга страна, „Чачанска Църна" и „Титания" съдържат най-високото количество на вторични метаболити. Климатичните фактори оказват значително въздействие върху химичните свойства на плодовете. Високите температури на въздуха и ниските количества валежи по време на образуването на плода и узряването благоприятстват за натрупване на инвертна захар, докато ниските температури на въздуха и високите количества валежи имат положително въздействие върху синтеза на органични киселини и вторични метаболити на плода.

Ключови думи: касис, климатични фактори, химически свойства

0.40 mg g^{-1}). On the other hand, ‘Čačanska Crna’ and ‘Titania’ contained on average the highest contents of secondary metabolites.Climatic factors had a significant effect on the chemical properties of the fruit. High air temperatures and low precipitation amounts during berry formation and ripening promoted the accumulation of individual invert sugars, while low air temperatures and high precipitation amounts had a positive effect on the synthesis of organic acids and secondary metabolites in the fruit.

Key words: black currant, climatic factors, chemical properties

УВОД

Черният касис (*Ribes nigrum* L.) е богат източник на захари и органични киселини, важни първични метаболити, които играят ключова роля в клетъчния метаболизъм и репродукция (Hartmann, 2007; WCRF/AICR, 2008). Черният касис се откроява сред меките плодове по отношение на високото съдържание на биологично активни съединения. Той е богат източник на витамин С, който заедно с биоактивните фенолни съединения допринася за високата антиоксидантна активност на плода (Karjalainen et al., 2008; Hummer and Dale, 2010). Черният касис вирее във влажни планински райони, характеризиращи се с хладни лета, високи количества валежи и високи нива на влажност. Климатичните условия в дадено месторастене влияят върху продължителността на живот на растенията, производителността, качеството на плодовете и общата рентабилност на производството на касис (Nikolić and Milivojević, 2010). Химическият състав на плода се определя от генетичните признаци на сорта (Bordonaba and Tery, 2008) и етапа на зрялост, но и до голяма степен от климатичните фактори (Walker et al., 2010; Vagiri et al., 2013). Zheng et al. (2009) и Kruger et al. (2011) посочват, че съдържанието на фенолни съединения, захари, органични киселини и аскорбинова киселина е повлияно от генотипа, околната

INTRODUCTION

Black currant (*Ribes nigrum* L.) is a rich source of sugars and organic acids, important primary metabolites which play a key role in cell metabolism and reproduction (Hartmann, 2007; WCRF/AICR, 2008). Black currants stand out among soft fruit crops in terms of high contents of biologically active compounds. Also, they are a rich source of vitamin C, which contributes, along with bioactive phenolic compounds, to the high antioxidant activity of the fruit (Karjalainen et al., 2008; Hummer and Dale, 2010). Black currants thrive in humid mountainous areas characterised by cool summers, high rainfall amounts and high humidity levels. Climatic conditions in a particular environment affect plant longevity, productivity, fruit quality and overall profitability of black currant production (Nikolić and Milivojević, 2010).

The chemical composition of the fruit is governed by the genetic predisposition of the cultivar (Bordonaba and Tery, 2008) and maturity stage, but also to a large extent by climatic factors (Walker et al., 2010; Vagiri et al., 2013). Zheng et al. (2009) and Kruger et al. (2011) determined that the contents of phenolic compounds, sugars, organic acids and ascorbic acid are affected by genotype, environment and agronomic practices. Also, среда и агротехниката. Също така, Scalzo et al. (2008) и Veberič et al. (2012) установяват, че биохимичният състав зависи от различни фактори, като генотип, условия на растеж, включително фактори на околната среда и техники на култивиране.

Целта на настоящето изследване е да се оцени влиянието на климатичните фактори върху насаждение с черен касис върху химичните свойства и качеството на плодовете на изследваните сортове

Scalzo et al. (2008) and Veberič et al. (2012) found that biochemical composition is influenced by various factors, such as genotype, growth conditions, including environmental factors, and cultivation techniques.

The objective of this study was to evaluate the effects of climatic factors in a black currant planting on the chemical properties and fruit quality of the tested cultivars.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Проучването е извършено в Изследователски институт по овощарство, Чачак, Западна Сърбия, през периода 2012-2014 г. Включени са седем сорта: „Бен Ломонд", „Бен Сарек", „Титания", „Чачанска Църна", „Тисел", „Тибен" и „Цема". Експериментът е заложен в рандомизиран блок със седем сорта, три репликации и три системи за поддържане на почват и общо на 315 храста с черен касис.

Средните месечни и годишни температури на въздуха за експерименталния период 2012-2014 г. са посочени в Таблица 1, а средната месечна и годишна сума на валежите в Таблица 2.

MATERIAL AND METHODS

The research was conducted at the Fruit Research Institute, Čačak, Western Serbia, during 2012-2014. Seven cultivars were included: 'Ben Lomond', 'Ben Sarek', 'Titania', 'Čačanska Crna', 'Tisel', 'Tiben' and 'Tsema'. The experiment was laid out in a randomised block design with seven cultivars, three replications and three soil management systems, giving a total of 315 black currant bushes.

The mean monthly and annual air temperatures for the experimental period 2012-2014 are given in Table 1, and the average monthly and annual precipitation totals are presented in Table 2.

Таблица 1. Средни месечни въздушни температури (°C), средни годишни температури на въздуха (В/А) и средни температури на въздуха през вегетационния период (ВП/GS)

Table 1. Mean monthly air temperatures (^{o}C), mean annual air temperatures (A) and mean air temperatures during the growing season (GS)

Година/месец Year/ month	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	A	GS
2012	1.8	2.5	6.8	12.2	17.3	24.1	26.6	25.4	20.9	13.8	9.5	1.4	13.1	20.0
2013	3.5	3.8	6.6	13.2	18.2	20.6	23.3	24.1	17.2	14.5	8.9	2.0	13.0	18.7
2014	4.0	6.6	10.2	12.8	16.1	21.1	22.7	22.1	17.5	13.5	8.9	3.1	13.2	18.0

Таблица 2. Средни месечни стойности на валежите (mm m^{-2}), годишна сума на валежите (А) и сума на валежите по време на вегетативния период (ВП/GS)

Table 2. Average monthly precipitation totals (mm m^{-2}), annual precipitation totals (A) and precipitation totals during the growing season (GS)

Година/месец Year/month	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	A	GS
2012	60	70	10	47	68	38	22	0	7	30	24	88	464	212
2013	51	68	66	37	78	61	10	62	87	17	40	4	581	352
2014	21	6	52	104	125	103	163	56	101	50	19	90	890	702

Химическият анализ на плодовете включва: 1. индивидуални инвертни захари (глюкоза, фруктоза, захароза), определени чрез високоефективна течна хроматография (HPLC, Waters Breeze, Milford, USA), с абсорбция измерена в обхвата от 210 - 327 nm. 2. органични киселини (лимонена киселина, ябълчена киселина), анализирани със система Hewlett-Packard HP1100, оборудвана с детектор с фотодиодна матрица (Palo, Alto, CA, САЩ), с абсорбция, измерена в обхвата 490-600 nm. 3. общи феноли, оценени спектрофотометрично чрез метода Folin-Ciocalteu (Singleton et al., 1999), с абсорбция измерена при 765 nm. 4. общи антоцианини, определени чрез методите за отделно pH и диференциално pH, с абсорбция измерена при 515 nm и 700 nm. 5. антиоксидантен капацитет, оценен спектрофотометрично чрез фосфомолибденовия метод (Prieto et al., 1999), с абсорбция измерена при 695 nm.

Експерименталните данни, получени по време на тригодишния изследователски период, са подложени на статистически анализ, използван е двуфакторен дисперсионен анализ на Fisher - ANOVA. Значителни разлики между средните стойности на изследваните фактори и средствата за взаимодействие са определени чрез LSD тест, като нивата на значимост са определени при $P < 0{,}01$ и $P \leq 0{,}05$.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Инвертните захари играят ключова роля в структурата на растенията и метаболизма на клетъчно ниво и на целия организъм. Глюкозата, фруктозата и захарозата са главните захари в плодовете от черен касис (Perez et al., 1997; Rubinskiene et al., 2006). Сред органичните киселини преобладава лимонената киселина, докато ябълчната киселина присъства в малки концентрации в плодовете на черния касис (Hummer and Barney, 2002; Rubinskiene et al., 2006). Съдържанието на съединенията в екстрактите от плодовете са идентифицира чрез HPLC-DAD анализ, а съответните резултати за инвертни захари и органични киселини са посочени в Таблица 3.

The chemical analysis of the fruit included the following: 1. individual invert sugars (glucose, fructose, sucrose), as determined by high-performance liquid chromatography (HPLC; Waters Breeze, Milford, USA), with absorbance measured in the range of 210 - 327 nm. 2. organic acids (citric acid, malic acid), as analysed using a Hewlett-Packard HP1100 system equipped with a photo diode array detector (Palo, Alto, CA, USA), with absorbance measured in the range of 490-600 nm. 3. total phenols, as assessed spectrophotometrically by the Folin–Ciocalteu method (Singleton et al., 1999), with absorbance measured at 765 nm. 4. total anthocyanins, as determined by the single pH and pH differential methods, with absorbances measured at 515 nm and 700 nm. 5. antioxidant capacity, as evaluated spectrophotometrically by the phosphomolybdenum method (Prieto et al., 1999), with absorbance measured at 695 nm.

The experimental data obtained during the three-year research period were subjected to statistical analysis using Fisher's two-factor analysis of variance - ANOVA. Significant differences between the mean values of the tested factors and the interaction means were determined by LSD test, with the significance levels set at $P \leq 0.01$ and $P \leq 0.05$.

RESULTS AND DISCUSSION

Individual invert sugars play a central role in plant structure and metabolism at the cellular and whole organism levels. Glucose, fructose and sucrose are the major sugars in black currant fruits (Perez et al., 1997; Rubinskiene et al., 2006). Among organic acids, citric acid is dominant, and malic acid is present in minor concentrations in black currant berries (Hummer and Barney, 2002; Rubinskiene et al., 2006). The contents of compounds in berry extracts were identified by the HPLC-DAD analysis, and the corresponding results on individual invert sugars and organic acids are shown in Table 3.

Таблица 3. Съдържание на инвертни захари и органични киселини в плодовете

Table 3. Contents of individual invert sugars and organic acids in the fruit

Сорт/Година Cultivar/Year		Глюкоза Glucose (mg g^{-1})	Фруктоза Fructose (mg g^{-1})	Захароза Sucrose (mg g^{-1})	Лимонена киселина Citric acid (mg g^{-1})	Ябълчена киселина Malic acid (mg g^{-1})
Сорт (A) Cultivar (A)	'Ben Lomond'	92.3±4.76 a	133.7±3.74 a	19.9±2.79 a	1.04±0.14 c	0.35±0.09 ab
	'Ben Sarek'	75.2±5.26 e	126.9±2.65 b	9.73±1.64 d	1.00±0.11 c	0.35±0.09 ab
	'Tsema' 'Titania'	82.0±6.31 bc	120.6±3.40 c	13.8±3.48 bc	1.23±0.30bc	0.31±0.07 b
	'ČačanskaCrna'	80.9±5.39 cd	125.6±4.35 b	13.9±2.64 bc	1.40±0.25ab	0.32±0.06 b
	'Tisel'	79.9±2.69 cd	135.7±5.46 a	16.5±3.30 ab	1.45±0.21ab	0.38±0.06 a
	'Tiben'	78.2±6.07 d	119.5±3.50 c	12.5±3.32 cd	1.62±0.27 a	0.40±0.07 a
		84.6±3.49 b	128.6±2.90 b	15.2±3.51 bc	1.36±0.20 b	0.35±0.08 ab
Година (B) Year (B)	2012	95.2±1.88 a	140.3±2.08 a	6.24±0.49 a	0.59±0.02 c	0.13±0.01 c
	2013	65.5±2.42 b	117.9±1.99 b	13.6±1.38 b	1.44±0.10 b	0.33±0.03 b
	2014	86.1±1.63 c	125.6±1.59 c	25.3±1.17 c	1.94±0.08 a	0.63±0.02 a
ANOVA						
Cultivar (A)		**	**	**	**	*
Year (B)		**	**	**	**	**
A x B		**	**	ns	*	**

- Стойностите, последвани от различни букви в колоните за сортовете и обработките имат значителни разлики при P ≤ 0.01 и P ≤ 0.05 според LSD теста и резултатите от ANOVA (F-тест)
- Means followed by different letters within the cultivar and treatment columns are significantly different at P ≤ 0.01 and P ≤ 0.05 according to LSD test and ANOVA (F-test) results

Както се вижда от анализа на инвертните захари и органичните киселини в плодовете, фруктозата е преобладаваща захар, а лимонената киселина е основната органична киселина. Количеството фруктоза варира широко и значително сред сортовете на черния касис, което е най-високо в „Чачанска Църна" и „Бен Ломонд", а най-ниско в „Цема" и „Тисел". Също така има значителни разлики между сортовете в нивото на глюкоза и захароза. Най-високо съдържание на глюкоза и захароза са открити в "Бен Ломонд", а най-ниското в "Бен Сарек". Количеството захароза е много ниско във всички сортове. Настоящите резултати са сравними с тези, получени от Milivojević et al. (2009), които отчитат подобно съдържание на инвертна захар. Що се отнася до органичните киселини, „Тисел" има най-високо средно съдържание на лимонена и ябълчна киселина. Резултатите, представени от Mladin et al. (2009) също посочват, че сортовете от черен касис се характеризират с високи нива на органични киселини. Според посоченето от Bordonaba and Terry (2008), съдържанието на захар

As revealed by the analysis of individual invert sugars and organic acids in the fruit, fructose was the dominant sugar, and citric acid was the major organic acid. The amount of fructose varied widely and significantly among black currant cultivars, being highest in 'Čačanska Crna' and 'Ben Lomond', and lowest in 'Tsema' and 'Tisel'. There were also significant differences among cultivars in the levels of glucose and sucrose. The highest glucose and sucrose contents were found in 'Ben Lomond', and the lowest in 'Ben Sarek'. The amount of sucrose was very low in all cultivars. The present results are comparable to those obtained by Milivojević et al. (2009), who recorded similar invert sugar contents. As for organic acids, 'Tisel' had the highest average content of citric and malic acid.

The results presented by Mladin et al. (2009) also indicated that black currant cultivars were characterised by high levels of organic acids. As suggested by Bordonaba and Terry (2008), sugar and acid contents and sugar to acid ratio in и киселина и съотношението захар / киселина в черния касис са важни показатели за възприемания вкус, зрялост и общо качество, което може да служи като оценка от страна на потребителите.

В допълнение към основните метаболити, растенията произвеждат разнообразен набор от органични съединения, известни като вторични метаболити, за да се предпазват от тревопасни животни и микробна инфекция. Резултатите относно вторичните метаболити в сортовете черен касис са представени в Таблица 4.

black currants are important indicators of perceived taste, maturity/ripeness and general quality, which may serve as an index of consumer acceptance.

In addition to primary metabolites, plants produce a diverse array of organic compounds, known as secondary metabolites, to defend against herbivory and microbial infection. The results on secondary metabolites in black currant cultivars are presented in Table 4.

Таблица 4. Съдържание на вторични метаболити в сортовете на черен касис
Table 4. Contents of secondary metabolites in black currant cultivars

Сорт/Година Cultivar/Year		Общи антоцианини Total anthocyanins (mg C3G g^{-1})	Общи феноли Total phenols (mg GA g^{-1})	Обща антиоксид. сп. Total antioxidant capacity (mg AA/ g)
Сорт (A) Cultivar (A)	'Ben Lomond'	2.50±0.43 c	12.2±0.64 b	10.4±0.31 b
	'Ben Sarek'	1.70±0.08 d	12.5±0.75 b	10.6±0.41 b
	'Tsema'	2.42±0.12 c	11.9±0.61 b	10.5 ±0.53 b
	'Titania'	3.22±0.24 b	14.1±0.67 a	12.5±0.51 a
	'ČačanskaCrna'	3.60±0.12 a	14.6±0.92 a	12.4±0.13 a
	'Tisel'	3.26±0.23 b	12.0±0.59 b	10.7±0.16 b
	'Tiben'	3.25±0.26 b	11.9±0.61 b	10.5±0.25 b
Година (B) Year (B)	2012	2.15±0.15 c	8.88±0.47 c	8.55±0.26 c
	2013	3.01±0.16 b	12.7±0.47 b	11.5±0.27 b
	2014	3.46±0.19 a	17.3±0.48 a	13.6±0.28 a
ANOVA				
Cultivar (A)		**	**	**
Year (B)		**	**	**
A x B		**	**	**

- Стойностите, последвани от различни букви в колоните на сортовете и обработките имат значителни разлики при P ≤ 0.01 и P ≤ 0.05 според LSD теста и резултатите от ANOVA (F-тест)
- Means followed by different letters within the cultivar and treatment columns are significantly different at P ≤ 0.01 and P ≤ 0.05 according to LSD test and ANOVA (F-test) results

„Чачанска Църна" и „Титания" съдържат средно най-високо ниво на вторични метаболити (общо антоцианини, общи феноли и общ антиоксидантен капацитет), докато другите сортове показват променливост в изследваните параметри. Плодовете на черния касис имат високи нива на полифенолни съединения, особено антоцианини, производни на фенолната киселина, флавоноли и проантоцианидини, в сравнение с други плодове (например, ягоди и малини) (Karjalainen

'Čačanska Crna' and 'Titania' contained on average the highest contents of the secondary metabolites (total anthocyanins, total phenolics, and total antioxidant capacity), whereas the other cultivars exhibited variability in the studied parameters. Black currant berries had high levels of polyphenol compounds, especially anthocyanins, phenolic acid derivatives, flavonols, and proanthocyanidins, compared to other berries (e.g., strawberries and raspberries) (Karjalainen et al 2009; Mattila et al. 2011). Phenolic et al., 2009; Mattila et al., 2011.). Фенолните съединения са причина за много от положителните, здравословни въздействия на черния касис и допринасят за повечето сензорни свойства на плодовете от черния касис (Schwarz and Hofmann, 2007, Laaksonen et al., 2013).

Най-високи нива на инвертни захари са определени през 2012 г. и най-ниските през 2014 г. Стойностите за органичните киселини и вторичните метаболити са най-високи през 2014 г. и най-ниски през 2012 г. През експерименталните години, температурата на въздуха е била по-висока с 2.1°C и общото количество на валежите през 2012 г. е по-ниско с 122.5 mm m-2 в сравнение с 2014 г., което има стимулиращ ефект върху синтеза на инвертни захари. За разлика от синтезата на органичните киселини и вторичните метаболити, който е по-висок през 2014 г., когато въздушната температура е по-ниска на въздуха, а стойности на валежите са по-високи в сравнение с другите две експериментални години. В условията на Чачак, по-високи нива на захар, но по-ниски нива на киселини са определени в изследваните сортове в сравнение с резултатите от многобройните автори (Zurawicz et al., 2000; Kampuss and Strautina, 2004; Siksnianas et al., 2006; Mladin et al., 2009; Raudsepp et al., 2010), които провеждат изследванията си в северните и североизточните части на Европа на висока надморска височина. Тези разлики в съдържанието на инвертните захари, органичните киселини и вторичните метаболити се дължат на влиянието на климатичните фактори върху биохимичния състав на плодовете от изследваните сортове черен касис. Настоящите резултати са сравними с тези, получени от Rubinskiene et al. (2006), които наблюдават положителна зависимост между температурата на въздуха и съдържанието на захари и отрицателната зависимост между дъждовете и тези параметри. Подобни на нашите резултати са получили Kaldmae et al. (2013), които установяват, че съдържанието на захари се повлиява положително от температурата и отрицателно

compounds are responsible for many of the positive, health-supporting effects of black currants, and contribute to most sensory properties of black currant berries (Schwarz and Hofmann, 2007; Laaksonen et al., 2013).

The highest levels of invert sugars were determined in 2012, and the lowest in 2014. The values for organic acids and secondary metabolites were highest in 2014 and lowest in 2012. Over the experimental years, air temperature was higher by 2.1^{o}C and precipitation totals were lower by 122.5 mm m^{-2} in 2012 than in 2014, which had a stimulating effect on the synthesis of invert sugars. In contrast, the synthesis of organic acids and secondary metabolites was higher in 2014, which had lower air temperatures and higher precipitation amounts compared to the other two experimental years.

Under the environmental conditions of Čačak, higher levels of sugars, but lower levels of acids were determined in the tested cultivars compared to the findings of numerous authors (Zurawicz et al., 2000; Kampuss and Strautina, 2004; Siksnianas et al., 2006; Mladin et al., 2009; Raudsepp et al., 2010), who conducted their research in northern and northeastern parts of Europe at high altitudes.

These differences in the contents of invert sugars, organic acids and secondary metabolites are attributed to the effect of climatic factors on the biochemical composition of the fruit of the studied black currant cultivars. The present results are comparable to those obtained by Rubinskiene et al. (2006), who observed a positive correlation between air temperature and the content of sugars, and a negative correlation between rainfall and these parameters.

Similarly, as determined by Kaldmae et al. (2013), the content of sugars is positively correlated with temperature and negatively от валежите. Vagiri et al. (2013) отчитат по-ниски нива на киселини, но по-високо съдържание на всички антоцианини и феноли при касиса, отглеждан в южната част на Швеция, отколкото в тези, отглеждани в северната част на Швеция. Както е посочено от авторите, получените стойности са резултат от по-високите температури на въздуха по време на узряването което не беше потвърдено в настоящото изследване. Zheng et al. (2009) определят по-високи стойности на инвертните захари и лимонените киселини в черния касис, отглеждан в южната част на Финландия, отколкото в тези, отглеждани в северната част на Финландия. Авторите установяват, че съдържанието на захари и киселини е положително повлияно от температурата на въздуха, но отрицателно свързано с количеството на валежите. Oancea et al. (2011) констатират, че черния касис процъфтява във влажни зони с високи количества валежи и че тези условия на околната среда имат положително въздействие върху нивото на общия антоцианин. От друга страна, Kazimierczak et al. (2008) съобщават, че високите температури на въздуха и ниските количества валежи допринасят за повишеното съдържание на антоцианини. Изводите, направени от тези автори, потвърждават резултатите от настоящия експеримент. Разликата в измереното съдържание може да се обясни със силни вариации в синтеза и натрупването на химични съединения при различни климатични условия.

correlated with rainfall. Vagiri et al. (2013) reported lower levels of acids but higher contents of total anthocyanins and phenols in currants grown in the south of Sweden than in those grown in the north of Sweden. As explained by the authors, the values obtained were the result of higher air temperatures during harvest season, which was not confirmed in the present study. Zheng et al. (2009) determined higher values for invert sugars and citric acids in black currants grown in southern Finland than in those grown in the north of Finland.

The authors found that the contents of sugars and acids were positively correlated with air temperature, but negatively correlated with the amount of rainfall. Oancea et al. (2011) found that black currants thrive in humid areas with high rainfall amounts, and that these environmental conditions have a positive effect on the level of total anthocyanins. On the other hand, Kazimierczak et al. (2008) reported that high air temperatures and low rainfall amounts contributed to the increased content of total anthocyanins. The conclusions drawn by these authors provide a full explanation of the results of the present experiment. The difference in the measured contents can be explained by strong variations in the synthesis and accumulation of chemical compounds under different climates.

ИЗВОДИ

Плодовете на черния касис са изключително богат източник на захари, органични киселини и вторични метаболити; като такива, те са интересна хранителна възможност.

„Бен Ломонд“, „Титания" и „Чачанска Църна" проявяват чудесни химични характеристики на плодовете, главно по отношение на тяхната висока антиоксидантна активност, като „Чачанска Църна" се отличава с най-високи стойности за повечето от изследваните параметри.

Климатичните фактори имат важно въздействие върху растителния метабо-

CONCLUSIONS

Black currant berries are an exceptionally rich source of sugars, organic acids and secondary metabolites; as such, they provide an interesting nutritional alternative.

'Ben Lomond', 'Titania' and 'Čačanska Crna' exhibited excellent chemical characteristics of the fruits, primarily in terms of their high antioxidant activity, but 'Čačanska Crna' stood out for its highest values for most of the tested parameters.

Climatic factors have an important effect on plant metabolism, and promote the лизъм и стимулират синтеза на различни химични съединения в плодовете, като по този начин влияят положително върху качеството и търговската стойност на плодовете.

Изследваните сортове са подходящи за агроекологичните условия на Чачак, имайки пред вид добрите им химични характеристики.

Трябва да се вземат предвид климатичните фактори при създаването на овощни градини с касис за търговски цели.

synthesis of different chemical compounds in the fruit, thus positively affecting the quality and commercial value of the fruit.

Given their good chemical characteristics, the tested cultivars are suitable for the agroenvironmental conditions of Čačak.

Climatic factors should be considered when establishing commercial black currant orchards.

БЛАГОДАРНОСТИ

Това проучване е част от проект Ref. № 3109, финансиран от Министерството на образованието, науката и технологичното развитие на Република Сърбия.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study is part of Project Ref. No.31093 financially supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Bordonaba, G.J. and A.L. Terry**, 2008. Biochemical profiling and chemometric analysis of seventeen UK-grown black currant cultivars (*Ribes nigrum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(16), 7422.7430.
2. **Hummer, E.K. and A. Dale**, 2010. Horticulture of *Ribes*. *Forest Pathology*, 40, 251-263.
3. **Hummer, E.K. and L.D. Barney**, 2002.Currants.Crop Reports. *HortTechnology*, 12, 377-387.
4. **Hartmann, T.**, 2007. From waste products to ecochemicals: Fifty years of research of plant secondary metabolism. *Phytochemistry*, 68, 2831-2846.
5. **Kampuss, K. and S. Strautina**, 2004. Evaluation of blackcurrant genetic resources for sustainable production. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*,12, 147-158.
6. **Karjalainen, R., M. Anttonen, N. Saviranta, H. Hilz, D. Stewart, G. J. Mcdougall, P. Mattila and R. Torronen**, 2008. A review on bioactive compounds in black currants (*Ribes nigrum* L.) and their potential health-promoting properties. *Acta Horticulturae*, 839, 301-307.
7. **Karjalainen, K., K. Kemppainen and E. Van Raaij**, 2009. Non Compliant Work Behaviour in Purchasing: An Exploration of Reasons Behind Maverick Buying. *Journal of Business Ethics*, 84, 245-261.
8. **Kaldmae, H., A. Kikas, L. Arus and A. Libek**, 2013. Genotype and microclimate conditions influence ripening pattern and quality of blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) fruit. *Zemdirbyste-Agricuture*, 2(100), 164-174.
9. **Kazimierczak, R., E. Hallmann, A. Rusaczonek and E. Rembialkowska**, 2008. Antioxidant content in black currant from organic and conventional cultivation. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*
http://www.ejpau.media.pl//volume11/issue2/art-28.html
10. **Kruger, E., H. Dietrich, M. Hey and D. C. Patz**, 2011. Effects of cultivar, yield, berry weight, temperature and ripening stage on bioactive compounds of black currants. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 84, 40-46.

11. **Laaksonen, O., L. Mäkilä, R. Tahvonen, H. Kallio and B. Yang**, 2013. Sensory quality and compositional characteristics of blackcurrant juices produced by different processes. *Food Chemistry*, 138, 2421-2429.
12. **Mattila M. L., M. Kielinen, S. L. Linna, K. Jussila, H. Ebeling, R. Bloigu, R. M. Joseph and I. Moilanen**, 2011. Autism spectrum disorders according to DSM-IV-TR and comparison with DSM-5 draft criteria: an epidemiological study. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 50(6), 583-592.
13. **Mladin P., M. Coman, A. Sasnauskas, E. Chitu, G. Mladin, I. Ancu, C. Nicola and M. Sumedrea**, 2009. Contributions to the agro-biological study of the black currant and blueberry within the cultivar evaluation European network. Scientific papers of the R.I.F.G. Pitesti, 25, 15-20.
14. **Milivojević, J., V. Maksimović and M. Nikolić**, 2009. Sugar and organic acids profile in the fruits of black and red currant cultivars. *Journal of Agricultural Sciences*, 54(2), 105-117.
15. **Nikolić, M. and J. Milivojević**, 2010. Small fruit crops. Production technology. Scientific Pomological Society of Serbia, Belgrade.
16. Oancea, S., A. Cotinghiu and L. Oprean, 2011. Studies investigating the change in total anthocyanins in black currant with postharvest cold storage. *Annals of the Romanian Society for cell biology*, 16, 359-363.
17. **Perez, A. G., R. Olias, J. Espada, J. M. Olias and C. Sanz**, 1997. Rapid determination of sugars, nonvolatile acids, and ascorbic acid in strawberry and other fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 3545-3549.
18. **Prieto, P., M. Pineda and M. Aguilar**, 1999. Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: Specific application to the determination of vitamin E. *Analytical Biochemistry*, 269, 337-341.
19. **Raudsepp, P., H. Kaldmae, A. Kikas, A. V. Libek and T. Pussa**, 2010. Nutritional quality of berries and bioactive compounds in the leaves of black currants (*Ribes nigrum* L.) cultivars evaluated in Estonia. *Journal of Berry Research*, 1, 53-59.
20. **Rubinskiene, M., P. Viskelis, I Jasutiene, P. Duchovskis and C. Bobinas**, 2006. Changes in biologically active constituents during ripening in black currants. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 14, 237-246.
21. **Singleton, V. L., R. Orthofer and R. M. Lamuela-Raventos**, 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152-178.
22. **Schwarz, B. and T. Hofmann**, 2007. Sensory-guided decomposition of red currant juice (*Ribes rubrum*) and structure determination of key astringent compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 1394-1404.
23. **Siksnianas, T., V. Stanys, A. Sasnauskas, P. Viskelis and M. Rubinskiene**, 2006. Fruit quality and processing potential in five new blackcurrant cultivars. *Journal of Fruit Ornamental Plant Research*, 14(2), 265-271.
24. **Scalzoa, J., A. Currieb, J. Stephencs, T. McGhird and P. Alspachc**, 2008. The anthocyanin composition of different *Vaccinium*, *Ribes* and *Rubus* genotypes. *BioFactors*, 34, 13-21.
25. **Vagiri, M., A. Ekholm, E. Oberg, E. Johansson, C. S. Andersson and K. Rumpunen**, 2013. Phenols and ascorbic acid in black currants (*Ribes nigrum* L.): Variation due to genotype, location, and year. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61, 9298-9306.

26. **Veberič, R., A. Slatnar, J. Jakopič, F. Štampar and M. Mikulič Petkovšek**, 2012. Primary and secondary metabolites in fruits. In: Paper and abstract proceedings 14th Serbian congress of fruit and grapevine producerswith international, Vrnjačka Banja, Serbia, 9, pp. 55-62.
27. **Walker, P.G., R. Viola, M. Woodhead, L. Jorgensen, S. L. Gordon, R. M. Brennan and R. D. Hancock**, 2010. Ascorbic acid content of black currant fruit is influenced by both genetic and environmental factors. *Functional Plant Science and Biotechnology*, 4(1), 40-52.
28. WCRF/AICR (World Cancer Research Fund) 2008. Food, nutrition, physical activity, and the prevention of cancer: A global perspective. American Institute for Cancer Research, Washington.
29. **Zheng, J., B. Yang, S. Tuomasjukka, S. Ou and H. Kallio**, 2009. Effects of latitude and weather conditions on contents of sugars, fruit acids and ascorbic acid in black currant (*Ribes nigrum* L.) juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 2977-2987.
30. **Zurawicz, E., S. Pluta and J. Danek**, 2000. Small fruit breeding at the Research Institute of Pomology and Floriculture in Skierniewice, Poland. *Acta Horticulturae*, 538, 457-461.