

УДК 664.856:634.723

Хомич Г.П., канд. техн. наук, доц. (ВНЗ УКС «ПУЕТ», Полтава);

Капрельянци Л.В., д-р техн. наук, проф. (ОНАХТ, Одеса);

Земелєв С.А., головний технолог («Агрона-Фрут Україна», Вінниця)

ДОСЛІДЖЕННЯ ФЛАВОНОЇДІВ У ЯГОДАХ ЧОРНИЦІ ТА ПРОДУКТАХ ЇЇ ПЕРЕРОБКИ

У статті наведено результати досліджень впливу регіону вирощування на вміст флавоноїдів у ягодах чорниці. Розглянуто зміну вмісту флавоноїдів чорниці при переробці її на різні продукти харчування: сік, пюре, заморожені ягоди.

Ключові слова: чорниця, флавоноїди, антоціани, сік, пюре, заморожування, ферментні препарати, мультиензимна композиція.

Постановка проблеми і її зв'язок із найважливішими науковими та практичними завданнями. Відомо, що плоди та ягоди дикорослої сировини є джерелом природного комплексу біологічно активних речовин, які позитивно впливають на людський організм. Вони – постачальники вітамінів, мінеральних речовин, фенольних сполук, пектинових речовин, що володіють широким спектром біологічної дії (гіпотензивної та судинозміцнюючої, радіопротекторної, дезінтоксикаційної та ін.).

Ягоди чорниці звичайної містять у своєму складі: вуглеводи (глюкозу, сахарозу, фруктозу, пектини), органічні кислоти (лимонну, молочну, яблучну, янтарну, щавелеву), вітаміни (А, В, С, РР), макро- та мікроелементи (залізо, селен, кобальт, мідь, цинк та ін.), барвні речовин. Серед барвних речовин чорниці, яким притаманна біологічна активність, переважають флавоноїди, які представлені оксикоричними кислотами, флавонолами та їх похідними, а також антоціанами [1,2].

В ягодах чорниці виявлено найбільш широкий спектр антоціанів, вони побудовані з 3-О- галактозидів, 3-О-глюкозидів і 3-О-арабінозидів дельфінідіну, цианідіну, петунідіну, пеонідіну і мальвідіну [2]. Антоціанидини та їх глікозидні форми є сильними антиоксидантами, які проявляють і антиканцерогенні властивості [3,4].

Інтерес до антоціанів обумовлюється тим, що більшість із них при споживанні зменшують ризик серцево-судинних захворювань, сприяють поліпшенню реологічних властивостей крові і попереджують деякі хронічні хвороби. Тому при переробці чорниці велике значення має комплексний підхід для збереження у продуктах харчування корисних речовин, на які так багата ця лісова ягода, зокрема, флавоноїдів.

Метою роботи є дослідження флавоноїдів ягід чорниці та їх збереження при виробництві соків, пюре та отриманні замороженої продукції.

Виклад основного матеріалу досліджень. Об'єктом досліджень були ягоди чорниці, зібрані на території Волинської та Закарпатської областей в першій половині липня 2010 року, та продукти їх переробки.

Дослідження проводилися з використанням стандартних методів аналізу. Кількісно вміст флавоноїдів у ягодах чорниці визначали за допомогою високоефективної рідинної хроматографії на хроматографі фірми Agilent Technologies (модель 1100).

Контроль якості вихідної сировини проводили за органолептичними, фізико-хімічними показниками та вмістом біологічно активних речовин. Сировину аналізували у стадії споживчої стиглості.

За органолептичними показниками ягоди чорниці мають інтенсивне забарвлення темно-синього кольору з сизуватим відтінком, приємний кисло-солодкий смак та слабкий аромат. Фізико – хімічні показники ягід чорниці наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 - Фізико – хімічні показники свіжих ягід чорниці (n =5, p ≤ 0,05)

Область районування чорниці	Масова частка, %		Вміст, мг/100г	
	сухих речовин	титрованих кислот	вітаміну С	флавоноїдів
Волинська	12,40	1,05	25,70	596,56
Закарпатська	13,80	1,18	30,80	586,05

Фізико-хімічні показники ягід, зібраних на території Волинської та Закарпатської областей, відповідно до таблиці 1, мають відмінності. Ягоди, зібрані на території Закарпатської області, мають дещо вищі показники ніж ягоди, зібрані на території Волинської області, слід відмітити різницю за вмістом вітаміну С - 30,8 та 25,7 мг/100г відповідно.

В аналізованих зразках ягід чорниці визначено вміст флавоноїдів і отримані результати наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 - Вміст флавоноїдів у ягодах чорниці, мг/100 г (n =5, p ≤ 0,05)

Назва регіону вирощування	Оксикоричні кислоти та їх похідні	Флавоони та їх похідні	Антоціани	Флаван-3-оли	Сума
Волинська обл.	18,97	4,96	568,24	4,39	596,56
Закарпатська обл.	20,77	4,70	555,86	4,72	586,05

Вміст флавоноїдів майже однаковий, відповідно таблиці 2, і тільки на 1,8 % вищий в ягодах чорниці, зібраних на території Волинської області, і складає 596,56 мг/100г. Серед них переважають антоціани, які представляють собою глікозиди п'яти агліконів – мальвідіну, пеонідіну, петунідіну, дельфінідіну та цианідіну з трьома вуглеводами – глюкозою, галактозою та арабінозою. Загальний вміст антоціанів в ягодах волинської чорниці майже на 2,2 % більший ніж у чорниці з Закарпатської області. Ягоди, зібрані у Волинській області, характеризуються більш високим вмістом глікозидів пеонідіну (на 16,4 % у порівнянні з ягодами, зібраними у Закарпатській області), петунідіну та

мальвідіну (на 6,7 % та 6,6 % відповідно), практично однаковий в обох зразках чорниць вміст глікозидів цианідіну. У закарпатській чорниці вищий (на 4,2 %) вміст глікозидів дельфінідіну, вони характеризуються більш високим вмістом оксикоричних кислот та їх похідних (на 8,7 %), флаван-3-олів (на 7 %), а вміст флавонолів та їх похідних, зокрема рутину (на 10,5 %) вищий у волинській чорниці. Отримані дані підтверджують, що в ягодах чорниці активно концентруються антоціани, що свідчить про високу антиоксидантну активність сировини.

Однак, не зважаючи на високий вміст флавоноїдів у ягодах чорниці, сезон надходження свіжої ягоди надто короткий і надзвичайно важливим є завдання зберегти їх вміст у продуктах переробки ягід: соках, пюре, замороженій сировині.

На даний час немає єдиної точки зору з питання впливу температурних факторів при виробництві соків на стійкість біологічно активних речовин у готовому продукті. Вони коливаються в широкому діапазоні – від 40⁰С до 90⁰С. Нагрівання мезги до температури 25...45⁰С мало впливає на процес екстракції барвних речовин, вона починається тільки при 45⁰С і збільшується з підвищенням температури до 65⁰С [5]. Дослідженнями встановлено, що оптимум температури для розчинення барвних речовин знаходиться у межах 55...60⁰С, при більш високих температурах спостерігається згортання колоїдів, що гальмує вилучення барвних речовин. Сік, отриманий з ягід, які оброблялися нагріванням, містить барвних речовин майже у 2 рази більше, ніж сік, отриманий зі свіжих ягід. Але термічна обробка значно прискорює процеси руйнування барвних речовин з утворенням сполук коричневого кольору, що значно погіршує зовнішній вигляд соків [6].

Враховуючи останні тенденції розвитку технології виробництва натуральних продуктів харчування з використанням природних барвників, поліпшувачів та ароматизаторів, існує потреба в одержанні високоякісного соку з чорниці, який має підвищений вміст біологічно активних речовин (БАР). Ферментативна обробка дикорослих ягід є найбільш перспективною попередньою обробкою з метою збільшення кількості вилучених барвних антоціанових речовин і підвищення виходу соку [7].

Попередніми дослідженнями встановлено, що обробка подрібненої сировини ягід чорниці мультиензимною композицією – комплексом ферментних препаратів пектолітичної та целюлолітичної дії Пектофоетидин П10х і Целотерин Г3х у співвідношенні 1:7 – з тривалістю ферментації сировини протягом 1 години при температурі 50±2⁰С дозволяє одержати соки, збагачені БАР з високими споживчими властивостями [8]. Найвищий вміст флавоноїдів досягається при попередній обробці мезги чорниці, яка прогрівалася до температури 80±2⁰С, охолоджувалася до температури ферментування і вносилося мультиензимна композиція (МЕК) ферментів. Вихід соку при такій обробці становить 81 %.

За контрольні зразки брали: К1 – сік з сировини після механічного подрібнення та К2 – сік з механічно подрібненої сировини, що попередньо

витримувалася в умовах аналогічних умовам ферментування. Отримані результати наведені в таблиці 3.

Таблиця 3 - Вміст флавоноїдів у соках з чорниці, мг/100 г (n =5, p ≤ 0,05)

Назва зразка	Оксикоричні кислоти та їх похідні	Флавоони та їх похідні	Антоціани	Флаван-3-оли	Сума
Ягоди	18,97	4,96	568,24	4,39	596,56
Контроль 1	13,58	2,12	176,43	0,66	192,79
Контроль 2	20,43	3,61	286,19	1,67	311,90
Оброблений МЕК	25,00	4,58	446,90	2,84	479,32

Результати вмісту флавоноїдів у соках з чорниці відповідно до таблиці 3 свідчать, що їх вміст у зразку, попередньо обробленому МЕК, складає 80 % від загального вмісту в ягодах, що у 1,5...2,5 рази перевищує їх вміст у контрольних зразках. Серед них більше 90 % від загального вмісту займають антоціани. Вміст антоціанів у соках з чорниці наведений на рисунку 1.

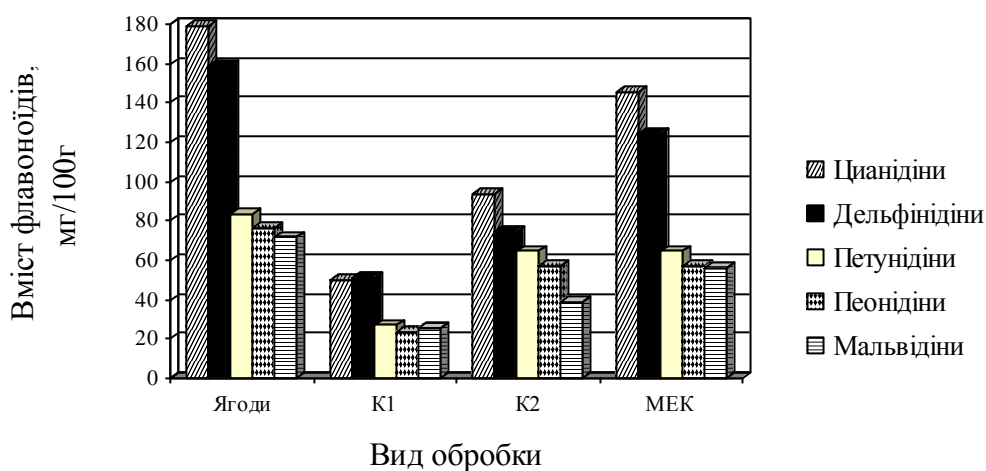


Рисунок 1 – Вміст антоціанів у соках з чорниці

Проведення попередньої обробки мезги ягід ферментними препаратами, відповідно до рисунка 1, позитивне для збільшення вмісту антоціанів – барвних речовин рослин. Вміст антоціанів у зразку, обробленому МЕК, збільшується у порівнянні з контрольними зразками у 1,6...2,5 рази. Серед них найбільше антоціанів, що містять цианідін – 145,6 мг/100г. Друге місце займає дельфінідін, вміст якого складає 124,2 мг/100г. Застосування обробки мезги ферментними препаратами активізує перехід антоціанідинів та їх глікозидних форм із сировини у сік. Так, вміст глікозидів цианідіну у сокові становить 81,5

% від їх вмісту в сировині, глікозидів дельфінідину – 78,4 %, глікозидів петунідину та мальвідину – 77,6 %, а пеонідину – 74,5 %, що підвищує біологічну цінність готових продуктів. У контрольних зразках соків перехід складає 31...32 % у контрольному зразку К1 і в межах 47...52 % - у контрольному зразку К2.

При переробці ягід чорниці на пюре перевіряли два способи переробки сировини: протирання попередньо пробланшованих ягід за класичною технологією і отримання плодового пюре холодним способом. У обох випадках пюре отримували на дробарно-фінішерній установці з діаметром отворів сит 0,6 мм, кількість обертів валу за хвилину – 1500. В отриманих зразках також визначали вміст флавоноїдів і отримані результати наведені в таблиці 4.

Таблиця 4 - Вміст флавоноїдів у пюре з чорниці, мг/100 г (n =5, p ≤ 0,05)

Назва зразка	Оксикоричні кислоти та їх похідні	Флавоони та їх похідні	Антоціани	Флаван-3-оли	Сума
Ягоди	18,97	4,96	568,24	4,39	596,56
Пюре з бланшованих ягід	16,48	2,12	278,45	1,24	298,29
Пюре з ягід без бланшування	16,06	2,20	261,51	1,17	280,94

Перехід флавоноїдів із сировини в пюре, відповідно до таблиці 4, складає 47...50 % від їх вмісту в сировині. Вищий вміст флавоноїдів досягається у зразках пюре, де сировина була попередньо пробланшована. Однак, перехід флавоноїдів у порівнянні з соком значно нижчий, хоча і у випадку пюре серед флавоноїдів переважають антоціани, вміст яких наведено на рисунку 2.

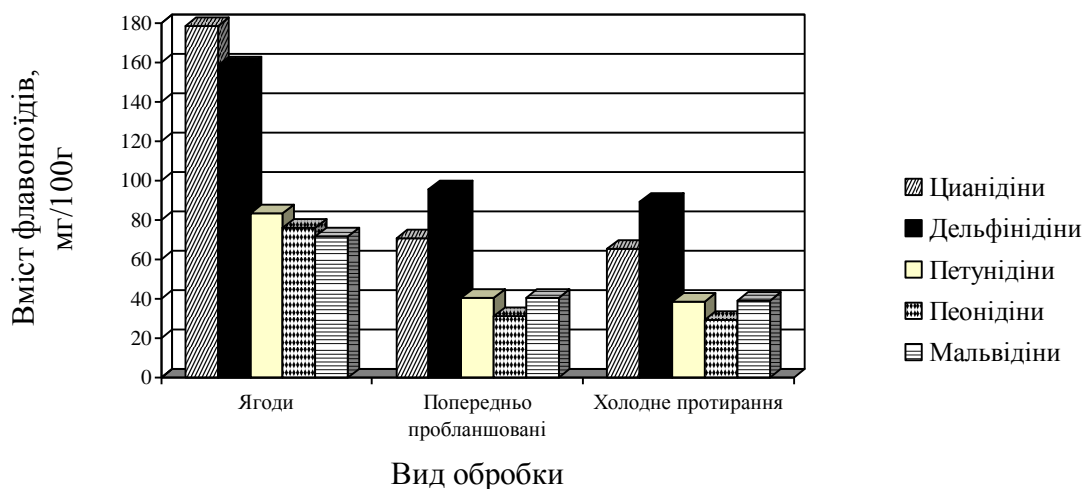


Рисунок 2 – Вміст антоціанів в пюре з чорниці

У складі антоціанів чорничного пюре, відповідно до рисунку 2, переважають глікозиди дельфінідину, а на другому місці – глікозиди цианідину. Перехід глікозидів дельфінідину із сировини в пюре складає 56...60 % від його вмісту в ягодах чорниці.

Для дослідження впливу заморожування на зміну показників якості ягід чорниці у процесі зберігання свіжі ягоди проходили попередню підготовку і піддавали різним способам заморожування: швидкому заморожуванню при температурі мінус 35 °С у швидкоморозильному апараті Unidex (Польща) і повільному заморожуванню при температурі мінус 22 °С у холодильній камері. Заморожену сировину зберігали у температурному діапазоні від мінус 22 до мінус 23 °С і відносній вологості повітря 90...95 %. Вміст флавоноїдів у заморожених ягодах наведені в таблиці 5.

Таблиця 5 - Вміст флавоноїдів у заморожених ягодах чорниці, мг/100 г (n =5, p ≤ 0,05)

Назва зразка	Оксикоричні кислоти та їх похідні	Флавоони та їх похідні	Антоціани	Флаван-3-оли	Сума
Ягоди	20,77	4,70	555,86	4,72	586,05
Ягоди заморожені при t=-35 °С	17,95	4,69	547,83	3,33	573,80
Ягоди заморожені при t=-23 °С	17,66	3,68	510,57	3,28	535,19

Результати експериментальних досліджень, відповідно до таблиці 5, свідчать, що в обох випадках заморожування ягід чорниці приводить до зменшення вмісту флавоноїдів у ягодах. В порівнянні зі свіжим зразком вміст флавоноїдів під час заморожування зменшується на (2,1...5,6) % в залежності від способу заморожування. Під час зберігання в більшій мірі зменшується вміст флавоноїдів у ягодах чорниці, що пройшли повільне заморожування

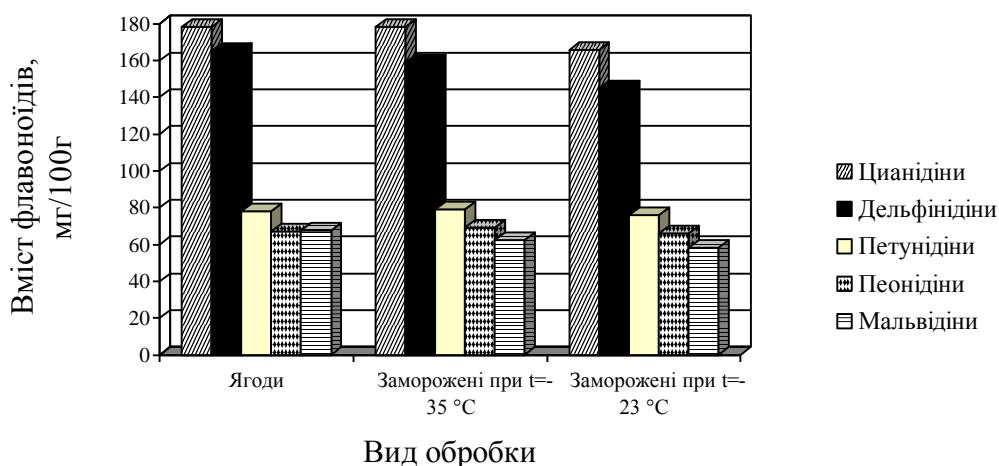


Рисунок 3 – Вміст антоціанів у заморожених ягодах чорниці

Серед антоціанів заморожених ягід чорниці найбільше глікозидів цианідіну – 138,4...178,2 мг/100г, що складає 30,0 % від загального вмісту флавоноїдних сполук. Друге місце займають глікозиди дельфінідіну, вміст якого знаходиться в межах 131,5...165,1 мг/100г – 28,0 %. На петунідін припадає 13,3 %, мальвідін і пеонідін – приблизно 11,5 % від загального вмісту антоціанів. При заморожуванні найсуттєвіші зміни відбуваються з глікозидами мальвідіну.

Висновки. Таким чином, отримані результати свідчать, що ягоди чорниці містять у своєму складі значний вміст флавоноїдів незалежно від регіону вирощування. При заморожуванні ягід чорниці в більшій мірі зберігаються флавоноїди, зокрема, антоціани, що володіють антиоксидантною природою. Попередня обробка мезги ягід мультиензимною композицією ферментів при отриманні соку також в значній мірі дозволяє перевести флавоноїдні сполуки із сировини у сік. В найменшій мірі досягається перехід флавоноїдів із сировини в готовий продукт при виробництві пюре.

Перспективи подальших досліджень у даному напрямку. У подальшому отримані результати будуть використані при розробці харчових продуктів підвищеної біологічної цінності, а заморожені ягоди можна рекомендувати як напівфабрикат для виготовлення харчових продуктів з підвищеним вмістом БАР протягом року.

Література

1. Лебедева Т.С., Пигменты растительного мира [Текст]/ Т.С. Лебедева, К.М. Сытник – К.: Наукова думка, 1986. – 87 с.
2. Kalt W., McDonald J., Ricker K. Anthocyanin content and profile within and among blueberry species // Can. J. Plant Sci, , 1999. – 79. - P. 617-623.
3. Яшин А.Я. Определение содержания природных антиоксидантов в пищевых продуктах и БАДах [Текст] / А.Я. Яшин, Н.И. Черноусова // Пищевая промышленность. – 2007. - №5. – С.28-30.
4. Hon D-X. Potential mechanism of cancer chemoprevention by anthocyanins // Curr. Mol. Med., 2003. – 3 – P. 149-159.
5. Валуйко Г.Г. Биохимия и технология красных вин. [Текст] / Г.Г. Валуйко – М.: Пищевая промышленность, 1973 – 296 с.
6. Herrmann Karl. Anthocyanin – Farbs toffe in Lebensmitteln // Ernahr – Umschau. - 1986. – 33. - № 9. – P. 275-278, 270.
7. Капрельянц Л.В. Ферменты в пищевых технологиях [Текст]: монография / Л.В. Капрельянц, Одес. нац. акад. пищ. техн. – Одесса: Друк, 2009. – 468 с.
8. Хомич Г.П. Використання дикорослої сировини для забезпечення харчових продуктів БАР [Текст] : монографія / Г.П. Хомич, Н.І. Ткач, Полтав. ун-т спожив. кооп. України. – Полтава: РВВ ПУСКУ, 2009. – 159 с.