



УДК :637.334.2

**INFLUENCE OF BERRIES' ANTIOXIDANT ACTIVITY ON STORAGE OF CURD MASS WITH HIGH-FAT CONTENT****ВПЛИВ АНТИОКСИДАНТНОЇ АКТИВНОСТІ ЯГІД НА ЗБЕРІГАННЯ СИРКОВОЇ МАСИ З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ ЖИРУ****Пшенична Т.В. / Pshenychna T.V.***Ph.D., asst. / к.т.н., асистент*

ORCID: 0000-0001-6439-3657

**Грек О.В. / Grek O.V.***Ph.D., prof. / к.т.н., проф.*

ORCID: 0000-0002-5713-374X

**Шиманюк І.В. / Shimanyuk I.V.***master student / магістр**National University of Food Technology,**Kyiv, Volodymyrska, 68, 01033**Національний університет харчових технологій**Київ, вул. Володимирська, 68, 01033*

**Анотація.** Подовження термінів зберігання молочно-білкових продуктів є актуальним завданням, завдяки комбінуванню молочної та ягідної сировини, яка є джерелом поліфенольних сполук, в тому числі антоціанів, органічних кислот, вітаміну С, що мають антиоксидантний потенціал.

Встановлено, що використання концентратів білково-чорничних в якості основи для сиркової маси з підвищеним вмістом жиру знижує гідролітичне та окислювальне псування молочно-жирового жиру в 1,5-2,1 рази, продовжує мікробіологічну безпеку завдяки прояву антибактеріальних властивостей ягідної сировини та дозволяє збільшити термін зберігання сиркової маси до 5 діб.

**Ключові слова:** антиоксиданти, пероксидне число, сиркова маса з підвищеним вмістом жиру, термін зберігання.

**Вступ**

Актуальним у молочній галузі є одночасне забезпечення традиційних способів виробництва при використанні сучасного обладнання та розробці інноваційних технологій високоякісних молочно-білкових продуктів з полікомпонентним складом. Подовження термінів зберігання вище зазначених продуктів є актуальним завданням, завдяки комбінуванню молочної та ягідної сировини, яка є джерелом поліфенольних сполук, в тому числі антоціанів, органічних кислот, вітаміну С, що мають антиоксидантний потенціал.

В останні десятиліття, в зв'язку з дедалі більшим прагненням людей до здорового харчування, спостерігається підвищення наукової і практичної зацікавленості до пошуку природних антиоксидантів і збагачених ними продуктів харчування [1].

Антиоксиданти широко використовуються в харчовій промисловості. Процеси окислення значно знижують якість продукції: руйнуються вітаміни, окислюється жир (в першу чергу ненасичені жирні кислоти), змінюється колір і стійкість продуктів. Щоб підвищити безпеку продуктів, що містять в своєму складі вітаміни і жири, вводять такі антиокислювачі як токофероли (вітамін Е), бутілоксітолуол, додеціловий і пропіловий ефіри галової кислоти та ін. При



додаванні аскорбінової кислоти та токоферолу в продукти з підвищеним вмістом жиру досягається висока органолептична та фотоокислювальна стабільність порівняно із зразками, які не містять цих компонентів [2]. Вище зазначені сполуки здатні вступати в реакцію з вільними радикалами і, таким чином, обривати ланцюг окислення та продовжувати термін зберігання виробів.

Речовини-антиоксиданти мають бути природного походження, тобто не у вигляді відокремлених чистих речовин – біологічно активних добавок до їжі, а у вигляді збагачуючих добавок з природної сировини, в яких синергізм різних антиоксидантів підвищує їх антиокислювальні властивості [3].

Натуральні антиоксиданти стають заміною синтетичних аналогів і мають перевагу через сприятливу дію на здоров'я людини. Однак, асортимент продуктів з використанням природних антиоксидантів досить обмежений. Аналіз наукових досліджень і публікацій показав, що в даний час велика увага приділяється розробці молочно-білкових виробів з використанням ягідної сировини. Зацікавленість викликає здатність ягід та продуктів їх перероблення проявляти антиоксидантні властивості, завдяки вмісту в своєму складі біоантиоксидантів [4]. Зважаючи на високий вміст біологічно-активних речовин у ягідній сировині, при виробництві концентратів молочно-білкових її можна використовувати водночас як коагулянт білків молока, так і природні антиоксиданти.

Ягоди чорниці є сировиною для різних галузей харчової промисловості, з яких готують джеми, підварки, варення, соки, морси, екстракти, сиропи, та ін. Чорниця характеризується високим вмістом біологічно активних сполук, серед яких особливе місце займають поліфенольні сполуки. Основним пігментом ягід є антоціани, які, як відомо, виявляють антиоксидантні властивості. У ягодах чорниці виявлено найбільш широкий спектр антоціанів, вони побудовані з 3-О-галактозидів, 3-О-глюкозидів і 3-О-арабінозидів дельфінідину, цианідину, петунідину, пеонідину і мальвідину [5].

Основним компонентом для сиркових виробів є сир кисломолочний різної жирності з певною консистенцією та контрольованим показником масової частки вологи. Сиркові вироби користуються популярністю серед різних верств населення, тому доцільне збагачення їх шляхом заміни основи – сиру кисломолочного на концентрати білково-ягідні. Такий технологічний підхід не тільки покращить органолептичні властивості, але і забезпечить продукт вітамінами, харчовими волокнами, мінеральними речовинами. Використання натуральних рослинних компонентів з антиокислювальним ефектом дасть змогу отримати продукт без консервантів. Застосування білково-ягідної основи, що містить активні компоненти ягідної сировини, в складі рецептур сиркової маси з підвищеним вмістом жиру дасть змогу збільшити термін її придатності та відкоригувати органолептичні показники.

Мета роботи – дослідження впливу антиоксидантної активності ягід на зберігання полікомпонентної сиркової маси з підвищеним вмістом жиру виготовленої на основі концентратів білково-чорничних.

#### **Об'єкти та методи дослідження**

*Об'єкт дослідження* – пероксидне та кислотне число, вміст спирту,



мікробіологічні показники полікомпонентної сиркової маси з підвищеним вмістом жиру.

*Предмет дослідження* – полікомпонентна сиркова маса з підвищеним вмістом жиру виготовлена на основі концентратів білково-чорничних, отриманих термокислотним осадженням білків молока із застосуванням в якості коагулянту – чорничної пасти.

Раніше авторами статті було визначено технологічні параметри виробництва концентратів білково-ягідних (КБЧ), що отримували термокислотним осадженням білків молока із застосуванням спеціально-обробленої чорничної пасти в якості коагулянту за класичних режимів – температура коагуляції ( $75 \pm 2$ ) °C з витримкою  $2 \pm 1$  хв. Оптимальна кількість внесення чорничної пасти (рН  $2,8 \pm 0,2$ ) становила  $7 \pm 0,5$  %. [6]. Процес коагуляції встановлювали візуально за інтенсивним утворенням пластівців білка і виділенню сироватки. Отримані КБЧ формували і піддавали самопресуванню протягом ( $30 \pm 2$ ) хв. Пресування концентратів проводили до масової частки вологи для жирного – 55 %, напівжирного – 60 %.

З метою отримання концентратів різної жирності передбачено процес нормалізації, який у виробництві сиру кисломолочного проводять за масовою часткою жиру з урахуванням фактичної масової частки білка молока за загальноприйнятими формулами. Згідно розрахунку, для отримання концентратів білково-чорничних жирністю 18 % та 9 %, використовують нормалізовані суміші з масовими частками жиру 3,25 % та 1,5 % відповідно [7].

Запропоновано використання концентратів білково-чорничних в якості основного рецептурного компонента у технології виготовлення полікомпонентної сиркової маси. Рецептури сиркової маси з підвищеним вмістом жиру наведені в табл. 1.

**Таблиця 1**

**Рецептури сиркової маси з підвищеним вмістом жиру, кг на 1000 кг продукту без урахування втрат**

Сировина	Сиркова маса з масовою часткою жиру		
	26 %	23 %	Контрольний зразок (26 %)
Концентрат білково-чорничний з масовими частками: жиру – 18 %, вологи – 55 %	709,73	–	–
Концентрат білково-чорничний з масовими частками: жиру – 9 %, вологи – 65 %	–	663,69	–
Сир кисломолочний з масовими частками: жиру – 18 %, вологи – 63 %	–	–	741,60
Масло вершкове з масовими частками: жиру – 82,5 %, вологи – 16 %	160,24	206,31	117,60
Цукор-пісок (просіяний)	130,00	130,00	140,80
<i>Вихід</i>	1000	1000	1000



В якості контрольного зразка використовували сиркову масу з масовою часткою жиру 26 % на основі сиру кисломолочного з або без додаванням антиоксиданту штучного походження «GRINDOX 109» у кількості 0,05% згідно рекомендацій виробника. Вище зазначений антиоксидант є сумішшю антиокиснювальних речовин: бутилгідроксианізолу (Е-320) (10%), бутилгідрокситолуолу (Е-321) (10 %), пропілгаллату (Е 310) (6 %), лимонної кислоти з пропіленгліколем, харчового емульгатора і рапсової олії (68 %) в якості основи.

*Пероксидне число* характеризує кількість первинних продуктів окислення жирів – пероксидів та гідрпероксидів, які може виділяти йод з водного розчину йодистого калію.

Пероксидне число (X), ммоль 1/2 O/кг, розраховували за формулою:

$$X = \frac{(V_1 - v) \cdot 0.00127 \cdot 100}{g} \quad (1)$$

де X – пероксидне число, ммоль 1/2 O/кг;

$V_1$  – кількість 0,01 н розчину тіосульфата, яке пішло на титрування при проведенні основного досліді із наважкою жиру, см<sup>3</sup>;

$v$  – кількість 0,01 н розчину тіосульфата, яке пішло на титрування проби без жиру, см<sup>3</sup>;

$g$  – наважка жиру, г;

0,00127 – кількість грамів йоду, еквівалентна 1 см<sup>3</sup> 0,01 н розчину тіосульфата.

*Кислотне число* характеризує кількість вільних жирних кислот, що містяться в 1 г жиру, виражається кількістю 0,1 н розчину KOH, необхідною для їхньої нейтралізації. Кислотне число розраховували множенням кількості 0,1 н розчину лугу, що пішло на нейтралізацію молочного жиру, на 2.

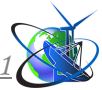
*Визначення спирту* в сирковій масі з підвищеним вмістом жиру проводили колориметричним методом, що полягає у вимірюванні забарвлених продуктів реакції окислювання спирту.

*Мікробіологічний аналіз* сиркової маси з підвищеним вмістом жиру включав визначення пліснявих грибів та дріжджів – по росту колоній на поживному середовищі Агар Сабуро.

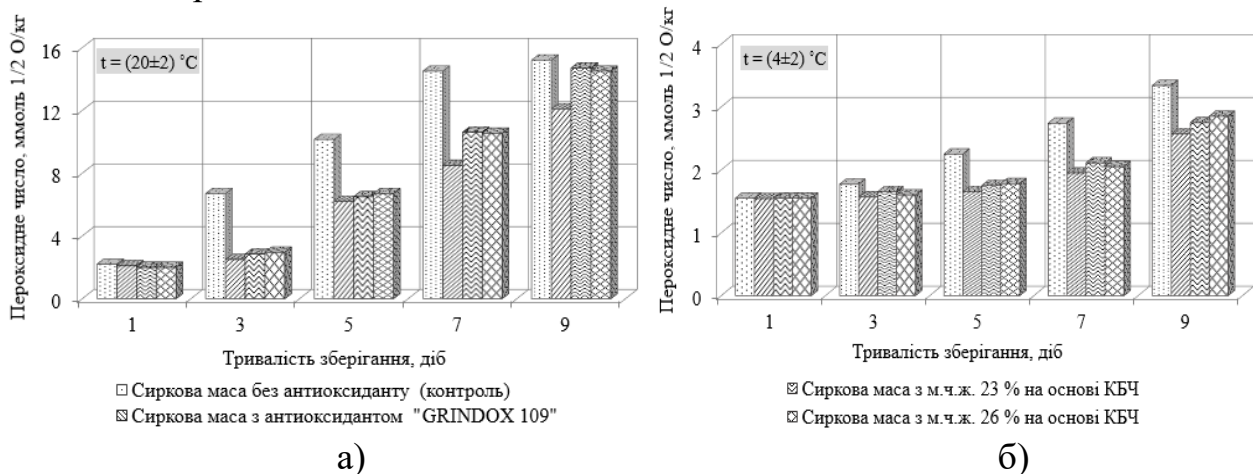
### **Результати дослідження**

Зміну якості сиркової маси з підвищеним вмістом жиру у процесі зберігання контролювали за вмістом продуктів окислення і гідролізу жиру. Пероксидне число характеризує вміст у жирі первинних продуктів окиснення – пероксидів і гідрпероксидів, які майже не впливають на органолептичні показники продукту, але свідчать про суттєві зміни дослідного об'єкту. Таким чином, визначаючи накопичення пероксидних сполук під час зберігання сиркової маси, можна встановити її стійкість до окиснення задовго до зміни її органолептичних характеристик.

У зв'язку з цим було вивчено вплив антиоксидантів природного та штучного походження на кількісні характеристики псування жирової фази зразків сирної маси з підвищеним вмістом жиру в процесі зберігання за температури (20±2) °С та (4±2) °С. Результати досліджень впливу



антиоксидантів на зміну пероксидного числа сиркової маси під час зберігання наведено на рис. 1.

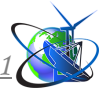


**Рисунок 1 – Вплив антиоксидантів природного та штучного походження на зміну пероксидного числа сиркової маси з підвищеним вмістом жиру під час зберігання за різних температур: а)  $t = (20 \pm 2) \text{ } ^\circ\text{C}$  та б)  $t = (4 \pm 2) \text{ } ^\circ\text{C}$**

Згідно результатів дослідження, процес автоокислення жирової основи сиркової маси за різних температур був неоднаковим. Суттєве збільшення пероксидного числа відбувається за температури  $(20 \pm 2) \text{ } ^\circ\text{C}$ . Так, після трьох діб зберігання при даному режимі показник контрольного зразка зріс в 3 рази, тоді як для сиркової маси на основі КБЧ та сиркової маси з внесенням антиоксиданту штучного походження – в 1,25...1,5 рази. Ітенсивне накопичення пероксидів у сирковій масі з підвищеним вмістом жиру виявлено на 7 добу зберігання. Зокрема, пероксидне число сиркової маси без додавання антиоксиданту зросло в 6,5 рази, сиркової маси на основі КБЧ в 5,3 рази, з внесенням антиоксиданту штучного походження – у 4,6 рази. У контрольному зразку накопичення первинних продуктів окислення жирів досягло максимального значення 15,5 ммоль 1/2 О/кг після 9 діб зберігання.

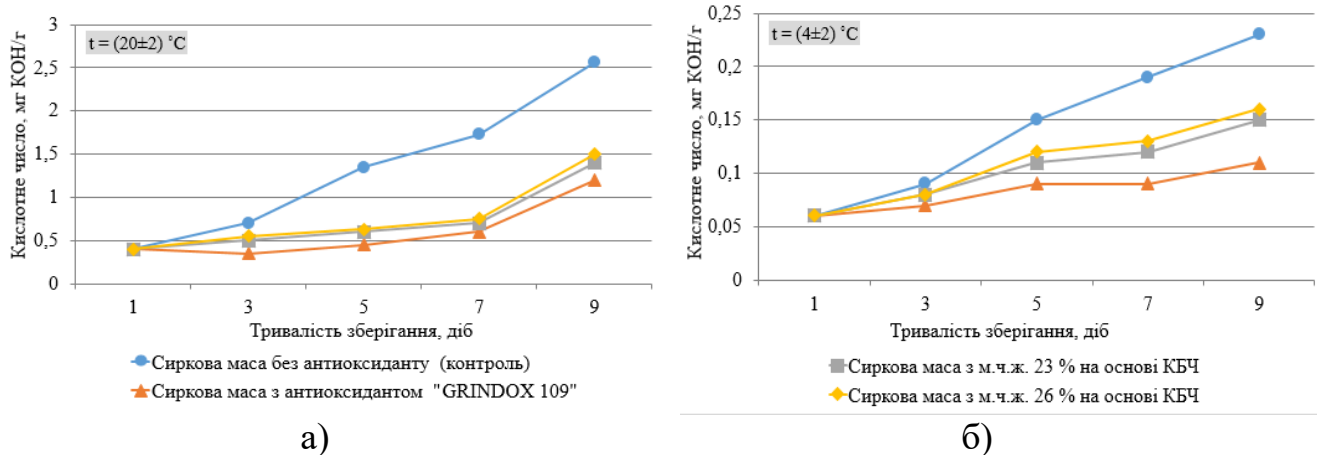
Накопичення гідропероксидів та речовин пероксидної природи, які утворюються при окисненні ненасичених жирних кислот, призводить до зростання пероксидного числа в кінці терміну зберігання. На дев'яту добу зберігання пероксидні числа сиркової маси знаходилися майже на одному рівні, і в цей період різниця між значеннями для контрольного зразку, і сирковою масою на основі КБЧ становила від 3,2 до 4,6 % відповідно (при зберіганні за температури  $(20 \pm 2) \text{ } ^\circ\text{C}$ ).

Отже, найвищу антиоксидантну активність під час зберігання сиркової маси з підвищеним вмістом жиру за температури  $(20 \pm 2) \text{ } ^\circ\text{C}$  проявив антиоксидант штучного походження. Значення пероксидного числа для сиркової маси протягом 7 діб зберігання становить менше 10 ммоль 1/2 О/кг, що є гранично допустимою нормою згідно з вимогами нормативної документації. Для сиркової маси, що виготовлена на основі КБЧ пероксидне число не перевищувало гранично допустимого значення протягом 5 діб зберігання і корелювало в межах похибки з даним показником для сиркової маси з внесенням антиоксиданту штучного походження. Використання у



рецептурах сиркової маси концентратів білково-чорничних, що містять природні антиоксиданти сповільнило перебіг окиснювальних процесів порівняно з контрольним зразком.

В результаті гідролізу вивільняються вільні жирні кислоти, вміст яких характеризує кислотне число. Зміна кислотного числа сиркової маси з підвищеним вмістом жиру залежно від виду антиоксидантів під час зберігання за температури  $(20\pm 2)^\circ\text{C}$  та  $(4\pm 2)^\circ\text{C}$  представлена на рис. 2.



**Рисунок 2 – Вплив антиоксидантів природного та штучного походження на зміну кислотного числа сиркової маси з підвищеним вмістом жиру під час зберігання за різних температур: а)  $t = (20\pm 2)^\circ\text{C}$  та б)  $t = (4\pm 2)^\circ\text{C}$**

Згідно результатів досліджень (рис. 2 а), кількість вільних жирних кислот у сирковій масі після 2 діб зберігання за температури  $(20\pm 2)^\circ\text{C}$  була незначною, зі збільшенням тривалості зберігання сиркової маси кислотне число жирової основи поступово зростало, найбільш інтенсивно в контрольному зразку. Зростання кислотного числа на 5 добу зберігання за температури  $(20\pm 2)^\circ\text{C}$  помітне лише в сирковій масі без антиоксидантів – у 3,4 рази, тоді як у сирковій масі на основі КБЧ кількість вільних жирних кислот зросла в 1,6 рази. Подібне значення спостерігається в зразку сиркової маси з додаванням штучного антиоксиданту (підвищення кислотного числа в 1,13 рази). Після 9 діб зберігання значне збільшення величини кислотного числа було зафіксовано у зразках сиркової маси без антиоксидантів – в 6,5 разів.

Щодо зразків сиркової маси з підвищеним вмістом жиру, які зберігались за температури  $(4\pm 2)^\circ\text{C}$  (рис. 2 б), спостерігається аналогічна тенденція до збільшення кислотного числа, однак за рахунок нижчої температури динаміка зростання даного показника повільна. Так, виявлено найбільшу кількість вільних жирних кислот в контрольному зразку – сирковій масі без антиоксидантів – на 9 добу 0,23 мг КОН/г. В зразках сиркової маси на основі КБЧ та з додаванням антиоксиданту штучного походження спостерігаються нижчі значення кислотного числа, порівняно з контрольним зразком і знаходяться на рівні 0,16 та 0,11 мг КОН/г відповідно.

Аналізуючи динаміку зміни значень показників пероксидного та кислотного чисел модельних зразків сиркової маси з підвищеним вмістом жиру на основі КБЧ у процесі зберігання, встановлено стабілізуючу дію



використовуваної білкової-ягідної основи на процес окисного псування жирової фази продукту. Отримані під час дослідження результати можуть бути використані для зберігання сиркових виробів з підвищеним вмістом жиру за стандартних режимів.

Традиційним рецептурним компонентом в технології сиркових виробів є цукор, який вноситься у кількості 5 % для маси та 10 % для десертів. Цукор може зброджуватися дріжджами з утворенням етилового спирту і призводити до вади спиртовий смак та запах, надмірне газоутворення. В зв'язку з цим було проаналізовано динаміку накопичення спирту в сирковій масі з підвищеним вмістом жиру на основі КБЧ за температури зберігання ( $4\pm 2$ ) (рис. 3).



**Рисунок 3 – Динаміка накопичення спирту в сирковій масі з підвищеним вмістом жиру протягом 120 год**

Аналіз отриманих даних показав, що застосування спеціально обробленої чорничної пасти в якості коагулянту для отримання основи сиркової маси – концентратів білково-чорничних, пригнічує розвиток дріжджів, про що свідчить менш інтенсивне накопичення спирту в готовому продукті. Ефект пригнічення розвитку дріжджів пов'язаний з наявністю у чорничній пасті фітонцидів, що мають антибактеріальні властивості та проявляють антиоксидантну активність, а також зменшенням кількості вільної вологи, необхідної для розвитку мікроорганізмів. Спирт на органолептичному рівні відчувається при концентрації більше 0,2 %. Так у сирковій масі, на основі концентратів білково-чорничних, що зберігалася протягом 120 год за температури ( $4\pm 2$ ) °C такого відчуття не виявлено.

У зв'язку з тим, що терміни зберігання сиркової маси визначаються мікробіологічними показниками, було вивчено антибактеріальну активність концентратів білково-чорничних – основи сиркової маси. Результати досліджень представлені в табл 2. Аналізуючи динаміку та кількісні зміни чисельності пліснявих грибів та дріжджів модельних зразків сиркової маси у процесі зберігання протягом 5 діб, необхідно зазначити, що величина досліджуваних мікробіологічних показників протягом всього терміну досліджень була значно нижчою, ніж у контрольному зразку.



Таблиця 2

**Зміна кількості пліснявих грибів та дріжджів у сирковій масі протягом терміну зберігання**

Термін зберігання, діб	Кількість пліснявих грибів, КУО в 1 г продукту		Кількість дріжджів, КУО в 1 г продукту	
	Сиркова маса на основі КБЧ	Сиркова маса (контроль)	Сиркова маса на основі КБЧ	Сиркова маса (контроль)
1	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
2	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
3	Не виявлено	$2,8 \cdot 10^2$	Не виявлено	$6,3 \cdot 10^2$
4	15	$1,7 \cdot 10^3$	25	$2,1 \cdot 10^3$
5	43	$4,5 \cdot 10^3$	74	$7,5 \cdot 10^3$

На 5 добу зберігання сиркової маси на основі КБЧ показники вмісту пліснявих грибів та дріжджів не перевищували нормативних значень даних показників для сиркових виробів згідно ДСТУ 4503:2005 (кількість пліснявих грибів в 1 г продукту, КУО, не більше ніж – 50, кількість дріжджів в 1 г продукту, КУО, не більше – 100). Ймовірно, це обумовлено здатністю ягідної сировини, що використовується при виробництві КБЧ, як антиоксиданту, перехоплювати вільні радикали кисню та створювати несприятливі умови для розвитку даних мікроорганізмів, що очевидно у дослідному зразку протягом 3 діб зберігання.

Чисельність пліснявих грибів та дріжджів на 3 добу зберігання у контрольному зразку перевищила нормативні значення, отже, мікробіологічна безпечність сиркової маси перебувала в межах норми лише протягом терміну придатності продукції, встановленого вимогами ДСТУ. Як видно з таблиці 2, зростання патогенної мікрофлори у сирковій масі на основі КБЧ розпочинається після трьох діб зберігання, при цьому кількість ідентифікованих колоній мікроорганізмів на два порядки менше, ніж у контрольному зразку. Наявність у сирковій масі на основі КБЧ природних антиоксидантів сприяло призупиненню росту та розвитку мікроорганізмів, оскільки в дослідному зразку кількість пліснявих грибів та дріжджів залишалася в межах норми протягом 5 діб зберігання у охолоджену стані.

### Висновки

Результати комплексної оцінки якості модельних зразків при зберіганні дозволили встановити, що використання концентратів білково-чорничних у рецептурах сиркової маси знижує гідролітичне та окислювальне псування молочного жиру в 1,5-2,1 рази, продовжує мікробіологічну безпечність завдяки прояву антибактеріальних властивостей ягідної сировини, що використовувалася в якості коагулянту білків молока та дозволяє збільшити термін зберігання сиркової маси до 5 діб.

Встановлено, що у сирковій масі з підвищеним вмістом жиру антиоксиданти природного походження виконують ряд функцій, включаючи антиокислювальну, антимікробну, а також консервуючу в процесі





технологічної обробки та дозволяють зберегти природне забарвлення протягом зберігання.

Література:

1. Subcritical water extraction of antioxidant compounds from seabuckthorn (*Hippophae Rhamnoides*) leaves for the comparative evaluation of antioxidant activity / M.S.Y. Kumar, R. Dutta, D. Prasad, K. Misra // *Food Chemistry*. – 2011. – Vol. 127. – Is. 3. – P. 1309-1316. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.01.088.
2. Синергические взаимодействия антиоксидантов в жировых продуктах / В.А. Саркисян, Е.А. Смирнова, А.А. Кочеткова, В.В. Бессонов // *Пищевая промышленность*. – 2013. – № 4. – С. 14-17.
3. Antioxidant and anti-platelet properties of milk from goat, donkey and cow: An invitro, exvivo and invivo study / Y. Simos, A. Metsios, I. Verginadis, A. Alessandro et al. // *International Dairy Journal*. – 2011. – Vol. 21. – № 11. – P. 901-906.
4. Добриян Е.И. Антиоксидантная система молока / Е.И. Добриян // *Вестник ВГУИТ*. – 2020. – Т. 82. – № 2. – С. 101-106.
5. Ходаков И.В. Применение вина Каберне-Совиньон для определения идентификационных характеристик 3-О-глюкозидов антоцианидинов при анализе состава антоцианов в пасте из ягод черники / И.В. Ходаков // *Химия растительного сырья*. – 2014. – № 2. – С. 147-154.
6. Grek, O. Rationalization of the parameters of milk proteins' thermo acid coagulation by berry coagulants / O. Grek, O. Onopriichuk, T. Pshenychna // *Food and Environment Safety*, Volume XVI, Issue 1 – 2017, pag. 47 – 53.
7. Fat effect of standardized milk on qualimetric indicators of protein-blueberry concentrates / O. Grek, T. Pshenychna, S. Tsygankov, O. Savchenko, O. Ochkolyas // *Journal of Hygienic Engineering and Design*. – 2020. – Vol. 32. – pp. 17-22.

**Abstract.** Extending the storage period of milk-protein products is an urgent task due to the combination of dairy and berry raw materials, that are a source of polyphenolic compounds, including anthocyanins, organic acids, vitamin C, which have antioxidant potential.

It has been established that the use of protein-blueberry concentrates as a basis for curd mass with high-fat content reduces hydrolytic and oxidative spoilage of milk fat by 1.5-2.1 times, continues microbiological safety due to the antibacterial properties of berry raw materials, and allows to increase the storage period of curd mass up to 5 days.

**Key words:** antioxidants, peroxide number, curd mass with high-fat content, storage period.

Стаття відправлена: 17.12.2021 г.

© Пшенична Т.В., Грек О.В., Шиманюк І.В.