

ВИКОРИСТАННЯ ФЕРМЕНТАТИВНОГО КАТАЛІЗУ ПІД ЧАС ВИРОБНИЦТВА СОКУ З ЧОРНИЦІ

Г.П. Хомич

Досліджено хімічний склад ягід чорниці й розглянуто доцільність їх подальшої переробки в соковому виробництві. Установлено, що використання для попередньої обробки мезги чорниці ферментативного каталізу позитивно впливає на вихід та якість соків із чорниці. Проаналізовано вплив періоду збирання ягід чорниці та виду попередньої обробки на зміну фенольних сполук під час виробництва соків.

Ключові слова: чорниця, сік, хімічний склад, ферментні препарати, мультиензимна композиція, фенольні сполуки.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЕРМЕНТАТИВНОГО КАТАЛИЗА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СОКА ИЗ ЧЕРНИКИ

Г.А. Хомич

Исследован химический состав ягод черники и рассмотрена целесообразность ее дальнейшей переработки в соковом производстве. Установлено, что использование для предварительной обработки мезги черники ферментативного катализа положительно влияет на выход и качество соков из черники. Проведен анализ влияния времени сбора ягод черники и вида предварительной обработки на изменение фенольных веществ при производстве соков.

Ключевые слова: черника, сок, химический состав, ферментные препараты, мультиэнзимная композиция, фенольные соединения.

USE ENZYMATIC CATALYSIS IN THE PRODUCTION OF BLUEBERRIES JUICE

G.P. Khomych

Usage of blueberries allows enriching foods with biologically active complex, that is contained in it.

The purpose is to study the chemical composition of and the impact of enzymatic catalysis on the quality of blueberry juice.

We investigated the impact of the active enzymes complex on the outlet of blueberries juice and the change of biologically active substances in it.

The mass concentrations of organic acids, sugars, phenolic compounds, amino acids in berries and blueberries juices were determined by a method of highly liquid chromatography.

Analysis of the chemical composition of blueberries has confirmed the presence of a significant number of biologically active substances in its structure. The impact of pretreated blueberries by active enzymes complex on the outlet and quality of blueberries juice was investigated. It was established that harvesting period of berries and type of pretreatment influence the composition of phenolic compounds in blueberries juices. Positive impact of enzymatic catalysis on the transition of colorful substances from the berries in the blueberries juice was confirmed. Analysis of the fractional composition of phenolic compounds and amino acid composition of juice after enzymatic catalysis by complex active enzymes confirmed that the maximum transition of phenolic compounds is achieved in the prewarmed marc by multi-enzymatic composition (MEC) of enzymes of pectolytic and cellulolytic actions and complex enzyme Fr. Color.

It was proved that the usage of enzymatic catalysis in the production of juice promotes the formation of finished product with increased biological value.

Keywords: *blueberries, juice, chemical composition, enzymes, multi-enzymatic composition, phenolic compounds.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. На даний час в усьому світі приділяється значна увага створенню продукції, яка носить оздоровчий характер. Для виробництва продуктів харчування можуть бути використані практично всі види рослинної сировини, у тому числі істівні дикорослі ягоди, що існують у природі.

Ягоди чорниці використовуються давно й дуже популярні в населення не тільки як смачна та делікатесна їжа, але і як чудова лікувальна рослина, яка здавна рятувала людину від багатьох хвороб. Чорниця – дуже цінна ягода, насамперед через те, що поєднує у своєму складі біологічно й фізіологічно активні речовини, які складно створити штучно і які найбільш ефективні під час лікування та профілактики багатьох захворювань [1–3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Попередніми дослідженнями було встановлено, що обробка мезги ягід чорниці ферментними препаратами дає можливість підвищити вихід соку та сприяє максимальному вилученню фенольних речовин. Для ефективної обробки мезги чорниці ферментними препаратами була розроблена мультиензимна композиція на основі ферментних препаратів вітчизняного виробництва пектолітичної (Пектофестидин П10х) та целюлолітичної (Целотерин Г3х) дії [4]. Однак для підтвердження отриманих результатів необхідне отримання повної інформації про вплив

ферментативного каталізу на мезгу чорниці з використанням ферментних препаратів не тільки вітчизняного, але й найбільш популярних ферментів комплексної дії зарубіжного виробництва.

Мета статті – дослідження хімічного складу ягід чорниці та впливу ферментативного каталізу на якість соків із чорниці.

Виклад основного матеріалу дослідження. Об'єкти досліджень – ягоди та сік із чорниці. Масові концентрації органічних кислот, цукрів, фенольних речовин, амінокислот в ягодах та соках із чорниці визначали методом високоефективної рідинної хроматографії на хроматографі Agilent Technologies (модель 1100).

У процесі переробки свіжі ягоди проходили попередню підготовку, і для максимального вилучення соку та збагачення його фенольними сполуками їх піддавали попередній обробці ферментними препаратами комплексної дії, які одночасно мають пектолітичну та целюлолітичну активність. В експериментальних зразках мезгу попередньо прогрівали до температури 85 ± 5 °C, охолоджували до температури ферментолізу (50 ± 2 °C), вносили підготовлені ферментні препарати: Roharpect MA (Франція, DSM Food Specialties - Ф1), Rapidaze C80 Max (Франція, DSM Food Specialties - Ф2), Pectinex BE (Данія, Novo Nordisk - Ф3), Fr. Color (Німеччина - Ф4) та МЕК (Ф5) і витримували за температури ферментолізу протягом 60 хв. Після ферментолізу отримували сік шляхом пресування на гвинтовому пресі й піддавали його традиційній обробці [5]. Контрольними зразками були: К1 – сік, отриманий з механічно подрібненої ягоди, К2 – сік, отриманий із мезги, витриманої в умовах ферментативної обробки.

Експериментальні дослідження проводилися з чорницею, зібраною на території Волинської області. Сировину аналізували у стадії споживчої стиглості. За органолептичною оцінкою ягоди чорниці мали насичене темно-синє із сизуватим відтінком забарвлення, приємний кисло-солодкий смак та легкий аромат, специфічний для відповідної сировини.

Аналіз хімічного складу чорниці (табл. 1, 2) показав, що вона є багатим джерелом біологічно активних сполук. Ягоди чорниці містять у своєму складі 86% води. Головну частку розчинних сухих речовин у чорниці становлять цукри.

Дослідженнями встановлено, що цукри в ягодах чорниці представлені виключно гексозами – глюкозою та фруктозою. Окрім цукрів смакові властивості сировини визначаються наявністю органічних кислот. В ягодах чорниці домінує лимонна кислота, але в достатній кількості виявлена янтарна кислота, яка здатна виступати як відновлювальний і радикал-акцепторний агент, відповідальний за

антиоксидантний захист. Наявність янтарної кислоти у складі чорниці підвищує антиоксидантні властивості в продуктах з її використанням.

Таблиця 1

Склад органічних кислот та цукрів у ягодах чорниці, %

(n = 3, p ≤ 0,05)

Сухі речовини	Органічні кислоти			Цукри	
	лимонна	яблучна	янтарна	глюкоза	фруктоза
14,00	1,48	0,43	0,77	1,91	2,96

В ягодах чорниці визначено високий показник біологічної активності – 5363,6 ум.од.акт.

Таблиця 2

Вміст біологічно-активних речовин у ягодах чорниці, мг/100 г

(n = 3, p ≤ 0,05)

L-аскорбі-нова кислота	Оксикоричні кислоти та їх похідні	Флавоони та їх похідні	Антоціани	Флаван-3-оли
31,18	16,00	3,50	735,20	5,90

В аналізованих зразках виявлено L-аскорбінову кислоту, наявність якої є своєрідним індикатором у процесі переробки сировини, оскільки саме за зниженням вмісту аскорбінової кислоти можна зробити висновок про негативний вплив технологічної обробки на сировину.

Аналіз хімічного складу чорниці свідчить, що головним показником, який характеризує антиоксидантну активність ягід, є наявність у їх складі флавоноїдів. Вміст визначених флавоноїдів в аналізованих ягодах чорниці становить 744,6 мг/ 100 г.

Підтверджено ефективний вплив ферментних препаратів на вихід соку із мезги чорниці (рис. 1).

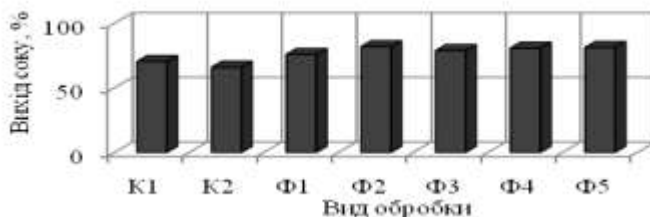


Рис. 1. Вплив попередньої обробки сировини на вихід соку

У всіх зразках під час використання ферментних препаратів підвищується вихід соку: на 5,2...11,5% порівняно з контролем К1 і на 9,9...15,9% порівняно з контролем К2. Найвищий вихід соку у зразках, ферментованих Rapidase C80 Max (Ф2) – 81,7% та МЕК (Ф5) – 81,1%. Серед ферментованих зразків найнижчий вихід соку у зразку, ферментованому Rohapect (Ф1) – 75,7%, хоча він значно перевищував контрольні зразки (рис. 1).

Досліджували зміну барвних речовин у соках у процесі виробництва (рис. 2).

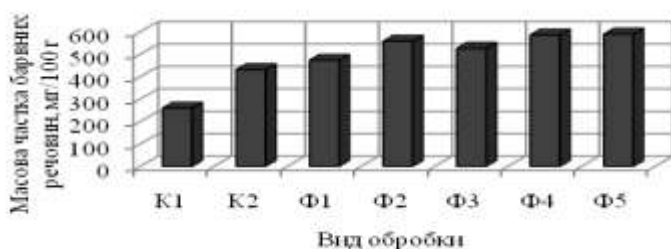


Рис. 2. Вплив процесу ферментолізу на вміст барвних речовин у соках із чорниці

Дослідження барвних речовин (рис. 2) підтверджують, що у всіх ферментованих зразках вони більшою мірою переходять із сировини в сік. Залежно від обраних для попередньої обробки ферментів вміст барвних речовин у соках із чорниці збільшився відповідно у 2,26...2,28 разу порівняно з контрольним зразком К1 і в 1,36...1,37 разу порівняно з контролем К2.

Максимальний перехід барвних речовин із ягід у готовий продукт спостерігається під час обробки м'язги ягід МЕК (588,9 мг/100 г). Із досліджуваних зарубіжних ферментів найактивнішою була дія ферментів Fr. Color (585,26 мг/100 г) та Rapidase C80 Max (557,05 мг/100 г). Найменш ефективною виявилася дія ферменту Rohapect (453,13 мг/100 г).

Детально досліджували вміст флавоноїдів в ягодах і соках із чорниці. Для дослідження були обрані соки, отримані з використанням МЕК та ферменту Fr. Color. Дії ферментів піддавали ягоди різного періоду досягання: початок сезону збирання (кінець червня) та пік сезону збирання ягід чорниці (середина липня) (табл. 3).

Результати вмісту флавоноїдів у соках із чорниці (табл. 3) свідчать, що їх вміст у зразку, попередньо обробленому МЕК,

становить 77,3...85,2% від загального вмісту в ягодах, що у 1,2...2,5 разу перевищує їх вміст у контрольному зразку K2, а у зразку, обробленому Fr. Color, вміст складає 68,1...87,0% від загального вмісту в ягодах. Визначено, що в ягодах, зібраних на початку сезону, вищий вміст оксикоричних кислот та флавонів і відповідно їх вміст вищий у соках, однак під час ферментолізу сировини більш активно перехід оксикоричних кислот та флавонів проходить у ягодах, зібраних у пік сезону.

Таблиця 3

Вплив періоду збирання ягід чорниці та виду попередньої обробки на склад фенольних речовин у соках із чорниці

(n = 3, p ≤ 0,05)

Найменування зразка	Період збирання	Масова концентрація, мг/100 г				
		оксикоричні кислоти та їх похідні	флавоони та їх похідні	антоціани	флавоноли	сума фенольних сполук
Ягоди	кінець червня 2011 (початок сезону)	23,40	4,20	590,60	5,80	624,00
Контроль K2		22,30	2,10	179,90	2,70	207,00
Обробка Fr. Color		27,00	2,80	418,30	4,00	452,10
Обробка МЕК		26,40	2,30	458,10	3,90	490,70
Ягоди	середина липня 2011 (пік сезону)	16,00	3,50	735,20	5,90	760,60
Контроль K2		19,50	1,40	474,10	2,70	546,50
Обробка Fr. Color		23,30	3,00	641,10	4,00	671,40
Обробка МЕК		23,10	2,90	627,20	4,50	657,70

Під час ферментолізу ягід раннього збирання більш ефективна дія МЕК, із сировини у сік вилучається 77,3% флавоноїдів, а під час обробки Fr. Color – 68,1%, у тому числі антоціанів 77,57% (МЕК) і 70,83% (Fr. Color). У чорниці, зібраній в пік сезону, вилучення флавоноїдів вище під час обробки Fr. Color – 87,0% від вмісту в сировині та 85,2% – під час обробки МЕК, що свідчить про вплив на процес ферментолізу хімічного складу сировини. На початку сезону збирання у ягодах вищий вміст клітковини, а під час дозрівання

збільшується вміст пектинових речовин. У всіх аналізованих зразках ягід та соків більше 90% від вмісту флавоноїдів становить антоціани й прослідковується вплив на вилучення фенольних сполук, зокрема антоціанів, виду ферменту та стадії стиглості сировини.

Установлено, що використання МЕК та Fr. Color під час виробництва соків сприяє формуванню готового продукту з підвищеною біологічною цінністю. Одними з найважливіших показників хімічного складу є азотисті речовини, зокрема амінокислоти, які впливають на смак та аромат соків (табл. 4).

Таблиця 4

Амінокислотний склад чорничних соків після ферментативного каталізу (n = 3, p ≤ 0,05)

Найменування аміносполуки	Масова концентрація, мг/дм ³	
	Fr. Color	МЕК
Незамінні амінокислоти		
Треонін	4,0	3,6
Валін	4,6	4,1
Метіонін	30,2	26,5
Ізолейцин	1,1	0,8
Лейцин	2,2	1,5
Фенілаланін	4,5	4,0
Лізин	2,2	2,9
Замінні амінокислоти		
Аспарагінова кислота	8,3	7,2
Глутамінова кислота	11,7	9,1
Аспарагін	8,6	9,0
Глутамін	5,6	5,2
Серин	4,6	4,6
Аргінін	8,6	5,4
Гліцин	1,2	1,2
Аланін	3,5	3,3
Пролін	0,8	1,7
γ-аміномасляна кислота	8,7	9,6
2-Етаноламін	3,1	3,7
Цистеїн	1,7	2,3
Гістидин	2,5	3,7
Тирозин	10,6	10,5
Сума	128,3	119,9

Визначено, що в процесі ферментолізу мезги чорниці комплексним ферментом Fr. Color у сік більшою мірою переходять незамінні амінокислоти, їх вміст на 11,1% вищий порівняно зі зразком, ферментованим МЕК. У соках із чорниці виявлено майже всі незамінні амінокислоти, за винятком триптофану. Домінуючою є амінокислота метіонін, на її частку припадає 61,1% (МЕК) ... 61,9% (Fr. Color) від вмісту незамінних амінокислот. Виявлено також дві амінокислоти – аргінін та гістидин, які є незамінними для дитячого організму, і γ -аміномасляну кислоту. Установлено, що ферментоліз мезги МЕК більшою мірою сприяє переходу γ -аміномасляної кислоти у сік (на 10,3% більше порівняно з використанням Fr. Color).

Досліджували також зміну фракційного складу фенольних сполук у соках, отриманих із використанням попереднього ферментолізу МЕК та Fr. Color (табл. 5).

Таблиця 5

Фенольні сполуки у соках із чорниці, обробленої МЕК та Fr. Color
(n = 3, p ≤ 0,05)

№ з/п	Час утрим., хв	Найменування компонентів	Масова частка, мг/100 г	
			Свіжоотриманий сік	
			Fr. Color	МЕК
Оксикоричні кислоти та їх похідні				
1	11.42	п-Кумароїлгексоза-1	7,40	7,10
2	11.64	Ферулоїлгексоза	1,90	1,60
3	11.75	п-Кумароїлгексоза-2	10,90	11,40
4	22.17	Похідні п-кумарової кислоти	3,10	3,00
Флаволи та їх похідні				
1	19.52	Рутин	2,40	2,30
2	21.40	Кверцетина гексозиду малонат	0,50	0,50
3	22.98	Кверцетин	0,10	0,10
Антоціани				
1	14.92	Дельфінідин-3-О-галактозид	71,30	72,90
2	15.37	Дельфінідин-3-О-глюкозид	74,30	76,20
3	15.98	Ціанідин-3-О-галактозид	64,90	60,30
4	16.24	Дельфінідин-3-О-арабінозид	57,00	57,40
5	16.48	Ціанідин-3-О-глюкозид	67,70	63,30
6	16.73	Петунідин-3-О-галактозид	28,80	29,10
7	17.14	Ціанідин-3-О-арабінозид	46,70	47,00
8	17.24	Петунідин-3-О-глюкозид	55,60	51,70
9	17.72	Пеонідин-3-О-галактозид	11,00	9,70
10	17.96	Петунідин-3-О-арабінозид	16,60	16,20
11	18.17	Пеонідин-3-О-глюкозид	59,40	55,70

Продовження табл. 5

1	2	3	4	5
12	18,54	Мальвідин-3-О-галактозид	62,00	63,30
13	18,91	Пеонідин-3-О-арабінозид	5,60	4,80
14	19,11	Мальвідин-3-О-арабінозид	6,30	5,80
15	19,54	Мальвідин-3-О-глюкозид	13,90	13,80
Флаван-3-оли				
1	11,51	(+)-D-катехін	1,30	1,60
2	13,18	(-)-Епікатехін	2,70	2,90
Сума фенольних сполук			671,40	657,70

Визначено, що в процесі виробництва соків максимальне вилучення фенольних сполук досягається в разі використання для ферментативного каталізу ферменту Fr. Color (на 2,7% порівняно з МЕК). Під час аналізу за фракціями встановлено, що тільки вміст флаван-3-олів (на 12,5 %) переважає у зразках після ферментолізу МЕК.

Однак експериментальними дослідженнями підтверджено, що у процесі зберігання протягом року більшою мірою піддаються деградації фенольні сполуки у соках після обробки ферментом Fr. Color, їх вміст зменшується на 53,2%, а в разі використання МЕК – на 50,4%. Найбільшою мірою руйнуються антоціани та флаван-3-оли (52,40...55,40% та 47,0...64,7% відповідно). Найменш стійкими при зберіганні виявилися глікозиди мальвідину, втрачається 61,7% (Fr. Color) ... 62,2% (МЕК), а найбільш стійкими – глікозиди цанідину, їх втрати становлять 46,4% (МЕК) ... 50,6% (Fr. Color).

Висновки. Отримані результати свідчать, що використання МЕК та Fr. Color під час виробництва соків із чорниці сприяє формуванню готового продукту з підвищеною біологічною цінністю. Попередня ферментативна обробка мезги приводить до руйнування органічного матриксу клітинної стінки рослинної сировини, і частина органічних сполук переходить зі зв'язаного стану у вільну форму.

Перспективою подальших досліджень у даному напрямі є перевірка удосконаленої технології у виробничих умовах.

Список джерел інформації/References

1. Петрова В. П. Дикорастущие плоды и ягоды / В. П. Петрова. – М. : Лесная пром-ть, 1987. – 248 с.

Petrova, V.P., (1987), *Wild fruits and berries, [Dykorastushchie plody i yagody]*, Forest industry, Moscow, 248 p.

2. Шобингер У. Фруктовые и овощные соки: научные основы и технологии / У. Шобингер ; пер. с нем. под общ. науч. ред. А. Ю. Колеснова, Н. Ф. Берестеня, А. В. Орещенко. – СПб. : Профессия, 2004. – 640 с.

Shobinger, U., Kolesnova, A.Yu., Beresteny, N.F., (2004) [*Fructovie i ovoshchnie soky*]: *nauchnie osnovy i technologii* Fruit and vegetable juices: scientific bases and technologies, Professija, Sankt Petersburg, 640 p.

3. Kalt, W., McDonald, J., Ricker, K. Anthocyanin content and profile within and among blueberry species // *Can. J. Plant Sci.*, 1999. – 79. – P. 617-623.

4. Хомич Г. П. Використання дикорослої сировини для забезпечення харчових продуктів БАР: монографія / Г. П. Хомич, Н. І. Ткач. – Полтава : ПБВ ПУСКУ, 2009. – 159 с.

5. Khomich, H.P., Tkach, N.I., (2009) Use of growing wild raw material for providing of food products BAR: monograph [*Vykorystanya dykorosloy syrovyny dlya zabezpechenya harchovyh productive BAR: monografia*], PUSKU, Poltava, 159 p.

6. Хомич Г. П. Використання ферментних препаратів для переробки плодово-ягідної дикорослої сировини / Г. П. Хомич, Л. В. Капрельянц, Н. І. Ткач // *Обладнання та технології харчових виробництв* : зб. наук. пр. ДонНУЕТ – Донецьк. – 2010. – Вип. 25. – С. 123–128.

Khomich, H.P., Kaprelyants, L.V., Tkach, N.I., (2010), [*The use of enzymic preparations is for processing of fruits and berries of wild raw*], [*Vykorystannya fermentnykh preparativ for pererobki plodovo-yagodnoy dykorosloy syrovyny*], Collection of scientific labours “Equipment and technologies of food productions”, Donetsk, pp. 123–128.

Хомич Галина Панасівна, д-р техн. наук, доц., кафедра технологій харчових виробництв і ресторанного господарства, ВНЗ Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі» Адреса: вул. Коваля, 3, м. Полтава, Україна, 36000. Тел.: (05322) 2-48-60; +380502389855; факс (0532) 50-02-22; e-mail : uo@uccu.org.ua

Хомич Галина Афанасьевна, д-р техн. наук, доц., кафедра технологій пищевых производств и ресторанного хозяйства, ВНЗ Укоопсоюза «Полтавский университет экономики и торговли» Адреса: ул. Коваля, 3, м. Полтава, Украина, 36000. Тел.: (05322) 2-48-60; +380502389855; факс (0532) 50-02-22; e-mail : uo@uccu.org.ua

Khomych Galina Afanasevna, Dr. Sc. , Associate Professor, Head of Department of technology of food production and restaurant-hold, University Ukoopspilka "Poltava University of Economics and Trade", Ukraine, 36000, Poltava, st. Koval, 3. Tel: (05322) 2-48-60; +380502389855; fax (0532) 50-02-22; e-mail: uo@uccu.org.ua

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. В.М. Михайловим.
Отримано 15.03.2014. ХДУХТ, Харків.*