

ХІМІЧНІ, ФІЗИЧНІ, МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ

DOI : 10.33274/2079-4827-2021-43-2-19-27

УДК 641.887:613.292:[546.15:634/635]

Дейниченко Г. В., д-р техн. наук, професор¹

Листопад Т. С., аспірант¹

Кравченко Т. В., канд. техн. наук, доцент²

¹ Державний біотехнологічний університет (м. Харків, Україна), e-mail: lystopad.tamara.88@gmail.com.

² Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини (м. Умань, Україна), e-mail: tamara.kravchenko2019@gmail.com.

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ПАСТЕРИЗАЦІЇ ЯГІДНИХ СОУСІВ ІЗ ЙОДВМІЩУЮЧИМИ ДОБАВКАМИ

UDC 641.887:613.292:[546.15:634/635]

*Deinychenko G. V., Grand PhD of Technical Science,
Professor¹*

Lystopad T. S., postgraduate student¹

*Kravchenko T. V., PhD of Pedagogical Sciences,
Associate Professor²*

¹ State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine, e-mail: lystopad.tamara.88@gmail.com

² Uman State Pedagogical University named after Pavlo Tychyna, Uman, Ukraine, e-mail: tamara.kravchenko2019@gmail.com.

OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF PASTEURIZATION OF BERRY SAUCES WITH IODINE-CONTAINING ADDITIVES

Мета. Метою статті є підбір оптимальних показників пастеризації ягідних соусів із йодвміщуючими добавками, які є достатніми для знищення сторонньої мікрофлори та подовження терміну зберігання, але водночас з мінімальним негативним впливом, що обумовлений втратами поживних речовин та погіршенням структурної стійкості готового виробу під дією підвищених температур.

Методи. Планування та проведення досліджень здійснювали за схемою неповного факторного експерименту. Матеріалом досліджень став соус на основі пюре з ягід кизилу та чорниці з додаванням соку калини з йодвміщуючою добавкою, в якості якої використовувались водорості ламінарії. Під час досліджень визначали вплив пастеризації на: показник МАФМ за ДСТУ 8446:2015, вміст флавоноїдів — спектрофотометричним способом за допомогою методики кількісного визначення в перерахунку на кверцетин, показник седиментаційної стійкості — також фотометричним методом шляхом вимірювання оптичної густини зразків та проведенням подальших розрахунків.

Результати. В ході проведення досліджень було встановлено, що параметри пастеризації залежать від багатьох факторів, а отже є індивідуальними та потребують встановлення при розробці нових технологій. Підбір параметрів пастеризації здійснювали шляхом дослідження вибірових показників мікробіологічної чистоти, біологічної цінності та колоридного стану за різних умов. Результати досліджень показали, що оптимальні значення температури і тривалості пастеризації для цих показників є різними. А отже, були проведені розрахунки, за яких досягається мінімум функції для мікробіологічної чистоти за показником МАФМ та максимуми для загального вмісту флавоноїдів і показника седиментаційної стійкості. Розрахунки показали, що оптимальною є пастеризація за температури 82...85 °С протягом 3...5 хвилин.

Надійшла до редакції 15.10.2021 р. © Г. В. Дейниченко, Т. С. Листопад, Т. В. Кравченко, 2021

Ключові слова: *ягідні соуси, параметри пастеризації, МАФАМ, флавоноїди, седиментаційна стійкість, матриця експерименту, оптимізація.*

Постановка проблеми. Актуальність та доцільність розробки технології соусів з дикорослих та культивованих ягід з додаванням йодовміщуючих добавок була доведена та описана в попередніх дослідженнях [1]. На основі органолептичних, реологічних досліджень і досліджень щодо вмісту йоду в сировині та готових соусах, розроблено технології соусів із дикорослих та культивованих ягід із йодовміщуючими добавками [2, 3]. Проте для реалізації розробленого продукту в торговельних мережах із терміном придатності 24 місяці, виготовлений за розробленою рецептурою соус слід пастеризувати. Необхідність підбору параметрів пастеризації обумовлена протилежністю факторів впливу. З одного боку підвищення температури та тривалості обробки позитивно впливають на мікробіологічну чистоту та збереженість продукту в часі, з іншого — може спричинити негативний вплив на показники біологічної цінності та дестабілізації готового продукту [4].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Пастеризація — це спосіб технологічної обробки, спрямований на інактивацію більшості ферментів та пригнічення клітин вегетативних мікроорганізмів. До готового продукту можуть потрапити мікроорганізми як з поверхні ягід, які є нормальною мікрофлорою, так і під час обробки за рахунок забруднень на технологічних лініях. Один з найзручніших способів обмежити мікробний ризик — підвищити температуру продукту до смертельного для мікроорганізмів значення. Ці значення є загальновідомими, проте існує залежність від тривалості обробки, кількісної та якісної мікробної забрудненості, рН продукту, тобто хімічного складу тощо. А отже, незважаючи на значну кількість вже існуючих досліджень, питання встановлення параметрів, що забезпечують мікробіологічну чистоту продукту залишається виключним для кожної нової розроблюваної технології [5–8].

Під час термічної обробки із ягідною сировиною відбувається ряд трансформацій, зокрема й негативних таких як втрата біологічно активних речовин, утворення небажаних або шкідливих для здоров'я сполук тощо.

Одними з основних біологічно активних речовин дикорослих ягід є поліфенольні сполуки, які здебільшого представлені флавоноїдами [9]. Визначенню якісних і кількісних змін, які відбуваються із поліфенолами плодів та ягід під дією технологічних чинників присвячено низку робіт [10, 11, 12]. Провівши аналіз існуючих досліджень можна дійти висновку, що незважаючи на загальні закономірності впливу термічної обробки на поліфенольні сполуки, встановити їх точну кількісну оцінку практично неможливо, що обумовлено широким спектром причин, зокрема різноманітністю хімічних сполук, що спричиняють різні ферментативні та неферментативні реакції та ін. Крім того, ці ж самі причини впливають й на неоднакову зміну колоїдного стану ягідної сировини під дією температур [13]. Таким чином, аналіз досліджень дозволяє дійти висновку, що дослідження впливу параметрів пастеризації є актуальним питанням у технологіях ягідних соусів.

Мета статті. Метою є підбір оптимальних показників пастеризації ягідних соусів, які є достатніми для знищення сторонньої мікрофлори та подовження терміну зберігання, але водночас з мінімальним негативним впливом, що обумовлений втратами поживних речовин та погіршенням структурної стійкості готового виробу під дією підвищених температур.

Виклад основного матеріалу дослідження. Підбір параметрів пастеризації здійснювали шляхом дослідження вибірових показників мікробіологічної чистоти, біологічної цінності та колоїдного стану за різних умов і подальшої оптимізації параметрів пастеризації ягідних соусів з додаванням водоростевої сировини.

Планування та проведення досліджень здійснювали за схемою неповного факторного експерименту. Матеріалом досліджень став соус на основі пюре з ягід кизилу та чорниці з додаванням соку калини, в якості йодвміщуючої добавки використовувались водорості ламинарії [14].

Для складання матриці експерименту на першому етапі проведено вибір значень нульового рівня дослідних факторів варіювання:

x_1 — температура пастеризації, °C;

x_2 — тривалість пастеризації, хв;

x_3 — вміст ягід, г.

Визначали вплив пастеризації на показники:

1. Кількісного вмісту мезофільних аеробних та факультативно анаеробних мікроорганізмів (МАФАМ).

2. Загального вмісту флавоноїдів.

3. Седиментаційної стійкості. Дослідження проводили на 10-й день після пастеризації.

Відбір проб для мікробіологічного аналізу проводили за ДСТУ 8051:2015, готування проб — за ДСТУ 7963:2015. Випробування за показником МАФАМ проводили за ДСТУ 8446:2015.

Визначення флавоноїдів у соусах проводили за допомогою методики кількісного визначення в перерахунку на кверцетин [15]. Точну наважку зразка соусу, близько 1,0 г, поміщали в колбу з шліфом місткістю 150 мл, додавали 30 мл 70 % етанолу, колбу приєднували до зворотного холодильника і нагрівали на водяній бані протягом 30 хвилин. Потім колбу охолоджували під струменем води до кімнатної температури, вміст колби фільтрували крізь паперовий фільтр у мірну колбу місткістю 100 мл. Обсяг фільтрату доводили до мітки 70 % спиртом. Повноту вилучення флавоноїдів із зразків підтверджували негативною ціанідиновою пробою. 10 мл отриманого спиртового розчину упарювали на водяній бані, залишок висушували в сушильній шафі при 110 °C протягом 15 хвилин, потім розчиняли в 10 мл 10% сірчаної кислоти. Гідроліз проводили в колбі, приєднаній до зворотного холодильника, із нагріванням на киплячій водяній бані протягом 2 годин. Потім колбу охолоджували до кімнатної температури і її вміст фільтрували крізь паперовий фільтр. Осад, що залишився на фільтрі, промивали очищеною водою і розчиняли в 100 мл гарячого 70 % етанолу.

Аліквоту отриманого розчину об'ємом 10 мл доводили до мітки в колбі на 25 мл 70 % етиловим спиртом і вимірювали оптичну густину отриманого розчину на спектрофотометрі в діапазоні довжин хвиль 250–450 нм у кюветі з товщиною поглинального шару 10 мм. Вміст суми флавоноїдів у перерахунку на кверцетин обчислювали за формулою:

$$X = \frac{A_x \times C_{no} \times W \times 100}{A_{no} \times C_o \times V_a}, \quad (1)$$

де A_x — оптична щільність дослідного розчину; C_{no} — концентрація розчину стандартного зразка кверцетину; W — розведення, мл; A_{no} — оптична щільність розчину стандартного зразка кверцетину; C_o — концентрація дослідного розчину; V_a — об'єм аліквоти, мл.

Седиментаційний аналіз проводили фотометричним методом шляхом вимірювання оптичної густини зразків [268]. Частку частинок, що випали в осад у часі, розраховували за формулою:

$$Q_t = \left(1 - \frac{D_t}{D_0}\right) \times 100\%, \quad (2)$$

де Q_t — доля частинок, що випала в осад в часі, %; D_0 — оптична густина в початковий момент часу; D_t — оптична густина в певний момент часу.

Похибка експерименту становила 1%.

Результати цих трьох експериментів мають позначення y_1 , y_2 і y_3 , середнє значення за трьома експериментами — y_{cp} , стандартне відхилення — σ , дисперсія — σ^2 .

Унаслідок реалізації матриці експерименту отримано такі результати (табл. 1–3).

Розраховане через дисперсію значення критерію Кохрена не перевищує табличного значення:

— для кількісного вмісту МАФАМ — $0,174 (G_p) < 0,19 (G_m)$,

— для загального вмісту флавоноїдів — $0,175 (G_p) < 0,19 (G_m)$,

— для показника седиментаційної стійкості — $0,133 (G_p) < 0,19 (G_m)$,

тобто дисперсії однорідні, що свідчить про врахування всіх факторів, які впливають на густину.

Таблиця 1 — Результати реалізації матриці експерименту для соусу за показником мікробіологічної чистоти

№ з/п	Рівень фактора варіювання			МАФАМ, КУО в 1 г				σ^2
	x_1	x_2	x_3	y_1	y_2	y_3	y_{cp}	
1	60	3	79	500	500	500	500,00	0,00
2	60	3	77	490	500	500	496,67	33,33
3	60	5	79	410	390	410	403,33	133,33
4	60	5	77	500	490	490	493,33	33,33
5	60	10	79	100	100	100	100,00	0,00
6	60	10	77	100	100	90	96,67	33,33
7	80	3	79	50	40	50	46,67	33,33
8	80	3	78	50	40	60	50,00	100,00
9	80	5	79	20	30	20	23,33	33,33
10	80	5	77	30	50	30	36,67	133,33
11	80	10	79	20	20	0	13,33	133,33
12	80	10	78	0	10	20	10,00	100,00
13	100	3	79	0	0	0	0,00	0,00
14	100	3	77	0	0	0	0,00	0,00
15	100	5	79	0	0	0	0,00	0,00
16	100	5	78	0	0	0	0,00	0,00
17	100	10	79	0	0	0	0,00	0,00
18	100	10	77	0	0	0	0,00	0,00

Таблиця 2 — Результати реалізації матриці експерименту для соусу за показником вмісту флавоноїдів

№ з/п	Рівень фактора варіювання			Вміст флавоноїдів, мг/100 г				σ^2
	x_1	x_2	x_3	y_1	y_2	y_3	y_{cp}	
1	60	3	79	131	131	131	131	0
2	60	3	77	129	131	130	130	0,333
3	60	5	79	131	133	132	132	0
4	60	5	77	126	126	127	126,33	1,33
5	60	10	79	123	126	124	124,33	1,33
6	60	10	77	114	116	114	114,67	1
7	80	3	79	169	169	169	169	0,333
8	80	3	78	167	169	169	168,33	0,333
9	80	5	79	168	168	169	168,33	2,33
10	80	5	77	167	164	166	165,67	1
11	80	10	79	160	160	161	160,33	1,33
12	80	10	78	163	165	162	163,33	0,333
13	100	3	79	144	144	144	144	0
14	100	3	77	136	134	135	135	0,333
15	100	5	79	142	142	143	142,33	1
16	100	5	78	143	145	143	143,67	1
17	100	10	79	133	135	134	134	0,333
18	100	10	77	144	144	145	144,33	1

Таблиця 3 — Результати реалізації матриці експерименту для соусу за показником стійкості

№ з/п	Рівень фактора варіювання			Стійкість, %				σ^2
	x_1	x_2	x_3	y_1	y_2	y_3	y_{cp}	
1	60	3	79	78	77	78	77,67	0,33
2	60	3	77	76	76	77	76,33	0,33
3	60	5	79	81	80	81	80,67	1,00
4	60	5	77	82	82	82	82,00	1,00
5	60	10	79	83	84	83	83,33	0,33
6	60	10	77	84	85	83	84,00	0,33
7	80	3	79	95	96	95	95,33	0,33
8	80	3	78	97	96	98	97,00	0,33
9	80	5	79	96	97	95	96,00	0,33
10	80	5	77	95	97	96	96,00	1,00
11	80	10	79	93	94	94	93,67	0,33
12	80	10	78	94	92	92	92,67	1,33
13	100	3	79	85	85	86	85,33	0,33
14	100	3	77	90	93	90	91,00	1,33
15	100	5	79	84	83	81	82,67	0,33
16	100	5	78	82	82	83	82,33	0,33
17	100	10	79	75	75	75	75,00	0,33
18	100	10	77	71	70	71	70,67	0,33

Для опису цього експерименту використовується така модель:

$$Y(x_1, x_2, x_3) = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_1^2 + a_5x_2^2 + a_6x_3^2 + a_7x_1x_2 + a_8x_2x_3 + a_9x_1x_3 + a_{10}x_1x_2x_3, \quad (3)$$

де $Y(x_1, x_2, x_3)$ — функція густини; $a_0, a_1 \dots a_{10}$ — невідомі коефіцієнти.

Для знаходження коефіцієнтів $a_0, a_1 \dots a_{10}$ застосовується метод найменших квадратів. Сформовано функціонал, мінімізація якого дозволить знайти значення цих коефіцієнтів:

$$J = \sum_{i=1}^{12} \left[Y(x_{1i}, x_{2i}, x_{3i}) - y_{cpi} \right]^2, \quad (4)$$

де x_{1i} — значення температури пастеризації для i -го експерименту; x_{2i} — значення тривалості пастеризації для i -го експерименту; x_{3i} — значення вмісту ягід для i -го експерименту; y_{cpi} — середнє значення параметра для i -го експерименту.

Мінімізація функціонала (2) реалізовувалась таким чином. Знаходження часткових похідних від функціонала (2) за невідомими коефіцієнтами $a_0, a_1 \dots a_{10}$ та прирівнювання їх до нуля дає систему лінійних алгебраїчних рівнянь, яка складається з одинадцяти рівнянь з одинадцятьма невідомими. Розв'язання цієї системи реалізовувалось у програмі MathCad та дозволило отримати рівняння залежності досліджуваного параметра від температури і тривалості пастеризації та вмісту ягід:

— для мікробіологічної чистоти за показником МАФАМ

$$Y_1(x_1, x_2, x_3) = -1,788 \times 10^4 - 50,65x_1 + 262,8x_2 + 501,5x_3 + 0,3584x_1^2 - 3,231x_2^2 - 2,867x_3^2 + 0,5672x_1x_2 - 4,612x_2x_3 - 0,3170x_1x_3 + 0,01157x_1x_2x_3; \quad (5)$$

— для загального вмісту флавоноїдів

$$Y_2(x_1, x_2, x_3) = -13370 + 31,71x_1 + 279,3x_2 + 318,2x_3 - 0,07876x_1^2 - 0,2455x_2^2 - 1,939x_3^2 - 3,846x_1x_2 - 3,589x_2x_3 - 0,2436x_1x_3 + 0,04979x_1x_2x_3; \quad (6)$$

— для показника седиментаційної стійкості

$$Y_3(x_1, x_2, x_3) = 772,6 - 4,612x_1 - 100,4x_2 - 15,26x_3 - 0,03551x_1^2 - 0,1007x_2^2 + 0,04024x_3^2 + 1,560x_1x_2 + 1,377x_2x_3 + 0,1385x_1x_3 - 0,021x_1x_2x_3; \quad (7)$$

Наступним кроком було знаходження оптимальних значень температури і тривалості пастеризації та вмісту ягід, за яких досягається мінімум функції (3.1) для мікробіологічної чистоти за показником МАФAM та максимумами для загального вмісту флавоноїдів і показника седиментаційної стійкості. Оскільки функція є поліномом, зазвичай максимум такої функції знаходиться шляхом прирівнювання до нуля похідних за факторами x_1, x_2, x_3 і розв'язання отриманої системи трьох рівнянь із трьома невідомими. У наших дослідженнях використано програму MatCad і застосовано стандартну процедуру для визначення мінімуму. Реалізація зазначеної процедури дозволила отримати такі оптимальні значення дослідних факторів варіювання (табл. 4).

Таблиця 4 — Залежність параметра оптимізації від вмісту ягід

Показники	Фактори пастеризації			Значення параметра оптимізації
	температура пастеризації, °C	тривалість пастеризації, хв	вміст ягід, г	
МАФAM	85	10	77	–59,4 КУО в 1 г
	85	10	79	–77,4 КУО в 1 г
Вміст флавоноїдів	82	4,2	77	171 мг/100г
	82	4,2	79	167 мг/100г
Седиментаційна стійкість	85	3	77	96%
	85	3	79	99%

Таким чином, спираючись на дані, отримані в ході дослідження, оптимальною є пастеризація за температури 82...85 °C протягом 3...5 хвилин. Такі параметри дозволять отримати продукт задовільної мікробіологічної чистоти, з оптимальними показниками біологічної цінності та колоїдного стану продукту.

Наведені дані узгоджуються з аналогічними дослідженнями, проведеними науковцями Національного університету харчових технологій стосовно вмісту флавоноїдів [16]. Зменшення або збільшення температури пастеризації призводить до підвищення втрат флавонолідів і антоціанів. Такий ефект спостерігається через ферментативні процеси та внаслідок термічної деструкції відповідно.

Висновки. В ході проведення досліджень було встановлено, що параметри пастеризації залежать від багатьох факторів, а отже є індивідуальними та потребують встановлення при розробці нових технологій. Виявлено, що задовільна мікробіологічна чистота ягідних соусів з йодвміщуючими добавками досягається щонайменше при температурі 80 °C за тривалості обробки 10 хвилин. Найбільший вміст флавоноїдів та найвища седиментаційна стійкість спостерігаються за тієї ж температури, але за тривалості обробки 3 хвилини, що є недостатнім для збереження мікробіологічної чистоти. Математичне представлення та обробка даних за рахунок реалізацій матриць експериментів та подальше знаходження оптимальних значень, за яких досягається мінімум функції для мікробіологічної чистоти за показником МАФAM та максимумами для загального вмісту флавоноїдів і показника седиментаційної стійкості дозволив визначити, що оптимальною є пастеризація за температури 82...85 °C протягом 3...5 хвилин.

Список літератури

1. Дейниченко Г. В., Листопад Т. С., Колісниченко Т. О. Обґрунтування доцільності використання водоростевої сировини при виготовленні соусів із дикорослих та культивованих ягід. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2018. 18 (1). С. 29–36.
2. Дейниченко Г. В., Колісниченко Т. О., Листопад Т. С. Розробка технології ягідних соусів з йодвміщуючими добавками з урахуванням їх впливу на органолептичні показники. *Науковий вісник Львівського Національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С. З. Гжицького*. 2018. № 20 (85). С. 107–113. doi :10.15421/nvlvet8520.

3. Lystopad T., Deinychenko G., Pasichnyi V., Shevchenko A., Zhukov Y. Rheological studies of berry sauces with iodine-containing additives. *Ukrainian Food Journal*. 2020. Vol. 9, Issue 3. pp. 651–663. doi : 10.24263/2304-974X-2020-9-3-13.
4. Jing Peng, Juming Tang, Diane M. Barrett, Shyam S. Sablani, Nathan Anderson, Joseph R. Powers Thermal pasteurization of ready-to-eat foods and vegetables: Critical factors for process design and effects on quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2017. Vol. 57:14, pp. 2970–2995, doi : 10.1080/10408398.2015.1082126.
5. Catherine Renard, Jean Francois Maingonnat. Thermal Processing of Fruits and Fruit Juices. Thermal Food Processing: New technologies and qualities issues, CRC Press Boca Raton, 686 p., 2012, *Contemporary Food Engineering*, 9781439876787, fhal-02803675f.
6. Silva F. V. M., Gibbs P. Target selection in designing pasteurization processes for shelf-stable high-acid fruit products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2004. Vol. 44(5). pp. 353–360. doi : 10.1080/10408690490489251.
7. Silva F. V. M., Gibbs P. Alicyclobacillus acidoterrestris spores in fruit products and design of pasteurization processes. *Trends in Food Science & Technology*. 2001. Vol. 12(2). pp. 68–74. doi : 10.1016/S0924-2244(01)00070-X.
8. Gama J. J. T., Celia M. de Sylos. Effect of thermal pasteurization and concentration on carotenoid composition of Brazilian Valencia orange juice. *Food Chemistry*. 2007. Vol. 100 (4). pp. 1686–1690.
9. Drózd, P., Šežienė, V. & Pyrzynska, K. Phytochemical Properties and Antioxidant Activities of Extracts from Wild Blueberries and Lingonberries. *Plant Foods Hum Nutr*. 2017. Vol. 72. pp. 360–364. doi : 10.1007/s11130-017-0640-3.
10. Cristina Zapata, Alzate Arbelaez Andres Felipe, Karol Zapata, Juan Arias, Miguel Puertas, Benjamin Rojano. Effect of pH, temperature and time of extraction on the antioxidant properties of Vaccinium meridionale Swartz. *Journal of Berry Research*. 2018. Vol. 9. pp. 1–11. doi : 10.3233/JBR-18299.
11. Connor AM, Luby JJ, Hancock JF, Berkheimer S, Hanson EJ. Changes in fruit antioxidant activity among blueberry cultivars during cold-temperature storage. *J Agric Food Chem*. 2002. Vol. 50(4). pp. 893–901. doi : 10.1021/jf0111212y. PMID: 11829664.
12. Jairo Mercado Camargo, Arnulfo Taron Dunoyer, Luis A. García-Zapateiro. The effect of storage temperature and time on total phenolics and enzymatic activity of sapodilla. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. 2016. Vol. 69(2). pp. 7955–7964. doi : 10.15446/rfna.v69n2.59140.
13. Solanilla Duque, José Fernando, Diego Fernando Roa, Guillermo Arrazola. Colloidal applications in the food industry: Prospects and trends in healthy products. *Sylwan*. 2020. Vol. 164(11). pp. 189–205.
14. Листопад Т. С., Колісниченко Т. О., Дейниченко Г. В. (2018). Спосіб отримання ягідного соусу з ламінарією : пат. на винахід № 119822 Україна: МПК А23L23/00 А23L17/60 А23L21/10 / власник Дніпровський національний університет ім. О. Гончара № а201803883; заявл. 11.04.2018; опубл. 12.08.2019.
15. Peñarrieta Mauricio, Alvarado Antonio, Bergenstahl Björn, Åkesson Björn. Spectrophotometric methods for the measurement of total phenolic compounds and total flavonoids in foods. *Revista Boliviana de Química*. 2007. Vol. 24 (1), pp. 5–9. Universidad Mayor de San Andrés La Paz, Bolivia
16. Матко С. В., Мельник Л. М., Шейко Т. В., Ткаченко С. В. Вплив теплового оброблення та прянощів на збереженість біофлавоноїдів кизилу при виробництві соусів. *Продовольчі ресурси*. 2018. № 11. С. 110–115.

References

1. Deinychenko, G. V., Lystopad, T. S., Kolisnychenko, T. O. (2018). *Obgruntuvannia dotsilnosti vykorystannia vodorostevoy syrovyny pry vyhotovlenni sousiv iz dykoroslykh ta kultyvovanykh yahid* [Substantiation of expediency of using algae raw materials in the manufacture of sauces from wild and cultivated berries]. *Praci Tavrijskogo derzhavnogo agrotexnologichnogo universytetu* [Proceedings of the Tavriya State Agrotechnological University], no. 18 (1), pp. 29–36.

2. Deinychenko, G. V., Kolisnychenko T. O., Lystopad, T. S. (2018). *Rozrobka tekhnolohii yakhidnykh sousiv z yodvmishchuiuchymy dobavkamy zurakhuvanniam yikh vplyvu na orhanoleptychni pokaznyky* [Development of technology of berry sauces with iodine-containing additives taking into account their influence on organoleptic parameters]. *Naukovyi visnyk Lvivskoho Natsionalnoho universytetu veterinarnoi medytsyny ta biotekhnolohii im. S. Z. Hzhyskoho* [Scientific Bulletin of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology named after S. Z. Gzhysky], no. 20 (85), pp. 107–113. doi :10.15421/nvlvet8520.
3. Lystopad T., Deinychenko G., Pasichnyi V., Shevchenko A., Zhukov Y. (2020). Rheological studies of berry sauces with iodine-containing additives. *Ukrainian Food Journal*. Vol. 9, Issue 3. pp. 651–663. doi :10.24263/2304-974X-2020-9-3-13.
4. Jing Peng, Juming Tang, Diane M. Barrett, Shyam S. Sablani, Nathan Anderson, Joseph R. (2017). Powers Thermal pasteurization of ready-to-eat foods and vegetables: Critical factors for process design and effects on quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Vol. 57:14, pp. 2970–2995, doi : 10.1080/10408398.2015.1082126.
5. Catherine Renard, Jean Francois Maingonnat. (2012). Thermal Processing of Fruits and Fruit Juices. Thermal Food Processing: New technologies and qualities issues, CRC Press Boca Raton, 686 p., *Contemporary Food Engineering*, 9781439876787, fhal-02803675f.
6. Silva F. V. M., Gibbs P. (2004). Target selection in designing pasteurization processes for shelf-stable high-acid fruit products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Vol. 44 (5). pp. 353–360. doi : 10.1080/10408690490489251.
7. Silva F. V. M., Gibbs P. (2001). Alicyclobacillus acidoterrestris spores in fruit products and design of pasteurization processes. *Trends in Food Science & Technology*. Vol. 12(2). pp. 68–74. doi : 10.1016/S0924-2244(01)00070-X.
8. Gama J. J. T., Celia M. de Sylos. (2007). Effect of thermal pasteurization and concentration on carotenoid composition of Brazilian Valencia orange juice. *Food Chemistry*. Vol. 100 (4). pp. 1686–1690.
9. Drózdź, P., Šežienė, V. & Pyrzynska, K. (2017). Phytochemical Properties and Antioxidant Activities of Extracts from Wild Blueberries and Lingonberries. *Plant Foods Hum Nutr*. Vol. 72. pp. 360–364. doi : 10.1007/s11130-017-0640-3.
10. Cristina Zapata, Alzate Arbelaez Andres Felipe, Karol Zapata, Juan Arias, Miguel Puertas, Benjamin Rojano. (2018). Effect of pH, temperature and time of extraction on the antioxidant properties of Vaccinium meridionale Swartz. *Journal of Berry Research*. Vol. 9. pp. 1–11. doi : 10.3233/JBR-18299.
11. Connor A. M., Luby J. J., Hancock J. F., Berkheimer S., Hanson E. J. (2002). Changes in fruit antioxidant activity among blueberry cultivars during cold-temperature storage. *J Agric Food Chem*. Vol. 50 (4). pp. 893–901. doi : 10.1021/jf011212y. PMID: 11829664.
12. Jairo Mercado Camargo, Arnulfo Taron Dunoyer, Luis A. García-Zapateiro 2016.. The effect of storage temperature and time on total phenolics and enzymatic activity of sapodilla. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. Vol. 69(2). pp. 7955–7964. doi :10.15446/rfna.v69n2.59140.
13. Solanilla Duque, José Fernando, Diego Fernando Roa, Guillermo Arrazola (2020). Colloidal applications in the food industry: Prospects and trends in healthy products. *Sylwan*. 2020. Vol.164(11). pp. 189–205.
14. Lystopad, T. S., Kolisnychenko, T. O., Deinychenko, G. V. (2018). The method of obtaining berry sauce with kelp : a patent for the invention № 119822 Ukraine: IPC A23L23 / 00 A23L17 / 60 A23L21 / 10 / owner — Oles Honchar Dnipro National University № a201803883; claimed 11/04/2018; published on August 12, 2019.
15. Peñarrieta Mauricio, Alvarado Antonio, Bergenståhl Björn, Åkesson Björn (2007). Spectrophotometric methods for the measurement of total phenolic compounds and total flavonoids in foods. *Revista Boliviana de Química*. Vol. 24 (1) , pp. 5–9.
16. Matko, S. V., Melnyk, L. M., Sheiko, T. V., Tkachenko, S. V. (2018). *Vplyv teplovoho obroblynnia ta pryanozhchiv na zberezhenist' bioflavonoyidiv kyzylu pry vyrobnytstvi sousiv* [Influence of heat treatment and spices on the preservation of dogwood bioflavonoids in the production of sauces]. *Prodovolchi resursy* [Food resources], no. 11, pp. 110–115.

Objective. The purpose of the article is to select the optimal indicators of pasteurization of berry sauces with iodine-containing additives, which are sufficient to destroy foreign microflora and prolong shelf life, but at the same time with minimal negative impact due to nutrient losses and deterioration of structural stability of the finished product.

Methods. Planning and conducting research was carried out according to the scheme of incomplete factorial experiment. The material of the research was a sauce based on puree of dogwood and blueberry berries with the addition of viburnum juice with an iodine-containing additive, namely Laminari seaweed was used. During the studies, the effect of pasteurization on: mesophilic aerobic and facultatively anaerobic microflora according to DSTU 8446: 2015, flavonoid content — spectrophotometrically method using the method of quantification in recalculation of quercetin, sedimentation rate — also by the photometric method, which included measuring the optical density of the samples and conducting further calculations.

Results. In the course of research it was found that the parameters of pasteurization depend on many factors, and therefore are individual and need to be established in the development of new technologies. The selection of pasteurization parameters was carried out by studying the sample indicators of microbiological purity, biological value and colloidal state under different conditions. The results showed that the optimal values of temperature and duration of pasteurization for these indicators are different. Therefore, calculations were performed according to which the minimum function for microbiological purity is achieved in terms of mesophilic aerobic and optionally anaerobic microflora and the maximums for the total content of flavonoids and sedimentation resistance. Calculations have shown that the optimal pasteurization at a temperature of 82...85 °C for 3—5 minutes.

Key words: berry sauces, pasteurization parameters, QMAFAnM, flavonoids, sedimentation resistance, experimental matrix, optimization.