УДК 664.644:664.83
DOI https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.5.28

ТЕХНОЛОГІЯ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ХЛІБА НА ЗАКВАСЦІ З КЛІТКОВИНОЮ КАРТОПЛІ

***Федорова Д. В.** – доктор технічних наук, професор,*
завідувач кафедри ресторанних і крафтових технологій
Державного торговельно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-9443-2941

***Ланська В. Д.** – аспірант кафедри ресторанних і крафтових технологій*
Державного торговельно-економічного університету
ORCID ID: 0009-0002-9119-7461

У статті стисло окреслено необхідність удосконалення технологій та розширення асортименту безглютенових хлібобулочних виробів. Встановлено, що одним із пріоритетних напрямів розвитку технологій є розроблення інноваційних технологій хліба вітчизняного виробництва в категорії «чисті етикетки» без штучних харчових добавок. Ці задачі можуть бути ефективно вирішені шляхом використанням заквасок зі стартовими культурами мікроорганізмів та борошняної сировини підвищеної харчової цінності на основі зернових культур місцевого виробництва. Розглянуто питання розроблення технології цих виробів з використанням рисової закваски на стартовій культурі LV1 Livendo™ французької компанії «Lesaffre», борошна соргового та клітковини картоплі як натурального структуроутворювача і джерела харчових волокон. Запропоновано технологічну модель процесу отримання сорго-рисового хліба на заквасці зі стартовою культурою LV1, який може використовуватися у раціонах харчування осіб із глютеновою «непереносимістю». Наведено результати дослідження кінетики випікання сорго-рисового хліба на заквасці зі стартовою культурою LV1 та клітковиною картоплі. Визначено раціональні параметри випікання безглютенового соргово-рисового хліба на заквасці: температура пекарної камери 190–200 °С, тривалість випікання 25–30 хв. Досліджено органолептичні показники соргово-рисового хліба на заквасці та розроблено технологічну схему його виробництва. Одержані вироби характеризуються привабливим зовнішнім виглядом, із середньопористим м'якушем світло-коричневого кольору, з достатньо еластичною текстурою та яскраво вираженим кислотно-спиртовим присмаком та хлібним ароматом. Впровадження розробок у виробництво дозволить отримати доступний вітчизняний безглютеновий хліб в категорії «чиста етикетка» з покращеними споживними властивостями.

***Ключові слова:** целіакія, глютен, безглютеновий хліб, соргове, рисове борошно, заквасна, показники якості, харчові волокна, клітковина картоплі.*

Fedorova D. V., Lanska V. D. Technology of gluten-free sourdough bread with potato fibre

The article briefly outlines the necessity of improving technologies and expanding the range of gluten-free bakery products. It has been established that a priority direction in technology development involves the creation of innovative technologies for domestically produced bread within the 'clean label' category, devoid of artificial food additives. These objectives can be effectively addressed by utilizing sourdough starter cultures of microorganisms and flour raw materials with enhanced nutritional value based on locally produced cereals. The article discusses the development of a technology for these products using a rice starter culture, LV1 Livendo™ (produced by the French company Lesaffre), in combination with sorghum flour and potato fiber as a natural structure-forming agent and source of dietary fiber. A technological model for producing sorghum-rice bread using the LV1 sourdough starter culture, suitable for individuals with gluten intolerance, is proposed. The study also presents the results of kinetic analysis for baking sorghum-rice bread incorporating the LV1 sourdough starter culture and potato fiber. Rational baking parameters for gluten-free sorghum-rice bread with sourdough starter have been determined: baking chamber temperature 190–200 °C, baking time 25-30 min. The organoleptic properties of the sorghum-rice sourdough bread have been evaluated, and a technological scheme for its production has been developed. The developed products have an attractive appearance, medium-porous crumb of light brown colour, with a fairly elastic texture and a pronounced acidic-alcoholic taste and bread aroma. The introduction of the developments

into production will allow us to produce affordable domestic gluten-free bread in the clean label category with improved consumer properties.
Key words: *celiac disease, gluten, gluten-free bread, sorghum flour, rice flour, sourdough, quality indicators, dietary fibre, potato fibre.*

Вступ. Розробка технологій безглютенового хліба є актуальною задачею сучасної харчової науки, враховуючи зростання попиту на продукти спеціального дієтичного призначення. За різними оцінками, близько 10% населення світу страждає на чутливість до глютену, а 1% має целіакію – захворювання, що супроводжується абсолютною непереносимістю білків пшениці, жита та ячменю [1, 2]. Єдиним ефективним методом терапії целіакії є суворе дотримання безглютенової дієти.

Зростання попиту на продукцію спеціального дієтичного призначення в Україні актуалізує потребу у високоякісному безглютеновому хлібі місцевого виробництва. Наразі ринок переважно заповнений дороговартісною імпортною продукцією, що робить такі вироби малодоступними для широких верств населення. Ураховуючи значущість хліба як основного продукту в раціоні українців, розробка конкурентоспроможних вітчизняних технологій безглютенових хлібобулочних виробів є не лише актуальним, а й соціально важливим завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед традиційних продуктів, виготовлених із зернової сировини, найбільш складним для адаптації до безглютенових умов є хліб. Споживачі очікують, що такі вироби матимуть звичні органолептичні властивості, включно зі смаком, ароматом і текстурою, притаманними пшеничному хлібу. Проте сучасний асортимент безглютенового хліба переважно базується на використанні крохмалів (рисового, кукурудзяного, картопляного, тапіокового тощо), які характеризуються низькою харчовою цінністю та високим глікемічним індексом [3, 4, 5]. Крохмалевмісна сировина, з якої складається більшість рецептур безглютенового хліба характеризується низькими хлібопекарськими та споживчими властивостями і не забезпечує утворення тіста з необхідними реологічними властивостями, що дозволяють отримати вироби високої якості з достатньо розпушеною м'якушкою [5]. Для забезпечення відповідних структурно-механічних властивостей м'якушки хліба використовують харчові добавки, нерідко хімічного походження. Регламентована технологія виготовлення безглютенового хліба, на відміну від традиційного з пшеничного і житнього борошна, передбачає лише вистоювання тістових заготовок і відсутність процесу бродіння тіста, тому вироби характеризуються прісним смаком і слабовираженим ароматом. Традиційні рецептури, засновані на крохмальних компонентах, не здатні забезпечити необхідні споживчі якості, що наближують вироби до пшеничного хліба [4, 5]. Всі наведені фактори стимулюють пошук напрямків вдосконалення технології безглютенового хліба з метою усунення виявлених недоліків: невираженого смаку та аромату, блідої скоринки, сухої консистенції м'якушки, низької кислотності тіста та швидкої ретроградації крохмалю і, як наслідок, коротких термінів зберігання. Одним із напрямів покращання якості безглютенового хліба може бути використання заквасок. Нині у хлібопекарській промисловості для приготування традиційного безглютенового хліба використання заквасок не регламентовано та не використовується, тому актуальність таких розробок не викликає сумнівів [6].

Використання заквасок у технології безглютенового хліба є одним із найперспективніших напрямів, оскільки вони покращують органолептичні властивості, знижують глікемічний індекс та подовжують терміни зберігання хліба [7]. Крім того, включення заквасок із молочнокислими бактеріями дозволяє покращити

текстуру м'якушки та збільшити пористість виробів, що забезпечує більш високу споживчу цінність [6, 7].

У наших попередніх дослідженнях [8] було обґрунтовано доцільність використання закваски на основі стартової культури LV1 Livendo™ у виробництві безглютенового хліба. Використання рисової закваски в кількості 40% до маси борошна дозволило отримати хліб із рівномірною пористістю, помірно вологою м'якушкою та приємними смаковими характеристиками. Однак залишаються проблеми, пов'язані зі слабовираженими смаком і ароматом, неприродним кольором скоринки та підвищеною крихкістю безглютенових виробів.

Одним із перспективних рішень в розвитку технологій безглютенового хліба є використання сировини підвищеної поживної цінності, зокрема суцільнозернових видів борошна. Борошно із суцільного зерна сорго має високу поживну цінність, зокрема характеризується високим вмістом харчових волокон, мінералів та вітамінів [9]. Крім того, сорго є посухостійкою культурою, вирощування якої є перспективним для України з урахуванням кліматичних змін. Наші попередні дослідження [10] показали, що поєднання рисового та соргового борошна у технології безглютенового хліба дозволяє нівелювати гіркий післясмак, характерний для соргового борошна, та покращувати органолептичні властивості. Нами було експериментально підтверджено, що додавання 40% рисової закваски до борошняної суміші, приготовленої зі стартовою культурою LV1, та 3% клітковини картоплі до маси борошняної суміші в тісті як натурального структуроутворювача, суттєво покращує реологічні й фізико-хімічні властивості безглютенового тіста з борошна сорго. Встановлено, що додавання рисової закваски інтенсифікує кислотонакопичення, підвищує газоутримувальну здатність, питомий об'єм і пористість соргового тіста та забезпечує формування необхідних реологічних і органолептичних характеристик [10]. Гіркуватий присмак хліба, притаманний сорговому борошну, вдалось нівелювати при додаванні 30% та більше закваски рисової [10]. Ці результати створюють передумови для подальших досліджень, спрямованих на обґрунтування рецептури та параметрів технологічного процесу виробництва безглютенового хліба із соргового борошна на рисовій заквасці, що відповідає вимогам споживачів щодо якості, смакових характеристик та поживної цінності.

Розробка технології безглютенового хліба, адаптованої до місцевих умов, та її впровадження на український ринок відповідає державним пріоритетам щодо підвищення продовольчої безпеки, ефективного використання ресурсів і розвитку високоякісної продукції на основі локальної зернової сировини, зокрема сорго. Реалізація цього завдання відкриває можливості для розширення асортименту доступного безглютенового хліба з покращеними характеристиками якості, орієнтованого на потреби осіб із ферментопатіями, харчовими алергіями та хронічними захворюваннями, пов'язаними з непереносимістю глютену, а також сприяє більш раціональному використанню харчового потенціалу місцевих зернових культур.

Узагальнення інформації доробок науковців за цим напрямом, а також власні теоретичні й експериментальні дослідження стали передумовою для створення технології нових видів хліба безглютенового на основі рисової закваски зі стартовою культурою LV-1, борошна сорго та клітковини картоплі, використання яких дасть змогу розширити асортимент хлібобулочної продукції спеціального дієтичного призначення, зокрема для осіб із несприйняттям глютену.

Мета дослідження. Метою дослідження є обґрунтування та розроблення технології безглютенового хліба на основі борошна сорго з використанням рисової закваски зі стартовою культурою *LV*-1 та дослідження якості готової продукції.

Методи дослідження. Під час проведення лабораторних досліджень та виробничих випробувань використовувалася наступна сировина: борошно рисове ТМ «Ms. Tally» (ТОВ «Каскад», Україна) згідно з ТУ У 10.6-31680679-003:2013; борошно соргове ТМ «Ms. Tally» (ТОВ «Каскад», Україна) згідно з ТУ У 10.6-31680679-003:2013 [11]; стартова культура LVB-1 Livendo™ («Lesaffre», Франція) за сертифікатом іонізації 100132/01:2022 [12]; картопляна клітковина «Potex» (Швеція); дріжджі хлібопекарські пресовані Криворізького дріжджового заводу «Рекорд» за ДСТУ 4812:2007; сіль кухонна згідно з ДСТУ 3583:2015; олія соняшникова рафінована відповідно до вимог ДСТУ 4492:2005; вода питна, яка відповідає вимогам ДСТУ 7525:2014. Предметами дослідження також є модельні системи тіста і готовий хліб на основі борошна сорго з рисовою заквaскою зі стартовою культурою LV1, випечені за різних температур термооброблення 190–210°С, що виготовлені за розробленою модельною рецептурою (табл. 1).

Таблиця 1

Модельна рецептура безглютенового тіста із борошна сорго з рисовою заквaскою, % до маси борошняної суміші

Найменування сировини	Дослід
Рисове борошно	19.0
Стартова культура ЛВ1	0.08
Цукор-пісок	1.92
Вода питна	19.0
Всього маса н/ф закваски	40.0
Соргове борошно	24.0
Цукор-пісок	0.90
Клітковина картоплі	1.30
Вода питна	30.30
Дріжджі пресовані	0.80
Сіль харчова	0.80
Олія рослина соняшникова	1.90
Всього маса тіста	100.0

Для приготування закваски стартову культуру LV-1 в кількості 0.4% до маси борошна в заквасці змішували з частиною води температурою 35–38ºС та перемішували протягом 1–2 хв. до утворення однорідної суспензії. В діжу планетарного міксера вносили борошно рисове, 10% цукру до маси борошна та суспензію стартової культури у воді, решту води температурою 35–38ºС; замішували на першій швидкості протягом 3–5 хв. Тривалість бродіння рисової закваски 1-го ступеня – 24 год. при температурі 24–25ºС. По закінченню процесу бродіння закваску із вологістю 56% та кислотністю 10ºН використовували для замішування тіста [6].

Тісто готували за традиційною технологією хліба пшеничного безопарним прискореним способом [13]. У тістомісильній машині змішували закваску рисову, борошно сорго, клітковину картоплі в кількості 3% до маси борошна і воду температурою 20ºС, все перемішували в планетарному міксері Kenwood протягом 4–5 хв з частотою обертання місильного органу 1 $с^{-1}$. Тістові заготовки формували вручну та укладали у форми для випікання. Напівфабрикати піддавали бродінню в формах у вистоювальній шафі марки UNOX протягом 30–50 хв за відносної вологості повітря 75-80% та температури 30...32°С [10]. Для визначення

раціональних параметрів термооброблення здійснювали пробні викання тістових заготовок в пароконвекційній печі UNOX при температурах 190...210°С.

Вологість напівфабрикатів та готового хліба визначали експрес-методом висушування на приладі Чижової та прискореним методом в печі СЕШ-2М за загальновідомими методиками [14]. Органолептичні показники (зовнішній вигляд, колір і стан скоринки, стан м'якушки, смак, запах) оцінювали за ДСТУ-П 8536:2015. Контролем обрано хліб безглютеновий на рисовому борошні [13].

Виклад основного матеріалу. На підставі серії попередніх експериментів [6, 10] та з урахуванням відомостей, що містяться в науково-технічній літературі, розроблено технологічну схему приготування безглютенового хліба із рисовою закваскою зі стартовою культурою LV1 на основі суцільнозернового борошна сорго (рис. 1). У розробленій технології передбачено використання рецептурних компонентів: 40% закваски на основі борошна рисового з використанням 0.4% стартової культури ЛВ1 і 10% цукру до маси борошна у заквасці, борошна із суцільного зерна сорго, 3% клітковини картоплі до маси борошна в тісті, дріжджів, солі, олії соняшникової.

Розробка технології безглютенового соргово-рисового хліба на основі рисової закваски потребує детального обґрунтування всіх етапів технологічного процесу. Важливо враховувати кожну операцію, її взаємодію з попередньою та вплив на кінцевий продукт. Відповідно до теорії системного аналізу, технологію хліба можна представити у вигляді складної системи, складовими якої є декілька підсистем, що взаємодіють одна з одною. Кінцевим етапом взаємодії цих підсистем є утворення нового готового продукту.

Функціонування системи в цілому забезпечується функціонуванням окремих її компонентів згідно поставленої мети. Параметри технологічної системи виробництва виробництва безглютенового хліба на заквасці з клітковиною картоплі (КК) в межах виділених підсистем наведені в табл. 2.

Як свідчать отримані дані, результатом послідовного переходу підсистеми С, в підсистеми B_3, B_2, B_1 є формування підсистеми А з отриманням безглютенового соргово-рисового та рисового хліба з рисовою закваскою і клітковиною картоплі.

Підсистема С *«Підготовка рецептурних компонентів»*. В рамках підсистеми С здійснюється просіювання сухих рецептурних компонентів ($d = (2…3)\cdot10^{-3}$ м; $d=(1,4…1,5)\cdot10^{-3}$м) з метою видалення сторонніх домішок та руйнування агломерованих часток (борошно соргове та рисове, картопляна клітковина). Рідкі компоненти (олія соняшникова) проціджуються з розміром сит $d = (0,2…0,3)\cdot10^{-3}$ м.

Підсистема B_3 *«Підготовка напівфабрикатів»*. Готують дріжджову суспензію за співвідношення дріжджі: вода – 1:3. Її фільтрують та дозують на виробництво. Розчин солі готують 26 %– ної концентрації (густина розчину 1,2 г/см^3). Розчин цукру готується концентрацією 45 % (густина розчину 1,2 г/см^3). Розчини фільтруються та направляються на виробництво.

Підсистема B_2 *«Утворення тіста».* В рамках підсистеми здійснюється з'єднання рецептурних інгредієнтів та замішування тіста (τ=3...5·хв, t=20…22ºС).

Підсистема B_1 *«Виробництво безглютенового хліба на заквасці з КК».* Завершальним етапом виробництва безглютенового хліба з формуванням органолептичних, фізико-хімічних та реологічних показників, що обумовлюють якість готових виробів, є термооброблення. Головною метою цього процесу є застосування оптимальних параметрів випікання (терміну та температури оточуючого середовища), що сприяють наданню виробам високих показників якості при найменших витратах енергоресурсів.

Таблиця 2

Параметри технологічної системи виробництва безглютенового хліба на заквасці з КК

Під-системи	Мета функціону-вання	Технологічні операції	Параметри, що контролюються
С	Підготовка рецептурних компонентів	1 – просіювання рисового та соргового борошна	Сита d= (2…3)·10^{-3} м
		2 – дозування борошна	-
		3 – дозування цукру для приготування цукрового розчину	-
		4 – дозування солі для приготування сольового розчину	-
		5 – проціджування олії соняшникової	Сита d = (0,2…0,3)·10^{-3} м
		6 – просіювання КК	Сита d= (1,4…1,5)·10^{-3} м
		7 – дозування КК	-
		6 – звільнення стартової культури від спожиткової тари та огляд	-
		7– дозування стартової культури для приготування закваски	-
		10 – звільнення дріжджів від спожитковой тари та візуальний огляд	-
		11 – дозування дріжджів	-
$В_3$	Приготування напівфабрикатів	1 – приготування закваски з рисового борошна на стартовій культурі ЛВ-1	W=56±0,5 %; K=10±0,5 град; τ = 24...26 год; t = 30…32ºС;
		2 – приготування дріжджової суспензії	Дріжджі : вода=1:3
		3 – приготування цукрового розчину	С=45 %; δ= 1,17 г/$см^3$
		4 – приготування сольового розчину	С = 26 %; δ=1,2 г/$см^3$
		5 – проціджування розчинів	Сита d = (0,2…0,3)·10^{-3} м
$В_2$	Утворення тіста	1 – з'єднання рецептурних компонентів	-
		2 – замішування тіста	τ = 3...5 хв, t = 20…22ºС
$В_1$	Виробництво безглютено-вого хліба	1 – Формування 2 – Випікання	поділ 420±5 г потребує обґрунтування
А	Утворення готового до споживання продукту	1 – охолодження	t = 20…24 ºС
		2– пакування	-
		1 – зберігання	Потребує обґрунтування

Перетворення тістової заготовки у готовий виріб зумовлено теплофізичними, колоїдними, біохімічними процесами, що відбуваються під час випікання, а також тепломасообмінними процесами, які супроводжуються втратою вологи. В основі всіх процесів лежить теплообмін у тістовій заготовці під час прогрівання її в пекарській камері. Відомо, що характер та швидкість процесу нагрівання продукту

обумовлюють його теплофізичні властивості. Чим більше вологи у зразку, тим швидкість прогрівання менша, бо система накопичує енергію. Для обґрунтування раціональних параметрів термооброблення безглютенового хліба на заквасці з КК було досліджено органолептичні показники та кінетику зміни температури центральних шарів м'якушки випечених виробів.

Традиційно хліб рекомендується випікати за t = 180…210ºС, тому проводили дослідження при цих температурах [13]. Тривалість випікання залежить від ваги та рецептурного складу хліба і коливається в межах 20…40 хв.

Дослідження кінетики зміни температури центральних шарів м'якушки від тривалості випікання проводили за наступних умов:

– температура повітря пекарної камери – 210ºС, 200ºС, 190ºС та 180ºС.

– вага тістової заготовки – 420±5 г.

Форми з тістом ставили у пекарну камеру, яку попередньо нагрівали до заданої температури та протягом випікання підтримували. Під час випікання кінетику зміни температури центральних шарів м'якушки досліджуваних зразків визначали за допомогою автоматичного потенціометра. Як датчики температур застосовували хромель-капелеві термопари, які являють собою тонкий, гнучкий стрижень, що легко вводиться в тістову заготовку на різній висоті. Закінчення процесу випікання визначали за температурою центральних шарів м'якушки, яка у випечених хлібних виробах становить 95…97ºС (табл. 3).

Таблиця 3

Кінетика зміни температури у центральних шарах м'якушки безглютенового соргово-рисового хліба на заквасці з КК

Тривалість випікання, хв	Температура у центральних шарах м'якушки, ˚С			
	$t_{випік}$ = 210˚С	$t_{випік}$ = 200˚С	$t_{випік}$ = 190˚С	$t_{випік}$ = 180˚С
15	90.1	88.1	85.5	80.3
20	93.4	92.2	89.2	86.2
25	96.5	94.0	93.4	90.4
30	98.1	96.1	95.1	94.1
35	99.6	98.3	97.8	96.0
40	99.8	99.3	99.5	98.6

При температурі випікання 200 ºС за тривалості термооброблення 30 хв. відповідно, температура у центральних шарах м'якушки розробленого тіста досягає 96.1ºС, що говорить про повну готовність виробів. Отримані безглютенові вироби на заквасці з КК мають гарні споживчі властивості (табл. 4) – форма виробів цеглиною; поверхня трохи випукла, світло-коричневого та коричневого кольору. При температурі випікання 190 ºС за тривалості термооброблення 30 хв. відповідно, температура у центральних шарах м'якушки розроблених виробів досягає 95.1ºС, що говорить про готовність соргово-рисового хліба. Отримані безглютенові хлібні вироби на заквасці з КК мають задовільні споживчі властивості (табл. 4) – форма виробів цеглиною; поверхня помірно-опукла, світло-коричневого кольору, з наявністю незначних тріщин.

Таблиця 4

Органолептичні характеристики безглютенового соргово-рисового хліба на заквасці з КК, випечені за різних температур

Органолептичні характеристики випечених зразків хліба	Зразки хліба, випечені за наступних параметрів Т,°С; τ, хв			
	$t_{випік}$ = 210°С; τ=25 хв	$t_{випік}$ = 200°С; τ=30 хв	$t_{випік}$ = 190°С; τ=30 хв	$t_{випік}$ = 180°С; τ=35 хв
Стан м'якушки, структура пористості, розжовуваність	Еластична м'якушка, пористість середня, тонкостінна, розвинена, рівномірна, розжовується добре	Еластична м'якушка, пористість середня, тонкостінна, розвинена, рівномірна, розжовується добре	Еластична м'якушка, пористість середня, тонкостінна, розвинена, рівномірна, розжовується добре	Еластична, м'якушка, пористість середня, товстостінна, менш розвинена, рівномірна, розжовується добре
Смак та запах	Виражений кислотно-спиртовий присмак та хлібний аромат, гіркуватий присмак скоринки	Яскраво виражений кислотно-спиртовий присмак та хлібний аромат	Яскраво виражений кислотно-спиртовий присмак та хлібний аромат	Слабко виражений хлібний аромат
Правильність форми, зовнішній вигляд скоринки	Помітно опукла верхня скоринка, темно-коричневого кольору, поверхня із незначними тріщинами	Помітно опукла верхня скоринка коричневого кольору, поверхня із незначними тріщинами	Помітно опукла верхня скоринка, світло-коричневого кольору, поверхня із незначними тріщинами	Плоска поверхня верхньої скоринки, світло-коричневого кольору, поверхня з вираженими тріщинами

При термообробленні за температури 180 ºС та 210 ºС органолептичні характеристики зразків погіршувались, вироби набували нехарактерного кольору, а їх смакові властивості були незадовільні. Таким чином, за результатами проведених досліджень визначено раціональні параметри випікання безглютенового хліба на заквасці з КК: температура пекарної камери 190-200 ºС, тривалість випікання 25–30 хв.

Експериментально встановлено, що безглютенові вироби на заквасці з КК мають більш насичений колір порівняно із контролем (рис. 1). Найбільш виражений колір – кремово-коричневий має хліб соргово-рисовий на рисовій заквасці з КК. Слід відмітити, що розроблені вироби належать до групи продукції «чисті етикетки», яка характеризується відсутністю харчових добавок у складі.

Підсистема А «Утворення готового до споживання продукту». Готовий хліб після випікання підлягає охолодженню до температури 20…22°С.

а) безглютеновий хліб рисовий (контроль)	б) безглютеновий хліб соргово-рисовий на заквасці з КК, випечений при температурі 190˚С	в) безглютеновий ХБВ соргово-рисовий на заквасці з КК випечений при температурі 200˚С

Рис. 1. Цифрові зображення соргово-рисового хліба на заквасці з КК

На підставі серії попередніх експериментів та з урахуванням відомостей, що містяться в науково-технічній літературі, було розроблено технологічну схему одержання безглютенового соргово-рисового хліба на заквасці з КК. У розробленій технології передбачено використання борошна зерна сорго, борошна рису, закваски на основі борошна рису зі стартовою культурою LV1, клітковини картоплі, цукру, олії соняшникової, солі, дріжджів, яка відрізняється тим, що в якості борошна використовується суміш борошна із суцільного зерна сорго та рису, а в якості натурального структуроутворювача – клітковину картоплі. Технологічна схема одержання безглютенових виробів на заквасці з КК подана на рис. 2.

Спосіб одержання безглютенового соргово-рисового хліба на заквасці з КК (рис. 2) здійснюється наступним чином: для виробництва соргово-рисового хліба використовується наступна сировина: рисове борошно, соргове борошно, клітковина картоплі, стартова культура LV1, вода питна, цукор білий кристалічний, сіль кухонна харчова, дріжджі пресовані, олія соняшникова.

При приготуванні тіста у дві стадії підготовлену густу рисову закваску (W=56±0,5%) змішують із дріжджовою суспензією, сольовим та цукровим розчинами, потім засипають суміш соргового (рисового) борошна з картопляною клітковиною та вносять воду з олією, продовжують заміс 3 хв на першій швидкості та 4–5 хв на другій швидкості до отримання однорідної маси. Тісто ділять на тістові заготовки вагою 420 г відливальною машиною в металеві форми, змащені олією і направляють на вистоювання в шафу. Тривалість вистоювання становить 45–50 хв при температурі 36–37ºС з вологістю 70–75%. Випікання хліба відбувається в ротаційній печі і становить 25–30 хв при температурі пекарної камери 190…200ºС. Потім готовий хліб охолоджують до температури 22±2ºС, пакують та

реалізують. Одержані вироби характеризуються привабливим зовнішнім виглядом, випуклою поверхнею з наявністю незначних тріщин і розривів, які не змінюють товарного виду виробу, середньо пористим м'якушем світло-коричневого кольору, з достатньо еластичною текстурою та яскраво вираженим кислотно-спиртовим присмаком та хлібним ароматом.

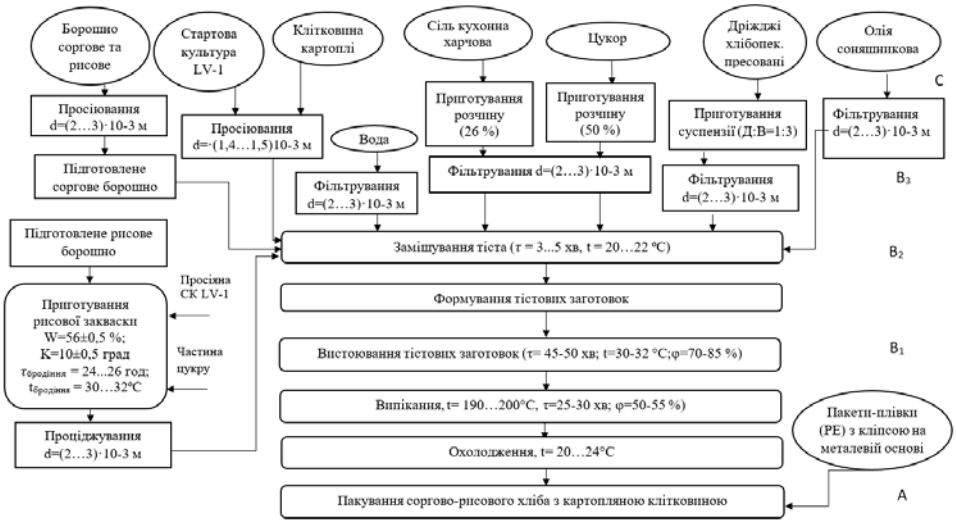

Рис. 2. Технологічна схема одержання безглютенового сортово-рисового хліба на заквасці з КК:
A, B_1, B_2, B_3, C – підсистеми

Висновки і перспективи подальших досліджень. За результатами проведених досліджень обґрунтовано параметри технології безглютенового сортово-рисового хліба на заквасці з клітковиною картоплі. Впровадження розробок у виробництво дозволить отримати доступний вітчизняний безглютеновий хліб в категорії «чиста етикетка» з покращеними споживними властивостями. Наступним етапом роботи буде дослідження органолептичних, фізико-хімічних, структурно-механічних та показників безпечності розроблених безглютенових хлібобулочних виробів, обґрунтування термінів їх зберігання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Newberry C. (2019). The gluten-free diet: use in digestive disease management. Current Treatment Options in Gastroenterology, vol. 17 (4), pp. 554-563. https://doi.org/10.1007/s11938-019-00255-0.

2. Kulshrestha, R.; Deora, N.; Deswal, A.; Dwivedi, M. (2022). Overview of the Gluten-Free Market. In: Singh Challenges and Potential Solutions in Gluten Free Product Development. Food Engineering Series. Springer, Cham, pp. 79-93. https://doi.org/10.1007/978-3-030-88697-4_9.

3. Shevchenko A, Drobot V, Sorochynska Y. (2021). Gluten-free bakery products of high nutritional value. Modern engineering and innovative technologies. № 15, pp. 112-118. https://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/33670

4. Федорова Д. В., Слащева А. В., Ланська В. Д. (2023). Технологічні аспекти виробництва безглютенового хліба на заквасках. Sustainable food chain and safety

through science, knowledge and business: Scientific monograph. Riga, Latvia: «Baltija Publishing», pp. 247-289. https://doi.org/10.30525/978-9934-26-328-6-12

5. Дробот В.І., Грищенко А.М. (2013).Технологічні аспекти використання борошна круп'яних культур у технології безглютенового хліба. Обладнання та технології харчових виробництв. № 30. 2013. С. 52-58.

6. Федорова Д., Ланська В. (2023). Закваски на рисовому борошні для безглютенового хліба. Товари і ринки. № 2 (46). С. 108-116. https://doi.org/10.31617/2.2023(46)10.

7. Bender; D., Schönlechner, R. (2020). Innovative approaches towards improved gluten-free bread properties. Journal of Cereal Science. Vol. 91. 102904. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.102904.

8. Ланська В. Д., Федорова Д. В. (2023). Обгрунтування доцільності використання стартової закваски ЛВ-1 в технології безглютенового рисового хліба. Обладнання та технології харчових виробництв. Вип. 2 (47). С. 27-39. https://oblad.donnuet.edu.ua/index.php/tehnolog/article/view/219/209.

9. Дробот В.І., Приходько Ю.С., Бережна Г.О. (2019). Борошно сорго в технології безглютенового хліба. Наукові праці НУХТ. Том 25, No 1. С. 208-214.

10. Федорова Д., Ланська В. (2024). Якість безглютенового хліба на заквасці зі стартовою культурою LV-1. Товари і ринки. № 3 (51). С. 104-120. DOI: 10.31617/2.2024(51)08.

11. ТОВ «Каскад». Борошно безглютенове. Режим доступу: https://kaskad.dn.ua/

12. Lesaffre. Стартова культура LV1 Livendo™. URL: https://lesaffre.ua/products/startova-kultura-lv1-livendo/

13. Дробот В.І. Довідник з технології хлібопекарського виробництва. Київ: Руслана, 1998. 416 с.

14. ДСТУ 7045:2009. Вироби хлібобулочні. Методи визначення фізико-хімічних показників. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 12 с.

REFERENCES:

1. Newberry C. (2019). The gluten-free diet: use in digestive disease management. Current Treatment Options in Gastroenterology. Vol. 17 (4). P. 554-563. https://doi.org/10.1007/s11938-019-00255-0.

2. Kulshrestha, R.; Deora, N.; Deswal, A.; Dwivedi, M. (2022). Overview of the Gluten-Free Market. In: Singh Challenges and Potential Solutions in Gluten Free Product Development. Food Engineering Series. Springer, Cham, P. 79-93. https://doi.org/10.1007/978-3-030-88697-4_9.

3. Shevchenko A, Drobot V, Sorochynska Y. (2021). Gluten-free bakery products of high nutritional value. Modern engineering and innovative technologies. № 15. P. 112-118. https://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/33670

4. Fedorova D. V., Slashcheva A. V., Lanska V. D. (2023). Tekhnolohichni aspekty vyrobnytstva bezhlyutenovoho khliba na zakvaskakh [Technological aspects of gluten-free bread production with sourdough]. Sustainable food chain and safety through science, knowledge and business: Scientific monograph. Riga, Latvia: Baltija Publishing, pp. 247-289. https://doi.org/10.30525/978-9934-26-328-6-12

5. Drobot V. I., Hryshchenko A. M. (2013). Tekhnolohichni aspekty vykorystannia boroshna krup'ianykh kultur u tekhnolohii bezhlyutenovoho khliba [Technological aspects of using cereal flour in gluten-free bread technology]. Obladnannia ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv, vol. 30, pp. 52-58.

6. Fedorova D., Lanska V. (2023). Zakvasky na ry sovomu boroshni dlia bezhlyutenovoho khliba [Rice flour sourdough for gluten-free bread]. Tovary i rynky, vol. 2 (46), pp. 108-116. https://doi.org/10.31617/2.2023(46)10

7. Bender; D., Schönlechner, R. (2020). Innovative approaches towards improved gluten-free bread properties. Journal of Cereal Science. Vol. 91. 102904. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.102904.

8. Lanska V. D., Fedorova D. V. (2023). Obhruntuvannia dotsilnosti vykorystannia startovoi zakvasky LV-1 v tekhnolohii bezhlyutenovoho rysovoho khliba [Justification for the use of starter culture LV-1 in the technology of gluten-free rice bread]. Obladnannia ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv, vol. 2 (47), pp. 27-39. https://oblad.donnuet.edu.ua/index.php/tehnolog/article/view/219/209

9. Drobot V. I., Prykhodko Yu. S., Berezhna H. O. (2019). Boroshno sorho v tekhnolohii bezhlyutenovoho khliba [Sorghum flour in gluten-free bread technology]. Naukovi pratsi NUKhT, vol. 25, no. 1, pp. 208-214.

10. Fedorova D., Lanska V. (2024). Yakist bezhlyutenovoho khliba na zakvastsi zi startovoiu kulturoiu LV-1 [Quality of gluten-free bread with LV-1 starter culture]. Tovary i rynky, vol. 3 (51), pp. 104-120. DOI: 10.31617/2.2024(51)08

11. TOV «Kaskad». Gluten-free bread. URL: https://kaskad.dn.ua/

12. Starter culture LV1 Livendo™. URL: https://lesaffre.ua/products/startova-kultura-lv1-livendo/

13. Drobot V. I. (1998). Dovidnyk z tekhnolohii khlibopekarskoho vyrobnytstva [Handbook of Bread-Baking Production Technology]. Kyiv: Ruslana. (in Ukrainian)

14. DSTU 7045:2009 (2009). Vyroby khlibobulochni. Metody vyznachennia fizyko-khimichnykh pokaznykiv [Bakery Products. Methods for Determining Physico-Chemical Indicators]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 12 p. (in Ukrainian).