

UDC 663.052

SELECTION OF FUNCTIONAL COMPONENTS FROM PLANT RAW MATERIALS AND THEIR APPLICATION IN CHOCOLATE MASS RECIPES

Mariia L. Zemelko^{*1}, Svitlana I. Bukhkalov²¹Ukrainian State University of Chemical Technology, 8, Gagarina Ave., Dnipro, 49000, Ukraine²National Technical University «KhPI», 2, Kyrpychova str., Kharkiv, 61002, Ukraine

Received 18 July 2023; accepted 6 October 2023; available online 25 October 2023

Abstract

The influence of functional components from plant raw materials on the properties of chocolate masses is investigated in this work. Expanding the range of products with a functional purpose is an actual development direction of the confectionery industry. The organoleptic parameters, appearance, viscosity, particle size composition and shelf life of chocolate masses were investigated. Selected plant components have phytoestrogenic, antioxidant and prebiotic properties. Plant powders can partially replace powdered sugar in the recipe of chocolate mass, reduce the caloric content of the finished product and increase its biological value. For example, replacing powdered sugar with functional plant powder up to 10 % has an insignificant effect on the main quality indicators and parameters of the technological process. The content of functional components more than 20 % worsens the taste and significantly increases the viscosity of chocolate masses. Samples of chocolate masses with vegetable powders had a higher moisture content than the control sample and a slight fat bloom began to appear after 60 days.

Keywords: chocolate mass; plant powder; functional additive; viscosity; shelf life.

ВИБІР ФУНКЦІОНАЛЬНИХ КОМПОНЕНТІВ З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ЇХ В РЕЦЕПТУРАХ ШОКОЛАДНИХ МАС

Марія. Л. Земелько¹, Світлана І. Бухкало²¹ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», просп. Гагаріна, 8, Дніпро, 49000, Україна²Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Курпичова, 2, Харків, 61002, Україна

Анотація

У роботі досліджено вплив функціональних компонентів із рослинної сировини на властивості шоколадних мас. У кондитерській промисловості розширення асортименту продуктами функціонального призначення є актуальним напрямком розвитку. Окрім основних споживчих показників якості шоколадних мас, серед яких – органолептична оцінка та зовнішній вигляд, – було досліджено і технологічні – в'язкість, гранулометричний склад і термін зберігання. Обрані рослинні порошки мають фітоестрогенні, антиоксидантні та пребіотичні властивості, а також можуть частково замінити цукрову пудру в рецептурі шоколадної маси, знижуючи калорійність готового продукту і збільшують його біологічну цінність. Проведені дослідження показали, що доцільно замінити до 10 % цукрової пудри функціональним рослинним порошком без суттєвого впливу на основні показники якості і параметри технологічного процесу. Вміст функціональних компонентів більше 20 % погіршують смак та значно збільшує в'язкість шоколадних мас. Зразки шоколадних мас з рослинними порошками мали більшу вологість, ніж контрольний зразок, та незначне «посивіння» почало з'являтися через 60 днів.

Ключові слова: шоколадна маса; рослинний порошок; функціональна добавка; в'язкість; термін зберігання.

*Corresponding author: e-mail: kushnir2609@gmail.com

© 2023 Oles Honchar Dnipro National University;

doi: 10.15421/jchemtech.v31i3.284837

Вступ

У сучасному житті зберігається тенденція до здорового харчування, яка передбачає використання у складі харчових продуктів натуральних компонентів.

У сучасних технологіях виробництва жировмісних продуктів все частіше задовольняють потребу населення у біологічно повноцінних харчових продуктах та застосовують певні критерії функціональності, відповідно до яких знижують калорійність харчових систем та збагачують їх мікронутрієнтами. Джерелом макро- і мікронутрієнтів для організму людини є рослинна сировина. Додаткові інгредієнти рослинного походження в рецептурах збагачують продукти комплексами біологічно повноцінних компонентів.

Дуже перспективним напрямком у виготовленні функціональних харчових продуктів є використання вторинних рослинних ресурсів, оскільки вони мають в своєму складі цінні макро- і мікронутрієнти [1]. Також з урахуванням економічних умов кондитерської галузі важливим є здешевлення продукції, що можливе за рахунок використання вторинної рослинної сировини, наприклад, відходів основного виробництва винних, консервних та переробних плодово-овочевих заводів. Тому в якості альтернативних джерел цукру обрано фруктово-овочеві порошки, які можна отримувати із вторинних ресурсів переробки цих фруктів та овочів, наприклад, у процесі виготовлення пюре.

Характеристика об'єктів та мети дослідження. Об'єкт дослідження – шоколадна маса, яка у своєму складі має функціональні компоненти з рослинної сировини.

Метою даного дослідження визначення та аналіз складових вибору функціональних компонентів рецептур шоколадних мас з підвищеною біологічною цінністю.

Відповідно до поставленої мети досліджень сформульовано такі завдання:

- комплексний аналіз існуючих функціональних компонентів в рецептурах шоколадних мас;
- дослідження можливості повної або часткової заміни цукру рослинними порошками з груші, гарбуза, апельсину та цукрового буряка;
- визначення впливу обраних функціональних добавок на органолептичні

показники, в'язкість, температуру плавлення, температуру застигання та терміну зберігання шоколадної маси.

Методи дослідження

Визначали основні показники якості, органолептичні властивості, хімічний склад сировини і готових виробів згідно із загальноприйнятими і спеціальними методиками; традиційні методи планування експерименту та математичного моделювання з використанням сучасних комп'ютерних програм.

Наведено стисло характеристику функціональних компонентів з рослинної сировини за загальною класифікацією-ідентифікацією. Фруктово-овочеві порошки, які використані в дослідженнях, доступні у торговельних мережах і виготовлені згідно ТУ У 10.8-3203708068-003:2020, ТУ У 10.3-3203708068-002:2017.

Грушевий порошок виконує фітоекстрагенні функції. Фітоекстрагени знижують рівень холестеролу в крові, поліпшують системний артеріальний тонус. Грушевий порошок було обрано в першу чергу за велику кількість фруктози, що підходить для людей з цукровим діабетом, бо фруктоза є дієтичним моносахаридом, що бере участь в обмінних процесах на ряду з глюкозою.

Гарбузовий та апельсиновий порошки виконують антиоксидантні функції. Антиоксиданти блокують процес канцерогенезу, ранні стадії атерогенезу, запобігають утворенню атером. Захищають ліпидовмісні ділянки клітинних оболонок, знижують окиснення поліненасичених жирних кислот. Гарбузовий порошок, окрім високого вмісту цукрів, містить багато харчових волокон, що позитивно впливає на шлунково-кишковий тракт, сприяє засвоєнню їжі, виконує антитоксичну та гепатопротекторну дію.

Буряковий порошок виконує пребіотичні функції. Стимулює активність лімфоїдних тканин кишечника, скорочує тривалість інфекційних захворювань, викликаних ротавірусами. Сприяє розвитку біфідо- та лактобактерій. Поліпшує біодоступність кальцію завдяки всмоктуванню в товстому кишечнику. Знижує рН товстого кишечника.

Доцільно порівняти склад фруктово-овочевих порошків зі складом цукрової пудри.

У таблиці 1 наведено порівняльну характеристику властивостей фруктово-овочевих порошків [6; 7] та цукрової пудри: 1

– грушевий порошок 2 – гарбузовий порошок, порошок, 5 – цукрова пудра).
3 – буряковий порошок, 4 – апельсиновий

Table 1

Comparative characteristics of fruit and vegetable powders and powdered sugar

Таблиця 1

Порівняльна характеристика фруктово-овочевих порошоків та цукрової пудри

Indicator	1	2	3	4	5
Protein, %	4.48	11.36	1.5	1.5	0
Fat, %	0.12	0.3	0.1	0.3	0
Potassium, mg	155	204	288	197	3
Calcium, mg	19	25	37	50	3
Magnesium, mg	12	14	210	13	0
Phosphorus, mg	12	26	23	23	0
Vitamin B ₁ , mg	0.1	0.05	0.57	0.04	0
Vitamin B ₂ , mg	0.3	0.06	0.22	0.03	0
Vitamin C, mg	12	8	10	60	0
Nicotinic acid, mg	3	0.7	0.2	0.3	0
Energy value, kcal per 100 g	201	41	304	315	398

Макронутрієнтний склад фруктово-овочевих порошоків наведено в таблиці 2.

Table 2

Macronutrient composition of fruit and vegetable powders

Таблиця 2

Макронутрієнтний склад фруктово-овочевих порошоків

Indicator	1	2	3	4
Sugar, %	46.2	34.00	59.6	58.4
Food fibers, %	6.1	6.89	2.5	0.5

Фруктово-овочеві порошки мають нижчу калорійність у порівнянні з цукровою пудрою, містять вітаміни та білки, тобто за біологічною цінністю вони кращі за цукрову пудру [2; 3].

Експериментальна частина

Задачами дослідження стала розробка рецептури шоколадної маси з рослинними функціональними компонентами, дослідження їх основних показників якості та оптимізація технологічних режимів виробництва шоколадних мас з рослинними

функціональними компонентами. Аналіз структури обраних функціональних порошоків проводили мікроскопічними дослідженнями.

Мікроструктурний аналіз компонентів і зразків шоколадної маси проведено за допомогою мікроскопу XSP-137 ULAB за збільшення 4X та 10X.

На рисунку 1 наведено зовнішній вигляд порошоків, що використовувались в дослідженні та їх структура (а – загальний вигляд, б – збільшення у 4X, в – збільшення у 10X).

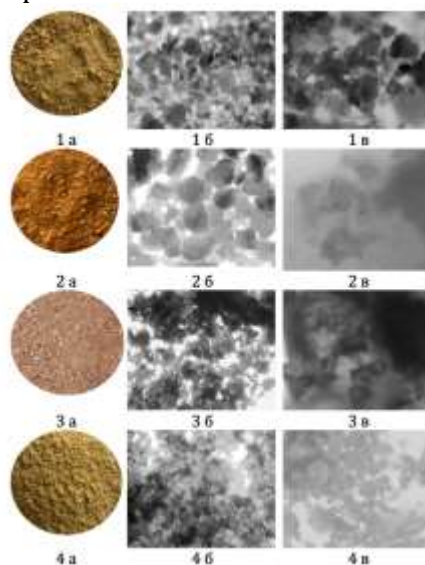


Fig. 1. Microstructural analysis of functional components from plant raw materials
Рис. 1. Мікроструктурний аналіз функціональних компонентів з рослинної сировини

У результаті мікроструктурного аналізу встановлено, що всі зразки порошків мають однорідну структуру. Візуально та за геометричними розмірами частинки схожі між собою. Також більш помітне злипання у грушевого та гарбузового порошків. Імовірно, така структура частинок несуттєво вплине на процес перетирання та крупність помелу шоколадної маси.

Невідомо, як додавання рослинних порошків впливатиме на мікробіологічну стабільність готових виробів. Разом з ними до шоколадної маси можуть потрапити деякі

мікроорганізми і невідомо як вони будуть взаємодіяти між собою під час зберігання. Найбільшу загрозу для здоров'я людини становить патогенна мікрофлора, яка робить продукт непридатним для споживання [12]. Тому актуальним є дослідження мікробіологічної безпечності шоколадних мас з функціональними компонентами та зміни показників якості під час зберігання.

Також для обраних функціональних компонентів з рослинної сировини було визначено основні показники якості, які наведені в таблиці 3.

Table 3

Quality indicators of fruit and vegetable powders

Таблиця 3

Показники якості фруктових-овочевих порошків

Indicator	1	2	3	4
W, %	6.0	5.8	6.1	5.0
pH	4.4	6.0	6.5	4.0
Total microbial count, CFU/g	$2.6 \cdot 10^2$	$1.7 \cdot 10^2$	$1.4 \cdot 10^2$	$1.0 \cdot 10^2$
Mold, CFU/g	0	0	0	0
Particle size, μm	239.06	254.54	202.36	160.71

У шоколадних масах сировина представлена у вигляді порошку, являє собою дисперсну фазу, а отже вона має бути рівномірно розподіленою в дисперсійному середовищі – какао-маслі. Дрібні тверді часточки прагнуть коагулювати між собою, а тому гранулометричний склад і розмір впливає на в'язкість. Окрім того, гранулометричний розмір має великий вплив на споживчі властивості, а саме на смак [4].

Часточки з розміром більше 75 мкм впливають на технологічність процесу виробництва шоколадних мас, а саме на тривалість обробки рецептурної суміші в подрібнюючих установках, що, в свою чергу, знижує продуктивність технологічної лінії. Також необхідно уникнути значних кількостей частинок розміром менше 30 мкм через збільшення необхідної кількості жирової фази внаслідок зростання площі поверхні твердих частинок.

Враховуючи гранулометричний склад функціональних порошків, з метою збереження технологічності процесу, доцільно замінювати не більше 20 % цукрової пудри.

Вибір моделей регулювання в'язкості шоколадних мас з функціональними компонентами та харчовими-добавками-емульгаторами з жирової сировини. До важливих реологічних показників якості шоколаду відноситься його в'язкість. Саме вона визначає зовнішній вигляд шоколадних

виробів та їх поведінку в процесі охолодження [4].

Дисперсність часточок рослинних інгредієнтів впливає на однорідність консистенції шоколадної маси.

Під час аналізу попередніх досліджень було визначено, що повна заміна цукру порошками є недоцільною. Визначення динамічної в'язкості композицій проводили на віскозиметрі Брукфільда. Метод працює за ротаційним принципом, суть якого – реєстрація моменту опору обертанню внутрішнього циліндра з досліджуванним зразком за різних швидкостей зсуву. Спочатку досліджуваний зразок вносять у чашу віскозиметра і піддають плавленню за температури 50 °C в умовах періодичного перемішування. Потім в чашу занурюють шпindel під кутом до поверхні віскозиметра 45 °C. Цей шпindel вертикально закріплюють на осі апарату. За встановлення необхідної температури встановлюють необхідну швидкість обертання і вмикають двигун. Відповідно до рекомендацій виробника, вимірювання продовжують до встановлення постійного значення, після чого зупиняють двигун і знімають показання. Після попереднього вимірювання проводиться вимірювання зразків з різним вмістом функціональних компонентів за температури 50 °C і швидкості 30 с⁻¹. Згідно з отриманими вимірюваннями розроблено графік залежності в'язкості шоколаду від вмісту функціональної добавки (точність

вимірювання $\pm 2\%$). Залежність в'язкості від функціональний компонент наведена на заміни частини цукрової пудри на рисунках 2–4.

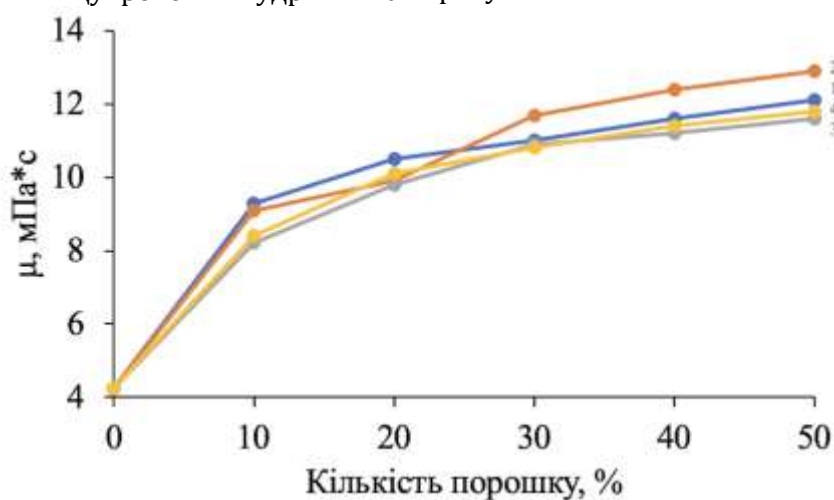


Fig. 2. Dependence of the viscosity of black chocolate mass on the content of functional powder
Рис. 2. Залежність в'язкості чорної шоколадної маси від вмісту функціонального порошку

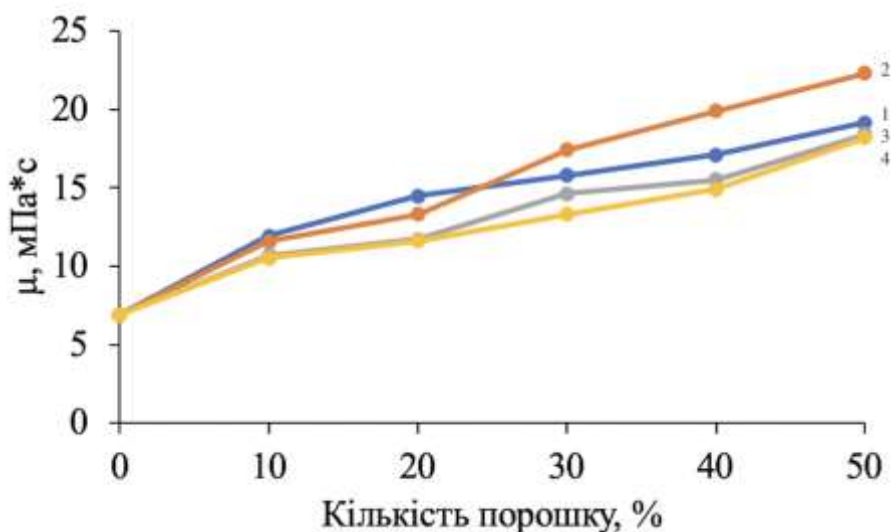


Fig. 3. Dependence of the viscosity of milk chocolate mass on the content of functional powder
Рис. 3. Залежність в'язкості молочної шоколадної маси від вмісту функціонального порошку

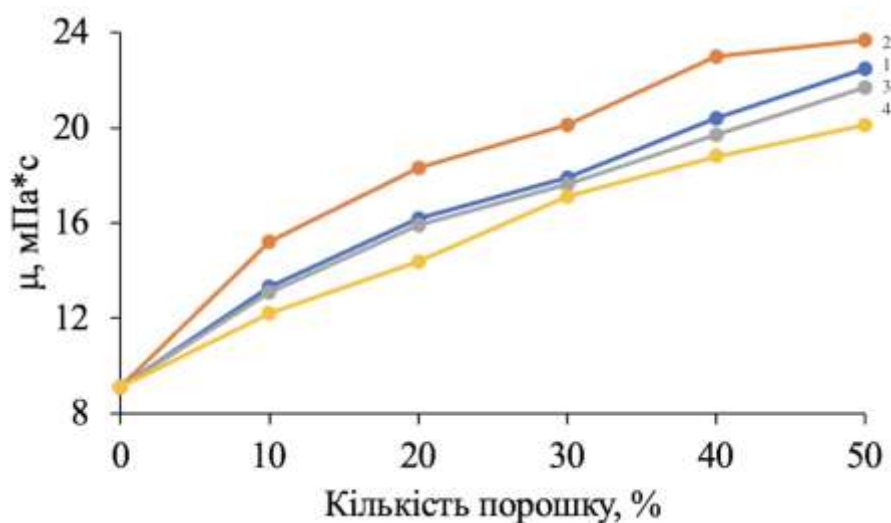


Fig. 4. Dependence of the viscosity of white chocolate mass on the content of functional powder
Рис. 4. Залежність в'язкості білої шоколадної маси від вмісту функціонального порошку

Відповідно до отриманих результатів можна зробити висновок, що додавання функціональних компонентів до шоколадних мас підвищує її в'язкість. Це пояснюється тим, що дані компоненти мають високу водо- та жируотримувальну здатність у порівнянні з цукровою пудрою.

На основі результатів дослідження в'язкості зразків шоколадних мас визначено, що повна заміна цукрової пудри функціональними порошками у кількості, більшою за 10 %, є недоцільною, бо

призводить до значного підвищення показника в'язкості, а це є небажаним ускладнення процесу виготовлення шоколадної маси. Заплановано подальший аналіз математичних залежностей за отриманими функціями з урахуванням усіх експериментальних властивостей досліджуваних мас з функціональними компонентами.

Для отриманої чорної шоколадної маси встановлені основні фізико-хімічні показники якості, які наведені в таблиці 4.

Table 4

Physico-chemical indicators of chocolate mass

Таблиця 4

Фізико-хімічні показники шоколадної маси	
Indicator	Value
Particle size:	
The degree of grinding is not less than, %	92
or	
The average maximum particle size, not more than, μm	30
Ash insoluble in hydrochloric acid, not more than, %	0.1
Melting point, $^{\circ}\text{C}$	32–34
Pour point, $^{\circ}\text{C}$	28.5

У досліджуваних зразках шоколаду з використанням функціональних рослинних порошоків, із збільшенням їх вмісту температура плавлення зменшується. За додавання порошоків у кількості від 10 до 20 %, температура плавлення не знизилась або знизилась на 0.1–0.2 $^{\circ}\text{C}$, що не чинить значного впливу на якість отриманого продукту. Вплив рослинних порошоків на температуру плавлення в бік її зменшення можна пояснити тим, що їх вуглеводневий склад представлений переважно фруктозою, яка має температуру плавлення нижче за сахарозу [5].

Для оцінки впливу функціональних компонентів на органолептичні показники,

такі як зовнішній вигляд, смак і запах, було обрано методи сенсорної оцінки. Проводилась сліпа дегустація в результаті якої досліджувані зразки з різним співвідношенням цукрової пудри і функціонального компонента (від 0 до 50 % заміни цукрової пудри на функціональний порошок) зразки було оцінено за 5-бальною шкалою, де: 5 – відмінно; 4 – добре; 3 – задовільно; 2 – ледь задовільно; 1 – незадовільно. Результати органолептичної аналізу наведені на рисунку 5 (Органолептична оцінка шоколадних мас з функціональними компонентами).

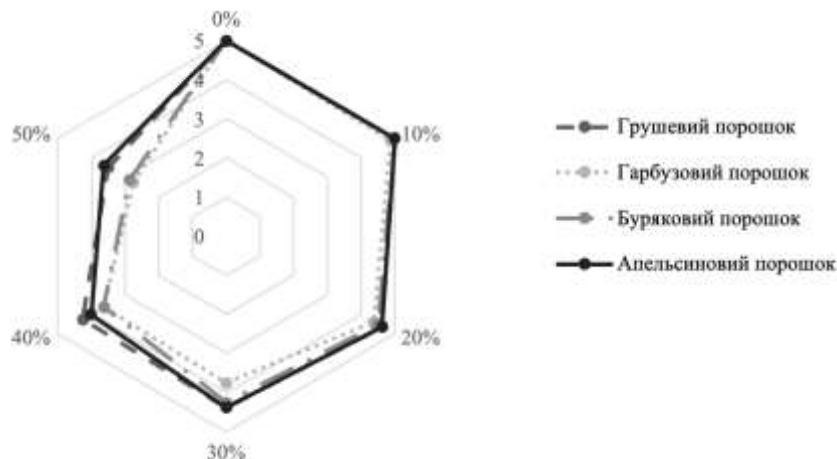


Fig. 5. Organoleptic parameters of chocolate masses with functional components

Рис. 5. Органолептична оцінка шоколадних мас з функціональними компонентами

За отриманими результатами можна зробити висновок, що обрані для дослідження функціональні компоненти мають найбільший вплив на смак, що є одним з найголовніших критеріїв для споживача. Функціональні порошки значно погіршують смак на разі їх додаванні у кількості більше 20 % від маси цукрової пудри: з'являється відчуття борошнистих вкраплень. Порошки гарбузу, груші та апельсину змінюють запах готового виробу, з'являється приємний аромат відповідного порошку. Додавання цукрового буряка майже не впливає на запах готової шоколадної маси.

Отже, повна заміна цукрової пудри функціональним порошком небажана. Є доцільною часткова заміна цукрової пудри, не більше 10 % функціонального порошку від маси цукрової пудри.

Електронна мікроскопія використовувалася для дослідження впливу доданих рослинних порошоків на форму поверхні чорної шоколадної маси. Аналіз мікроструктури шоколадної маси з рослинними порошками виявив розподіл частинок за допомогою збільшення 4X та 10X.

Поверхня шоколадних мас стала шорсткою, з неоднорідною структурою та помітними кристалами функціональних компонентів, які мали неправильну форму та розміри, додані рослинні порошки також можна побачити разом із тертим какао.

На рисунку 6 наведена мікроструктура шоколадних мас з функціональними рослинними порошками, які використовувались у дослідженні (а – збільшення 4X, б – збільшення 10X)

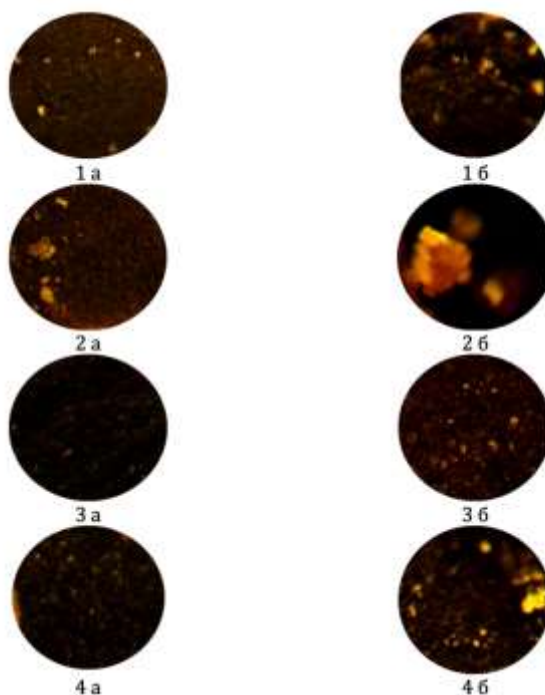


Fig. 6. Microstructural analysis of chocolate masses with functional plant powders

Рис. 6. Мікроструктурний аналіз шоколадних мас з функціональними рослинними порошками

Шоколадна маса з рослинними порошками має вищу вологість і може викликати більш аморфне утворення цукру під час виробництва. На поверхні шоколадних мас з функціональними компонентами частково виявлені виступи та порожнини. Дрібні частинки рослинних порошоків прилипають до більших, а також до частинок какао тертого та цукру.

Дослідження змін властивостей шоколадних маси з функціональними компонентами під час зберігання. Для отриманих зразків чорної шоколадної маси з функціональними порошками було

досліджено зміну вологості під час зберігання. Збільшення терміну зберігання із збереженням якості шоколадних мас є актуальним і важливим.

На рисунку 7 наведений графік зміни вологості чорної шоколадної маси з функціональними рослинними порошками за зберігання.

Вологість контрольного зразка склала 0.5 %, а дослідних зразків – від 0.6 до 0.65 % за рахунок введених функціональних компонентів. Зберігали зразки за температури 18 ± 2 °C протягом 120 діб. Зразки з

функціональними компонентами активніше втрачали вологу, ніж контрольний зразок протягом 50 діб, далі було помірне зменшення вологи до значень близько 0.5 %.

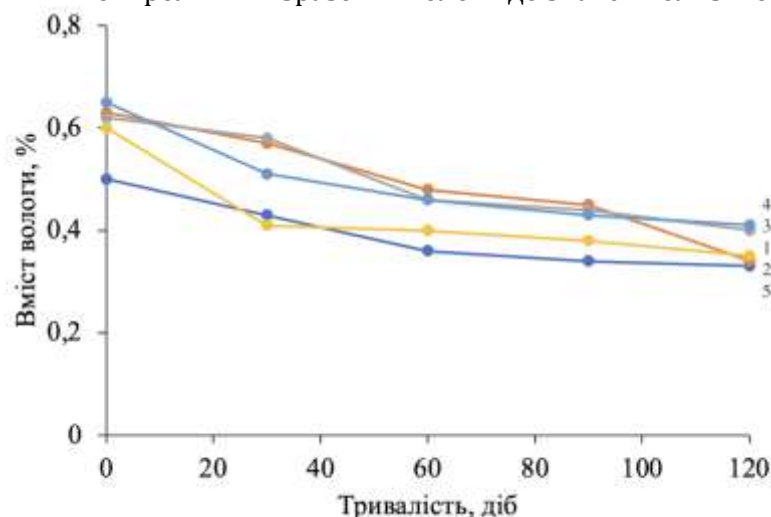


Fig. 7. Dependence of changes in the moisture content of dark chocolate mass with functional plant powders (1 – pear powder, 2 – pumpkin powder, 3 – beetroot powder, 4 – orange powder, 5 – powdered sugar)

Рис. 7. Залежність зміни вологості чорної шоколадної маси з функціональними рослинними порошками (1 – грушевий порошок, 2 – гарбузовий порошок, 3 – буряковий порошок, 4 – апельсиновий порошок, 5 – цукрова пудра)

На зразках незначне «посивіння» почало з'являтися через 60 діб. Маса із апельсиновим та гарбузовим порошками мали кращі мікробіологічні показники та довший термін зберігання за рахунок антиоксидантних властивостей доданих порошків. Маса із буряковим порошком мала менший вміст вологи, що також значно сповільнює розвиток мікроорганізмів і сприяє збільшенню терміну зберігання готової шоколадної маси.

Апаратурно-технологічна схема виробництва шоколадної маси з функціональними компонентами. На рисунку 8 представлена апаратурно-технологічна схема виробництва чорної шоколадної маси за рецептурою з функціональними компонентами (грушевий порошок, гарбузовий порошок, буряковий порошок, апельсиновий порошок).

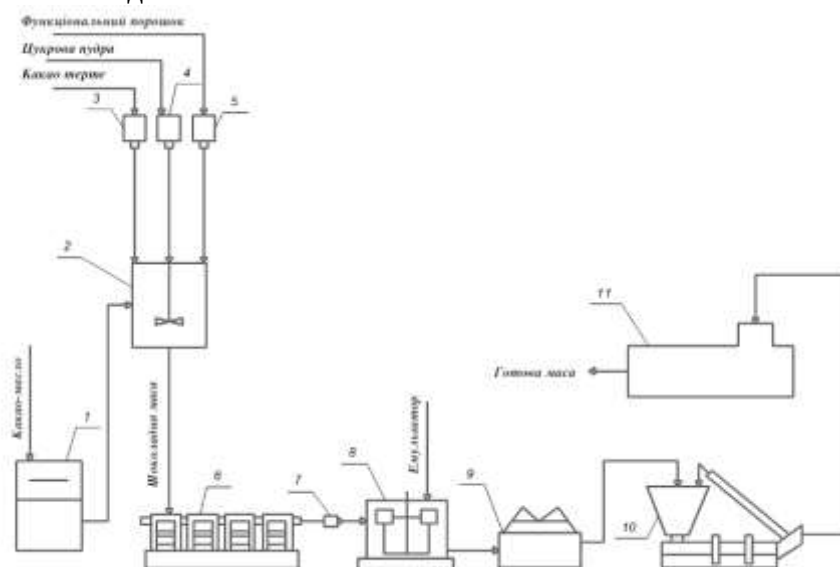


Fig. 8. Hardware-technological scheme of production of chocolate mass according to the recipe with functional components (1 – fat melter; 2 – mixer; 3, 4, 5, 7 – dispenser; 6 – five-roll mill; 8 – machine for diluting chocolate mass; 9 – conching machine; 10 – tempering machine; 11 – forming machine)

Рис. 8. Апаратурно-технологічна схема виробництва шоколадної маси за рецептурою з функціональними компонентами (1 – розтоплювач жиру; 2 – змішувач; 3, 4, 5, 7 – дозатор; 6 – п'ятивалковий млин; 8 – машина для розведення шоколадної маси; 9 – коншувальна машина; 10 – темперувальна машина; 11 – формувальний автомат)

Для шоколадної маси запропоновано апаратурно-технологічну схему, яка розроблена авторами, в основу якої покладена реальна схема даного процесу. Какао масло з розтоплювача жиру 1 насосом направляється в змішувач 2. В цей час какао терте, а також такі сухі компоненти як цукрова пудра та грушевий порошок подаються дозаторами 3, 4, 5 відповідно в цей же змішувач. Отримана шоколадна маса направляється на подрібнення на п'ятивалковий млин 6, ступінь подрібнення після вальцювання становить 90 %. Мета вальцювання – переведення твердої фази перетиранням та розчавлюванням до частинок необхідного розміру.

Подрібнена шоколадна маса дозатором 7 направляється на розведення в спеціальну машину 8, де вона нагрівається до температури 40–45 °С та розводиться какао маслом. У цей же час додають лецитин. Процес перемішування відбувається 15–20 хв.

Отриману шоколадну масу направляють на гомогенізацію в коншувальній машині 9, механічна і термічна обробка проводиться при температурі 55–70 °С протягом 24 год.

Після обробки шоколадна маса направляється на темперування в спеціальну машину 10, де шоколад охолоджують до температури 32 °С, і подають на формувальний автомат 11, де відбувається відливання і охолодження шоколаду.

Висновки

У роботі досліджено інноваційні функціональні можливості вибору складових рецептур часткової заміни цукру шоколадних мас рослинними порошками з груші, гарбуза, апельсину та цукрового буряка.

Обрані функціональні рослинні порошки мають комплексний вплив на органолептичні та реологічні показники шоколадних, надаючи відповідного аромату і смаку та збільшують в'язкість шоколадних мас.

Визначено вплив функціональних рослинних порошоків на технологічні параметри шоколадних мас та характеристики готових продуктів.

Запропоновано апаратурно-технологічну схему виробництва чорної шоколадної маси з додаванням компонентів функціональної направленості та проаналізовано їх вплив на терміни зберігання.

References

- [1] Arentz, H. M. (2018). *Lowering sugars in dark chocolate through alternative sweeteners* (Master Disertation). <https://krex.k-state.edu/handle/2097/38845>
- [2] Popovici, V., Radu, O., Boaghe, E., Capcanari, T., Popovici, C. (2019). Physico-chemical and sensory properties of functional confectionery products with Rosa Canina powder. *Ukrainian Food Journal*, 8(4), 815-827. <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2019-8-4-12>
- [3] Bagautdinov, I., Gusev, A., Nigmatzyanov, A., Chernenkov, E., & Kaluzhina, O. (2023). Development of Confectionery Products with Functional Properties Using Non-Traditional Plant Raw Materials. *Journal of Culinary Science & Technology*, 1-20. <https://doi.org/10.1080/15428052.2023.2191878>
- [4] Juliani, J., & Irmayati, I. (2022). Chemical Characteristics of Low-Calories Hard Candy Contains Trigona's Honey and Patchouli Oil as Functional Confectionery. In *Proceedings of International Conference on Multidisciplinary Research* 5(1), 163-169. <https://doi.org/10.32672/pic-mr.v5i1.5268>
- [5] Bas-Bellver, C., Barrera, C., Betoret, N., & Seguí, L. (2020). Turning agri-food cooperative vegetable residues into functional powdered ingredients for the food industry. *Sustainability*, 12(4), 1284. <https://doi.org/10.3390/su12041284>
- [6] Pop, C., Suharoschi, R., & Pop, O. L. (2021). Dietary fiber and prebiotic compounds in fruits and vegetables food waste. *Sustainability*, 13(13), 7219. <https://doi.org/10.3390/su13137219>
- [7] Hussain, A., Kausar, T., Din, A., Murtaza, A., Jamil, M. A., Noreen, S., & Iqbal, M. A. (2021). Antioxidant and antimicrobial properties of pumpkin (Cucurbita maxima) peel, flesh and seeds powders. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 11(6), 42-51.
- [8] Trigo, J. P., Alexandre, E. M., Saraiva, J. A., & Pintado, M. E. (2022). High value-added compounds from fruit and vegetable by-products—Characterization, bioactivities, and application in the development of novel food products. *Critical reviews in food science and nutrition*, 60(8), 1388-1416. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1572588>
- [9] Bukhhalo S. I., Zemeljko M. L., Ighlin S. P. (2021). Doslidzhennja vplyvu skladovykh receptury shokoladnykh ghlazurej na jikh reologichni kharakterystyky. *Visnyk NTU «KhPI»*, 2(1362), 56 - 62. <https://doi.org/10.20998/2220-4784.2021.02.09>
- [10] Bukhhalo S. I., Zemeljko M. L. (2022). Doslidzhennja kompleksnogho vplyvu skladovykh shokoladnoji masy na jiji vlastivosti ta konkurentospromozhnistj dlja riznovydiv ghaluzej. *Visnyk NTU «KhPI»*, 2(1364), 54-64. <https://doi.org/10.20998/2220-4784.2022.02.08>
- [11] Zemelko, M. L., Bukhhalo, S. I. (2023). Kompleksne doslidzhennja modelej vplyvu struktury komponentiv na riznovydy shokoladnykh ghlazurej. *Journal of Chemistry and Technologies*, 31(1), 104-113. <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v31i1.273572>
- [12] Ghorodysjka, O. V. (2019). [Tekhnologhija kondytersjkoji ghlazuri z vykorystannjam produktiv pererobky vynoghradnogho zhmykhu] (Unpublished doctoral dissertation). Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Kharkiv, Ukraine (in Ukrainian).
- [13] Rudavsjka, Gh. B., Shapovalova, N. P. (2011). [Bezpechnistj novykh pastyljnykh vyrobiv ozdorovchogho sprjamuvannja]. *Obladnannja ta tekhnologhiji kharchovykh vyrobnyctv: tematychnyj zbirnyk naukovykh pracj - Donetsk National University*

- of Economics and Trade named after M. Tugan-Baranovsky*, (27), 29-35 (in Ukrainian).
- [14] Bukhhalo S. I., Zemeljko M. L. (2021). Doslidzhennja vplyvu dejakych tekhnologichnykh parametriv na reologichni kharakterystyky shokoladnykh ghlazurej. *Visnyk NTU «KhPI»*, 1 (1361), 62 – 70 (in Ukrainian).
- [15] Bukhhalo, S. I., Tovazhnjanskyj, L. L., Denysova, A. Je., Demidov, I. M., Kapustenko, P. O., Arsenijeva, O. P., Bilous O. V., Oljkhovsijka, O. I. (2016). *Zaghaljna tekhnologhija kharchovoji promyslovosti u prykladakh i zadachakh (Innovacijni pryklady)*. Kyjiv, Ukraine: Centr navchaljnoji literatury (in Ukrainian).
- [16] Bukhhalo S.I. (2014). *Zaghaljna tekhnologhija kharchovoji promyslovosti u prykladakh i zadachakh (innovacijni zakhody)*. Kyjiv, Ukraine: Centr navchaljnoji literatury (in Ukrainian).
- [17] Wang, Y. (2009). Prebiotics: Present and future in food science and technology. *Food Research International*, 42 (1), 8–12.
- [18] Pirouzian, H. R., Peighambardoust, S. H., & Azadmard-Damirchi, S. (2017). Rheological properties of sugarfree milk chocolate: Comparative study and optimisation. *Czech Journal of Food Sciences*, 35(5), 440-448. <https://doi.org/10.17221/231/2016-CJFS>
- [19] Lobacheva I. (2018) [Analiz rynku shokoladnykh vyrobiv v Ukraini. Infrastruktura rynku]. *Bukhghaltersijkyj oblik, analiz ta audyt*, 25(1), 847–852.
- [20] Linovskaya, N. V., Mazukabzova, E. V., Kondratyev, N. B., Krylova, E. N. (2019). The study of the technological adequacy of raw materials used in the production of chocolate semi-finished product. *Vestnik of MSTU*, 22(3), 404-412. <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2019-22-3-404-412>
- [21] Snjezhkin, Ju. F., Petrova, Zh. O. (2010). [Kharchovi poroshky z roslynnoji syrovyny. Klasyfikacija, metody otrymannja, analiz rynku]. *Biotechnology*, 3(5), 43-49 (in Ukrainian).
- [22] Oshhypok, I. M. (2015). [Vykorystannja novykh kharchovykh dobavok z roslynnoji syrovyny u kharchovij promyslovosti]. *Herald of Lviv University of Trade and Economics. Technical sciences*. (15), 77-81.
- [23] Snjezhkin, Ju. F., Petrova, Zh. O., Ghetmanjuk, K. M., Samojlenko, O. P. (2010). [Dejaki tekhnologichni kharakterystyky funkcionaljnykh poroshkiv]. *Scientific Worksu – Odessa National Academy of Food Technologies*, 38(2), 152-156.
- [24] Zemelko, M., Mank, V., & Chervakov, O. (2016). Influence of chocolate frosts on their qualities and usage in food industry. *Ukrainian food journal*, 5(1), 80-87.
- [25] Homayouni Rad, A., Rasouli Pirouzian, H. (2021). Optimization of prebiotic sucrose-free milk chocolate formulation by mixture design. *Journal of Food Science and Technology*, 58(1), 244-254. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04536-w>