

УДК 664.856:634.723

## ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРНОЇ ОБРОБКИ НА ФЕНОЛЬНІ РЕЧОВИНИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ СОКІВ ІЗ ДИКОРОСЛОЇ СИРОВИНИ

Хомич Г.П., докторант, к.т.н., доцент

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

*Розглянуто вплив температурної обробки на вміст фенольних речовин при виробництві соків із дикорослої сировини. Досліджено зміну барвних і фенольних речовин під впливом температурної дії та при використанні ферментів комплексної дії: Fructozime Color, МЕК.*

*Influence of thermal processing on the content of phenolic compounds in the production of juice from wild resources. The change of coloring and phenolic substances under the influence of temperature and using the enzyme complex action.*

Ключові слова: горобина чорноплідна, чорниця, бузина чорна, ферментоліз, ферменти, антоціани, фенольні сполуки.

За статистичними даними, населення України споживає фруктів, ягід, а також вітамінів, вдвічі нижче норми рекомендованої міжнародним комітетом ФАО/ВОЗ. Значення свіжих плодів та ягід у раціоні людини важко переоцінити, тому що вони не тільки постачають організму поживні речовини, але й мають вагомий вплив на процес травлення і засвоювання їжі. Окрім того, ці продукти є джерелом біологічно активних сполук необхідних людському організму для нормального існування. Для надійного захисту організму людини від старіння і розвитку багатьох захворювань, за даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, необхідно, щоб у денному раціоні вміст фруктів та овочів складав не менше 700-800 г.

Для виробництва продуктів харчування можуть бути використані практично всі види рослинної сировини, у тому числі, їстівні дикорослі плоди та ягоди, які існують в природі. Дикорослі плоди та ягоди відрізняються високим вмістом антоціанових пігментів, які є досить нестійкими сполуками. На них, як відомо, впливає температура, рН-середовища та інші фактори. Однак, найвагомішим фактором, який суттєво впливає на вміст фенольних речовин, є температура.

На даний час немає єдиної точки зору з питання термічних режимів нагрівання. Вони коливаються у широкому діапазоні – від 40 °С до 90 °С. Нагрівання м'язки до температури 25...45 °С мало впливає на процес екстракції барвних речовин, вона починається тільки при 45 °С і збільшується з підвищенням температури до 65 °С [1].

Теплова обробка приводить до глибоких змін в структурі тканини і якщо при температурному діапазоні 30...45 °С підвищується тільки активність окремих ферментів, а рослинна тканина зберігає свою цілісність, то при підвищенні температури до 55 °С розпочинаються більш суттєві зміни. В діапазоні температур 55...75 °С збільшується швидкість денатурації білків цитоплазми, окремі компоненти клітинного соку та інших структур починають взаємодіяти між собою і поступово інактивуються ферменти. Інактивація ферментів, розм'якшення (мацерація) тканини, розпад окремих речовин проходять у діапазоні 70...100 °С [2].

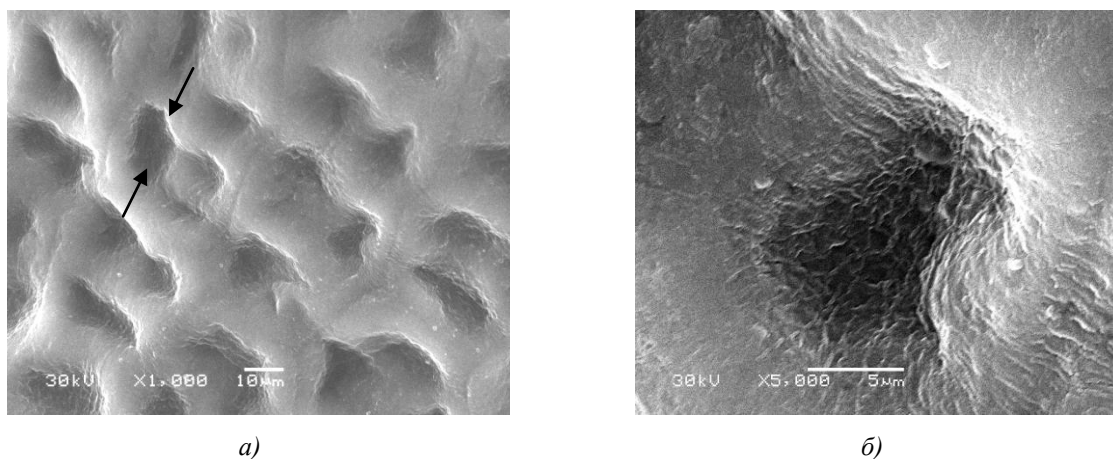
Для дикорослих плодів та ягід не проводилися дослідження впливу температурної обробки на зміну поліфенольного комплексу сировини, а дикоросла сировина має відмінності в будові клітин тканини, у хімічному складі сировини, що безсумнівно вплине на вихід барвних речовин із сировини у сік [3].

Метою проведених досліджень було вивчення впливу дії температур на якісний і кількісний склад фенольних сполук при виробництві соків із дикорослої сировини.

Об'єктом досліджень були дикорослі плоди та ягоди – бузина чорна, чорниця та чорноплідна горобина.

Дикоросла сировина, як і будь-яка рослинна сировина, має складний не тільки хімічний склад, але й анатомічну будову поверхневої тканини, котра переважно складається з клітинних стінок, які захищають протопласти від несприятливих зовнішніх впливів, регулюють обмін води та поживних речовин у клітині, і є опорою та скелетом рослинних клітин.

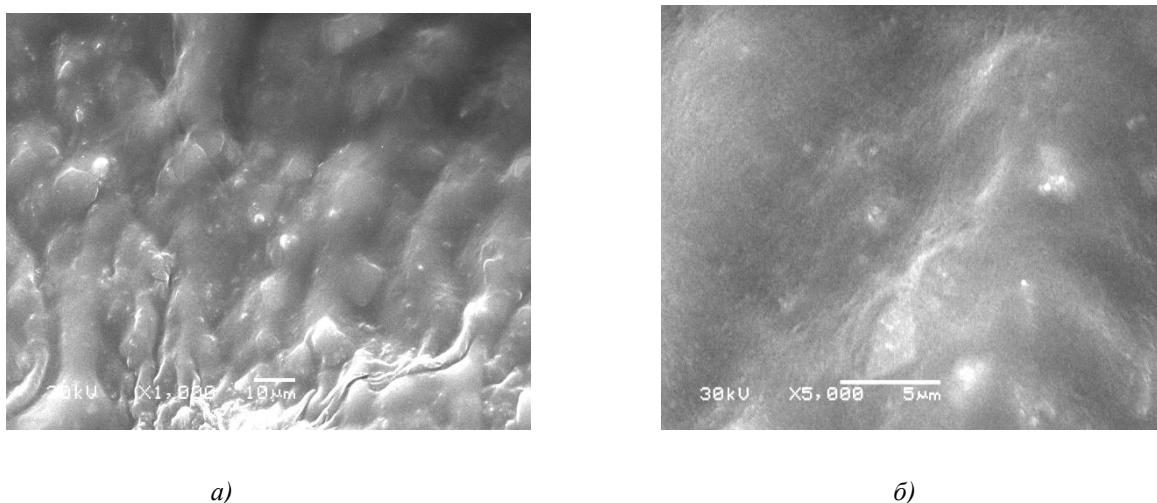
Для дослідження поверхні плодів та ягід дикорослої сировини провели гістологічні зрізи поверхні плодів горобини чорноплідної (рис. 3.1) та ягід чорниці (рис. 3.2) і розглянули структуру поверхні сировини при скануванні за допомогою електронного мікроскопу.



а – збільшення в 1000 разів, б – збільшення в 5000 разів.

**Рис. 1 - Структура поверхні необроблених ягід горобини чорноплідної. Скануюча електронна мікроскопія**

Поверхня плодів горобини чорноплідної, відповідно до рис. 1, вкрита товстою кутикулою, що видно з глибини пор, але чіткої межі між клітинами не помітно. Пори мають довжину 8...10 мкм і ширину 1...2 мкм. Зовнішня оболонка епідермісу (вид зверху) складається з однорідно-полігональних клітин, їх величина сягає 30-45 мкм. Кожна клітина (а) вкрита гребенем, висота до 10 мкм. Зверху суцільний гребінь (б), який зсередини структурований.



а)

б)

**Рисунок 2 - Структура поверхні необроблених ягід чорниці. Скануюча електронна мікроскопія: а – збільшення в 1000 разів, б – збільшення в 5000 разів.**

На відміну від поверхні плодів горобини чорноплідної поверхня ягоди чорниці суцільна, окремих клітин не видно. Клітинна оболонка ягід чорниці вкрита воском.

В результаті гістологічного дослідження підтверджено, що структура поверхні дикорослої сировини має складну будову тканини шкірки і характеризується товстими клітинними стінками (горобина чорноплідна) і в якості захисної речовини на поверхні має воскоподібні речовини (чорниця).

Окрім щільної шкірки, дикорослі плоди та ягоди містять у своєму складі значну кількість насіння, що характеризується високим вмістом біологічно активних речовин (БАР). Зокрема, у насінні знайдено жирні олії, вітаміни, макро- і мікроелементи. У шкірці та м'якоті зосереджена переважна кількість барвних і фенольних речовин, вітаміни групи В, вітаміни А, С, РР, органічні кислоти, цукри, макро- і мікроелементи.

Аналіз складових частин дикорослої сировини (табл. 1) показав, що кількість м'якоти у плодах та ягодах коливається в межах 56,7 % (бузина чорна) до 78,00 % (чорниця). Частка шкірки в сировині – від 16,20 % (чорниця) до 32,20 % (бузина чорна), насіння – від 8,33 % (горобина чорноплідна) до 11,10%

(бузина чорна). Вміст барвних та фенольних речовин в окремих складових частинах дикорослої сировини наведений у табл. 1.

**Таблиця 1 - Вміст барвних та фенольних речовин у складових частинах дикорослої сировини (n =3, p ≤ 0,05)**

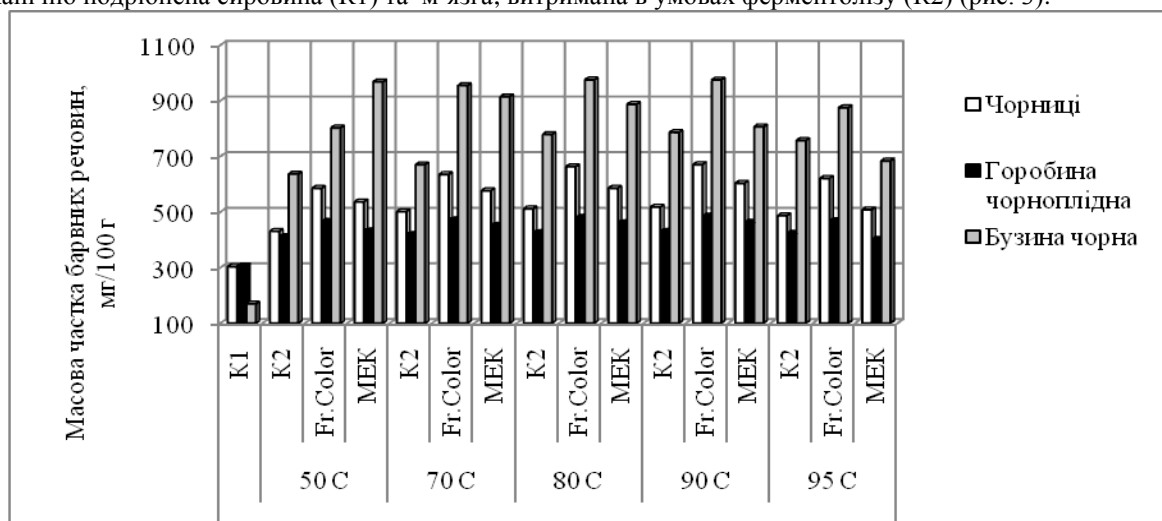
Найменування зразка	Складові частини зразка	Частка, %	Вміст, мг/100 г	
			барвних речовин	фенольних речовин
Чорноплідна горобина	М'якоть	72,58	343,07	600,00
	Шкірка	19,09	1399,22	2000,00
	Насіння	8,33	36,89	120,00
Бузина чорна	М'якоть	56,70	764,07	1200,00
	Шкірка	32,20	3197,38	4600,00
	Насіння	11,10	49,03	150,00
Чорниця	М'якоть	78,00	340,00	400,00
	Шкірка	13,20	1676,60	1800,00
	Насіння	8,80	40,50	135,00

Проведені дослідження (табл. 1) підтверджують, що максимальна кількість барвних та фенольних речовин у сировині локалізується саме в шкірці, тому при первинній обробці сировини необхідно максимально зруйнувати жорстку клітинну оболонку для збагачення готового продукту БАР.

Значна частка фізіологічно функціональних інгредієнтів дикорослих плодів та ягід знаходиться у зв'язаному стані і тільки частина знаходиться у клітинному соку і при переробці переходить у розчинну частину і відповідно у харчовий продукт. Це пов'язано з високою утримуючою здатністю структурних біополімерів ягід, які утворюють білково-вуглеводно-фенольні комплекси, і є основою клітинних стінок. Переважають серед біополімерів структурні полісахариди (целюлоза, геміцелюлози, пектинові речовини) та фенольні сполуки, які переважно локалізуються у шкірці та клітинній стінці м'якоті сировини, що впливає на соковіддачу плодів та ягід, а найголовніше – є перешкодою для виходу корисних інгредієнтів плодів та ягід у розчинну частину. Тому доцільним є порушення нативності та цілісності цих природних біополімерів.

Потенційним резервом для підвищення соковіддачі дикорослої сировини та її екстрактивної здатності є ферментативний гідроліз полісахаридів клітинної стінки сировини, тому використання відповідних ферментних препаратів (пектолітичної та целюлолітичної дії) стає передумовою для ефективного проведення їх часткового гідролізу [3].

На першому етапі досліджень вивчали вплив температури нагрівання м'язги перед ферментолізом на інтенсивність переходу барвних та фенольних сполук із сировини у сік. Нагрівання м'язги проводили до температур: 50 °С, 70 °С, 80 °С, 90 °С і 95 °С, охолоджували до температури ферментолізу - 50 °С, вносили підготовлені ферменти: мультиензимну композицію ферментів (МЕК) пектолітичної та целюлолітичної дії (1 : 7) та фермент Fructozime Color і витримували протягом 60 хв. Контрольними зразками була механічно подрібнена сировина (K1) та м'язга, витримана в умовах ферментолізу (K2) (рис. 3).



**Рисунок 3 – Вплив на вилучення барвних речовин температури нагрівання м'язги**

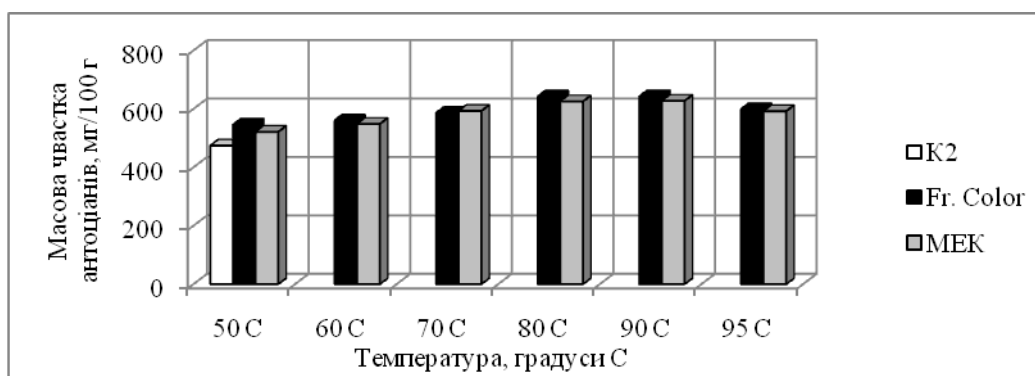
Встановлено, що максимальне вилучення барвних речовин (рис. 3) досягається при нагріванні м'язги дикорослих плодів та ягід до температури 90 °С та наступному ферментолізі при температурі 50 °С. Для чорноплідної горобини максимальний вихід барвних (484,81 мг/100 г) та фенольних (710,0 мг/100 г) речовин відбувається при ферментолізі ферментним препаратом Fructozime Color. Для чорниці вміст барвних речовин при обробці ферментом Fructozime Color склав 668,82 мг/100 г, при обробці МЕК – 652,88 мг/100 г, а у випадку контрольного зразка (К2) – 493,59 мг/100 г. При обробці м'язги бузини чорної ферментом Fructozime Color, вміст барвних та фенольних речовин становить 974,77 мг/100 г та 1020,0 мг/100 г, при обробці МЕК – 946,27 мг/100 г та 945,0 мг/100 г відповідно. У випадку контрольного зразка (К2) кращі результати досягнуті при нагріванні м'язги до температури 90 °С і вміст барвних речовин дорівнює 785,71 мг/100 г.

Більш детально досліджували вплив температури нагрівання на вміст фенольних речовин у соках з чорниці. Кількісно вміст фенольних сполук визначали за допомогою високоефективної рідинної хроматографії на хроматографі фірми Agilent Technologies (модель 1100).

**Таблиця 2 - Вплив температури нагрівання м'язги на склад фенольних речовин у соках з чорниці**

Найменування зразка	Температура прогрівання, °С	Вміст, мг/100 г				
		оксикоричні кислоти та їх похідні	флавоноли та їх похідні	антоціани	флаван-3-оли	сума фенольних сполук
Ягоди	-	16,00	3,50	735,20	5,90	760,60
Контроль К2	50	19,50	1,40	474,10	2,70	546,50
З використанням ферменту Fructozime Color	50	20,80	2,00	545,60	3,10	571,50
	70	20,50	2,10	585,90	3,50	612,00
	80	21,80	2,50	640,40	3,90	668,60
	90	23,30	3,00	641,10	4,00	671,40
	95	23,50	3,00	598,70	4,40	629,60
З використанням ферменту МЕК	50	20,60	2,10	521,00	2,80	546,50
	70	21,70	2,10	592,80	3,70	620,30
	80	22,60	2,50	625,50	4,10	654,70
	90	23,10	2,90	627,20	4,50	657,70
	95	24,20	2,90	591,80	4,50	623,40

Результати досліджень (табл. 2) свідчать про те, що з ростом температури перехід фенольних речовин із сировини у сік підвищується. Так, при підвищенні температури зростає вміст оксикоричних кислот та їх похідних при наступному ферментолізі: при обробці ферментом Fructozime Color на 6,7...20,5 % в порівнянні з контрольним зразком К2; при обробці МЕК на 5,6...24,1 %. Найвищий вміст флавонолів та їх похідних також досягається при температурі 90 °С. Вміст антоціанів зростає при нагріванні до температури 90 °С, а потім починається процес їх термічного руйнування. Перехід фенольних речовин із сировини у сік при нагріванні м'язги до температури 90 °С і наступному ферментолізі при температурі 50 °С становить 86,5 % (МЕК)...88,3 % (Fructozime Color) від загального вмісту в ягодах. Вплив температурної дії на антоціановий комплекс ягід чорниці при отриманні соків наведено на рис. 4.



**Рисунок 4 - Вплив температурної дії на зміну антоціанового комплексу чорниці**

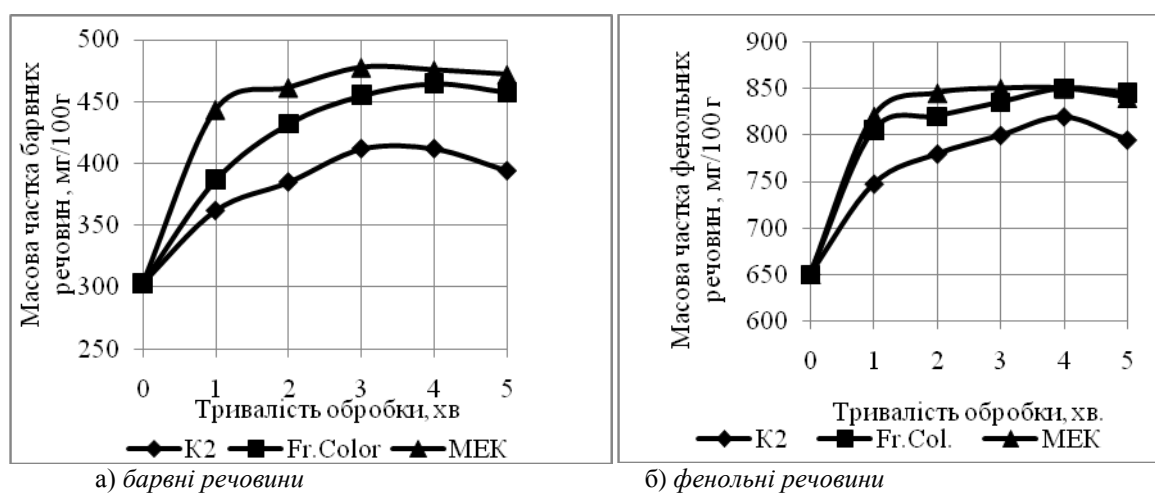
Встановлено, що на відміну від темнозбарвлених сортів винограду, де максимальною температурою для вилучення антоціанів є 80 °С [1], для ягід чорниці, максимальною температурою є 90 °С. По-різному впливають ферментні препарати на вилучення глікозидів антоціанів. Зміна вмісту глікозидів антоціанів під впливом різних температур наведена в табл. 3.

**Таблиця 3- Зміна вмісту глікозидів антоціанів під впливом різних температурних рівнів**

Найменування зразка	Температура прогрівання, °С	Вміст, мг/100 г				
		Глікозиди дельфінідину	Глікозиди ціанідину	Глікозиди петунідину	Глікозиди пеонідину	Глікозиди мальвідину
Контроль К2	50	149,90	125,20	76,30	57,20	65,50
З використанням ферменту Fructozime Color	50	173,20	145,00	87,90	64,50	75,00
	70	183,80	164,00	93,50	71,40	73,20
	80	209,40	176,00	101,50	74,00	81,50
	90	202,60	179,30	101,00	76,00	82,20
	95	188,20	168,70	92,10	69,20	80,50
З використанням ферменту МЕК	50	162,70	142,80	81,00	62,70	71,80
	70	188,90	162,60	95,30	70,80	75,20
	80	204,60	166,50	97,00	70,60	78,70
	90	206,50	170,60	97,00	70,20	82,90
	95	183,80	167,40	92,40	69,50	78,70

Отримані експериментальні дані підтверджують, що при використанні ферменту Fructozime Color максимальний вміст глікозидів ціанідину, пеонідину та мальвідину зростають при нагріванні до 90 °С, глікозиди дельфінідину та петунідину зростають до температури 80 °С, а у випадку використання МЕК майже всі глікозиди максимального вмісту досягають при температурі 90 °С, а подальше підвищення температури веде до руйнування барвних речовин. На частку вилучених глікозидів антоціанів від ферментного препарату практично не впливає. Частка глікозидів дельфінідину у зразках соків складає 31...33 %, глікозидів ціанідину – 27...28 %, глікозидів петунідину – 15...16 %, глікозидів мальвідину – 11...12 %, глікозидів пеонідину – 11...12 % від загального вмісту антоціанів.

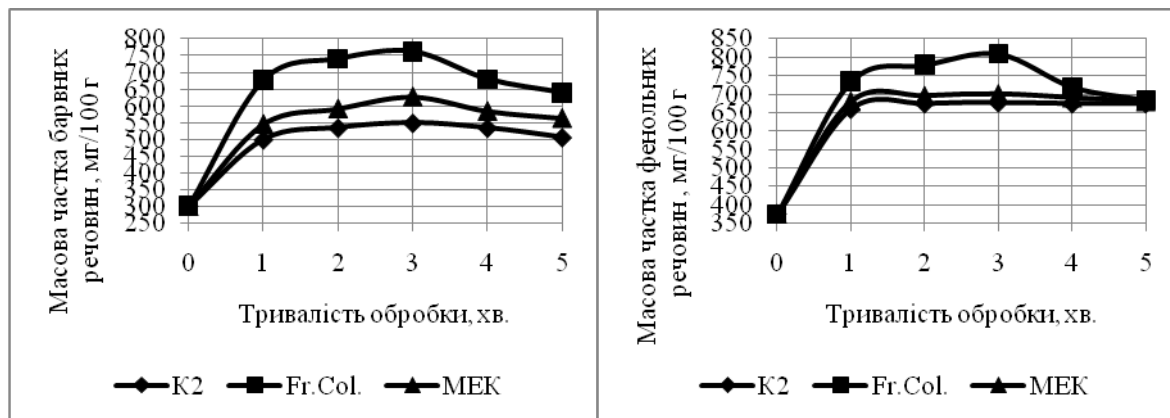
Встановивши в результаті експериментальних досліджень, що більш повне вилучення із клітин шкірки барвних речовин відбувається при підвищенні температури нагрівання до температурного інтервалу 85...90 °С, досліджували час витримки м'язги при температурі 90 °С. Результати досліджень наведені на рис. 3, 4.



**Рисунок 4- Вплив часу витримки м'язги горобини чорноплідної при температурі 90 °С на зміну вмісту барвних (а) та фенольних (б) речовин**

Експериментальними дослідженнями встановлено, що для максимального вилучення барвних та фенольних речовин із сировини у сік, м'язгу чорноплідної горобини при температурі 90 °С слід витримувати

ти не більше 3 хв., а потім охолоджувати до температури 50 °С, вносити підготовлені ферментні препарати і піддавати ферментолізу при даній температурі протягом 60 хв. При такому способі ферментолізу інактивуються власні ферменти сировини (пероксидаза, каталаза, поліфенолоксидаза) і діють тільки внесені ферментні препарати. Найкращі результати отримані при внесенні МЕК. Вміст барвних речовин у соку складає 477 мг/100 г (рис. 3 а), а фенольних сполук – 850 мг/100 г (рис. 3 б). При використанні ферменту комплексної дії Fructozime Color максимальний вихід барвних та фенольних речовин також досягається при прогріванні м'язги протягом 3 хв., він на 12 % вищий в порівнянні з контрольним зразком К2, хоча на 3 % нижчий в порівнянні з МЕК.



а) барвні речовини

б) фенольні речовини

**Рисунок 4 - Вплив часу витримки м'язги чорниці при температурі 90 °С на зміну вмісту барвних (а) та фенольних (б) речовин**

Встановлено, що і у випадку м'язги чорниці найкращі результати стосовно вилучення барвних (рис. 4 а) та фенольних (рис. 4 б) сполук досягаються при нагріванні м'язги чорниці до температури 90 °С і витримці при даній температурі протягом 3 хв (Fructozime Color, МЕК і К2). Максимальний вміст барвних речовин досягається у зразку, ферментованому Fructozime Color, і становить 761,54 мг/100 г, що на 21,3 % вище в порівнянні з МЕК і на 38,5 % вище в порівнянні з контрольним зразком К2.

Аналогічні дослідження були проведені з м'язгою бузини чорної. І у випадку бузини чорної для вилучення барвних та фенольних речовин слід проводити обробку м'язги ферментними препаратами, попередньо прогрівши її до температури 90 °С і витримавши при даній температурі 2 хв., з наступним охолодженням до температури ферментолізу. Максимальний вміст барвних речовин досягнуто при використанні ферменту Fructozime Color (1028,92 мг/100 г), що значно перевищує їх вміст у контролі (К1).

Проведені дослідження свідчать, що для обробки чорниці та бузини чорної доцільніше використовувати ферментні препарати комплексної дії, у яких переважає пектолітична активність, а для горобини чорноплідної кращий ефект досягається при використанні МЕК, де більш активна дія целюлолітичних ферментів.

### Висновки

Таким чином, при вивченні впливу теплової обробки на фенольні сполуки дикорослої сировини було встановлено, що температура сприяє видаленню нестабільних фенольних речовин. Максимальний вміст барвних та фенольних речовин у соках досягається при нагріванні м'язги до температури 90 °С перед ферментолізом, витримці при даній температурі протягом 2...3 хв., охолодженню до температури ферментолізу, внесенню підготовлених ферментних препаратів і витримці з ферментними препаратами протягом 60 хв.

Отримані результати можна рекомендувати для впровадження у виробництво з метою отримання соків з дикорослої сировини підвищеної біологічної цінності.

### Література

1. Валушко Г.Г. Биохимия и технология красных вин [Текст]. – М.: Пищевая промышленность, 1973. – 296с.
2. Баранов, В.С. Влияние различных способов гидротермической обработки овощей на микроструктуру их тканей [Текст]. / В.С. Баранов, Л.М. Алешина, Т.В. Жубраева, М.И. Георгова.// Обзорная информация ЦНИИТЭИпищепром – М., 1983. – 26с.
3. Хомич Г.П. Використання дикорослої сировини для забезпечення харчових продуктів БАР [Текст]: монографія / Г.П. Хомич, Н.І. Ткач – Полтава: РВВ ПУСКУ, 2009. – 159 с.