

IMPROVEMENT OF THE MANUFACTURING METHOD OF FUNCTIONAL SEMI-FINISHED PRODUCT AND CUPCAKES BASED ON IT

O. Zagorulko, A. Zahorulko, V. Mykhaylov, K. Kasabova
State Biotechnological University

Key words:

Cupcake
Plant-based supplement
Dried beet pomace
Effective viscosity
Physiologically functional ingredients

Article history:

Received 13.10.2023
Received in revised form
27.10.2023
Accepted 08.11.2023

Corresponding author:

O. Zagorulko
E-mail:
zagorulko.andrey.nikolae
vich@gmail.com

Citation: О. Є. Загорулько, А. М. Загорулько, В. М. Михайлов, К. Р. Касабова (2023). Удосконалення способу виготовлення функціонального напівфабрикату і кексів на його основі. *Наукові праці НУХТ*, 29(5), 111—121.
DOI: 10.24263/2225-2924-2023-29-5-11

ABSTRACT

The object of the research is de-sugared beet pomace, which contains a large amount of dietary fiber in its composition, and the technology of cupcakes with its addition. The task of enriching cupcakes with useful substances (dietary fibers, low molecular weight phenolic compounds, minerals) was done. A production method of dried powdered beet pomace was substantiated, which is characterized by low-temperature concentration modes in the rotary evaporator and post-drying in the roller IR dryer, which could contribute to the preservation of physiologically functional ingredients. The rheological characteristics of concentrated beet pomace in the rotary evaporator in the temperature range of 65—75 °C were determined. The established indicators revealed a tendency to reduce the effective viscosity in the range of 42 to 27 Pa·s depending on the temperature. For the speed of the rotary evaporator agitator of 200—300 min⁻¹, the maximum level of effective viscosity of beet pomace of 3—5 Pa·s was established.

Studies of the rheological characteristics of the dough with the introduction of dried beet pomace made it possible to establish an increase in its elastic-viscous properties with an increase in the amount of additive. The highest indicator of effective viscosity η_{ef} (Pa·s) of the studied dough samples for cupcakes with the addition of an additive in the amount 10% was 347 Pa·s; 15% — 384 Pa·s; 20% — 442 Pa·s; and control — 287 Pa·s, respectively. The compression of the crumb of finished cupcakes was also determined, which increased by 10.2—22.4% with an increase in the amount of beet pomace powder. The sensory and physical-chemical indicators of the quality of cupcakes revealed the optimal amount of application of dried beet pomace — 15%. The selected sample contains physiologically functional ingredients, namely dietary fiber, low molecular weight phenolic compounds, minerals. The technology can be introduced into the confectionery industry

УДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБУ ВИГОТОВЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО НАПІВФАБРИКАТУ І КЕКСІВ НА ЙОГО ОСНОВІ

О. Є. Загорулько, А. М. Загорулько, В. М. Михайлов, К. Р. Касабова

Державний біотехнологічний університет

Об'єктом є знецукрюванні бурякові вичавки, які вміщують у своєму складі велику кількість харчових волокон, а також технологія кексів з їх додаванням. Вирішується проблема збагачення кексів корисними речовинами (харчові волокна, низькомолекулярні фенольні сполуки, мінеральні речовини). Обґрунтовано спосіб виробництва сушених порошкоподібних бурякових вичавків, який відрізняється низькотемпературними режимами концентрування в роторному випарнику та досушування у вальцовій ПЧ-сушарці відповідно, що сприятиме збереженню фізіологічно функціональних інгредієнтів. Визначено реологічні характеристики концентрованих бурякових вичавків у роторному випарнику в діапазоні температур 65—75 °С. Встановлені показники дали змогу виявити тенденцію до зменшення ефективної в'язкості залежно від температури в діапазоні від 42 до 27 Па·с. Для обертів мішалки 200—300 хв⁻¹ роторного випарника встановлено максимальний рівень ефективної в'язкості бурякових вичавків 3—5 Па·с.

Проведені дослідження реологічних характеристик тіста з внесенням сушених бурякових вичавків дали змогу встановити наростання його пружно-в'язких властивостей зі збільшенням кількості добавки. Найбільший показник ефективної в'язкості η_{ef} (Па·с) досліджених зразків тіста для кексів з додаванням добавки 10% — 347; 15% — 384; 20% — 442 і контролю — 287 відповідно. Також визначено стискуваність м'якушки готових кексів, яка збільшується на 10,2—22,4% після підвищення кількості порошку бурякових вичавків. Органолептичні та фізико-хімічні показники якості кексів виявили оптимальну кількість внесення сушених бурякових вичавків — 15%. Обраний зразок містить фізіологічно функціональні інгредієнти, зокрема харчові волокна, низькомолекулярні фенольні сполуки, мінеральні речовини. Технологія може бути впроваджена в кондитерську промисловість

Ключові слова: кекс, рослинна добавка, сушені бурякові вичавки, ефективна в'язкість, фізіологічно функціональні інгредієнти.

Постановка проблеми. Здорове харчування є невід'ємною складовою раціонального харчування в умовах погіршення екологічного становища багатьох європейських країн, пандемій тощо, що спричиняє загострення хронічних захворювань і різноманітні ускладнення імунного характеру (Bucher, Horst, & Siegrist, 2013). Впровадження у виробництво вдосконалених інноваційних технологій виробництва екологічно-чистих продуктів харчування, збагачених функціонально фізіологічними інгредієнтами (ФФІ), можливе завдяки якісній реалізації раціональної переробки органічної рослинної сировини. Конкуレントоспроможне виробництво продуктів харчування зі значним вмістом ФФІ розширить асортимент

оздоровчої та лікувально-профілактичної продукції широкого спектра використання з набутими оригінальними органолептичними властивостями, формуючи при повсякденному раціоні стабілізацію імунної складової споживачів (Рар та ін., 2021). Введення в раціон харчування функціонально фізіологічних інгредієнтів на основі органічної сировини, у тому числі з високим вмістом харчових волокон, дасть змогу знизити ризик виникнення ряду захворювань, зокрема серцево-судинних та інших хвороб (Galanakis, Rizou, Aldawoud, Ucak, & Rowan. 2021).

Ресурсоефективна переробка органічної рослинної сировини базується на мінімізації рівня відходів сировини на технологічних стадіях, зокрема використання вичавків, насіння тощо зі значним вмістом ФФІ. Використання органічних природних ФФІ в багатьох рецептурах продуктів харчування дає змогу значною мірою знизити вміст основної сировини, що забезпечить якісні властивості отримуваних виробів і розширить їх асортимент (Munekata та ін., 2021). Отже, розробка способу виробництва кексу, збагаченого фізіологічно функціональними інгредієнтами на основі сушених бурякових вичавків, отриманих в умовах раціональної низькотемпературної обробки, є актуальною і своєчасною. Розроблена продукція підвищеної харчової та біологічної цінності може бути рекомендована для масового споживання, оздоровчого та лікувально-профілактичного харчування різних верст населення, в тому числі військовослужбовців, людей похилого віку тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Швидкі темпи індустріалізації проклали шлях для екологічно органічних продуктів, більш корисних, і це припущення, серед іншого, ґрунтується на його принципах і стандартах виробництва (Пашнюк, 2023). До основних проблем систем виробництва продуктів харчування з високим вмістом ФФІ можна віднести: недостатню власну базу природної сировини, низькорациональну переробку, що стосується як технологічної, так і апаратурної складової. Виробництво «оздоровчих продуктів» харчування природного походження потребує формування добової норми споживання з урахуванням не лише початкового вмісту ФФІ органічної сировини, а й кінцевого — у готових виробах після технологічно-апаратурної обробки. Це підкреслює актуальність науково-практичних досліджень у пошуку ресурсоефективних технологій з раціональним поєднанням апаратурного комплексу для максимального збереження властивостей природної сировини. У праці (Mykhailov, Zahorulko, Zagorulko, Liashenko, & Dudnyk, 2021) розглядаються раціони харчування людини з урахуванням узагальнених параметрів оцінювання ефективності здорового харчування та без впливу на них властивостей органічної сировини. Щоденне збільшення потреб на природні продукти харчування потребує формування комплексних рекомендацій з огляду на лікувально-профілактичні властивості та попит споживачів на оригінальні вироби, що підкреслює актуальність досліджень у цьому напрямі. Зокрема, для забезпечення раціонального харчування використовують змішування різноманітної рослинної сировини з формуванням прогнозованого вмісту ФФІ, консистенції та набутих оригінальних органолептичних властивостей, забезпечуючи широкий спектр використання у різноманітних виробах (Regeira Silveira, 2015; Черевко, Михайлов, Кіптєла, Захаренко, & Загорулько, 2015; Михайлов, Загорулько, Загорулько, Касабова, & Гордієнко 2019).

Ресурсоефективне виробництво оздоровчих продуктів харчування потребує

комплексного дослідження із забезпечення раціональності технологічної складової у поєднанні з апаратурно-технічними рішеннями для ефективної переробки рослинної сировини з подальшим виготовлення конкурентоспроможних виробів. До напівфабрикатів високого ступеня готовності з широким спектром використання можна віднести купажовані концентровані та сушені фракційні вироби. Слід відзначити, що наявні апаратурно-технологічні рішення з переробки органічної сировини характеризуються низьким рівнем ресурсоефективності. Це пов'язано з використанням проміжних високотемпературних теплоносіїв, високодинамічних джерел нагрівання, що в цілому призводить до штучного збільшення металоємності та мінімізації використання енергоощадних комплексів.

У праці (Zahorulko та ін., 2020) підкреслюється актуальність ресурсоефективної переробки органічної рослинної сировини зі значним вмістом корисних речовин. У дослідженні (Касабова та ін., 2021) представлено спосіб виробництва купажованої плодово-ягідної пасти, отримуваної шляхом концентрування в роторному апараті до вмісту сухих речовин 28...30% протягом 25...50 с з попереднім підігрівання пюре до 50 °С. Визначено раціональну кількість додавання купажованої пасти при заміні яблучного пюре, дотримуючись необхідного ступеня структуроутворення (при внесенні 75% купажу в'язкість становить 616 Па·с, а в контролі — 354 Па·с). У висновках акцентується, що саме раціональний вміст рослинної добавки забезпечить виробництво «здорових продуктів» харчування з підвищеним вмістом ФФІ, що підтверджує актуальність досліджень.

Відомо, що рослинні добавки, які містять фізіологічно-функціональні інгредієнти, по-різному впливають на тісто і, як наслідок, на структуру готових виробів (Самохвалова, Касабова, & Олійник, 2014; Самохвалова, Чернікова, Олійник, & Касабова, 2015). Наприклад, бурякові вичавки зі значним вмістом беталаїнів використовуються для приготування функціональних продуктів харчування (кондитерських, хлібобулочних, напоїв тощо) (Nirmal, Mereddy, & Maqsood, 2021), що підтверджує актуальність досліджень з раціональної переробки буряку та подальшого його використання в кондитерських виробках. Отже, підвищення функціональності кондитерських виробів шляхом внесення до рецептурного складу рослинних напівфабрикатів, отриманих на ресурсоефективному обладнанні за щадних режимів, дає змогу забезпечити мінімізацію штучних барвників та ароматизаторів, надання прогнозованих структурно-механічних властивостей з урахуванням змін при внесенні рослинних купажів та отримання оригінальних конкурентоспроможних властивостей виробами з підвищеним вмістом ФФІ. Все це зумовлює потребу в практично-експериментальних дослідженнях із забезпечення ресурсоефективної переробки бурякових вичавків для виробництва «здорових» кондитерських виробів на прикладі кексів, забезпечуючи розширення асортименту.

Метою дослідження є удосконалення технології виробництва кексів з додаванням сушених бурякових вичавків, що забезпечить розширення асортименту борошняних кондитерських виробів, які є джерелом фізіологічно функціональних інгредієнтів.

Матеріали і методи. Об'єктом дослідження є знецукрювані бурякові вичавки, які вміщують у своєму складі велику кількість харчових волокон, а також технологія кексів з їх додаванням. Основна гіпотеза досліджень полягає у забезпеченні

ресурсоефективної переробки рослинної сировини з подальшим удосконаленням технології виробництва харчових виробів, забезпечуючи розширення асортименту «оздоровчої» продукції з підвищеним вмістом фізіологічно функціональних інгредієнтів.

Сировиною є знецукрювані бурякові вичавки, які вміщують у своєму складі велику кількість харчових волокон. Визначено структурно-механічні властивості концентрованих бурякових вичавків та отриманого тесту для кексів з додаванням сушених бурякових вичавків. Структурно-механічні властивості дослідних зразків визначали на ротаційному віскозиметрі «Реотест-2» (Німеччина).

За контрольний зразок були обрані кекси без начинки на хімічних розпушувачах відповідно до 4505:2005 «Кекси». В експериментальних дослідженнях запропоновано замінювати борошно пшеничне розробленим порошком сушених бурякових вичавків у кількості 10%, 15%, 20%. Бурякові вичавки перемішували з борошном та додавали в тісто під час його замішування.

Структурно-механічні властивості кексів визначали за допомогою автоматичного пенетрометра «Labor» (Угорщина). Вивчення фізико-хімічних показників якості випечених виробів (вологість, питомий об'єм, лужність) здійснювали за загально прийнятими методиками.

Дослідження отриманих органолептичних властивостей кексів з буряковими вичавками здійснювали експертною комісією у складі п'яти членів Державного біотехнологічного університету (Харків, Україна) за 5-бальною шкалою.

Вміст геміцелюлоз визначали за модифікованим методом Дрейвуда, целюлози — азотно-спиртовим методом (метод Кюршнера), пектинових речовин — кальцій-пектатним методом. Вміст низькомолекулярних фенольних сполук визначали колориметричним методом за ДСТУ 4373:2005. Мінеральний склад бурякових вичавків було визначено методом атомно-емісійної спектроскопії із фотографічною реєстрацією на приладі ДФС-8.

Викладення основних результатів дослідження. Виготовлення сушеної бурякової порошкоподібної фракції здійснювалось із знецукрюваних бурякових вичавків, які фактично є відходами первинної переробки цукрового буряку. Бурякові вичавки попередньо пресують і відправляють на термічну обробку насиченою парою до універсальних тепломасообмінних апаратів. Тривалість термічної обробки становить 15—20 хв за температури пари, що не перевищує 100 °С, забезпечуючи видалення специфічного бурякового смаку та запаху. Після чого здійснюється водна екстракція розчинних речовин за температури 78—84 °С. Такий спосіб екстрагування дає змогу максимально видалити зі знецукрених бурякових вичавків наявні токсини, солі важких металів, включення пестицидів, дифузійного соку, сахарози тощо. Для поліпшення якості отриманого продукту (порошкоподібної фракції) проводять освітлення бурякових вичавків 3—5% розчином перекису водню протягом 15—20 хв для пробілювання. Завдяки цьому бурякові вичавки не тільки знебарвлюються, а й змінюють функціонально-технологічних показники, зокрема водопоглинальну та сорбуючу здатності.

Отримані бурякові волокна пресують до вмісту сухих речовин 15—16%, подрібнюють до розміру часток 0,2—0,25 мм. Після відправляють на концентрування до роторного випарника за температури 65—75 °С до вмісту сухих речовин 45% та далі на кінцеве досушування до вальцьової сушарці. Сушіння проводять в

ПЧ-полі за температури 65—75 °С до вмісту сухих речовин 87,0—90,0%. Комбінований спосіб тепломасообмінної обробки у поєднання з попереднім концентруванням і досушуванням відрізняється низькотемпературними режимами в умовах мінімальної тривалості технологічної операції, підвищуючи таким чином якість отриманого бурякового порошкоподібного фракційного напівфабрикату.

Під час виробництва бурякових порошкоподібних фракції з вичавків необхідно враховувати структурно-механічні властивості концентрованих бурякових вичавків у роторному випарнику при зміні швидкості зсуву та температури термічної обробки. Отриманні таким чином значення реологічних показників дослідних зразків дають змогу виявити оптимальний температурний режим проведення процесу концентрування бурякових вичавків і провести відповідні його розрахунки. Дослідження проведено на ротаційному віскозиметрі «Реотест-2». Рух зразка бурякових вичавків у віскозиметрі схожий на процес перемішування й транспортування в роторному випарнику — відцентрове переміщення по спіральній траєкторії. Тому встановлені таким чином реологічні показники максимально відображають реальну картину ведення процесу.

Були проведені дослідження зміни ефективної в'язкості концентрованих бурякових вичавків з вмістом сухих речовин 45% під впливом зміни швидкості зсуву в інтервалі температур 65—75 °С (рис. 1).

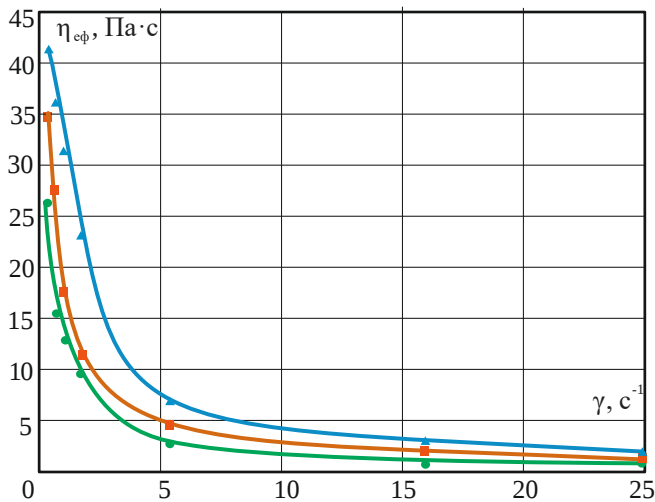


Рис. 1. Залежності в'язкості бурякових вичавків від швидкості зсуву: ● — 75 °С; ■ — 70 °С; ▲ — 65 °С

Наведена на рис. 1 залежність показує, що при підвищенні температури зразків бурякових вичавків у робочому діапазоні роторного випарника від 65 до 75 °С їх в'язкість зменшується від 42 до 27 $\text{Па}\cdot\text{с}$.

При зменшених показниках в'язкості забезпечується вищий ступінь перемішування дослідного зразка під час концентрування, що сприяє більшим значенням коефіцієнтів теплопередачі роторного випарника, скорочуючи тривалість термічної обробки. Тому при теплової обробці бурякових вичавків рекомендовано використовувати найбільший показник температури 75 °С, що відповідає 27 $\text{Па}\cdot\text{с}$

при не зруйнованій структурі. Під час розрахунку роторного випарника з частотою обертів мішалки $200\text{--}300\text{ хв}^{-1}$ ефективна в'язкість складатиме відповідно $3\text{--}5\text{ Па}\cdot\text{с}$ (рис. 1).

Характер реологічних залежностей концентрованих бурякових вичавків свідчить про належність дослідних зразків до псевдопластиків, в'язкість яких є властивістю рівноважного стану між процесом руйнування і відновлення.

Концентровані бурякові вичавки досушують до вмісту сухих речовин $87,0\text{--}90,0\%$ до порошкоподібного фракційного стану. Отримані таким чином сушені бурякові вичавки вміщують у своєму складі: харчових волокон — $68,7\text{ г}/100\text{ г}$, в тому числі целюлози — $21,6$; геміцелюлози — $22,8$; пектинові речовини — $24,3$. Низькомолекулярних фенольних сполук — $7,8\text{ мг}/100\text{ г}$; магній — $136\text{ мг}/100\text{ г}$; натрій — $255\text{ мг}/100\text{ г}$; кальцій — $350\text{ мг}/100\text{ г}$.

Виготовлені сушені бурякові вичавки мають дисперсність часток $0,2\text{--}0,25\text{ мм}$, жовтого кольору, активна кислотність 4 град. Отримані порошкоподібні фракційні бурякові вичавки мають можливість використання, зокрема в технологіях різноманітних борошняних кондитерських виробів, наприклад кексів.

Визначено вплив сушених бурякових вичавків на структурно-механічні показники тіста для кексів (рис. 2). Найбільший показник ефективної в'язкості η_{ef} ($\text{Па}\cdot\text{с}$) досліджених зразків тіста для кексів з додаванням сушених бурякових вичавків 10% — 347 ; 15% — 384 ; 20% — 442 і контролю — 287 відповідно. Дослідні залежності свідчать про підвищення значень ефективної в'язкості порівняно з контролем (без добавки), що є якісним показником зміцнення отримуваної структури тіста.

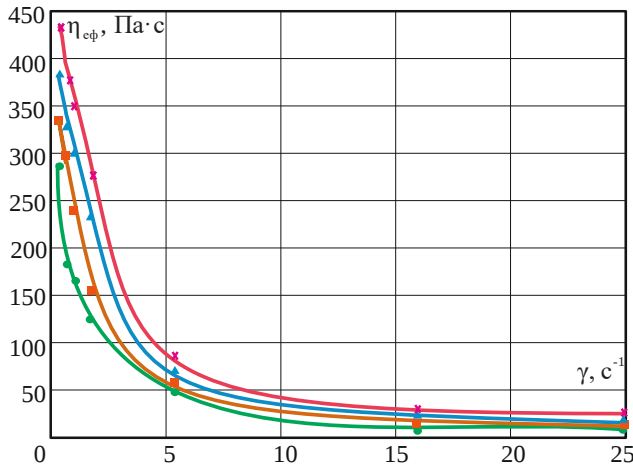


Рис. 2. Залежності в'язкості від швидкості зсуву тіста для кексів із сушеними буряковими вичавками при $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$: ● — контроль (без добавки); ■ — 10% ; ▲ — 15% ; × — 20%

З рис. 2, видно, що показник ефективної в'язкості для контролю становить $287\text{ Па}\cdot\text{с}$ при цілісній структурі. Додавання сушеного фракційного порошку бурякових вичавків у кількості $10\text{--}20\%$ заміни борошна пшеничного дає змогу підвищити значення ефективної в'язкості у $1,2\text{--}1,5$ раза.

Аналіз наведених залежностей тіста для кексів підтверджує, що всі вони починають текти не на початку прикладення швидкості зсуву, що характеризує дослідні зразки як неідеально-пластичні твердоподібні тіла. Поетапне збільшення напруження зсуву призводить до руйнування структури дослідних зразків і при показнику швидкості 15 с^{-1} усі зразки мають ознаки ньютонівської рідини.

Поряд з показниками якості тіста важливими є характеристики випечених кексів. Так, додавання бурякових вичавків сприяє зміні структурно-механічних властивостей випечених кексів. Це підтверджується даними penetрації м'якушки кексів, що є характеристикою її стискуваності (рис. 3).

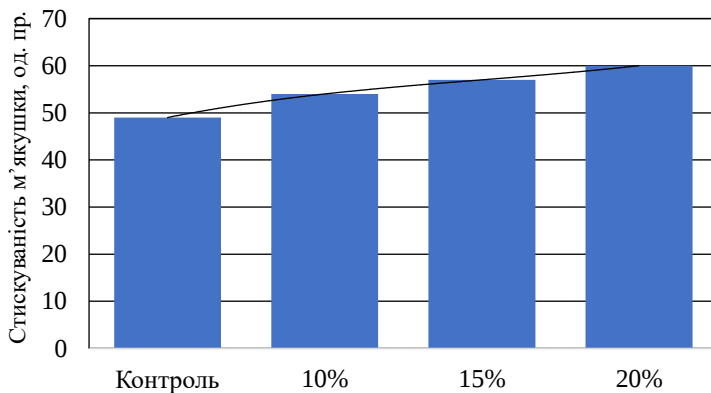


Рис. 3. Стискуваність м'якушки кексів з буряковими вичавками у кількості, % заміни борошна: контроль (без добавки); 10%; 15%; 20%

Дані рис. 3 свідчать, що стискуваність м'якушки кексів зі збільшенням кількості порошку бурякових вичавків збільшується на 10,2—22,4%. Це, на наш погляд, може бути пов'язано зі збільшенням вологості виробів (табл. 1) за рахунок значної водопоглинальної здатності бурякових вичавків, які є джерелом харчових волокон.

Таблиця 1. Органолептичні та фізико-хімічні показники якості кексів із сушеними буряковими вичавками

Показник	Характеристика показників (% заміни борошна буряковими вичавками)			
	Контроль (без добавки)	10	15	20
Зовнішній вигляд	Правильна, без надломів	Правильна, без надломів	Правильна, без надломів	Правильна, без надломів, з тріщинами та підривами
Колір	Скоринки — золотистий, м'якушки — світло-жовтий	Скоринки — бежевий, м'якушки — жовтий	Скоринки і м'якушки — світло-коричневий	Скоринки — коричневий, м'якушки — світло-коричневий

Смак та запах	Властивий виробу, без стороннього запаху та присмаку	Властивий виробу, приємний, з ледве відчутним запахом та присмаком добавки	Властивий виробу, з приємним запахом та присмаком добавки	Властивий виробу, з яскраво вираженим запахом та присмаком добавки
Вид в розломі	Добре пропечений кекс, без закалу і слідів непромісу	Добре пропечений кекс, без закалу і слідів непромісу, з вкрапленнями добавки	Добре пропечений кекс, без закалу і слідів непромісу, з вкрапленнями добавки	Добре пропечений кекс, без закалу і слідів непромісу, з вкрапленнями добавки, дещо зтягнута структура
Масова частка води, %	18,0±0,9	19,0±0,9	19,7±0,9	20,1±0,9
Лужність, град	2,0±0,05	1,9±0,05	1,8±0,05	1,7±0,05
Питомий об'єм, см ³ /г	2,7±0,5	2,7±0,2	2,7±0,2	2,6±0,2

З табл. 1 видно, що додавання сушених бурякових вичавків у кількості 10—15% із заміною борошна не змінює зовнішнього вигляду виробів порівняно з контрольним зразком. Збільшення кількості добавки до 20% погіршує показник зовнішнього вигляду кексів, оскільки на їх поверхні з'являються підриви. Внесення сушених бурякових вичавків сприяє зміні кольору скоринки кексів із золотистого (контроль) до бежевого (10%), світло-коричневого (15%) та коричневого (20%). А колір м'якушки зі світло-жовтого (контроль) до жовтого (10%) та світло-коричневого (15—20%). Смак і запах кексів із сушеними буряковими вичавками у кількості 10—15% приємний, із запахом і присмаком добавки. Підвищення кількості до 20% сприяє наданню яскраво вираженого присмаку та запаху бурякової сировини. Показник у розломі свідчить, що за внесення 10—15% сушених бурякових вичавків кекси добре пропечені та мають рівномірні вкраплення добавки, що відповідає вимогам нормативної документації. Збільшення кількості до 20% спричиняє зтягування м'якушки кексів.

Додавання сушених бурякових вичавків у кількості 10—20% із заміною борошна підвищує масову частку води кексів на 5,5—11,6% відповідно порівняно з контрольним зразком. Лужність виробів знижується на 5,0—15,0% за внесення 10—20% добавки відповідно порівняно з контролем. Питомий об'єм кексів з буряковими вичавками у кількості 10—15% не змінюється, а зі збільшенням їх кількості до 20% знижується на 3,7%.

Загалом за всіма показниками якості кекси із сушеними буряковими вичавками відповідають вимогам нормативної документації. Враховуючи дані табл. 1 обираємо дослідний зразок кексу з вмістом сушених бурякових вичавків у кількості 15%

із заміною борошна. Це пояснюється вмістом у них достатньої кількості фізіологічно функціональних інгредієнтів за добрих органолептичних і фізико-хімічних показників якості.

У розроблених кексах з буряковими вичавками визначали вміст харчових волокон, мінеральних речовин, низькомолекулярних сполук. Встановлено, що кекси містять (на 100 г): харчових волокон — 3,08 г, в тому числі целюлози — 0,97 г, геміцелюлоз — 1,02 г, пектинових речовин — 1,09 г. А також (мг/100г): низькомолекулярних фенольних сполук — 0,35; магнію — 6,12; натрію — 11,47 та кальцію — 15,75 відповідно.

Встановлено, що додавання 15% сушених бурякових вичавків дає змогу підвищити вміст фізіологічно функціональних інгредієнтів за забезпечення добрих органолептичних та фізико-хімічних показників якості.

Висновки

Обґрунтовано спосіб виробництва сушених фракційних порошкоподібних бурякових вичавків, який відрізняється застосуванням низькотемпературних режимів концентрування в роторному випарнику та досушування у вальцьової ІЧ-сушарки відповідно. Використання цього обладнання дає змогу проводити обробку за щадних температурних режимів на рівні 65—75 °С, що сприятиме збереженню фізіологічно функціональних інгредієнтів. Визначено реологічні характеристики концентрованих бурякових вичавків у роторному випарнику в діапазоні температур 65—75 °С. Встановлені показники дали змогу виявити тенденцію до зменшення ефективної в'язкості залежно від температури в діапазоні 42 до 27 Па·с. Також враховуючі робочі параметри роторного випарника (оберти мішалки 200—300 хв⁻¹), встановлено рівень ефективної в'язкості бурякових вичавків 3—5 Па·с.

Проведені дослідження реологічних характеристик тіста для кексів з внесенням сушених бурякових вичавків підтвердили наростання пружно-в'язких властивостей зі збільшенням кількості добавки. Найбільший показник ефективної в'язкості η_{ef} (Па·с) досліджених зразків тіста для кексів з додаванням добавки 10% — 347; 15% — 384; 20% — 442 і контролю — 287 відповідно. Також визначено стискуваність м'якушки готових кексів, яка збільшується на 10,2–22,4% після підвищення кількості порошку бурякових вичавків. Для виявлення оптимальної кількості сушених бурякових вичавків у рецептурі кексів визначено органолептичні та фізико-хімічні показники якості кексів. Встановлено, що оптимальна кількість внесення порошку складає 15%.

Обраний зразок кексів із вмістом сушених бурякових вичавків у кількості 15% із заміною борошна містить фізіологічно функціональні інгредієнти, зокрема харчові волокна, низькомолекулярні фенольні сполуки, мінеральні речовини. Подальші дослідження планується провести у напрямку визначення змін виробів під час зберігання та економічної ефективності виробництва під час їх впровадження.

Література

Касабова К., Загорулько А., Загорулько А., Шматченко Н., Симакова О., Горяинова И., Володько О. и Мионов Д. (2021). Совершенствование технологии изготовления пастилы с использованием разработанной многокомпонентной фруктово-ягодной пасты. *Восточно-Европейский журнал корпоративных технологий*, 3 11(111), 49—56. <https://doi.org/10.15587/>

1729-4061.2021.231730.

Михайлов В. М., Загорулько О. Є., Загорулько А. М., Касабова К. Р., Гордієнко І. О. (2019). Створення якісно нових плодоовочевих напівфабрикатів і кондитерських виробів на їх основі з оздоровчими властивостями. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*, 25(5), 162—172.

Пашнюк Л. О. Харчова промисловість України: стан, тенденції та перспективи розвитку. Взято з: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/48329/18-Pashniuk.pdf?sequence=1>.

Самохвалова, О. В., Касабова, К. Р., Олійник, С. Г. (2014). The influence of the enriching additives on the dough structure formation and baked muffins. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1, 10(67), 32—36. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.20024>.

Самохвалова, О. В., Чернікова, Ю. О., Олійник, С. Г., & Касабова, К. Р. (2015). Вплив мікробних полісахаридів на властивості пшеничного борошна. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6, 10(78), 11—15. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.56177>.

Черевко О. І., Михайлов В. М., Кітгела Л. В., Захаренко В. О., Загорулько О. Є. (2015). *Процеси виробництва багатокomпонентних паст із органічної сировини*. Харків: ХДУХТ.

Bucher T., van der Horst K., Siegrist M. (2013). Fruit for dessert. How people compose healthier meals. *Appetite*, 60, 74—80, <https://doi.org/10.1016/j.appet.2012.10.003>.

Galanakis Charis M., Rizou Myrto, Aldawoud Turki M. S., Ucak Ilknur, Rowan Neil J. (2021). Innovations and technology disruptions in the food sector within the COVID-19 pandemic and post-lockdown era. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 193—200. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.002>.

Munekata Paulo E. S., Pérez-Álvarez Jose Ángel, Pateiro Mirian, Viuda-Matos Manuel, Fernández-López Juana, Lorenzo Jose M. (2021) Satiety from healthier and functional foods. *Trends in Food Science & Technology*, 113, 397—410, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.05.025>.

Mykhailov V., Zahorulko A., Zagorulko A., Liashenko B., Dudnyk S. (2021). Method for producing fruit paste using innovative equipment. *Acta Innovations*, 39, 15—21. Взято з: <https://www.proakademia.eu/en/acta-innovations/find-issueskw/all-articles-2021/no392/>.

Nirmal Nilesh Prakash, Mereddy Ram, Maqsood Sajid (2021). *Recent developments in emerging technologies for beetroot pigment extraction and its food applications*. *Food Chemistry*, 356, 129611, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129611>.

Pap Nora, Fidelis Marina, Azevedo Luciana, Araújo Vieira do Carmo Mariana, Wang Dongxu, Mocan Andrei, Rodrigues Pereira Eliene Penha, Xavier-Santos Douglas, Sant'Ana S Anderson, Yang Baoru, Granato Daniel (2021). Berry polyphenols and human health: evidence of antioxidant, anti-inflammatory, microbiota modulation, and cell-protecting effects. *Current Opinion in Food Science*, 42, 167—186. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.06.003>.

Pereira Silveira Arlan Caldas. (2015). Thermodynamic and hydrodynamic characterization of the vacuumevaporation process during concentration of dairy products in a falling film evaporator. Food and Nutrition. Agrocampus Ouest, English. NNT: 2015NSARB269. Взято з: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01342521>.

Zahorulko, A., Zagorulko, A., Yancheva, M., Ponomarenko, N., Tesliuk, H., Silchenko, E., Paska, M., & Dudnyk, S. (2020). Increasing the efficiency of heat and mass exchange in an improved rotary film evaporator for concentration of fruit-and-berry puree. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6, 8(108), 32—38. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.218695>.