

Хомич Г.П.¹, канд. техн. наук, доцент; Капрельянц Л.В.², д-р. техн. наук, професор;
Осипова Л.А.², д-р. техн. наук; Шафран Л.М.³, д-р мед. наук, професор;
Третьякова О.В.³, к.б.н., провідний науковий співробітник

1-ВНЗ УКС «Полтавський університет економіки і торгівлі»;

2- Одеська національна академія харчових технологій;

3- Український науково-дослідний інститут медицини транспорту

Біологічно активні компоненти харчового концентрату поліфенолів чорниці та перспективи його використання

Наведено результати досліджень вмісту біологічно активних компонентів харчового концентрату поліфенолів чорниці, який отримано з вичавок сокового виробництва. Проаналізовано склад фенольних сполук у ягодах, вичавках, водно-спиртовому екстракті та харчовому концентраті поліфенолів чорниці. Приведено результати досліджень впливу харчового концентрату поліфенолів чорниці на організм пацюків при інтоксикації солями свинцю та кадмію

Ключові слова: чорниця, вичавки, екстракт водно-спиртовий, харчовий концентрат поліфенолів чорниці, флавоноїди, антоціани, біологічно активні речовини.

Повноцінне та збалансоване (адекватне) харчування сприяє діючій профілактиці цілого ряду захворювань цивілізації, підвищенню імунітету в умовах несприятливих впливів навколишнього середовища, зміцнює здатність людини до нормального відновлення, повноцінного росту та розвитку дітей.

Сучасний раціон харчування населення має значне відхилення від формули збалансованого харчування перш за все в частині недостатнього споживання вітамінів, макро- та мікроелементів, та інших біологічно активних речовин, які відіграють важливу роль в підтримці нормального обміну речовин організму. Саме з цим пов'язують ослаблення захисних систем організму, пониження здатності протистояти стресовим впливам та протидіяти пошкодженням, викликаним ксенобіотиками.

Для запобігання хронічним захворюванням, пов'язаним з окисним стресом людини рекомендується збільшення споживання овочів і фруктів з високим вмістом БАР. Ці фітосполуки мають здатність зв'язувати вільні радикал-іони і реакційноздатні метаболіти чужерідних речовин, інгібують ферменти, що активують ксенобіотики і ферменти детоксикації.

Тому актуальною є необхідність підвищення захисних систем організму шляхом застосування біологічно активних речовин, що входять до складу природних композицій речовин рослинного походження, цілеспрямовано корегуючих відхилення в системі перекисного окислення ліпідів – антиоксидантної захисті, специфічній та неспецифічній складових імунної реактивності людини. Серед таких речовин провідне місце належить поліфенольним сполукам, зокрема, флавоноїдам, котрі не синтезуються в організмі людини.

Дикорослі плоди та ягоди, серед них чорниця, також багаті біологічно активними сполуками, які володіють широким спектром фізіологічної активності, зокрема поліфенольними сполуками.

Метою роботи було дослідження складу та вмісту біологічно активних речовин харчового концентрату поліфенолів чорниці та перспективи його використання у харчовому раціоні людини.

Об'єктом досліджень був харчовий концентрат поліфенолів, отриманий з вичавок чорниці. Дослідження проводилися з використанням стандартних методів аналізу. Кількісно вміст фенольних сполук у ягодах, вичавках та харчовому концентраті чорниці визначали за допомогою високоефективної рідинної хроматографії на хроматографі фірми Agilent Technologies (модель 1100).

Поліфеноли чорниці у нативній формі представлені переважно флавоноїдами. Аналіз складових частин чорниці (табл. 1) показав, що кількість м'якоті у ягодах складає 78,0 %, частка шкірки в сировині – 16,2 %, насіння – 8,8 %. Вміст біологічно активних речовин (БАР) в окремих складових частинах чорниці наведений у табл. 1.

Таблиця 1 - Вміст біологічно активних речовин в складових частинах чорниці (n=3, p ≤ 0,05)

Складові частини ягоди	Масова частка, %	Масова концентрація, мг/100 г	
		барвних речовин	фенольних речовин
М'якоть	78,00	340,00	400,00
Шкірка	13,20	1676,60	1800,00
Насіння	8,80	40,50	135,00

Дослідження вмісту БАР в окремих складових частинах чорниці (табл. 1) підтверджує, що максимальна кількість барвних та фенольних речовин у сировині локалізується саме в шкірці, тому в процесі переробки на пюре, соки значна частина біологічно активних компонентів сировини потрапляє у відходи.

Особливий інтерес викликають антоціанідини, які містяться в ягодах чорниці. Вміст визначених флавоноїдів в ягодах чорниці складає 744,6 мг/100г і серед них переважають антоціани, які представляють собою глікозиди п'яти агліконів – мальвідину, пеонідину, петуніїдину, дельфінідину та ціанідину з трьома вуглеводами – глюкозою, галактозою та арабінозою. Вміст антоціанів в ягодах чорниці 735,2 мг/100г, що складає 90 % від загального вмісту фенольних речовин. Серед антоціанів домінують глікозиди дельфінідину – 267,40 мг/100 г (36,37 % від загального вмісту антоціанів), частка глікозидів ціанідину складає 26,22 % (192,80 мг/100 г), глікозидів петуніїдину – 14,28 % (105,00 мг/100 г), глікозидів мальвідину – 13,15 % (96,70 мг/100 г) і глікозидів пеонідину – 9,97 % (73,30 мг/100 г). До флавоноїдного складу ягід чорниці входять також флаволи та їх похідні, їх частка складає 0,5 %. У складі флавоноїдів визначено рутин (2,60 мг/100 г), кверцетин та його похідні (від 0,90 до 1,50 мг/100 г), а також флаван-3-оли (0,80 %): (+)-D-катехін (1,30 мг/100 г) і (-)-епікатехін (4,60 мг/100 г). Оксикоричні кислоти ягід чорниці представлені переважно похідними кумарової кислоти.

Вичавки чорниці, отримані після вилучення соку із сировини, також характеризуються високим вмістом в їх складі БАР (табл. 2).

Таблиця 2 - Вміст БАР в ягодах та вичавках чорниці (n =3, p ≤ 0,05)

Найменування зразка	Масова концентрація, мг/100 г			Біологічна активність, од. акт.
	L-аскорбінової кислоти	барвних речовин**	фенольних речовин	
Ягоди	27,70±0,50	550,00±0,70	630,0±0,70	5363,60±0,40
Вичавки	3,53±0,50	413,49±0,70	520,20±0,70	3301,00±0,40

Примітка: ** - перелік на ціанідин.

Порівняння вмісту БАР у ягодах чорниці та вичавках, отриманих після вилучення соку (табл. 2) показує, що вміст L-аскорбінової кислоти у вичавках значно нижчий в порівнянні з сировиною і складає 12,47 % від вмісту в сировині. Нижчий в порівнянні зі сві-

жою сировиною і показник біологічної активності: 61,54 %, але цей показник підтверджує достатньо високу біологічну цінність вичавок.

Вичавки, як і ягоди, характеризуються високим вмістом фенольних речовин. Серед фенольних сполук переважають барвні речовини, їх вміст складає 80,0 % від вмісту фенольних сполук.

Результати досліджень фракційного складу фенольних сполук у вичавках чорниці у порівнянні з ягодами наведено в табл. 3.

Таблиця 3 - Фракційний склад фенольних сполук в ягодах та вичавках чорниці, мг/100 г (n =3, p ≤ 0,05)

Найменування зразка	Оксикоричні кислоти та їх похідні	Флавоони та їх похідні	Антоціани	Флаван-3-оли	Сума флавоноїдів
Ягоди	23,55	3,19	511,83	6,27	521,29
Вичавки	12,11	8,14	696,52	11,42	728,19

Аналіз хімічного складу ягід та вичавок з чорниці свідчить, що не тільки ягоди, але й вичавки після вилучення соку містять у своєму складі високий вміст флавоноїдів, у тому числі антоціанових речовин.

Для максимального вилучення флавоноїдних сполук з вичавок сировини проводили їх екстрагування водно-спиртовими розчинами. Встановлено, що найефективніше вилучення фенольних сполук досягається при гідромодулі 1,00:0,75 та використанні для екстрагування водно-спиртових розчинів з об'ємною часткою етилового спирту 60 %.

З отриманого водно-спиртового екстракту чорниці вилучали спирт шляхом випаровування під вакуумом і для надання концентрату споживчих властивостей додавали інвертний цукор. Аналізували вихідний концентрат, отриманий після вилучення спирту і готовий харчовий концентрат з масовою часткою сухих речовин 30,0 %.

За органолептичними показниками було встановлено, що у вихідному концентраті поліфенолів: аромат - чистий, тонкий, смак – кислий, терпкий без гіркоти. У кінцевому продукті: смак - приємний, в'язучий, з легкою терпкістю.

Вміст БАР у вихідному концентраті поліфенолів та готовому харчовому концентраті наведено у табл.4.

Таблиця 4 - Вміст біологічно-активних речовин в концентратах поліфенолів чорниці (n =3, p ≤ 0,05)

Найменування зразка	Масова концентрація, мг/дм ³			Біологічна активність, од. акт.
	L-аскорбінової кислоти	барвних речовин**	фенольних речовин	
Вихідний концентрат	88,00	12967,70	14000,00	3000,00
Харчовий концентрат	54,40	10645,20	11820,00	2200,00

Примітка: ** - перелік на ціанідин

У результаті експериментальних досліджень (табл. 4) встановлено високий вміст барвних та фенольних речовин у концентратах. Вихідний концентрат характеризується вищим вмістом БАР. При додаванні цукрового сиропу зменшується вміст барвних речовин на 37,8 %, фенольних сполук – на 33,3 %, L-аскорбінової кислоти – на 38,2 % в порівнянні з вихідним концентратом. Відповідно зменшився і показник біологічної активності на 26,7 % і спостерігається тенденція впливу на біологічну активність зразків вмісту таких біологічно активних компонентів як L-аскорбінова кислота, барвні та фенольні сполуки. Зі зменшенням масової концентрації біологічно активних компонентів зменшується і показник біологічної активності, хоча і в меншій мірі, що свідчить, що не тільки визна-

чені компоненти характеризують біологічну активність продукту.

Висока антиоксидантна активність харчового концентрату поліфенолів чорниці пов'язана з наявністю в його складі сумарних поліфенолів чорниці. Для дослідження фракційного складу фенольних сполук був взятий водно-спиртовий екстракт, отриманий після екстрагування вичавок чорниці, вихідний концентрат, отриманий після вилучення спирту під вакуумом, і харчовий концентрат після внесення інвертного цукрового сиропу. Результати досліджень у порівнянні із соком наведені в табл. 5.

Таблиця 5 - Фракційний склад фенольних сполук в соках та концентратах поліфенолів чорниці, мг/дм³ (n =3, p ≤ 0,05)

Найменування зразка	Оксикоричні кислоти та їх похідні	Флавоони та їх похідні	Антоціани	Флаван-3-оли	Сума флавоноїдів
Сік з чорниці	233,00	30,00	6411,00	40,00	6481,00
Водно-спиртовий екстракт вичавок чорниці	153,40	36,10	3553,40	26,40	3615,90
Вихідний концентрат поліфенолів чорниці (20 % с.р.)	566,10	140,80	12765,40	88,80	12995,00
Харчовий концентрат поліфенолів чорниці 30 % с.р.)	513,20	124,90	11000,60	72,60	11198,10

Результати досліджень (табл. 5) підтверджують, що у харчовому концентраті ідентифіковані всі групи фенольних речовин, які виявлені в ягодах чорниці. Максимальну частку (94,4 %) у всіх зразках становлять антоціани. В процесі виробництва харчового концентрату в найбільшій мірі втрачаються флаван-3-оли (18,2 % від їх вмісту у вихідному концентраті). В меншій мірі втрачаються оксикоричні кислоти (9,3 %), флавоони (11,3 %) та антоціани (13,8 %) в порівнянні з вихідним концентратом.

При порівнянні складу фенольних сполук у харчовому концентраті та соку з чорниці встановлено, що вміст флавоноїдів у харчовому концентраті з поліфенолів чорниці у 1,7 разів вищий ніж у соці (табл. 5). Харчовий концентрат містить у своєму складі в 2,2 рази більше оксикоричних кислот, в 4,1 рази – флавонів, в 1,7 разів – антоціанів та в 1,8 разів – флаван-3-олів.

Аналіз якісного складу харчового концентрату показав, що в групі оксикоричних кислот та їх похідних, як і у випадку соків, домінуючою є *n* – кумароїлгексоза (70,5 % від загального вмісту, а у соці – 78,5 %), в групі флаван-3-олів - (-)-Епікатехін (61,2 %, а у соці – 67,5 %). В групі флавонів, на відміну від соку, переважає похідна кверцетину - кверцетин гексозида малонат (94,4 %), а у соках – рутин (80,0 %). Це пов'язане з тим, що в процесі екстрагування вичавок у більшій мірі вилучаються похідні кверцетину (54,3 % від загального вмісту флавонів), практично вони не втрачаються під час вилучення спирту, при змішуванні з цукровим сиропом та наступним прогріванням і є більш стійкими у порівнянні з рутином.

В групі антоціанів виявлені похідні всіх глікозидів, які були ідентифіковані в соках. Співвідношення між групами глікозидів в соці та харчовому концентраті наведені на рис. 1.

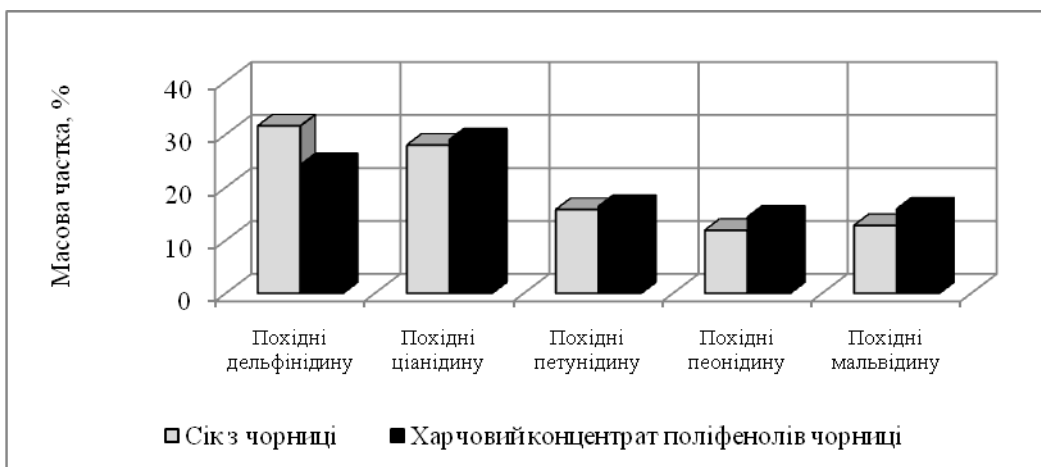


Рис. 1. Співвідношення між групами глікозидів антоціанів у соці та харчовому концентраті поліфенолів чорниці

Аналізуючи групи глікозидів антоціанів, які були визначені у соках та харчовому концентраті, встановили, що на відміну від соку в концентраті переважають похідні ціанідину (29,0 % і 28,0 % відповідно від загального вмісту групи антоціанів). На другому місці знаходяться глікозиди дельфінідину (24,3 % в концентраті, а у соці було 31,6 %). Похідні петунідину практично залишилися без змін (16,4 % в концентраті і 15,8 % в соці). Збільшився відсоток похідних пеонідину на 2,5 % і похідних мальвїдину на 3,1 %. Це підтверджує більшу термостійкість похідних ціанідину, петунідину та пеонідину і термолабільність похідних дельфінідину. Встановлено, що змінилось в порівнянні з соками співвідношення між похідними ціанідину, петунідину та пеонідину та дельфінідину й мальвїдину, у соках це співвідношення у відсотках складало 56 : 44, а у концентраті – 60 : 40, що передбачає менше руйнування антоціанового комплексу під час зберігання.

З оглядових інформацій ринку харчових продуктів та добавок з лікувально-профілактичними властивостями, відомо, що одним із нутрісевтиків, отриманих на основі поліфенолів винограду є «Еноант». Переваги «Еноанту» як джерела поліфенолів полягають у тому, що він забезпечує легке засвоєння організмом людини у водорозчинній формі не тільки окремих поліфенолів, але й всього комплексу біологічно цінних компонентів винограду. Біологічна активність «Еноанту» доведена багаточисельними до клінічними та клінічними випробування [1-4].

Порівняльний аналіз вмісту антоціанів та їх похідних в «Еноанті» та харчовому концентраті поліфенолів чорниці наведено в табл. 6.

Таблиця 6 – Вміст антоціанів та їх похідних в харчових концентратах з винограду та чорниці

Продукт	Ціанідин та його похідні, мг/дм ³	Дельфінідин та його похідні, мг/дм ³	Мальвїдин та його похідні, мг/дм ³	Пеонідин та його похідні, мг/дм ³	Петунідин та його похідні, мг/дм ³
Концентрат «Еноант» [5]	4,10	13,90	101,50	13,20	2,90
Харчовий концентрат поліфенолів чорниці	3189,20	2676,40	1748,30	1579,00	1807,70

Як видно з табл. 6, концентрація флавоноїдів антоціанової групи значно вище у харчовому концентраті поліфенолів чорниці. Основна частина антоціанів в «Еноанті»

представлена мальвідин глікозидом та його похідними (55 %), а у харчовому концентраті поліфенолів чорниці – ціанідин глікозидом (29 %) та дельфінідин глікозидом (24 %). Частка мальвідину в харчовому концентраті поліфенолів чорниці складає 16 %.

Харчовий концентрат поліфенолів чорниці являє собою сукупність багатьох натуральних біологічно активних сполук, отриманих у вигляді концентрату з вичавок чорниці. Відповідно в концентраті зберігається весь головний спектр природних поліфенольних сполук та барвних речовин групи флавоноїдів, що містяться в чорниці та харчових продуктах на її основі (соках, пюре тощо), але у концентрованій та біологічно більш доступній формі. Отже, отриманий харчовий концентрат представляє інтерес з точки зору його лікувально-профілактичних властивостей.

Досліджували вплив харчового концентрату на організм пацюків при інтоксикації важкими металами (ацетатом свинцю та хлоридом кадмію). Як відомо, результатом виробничої діяльності людини є накопичення в навколишньому середовищі важких металів (свинцю, олова, кадмію та ін.), що приводить до їх кумуляції в організмі людини, послабленню опору і, як наслідок, виникненню різних захворювань, у тому числі онкологічних. Тому представляють практичний інтерес харчові продукти, які володіють здатністю зв'язувати, нейтралізувати та виводити з організму важкі метали, радіонукліди та інші шкідливі сполуки. Суттєве значення при цьому відводиться харчовим продуктам з високим вмістом флавоноїдів, зокрема, антоціанів, які здатні утворювати хелатні сполуки з іонами важких металів.

Результати проведених експериментальних досліджень по використанню харчового концентрату поліфенолів чорниці у терапевтичних дозах (0,48 мг/кг від маси тварини) виявили позитивний ефект застосування даного препарату при експонуванні (затравленні) лабораторних тварин важкими металами. При профілактичному введенні харчового концентрату вміст свинцю знижувався в 1,2-2,9 раз по відношенню до контрольної групи, затравленої тільки металом. Застосування харчового концентрату сприяло також виведенню кадмію з організму, при профілактичному застосуванні даної добавки вміст кадмію знижувався в 1,2-2,0 рази по відношенню до групи тварин, затравленою тільки кадмієм. Виявлена позитивна тенденція до виведення кадмію з організму при введенні тільки харчового концентрату поліфенолів чорниці.

Щоденне введення тваринам (протягом місяця) харчового концентрату поліфенолів чорниці, на фоні експозиції тварин солями важких металів, сприяло підвищенню рівня гемоглобіну в крові тварин, стабілізації лейкоцитарної формули, позитивно впливало на відновлення та стабілізацію активності відомих маркерних показників стану про- та антиоксидантної системи (малонового діальдегіду, глутатіонпероксидази, глутатіонредуктази, глюкозо-6-фосфат-дегідрогенази), а також сприяло відновленню окисно-відновлювального потенціалу (за показниками лактатдегідрогенази, сукцинатдегідрогенази) як по відношенню до контрольної групи тварин, так і по відношенню до груп, експонованих тільки солями важких металів.

Позитивний ефект харчового концентрату поліфенолів чорниці характеризується стимулюванням системи антиоксидантного захисту та активацією окисно-відновлювальних процесів («клітинного дихання») в тканинах, що виявилось в позитивній тенденції до підвищення активності ферментів антиоксидантного захисту - глутатіонпероксидази, глутатіонредуктази, глюкозо-6-фосфат-дегідрогенази та ФАД-залежних ферментів циклу три карбонових кислот.

Отримані результати експериментальних досліджень дозволяють рекомендувати застосування харчового концентрату поліфенолів чорниці в терапевтичних дозах для профілактики розвитку оксидативного стресу, відновленню балансу про- та антиоксидантних систем в організмі, активації системи окисно-відновлювальних процесів, а також профілактики та лікуванню отруєнь, викликаних надходженням у організм сполук важких металів, і зокрема металонефропатій.

Висновки. Результатами проведених досліджень встановлено, що харчовий концентрат поліфенолів чорниці володіє високими органолептичними показниками, містить у

своему складі багатий комплекс натуральних інгредієнтів, характеризується високою антиоксидантною та антиоксичною активністю, тому використання його в якості харчового продукту не тільки розширить асортимент харчових продуктів, але і виявить значний вплив на підвищення імунітету та здоров'я людини.

Література

1. Miyagi Y., Miwa K., Inoue H. Inhibition of low density lipoprotein oxidation by flavonoids in red wine and grape juice. // *Am J Card.* – 1997. – v. 80. – pp 1627-1631/
2. Пидаев А.В. Интеграция научных разработок для создания современных медицинских технологий на основе использования биологически активных соединений винограда // Труды Крымского государственного медицинского университета им. С.И. Георгиевского. – Симферополь. – 2005, том 141, ч.1. – С. 4-11.
3. Namatschek J., Meckler O. Extraktion der Polyphenole von der Traubennahme bis zur Abfüllung unter dtsjnderer Berücksichtigung der Entsaftung durch Dekanter.//*Mitteilungen Klosterneuburg.* – 45.- 1995.-№ 3. – P. 75-81.
4. Огай Ю.А. и др. Пищевой концентрат полифенолов винограда «Эноант», достижения и перспективы производства и применения в питании / Ю.А. Огай, Г.Г. Валуйко, В.А. Загоруйко, А.М. Костогрыз // Материалы международной научно-практ. конф. Биологически активные природные соединения винограда: перспективы производства и применения в медицине и питании. – Симферополь. – 2001 – С. 60-62.
5. Огай Ю.А. и др. Полифенольные биологически активные компоненты пищевого концентрата «Эноант» / Ю.А. Огай, Л.М. Алексеева, О.М. Сиказан, Л.И. Катрич // Труды Крымского государственного медицинского университета им. С.И. Георгиевского. – Симферополь. – 2005, том 141, ч.1. – С. 14-19.