

ТЕХНОЛОГІЯ БЕЗГЛЮТЕНОВИХ КЕКСІВ З КОНЦЕНТРАТОМ СКОЛОТИН

Безрученко О. М.

ВСТУП

Здоров'я сучасної людини значною мірою визначається характером та структурою харчування. На сьогоднішній день харчова геноміка довела не тільки взаємозв'язок харчування з людським геномом, але і можливості запобігання індукованих неправильним харчуванням захворювань.

Одним із таких хронічних захворювань, що пов'язане з «непереносимістю» певних нутрієнтів і вимагає корекції харчування, є целиакія. Це хвороба, що проявляється у повній непереносимості злакового білка пшениці, жита, ячменю, вівса – глютену, і, як наслідок, атрофії слизової оболонки тонкої кишки і пов'язаного з ним стану – синдромом мальабсорбції.

Дослідження Всеукраїнського товариства целиакії доводять, що 450 тисяч українців щороку страждають на целиакію. Це захворювання найбільш часто виявляється у дітей у віковій групі від півроку до 2-х. В останні роки середній вік пацієнтів, у яких діагностується целиакія, становить 45 років, а у 25% целиакія виявляється у віковій групі старше 60-ти років.

Для хворих целиакією в багатьох країнах розроблені технології і здійснюється виробництво безглютенового хліба, макаронних виробів, печива, кексів, бісквітів та ін. На жаль, в Україні виробництво безглютенових виробів неналагоджене і потреби населення забезпечуються за рахунок продукції іноземного походження.

За даних умов розроблення технології і впровадження на вітчизняний ринок безглютенових харчових продуктів у контексті державної політики у сфері здорового харчування, ресурсозбереження, нарощування високоякісної продукції вітчизняного виробництва є актуальним і своєчасним завданням.

Особливу увагу, на наш погляд, слід приділити борошняним кондитерським виробам, які мають постійний попит у дитячого та дорослого населення, займають 47% у загальній структурі

кондитерської продукції на ринку і виступають головним джерелом глютену, бо містять у рецептурі пшеничне борошно як основний сировинний ресурс.

1. Аналіз використання борошняної та вторинної молочної сировини у технологіях безглютенових борошняних кондитерських виробів

Процеси глобалізації та інтеграції України до світової спільноти, боротьба за ресурси та доступ до нових ринків збуту стали рушійною силою запровадження інноваційних технологій харчової продукції, зокрема борошняних кондитерських виробів, що мають за мету імпортозаміщення, зменшення залежності від зарубіжних технологій та сировини, забезпечення сталого розвитку АПК України. До ключових завдань, які вирішуються за впровадження інновацій, належать раціональне використання сировинних ресурсів шляхом їх комплексної переробки, підвищення конкурентоспроможності вітчизняної харчової продукції.

Враховуючи стрімке зростання в світі і, зокрема, в Україні, аліментарно обумовлених захворювань, кількості людей із надмірною масою тіла, ферментопатіями та обмеження природних продовольчих ресурсів домінантою постає проблема розроблення технологій борошняних кондитерських виробів (БКВ) з регульованим нутрієнтним складом, як групи продуктів, що характеризується підвищеним попитом населення.

На сьогодні доцільність створення нових рецептур і технологій харчових продуктів категорії «freefrom» обумовлена насамперед їх високою затребуваністю та вузьким асортиментом вітчизняного виробництва. Одними з найбільш поширених харчових продуктів категорії «freefrom» є безглютенові, які призначені для харчування хворих на целиакію¹. За оцінками експертів ВООЗ, з 2005 року целиакія вважається найчастішим захворюванням тонкого кишечника і уражає більш 1% населення земної кулі².

Зазвичай, у рецептурах безглютенових БКВ використовуються економічно доступні види локальної аглютенової борошняної сировини, це, як правило, рисове та кукурудзяне, рідше гречане борошно. Жоден із означених видів безглютенового борошна не

¹ Наумова О. А. Особенности питания больных целиакией. Сучасні медичні технології. 2017. № 2.С. 124–127

² Jeffrey L. Gluten-free baked products / L.C. Jeffrey, W.A. Atwell //AACC International, Inc., 2014. 88p.

можна вважати еквівалентним за функціонально-технологічними властивостями пшеничному. Оскільки кожен вид аглютенowego борошна має специфічний хімічний склад і гранулометричні характеристики, що, в свою чергу, суттєво впливає на структурно-механічні властивості тіста та якість готових виробів. Разом з тим, слід зазначити, що безглютенове борошно круп'яних культур має високий технологічний потенціал та характеризується гарною поживною цінністю. Так, середній вміст білка в гречаному борошні складає 12,6%, рисовому борошні – 7%, кукурудзяному – 8%³.

Білок гречаного борошна відрізняється збалансованістю за амінокислотним складом, а за вмістом лізину він перевершує білки пшениці та жита. Порівняльний аналіз хімічного складу гречаного борошна з борошном інших культур показав підвищений вміст кальцію, феруму, вітамінів В₁, В₂, РР і Е. Рутин гречаного борошна сприяє підвищенню міцності капілярів; лецитин і аргінін знижують вміст холестерину в крові. Вміст клітковини в гречаному борошні в 1,5-2 рази більше, ніж у рисовому і вівсяному.

Попередніми дослідженнями науковців доведено, що амінокислотний склад білка рису близький до гречки. Продукти переробки рису багаті вітамінами В₁ і В₂, фосфором, фітином і лецитином. Рисове борошно містить кремній, який сприяє процесам обміну речовин в організмі людини, біотин, а також інші вітаміни і мікроелементи, що мають важливе медико-біологічне значення⁴.

У кукурудзяному борошні, порівняно з пшеничним, міститься більше ліпідів, цукрів, геміцелюлози. Це борошно багате на К, Са, Mg і F, вітаміни Е і В₂, біотин. У складі його жирів переважають поліненасичені (лінолева і ліноленова). Білки кукурудзяного борошна слабо набухають. Борошно не містить глютену, не утворює клейковини, але має велику газоутворювальну здатність⁵.

Важливою технологічною властивістю досліджуваного борошна, що впливає на вологість та структурно-механічні властивості тіста, є його водопоглинальна здатність (ВПЗ). На думку деяких дослідників,

³ Дробот В. І. Технологічні аспекти використання борошна круп'яних культур у технології безглютенового хліба / В. І. Дробот, А. М. Грищенко // Обладнання та технології харчових виробництв: темат. зб. наук. пр. / Донец. нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського, 2013. Вип. 30. С. 52–58.

⁴ Там само

⁵ Лісовська Т. О., Чорна Н. В., Дьяков О. Г. Дослідження реологічних властивостей бісквітного тіста з використанням екструдованого кукурудзяного борошна // Східно-Європейський журнал передових технологій. 2016. № 2/11 (80). С. 19–23.

різниця у показниках ВПЗ безглютенового тіста обумовлена хімічним складом та гранулометричними характеристиками рисового, гречаного та кукурудзяного борошна. Таким чином, варіювання складовими композиційної суміші з означених видів безглютенового борошна дозволить не тільки позитивно вплинути на хімічний склад, а й корегувати структурно-механічні властивості тіста та борошняних кондитерських виробів на їх основі⁶.

Встановлено, що використання безклеювального борошна у виробництві борошняних кондитерських виробів, зокрема кексів на хімічних розпушувачах, зумовлює низку технологічних проблем і потребує розроблення напрямів щодо поліпшення структури тіста та готових виробів⁷.

Визначено кроки щодо регулювання структурно-механічних властивостей безглютенового тіста. По-перше, це застосування борошняних сумішей, а не окремих видів безглютенового борошна, що дозволяє суттєво поліпшити харчову та біологічну цінність, структуру виробів; розширити сировинну базу та асортимент готової продукції.

Доведено, що одним із важливих чинників оптимізації і стабілізації процесу утримання газу, утвореного в безглютеновому тісті, є достатня кількість води для гідратації біополімерів тіста і набуття потрібної в'язкості. Підвищити гідратаційну здатність безглютенового тіста можна додаванням білкових речовин.

Тому науковий і практичний інтерес становлять білкові концентрати – джерело унікальної системи, яка представлена білками високої харчової цінності. Окрім посилення вологоутримувальної здатності тіста, цей крок дозволяє комбінувати білки тваринного походження з рослинними білками борошна, що є передумовами для розширення асортименту безглютенових кексів з підвищеною біологічною цінністю.

Створенню науково-практичних засад виробництва борошняних кондитерських виробів з регульованим нутрієнтним складом, зокрема категорії «freefrom», присвячені праці вітчизняних та

⁶ Цыганова Т. Формирование рецептур для производства безбелковых и безглютеновых продуктов / Т. Цыганова, Д. Шнейдер, Е. Костылева, А. Козлов // Хлебопродукты, 2011. № 12. С. 44–46.

⁷ Tetiana Lisovska, Olga Rybak, Mykola Kuhtyn, Nina Chorna. Investigation of water binding in spongecake with extruded corn meal // Ukrainian Food Journal, 2015. Vol. 4. Is. 3. P. 413-422.

зарубіжних вчених: В.В. Дорохович^{8,9}, О.В. Немиріч¹⁰, А.В. Гавриша, Н.В. Гревцевої, Т.М. Лозової, І.В. Сирохмана, Т.О. Лісовської, Н.В. Чорної, Camino M., Jeffrey L., Trif A., Perlmutter D., Loberg K. та ін.

Науковцями під керівництвом Дорохович В.В. розроблені технології борошняних кондитерських виробів спеціального призначення – кексів зі зниженою калорійністю за рахунок застосування продукту BENEО і цукрозаміника (лактитол). Вченими НУХТ Немиріч О.В., Гавриш А.В., Михайленко В.М., Браташ М.Й. розроблені технології печива, кексів, бісквітів із застосуванням безглютенового борошна та цукрозамінників – лактитолу, ізомальту, фруктози¹¹. З метою підвищення харчової та біологічної цінності виробів для хворих на целиакію науковцями використано добавки соєвого та горіхового борошна, а також борошна солоду, сої та гороху. Лозовою Т.М., Гревцевою Н.В. доведено доцільність використання природних нетрадиційних видів сировини (апипродуктів, фітодобавок, блокувальної та каротиномісної рослинної сировини) у виробництві борошняних кондитерських виробів для поліпшення їх споживних властивостей та збереженості^{12,13}. Існує низка досліджень (Лісовської Т. О., Чорної Н. В., Camino M., Jeffrey L., Trif A., Perlmutter D., Loberg K. та ін.), що ґрунтуються на пошуку оптимального співвідношення структуроутворюючих компонентів для борошняних кондитерських

⁸ Інноваційні технології борошняних кондитерських виробів зі зниженою калорійністю / В. В. Дорохович // Наукові праці НУХТ. – 2017. № 4. – С. 199–206

⁹ Борошняні кондитерські вироби для хворих на цукровий діабет із застосуванням продуктів переробки моркви / В. В. Дорохович // Наукові праці НУХТ. – 2020. – Т. 26, № 1. – С. 238–244.

¹⁰ Аналіз якості кондитерських напівфабрикатів з рослинними порошками впродовж зберігання / М. В. Янчик, О. В. Немиріч, А. В. Гавриш / Наукові праці НУХТ. – 2017. – Том 23, №1. – С. 222–231.

¹¹ Перспективні напрямки підвищення біологічної цінності борошняного кондитерського виробу «брауні» спеціального призначення / О.В. Немиріч, В.М. Михайленко, М. Й. Браташ // Актуальні проблеми сучасної науки, Астана – Київ – Відень, – 2018. – С. 61–65.

¹² Наукове обґрунтування поліпшення споживних властивостей борошняних кондитерських виробів з використанням природної нетрадиційної сировини: монографія / Т.М. Лозова. І.В. Сирохман. – Львів : Видавництво Львівського торговельно-економічного університету, 2017. – 328 с.

¹³ Використання каротиномісної сировини в технологіях борошняних кондитерських та макаронних та виробів: монографія / Н.В. Гревцева, О.Г. Шідакова-Каменюка, Д.О. Набоков. – Харків: ХДУХТ, 2018. – 122 с.

виробів, за основу взято рисове борошно, кукурудзяне борошно екструдоване, амарантове борошно та крохмально-білкові суміші, які не містять глютену^{14,15,16}.

Незважаючи на велику кількість наукових досліджень, роботи в даному напрямку постійно продовжуються й, з одного боку, лежать в площині використання різних видів аглютененого борошна, харчових добавок та їх сумішей, а, з іншого, – передбачають залучення до технологічного циклу нової сировини, яка є природним джерелом есенціальних речовин та має широкий спектр технологічних властивостей.

Перспективним напрямком у створенні якісно нових харчових продуктів є комбінування молочної сировини з рослинною, що забезпечує потенційну можливість взаємного збагачення отриманих продуктів есенціальними інгредієнтами. Слід також зазначити, що рослинні білки в поєднанні з тваринними створюють активні в біологічному відношенні амінокислотні комплекси, що забезпечують фізіологічну повноцінність і високу їх засвоюваність.

Завдяки високій харчовій і біологічній цінності молочно-білкових концентратів, функціональним властивостям їх основного компонента – білка, що має гарну розчинність, піноутворювальну і емульгувальну здатності, гідратаційні властивості, можливість виступати в ролі стабілізатора структури, вони знаходять широке застосування у технології харчових продуктів¹⁷.

Традиційно як компонент у рецептурах борошняних кондитерських виробів, зокрема кексів, з молочних продуктів використовують кисломолочний сир¹⁸. Однак, технологія

¹⁴ Camino M., Mancebo Patricia Rodriguez, Manuel Gomez Assessing rice flour-starch-protein mixtures to produce gluten free sugar-snap cookies. LWT-Food Scienc and Technology. 2016, Volume 67. P. 127-132.

¹⁵ The technology of making a pastry product from tender dough/ A.Trif, A Vârban, L. Pirvulescu, D.N. Raba// LUCRĂRI ȘTIINȚIFICE, SERIA I, VOL.XX (3), Romania – 2018. Pp. 188-194.

¹⁶ Possible applications of brewer's spent grain in the production of bread and pastry/Šarić, G.// 12th Croatian Congress of Cereal Technologists «Brašno-Kruh '19», Osijek, Croatia – 2020.– pp.65-76.

¹⁷ Tetiana Yudina, Victoriia Gnitsevych, Iryna Nazarenko (2019) Substantiation of rational modes of semi-finished milk-plant stuffings freezing. Ukrainian Food Journal. № 29 (1). P.89-98.

¹⁸ Збірник рецептур борошняних кондитерських і здобних булочних виробів: Навчально-практичний посібник / О.В. Павлов. – Видання перероблене і доповнене. Київ: ПрофКнига, 2018. – 336 с.

виробництва кисломолочного сиру дозволяє використовувати тільки казеїнову фракцію молочних білків. Група повноцінних сироваткових білків, що складає 20...30% загальної кількості білків в молоці, при виготовленні кисломолочного сиру традиційним способом видаляється разом з сироваткою.

Українськими вченими розроблена технологія молочно-білкового концентрату сколотин¹⁹. Отриманий МБК – це продукт з однорідною, ніжною, такою, що мастить, консистенцією, має чисті смак і запах, характерні для молочних продуктів, без сторонніх присмаків і запахів, колір від білого до білого з кремовим відтінком.

Білки молочно-білкового концентрату сколотин містять у своєму складі крім казеїну сироваткові білки, кількість яких складає 26% від маси протеїну. Відмінною рисою білкового складу сколотин є наявність білків оболонки жирових кульок (55% від їх вмісту в оболонках), що переходять до сколотин за фізико-хімічного і механічного впливу на вершки в процесі виробництва вершкового масла.

Як показали дослідження, у складі білків МБК сколотин рівень усіх незамінних амінокислот перевищує стандарт ФАО/ВООЗ, що свідчить про високу біологічну цінність продукту.

В цілому МБК є продуктом з природним набором життєво важливих мінеральних речовин: кальцію – 0,16%, фосфору – 0,23%, калію – 0,27%, натрію – 0,40%, магнію – 0,04%. Молочно-білковий концентрат сколотин також відрізняється значним вмістом таких мікроелементів як ферум, кобальт та купрум. У формуванні біологічних властивостей сколотин важливу роль відіграють такі вітаміни, як тіамін (В₁), рибофлавін (В₂), біотин (Н), вітамін С та пантотенова кислота. МБК зі сколотин є гарним джерелом водорозчинних вітамінів, що наслідком використання при його виробництві кислої сирної сироватки, яка багата на означені вітаміни. Особливо слід відмітити високе утримання в МБК токоферолу (21%), що бере участь у процесах тканинного дихання і сприяє засвоєнню білків і жирів.

Хімічний склад МБК сколотин у порівнянні з деякими молочно-білковими концентратами наведено у табл. 1.1.

¹⁹ Гніцевич В.А. Технологія та біологічна цінність молочно-білкових копреципітатів / В.А. Гніцевич, Т.І. Юдіна, Л.Г. Дейниченко // Товари і ринки. Київ: КНТЕУ. – 2016. – № 2 (22). – С. 172-185.

Таблиця 1.1

**Хімічний склад МБК сколотин у порівнянні
з деякими молочно-білковими концентратами, (%)**

Показники	МБК сколотин	Високо- кальцієвий копреципітат	Низько- кальцієвий копреципітат	Нежирний кисломол очний сир
Волога	71,8	73,4	74,6	77,7
Сухі речовини	28,2	26,6	25,4	22,3
Білок	20,8	19,8	20,6	18,0
Жир	1,3	0,5	0,4	0,6
Зола	2,2	1,8	1,1	1,2

Данні табл. 1.1 доводять, що за вмістом сухих речовин МБК сколотин перевершує висококальцієвий копреципітат на 5,6%, низькокальцієвий копреципітат на 9,9%, нежирний кисломолочний сир на 20,9 %. Вміст білка в МБК сколотин вищий, ніж висококальцієвому копреципітаті на 4,8%, низькокальцієвому копреципітаті – 1,0%, нежирному кисломолочному сиру – 13,4%. Порівняно з наведеними концентратами молочних білків у МБК сколотин збільшено також вміст жиру та зольних елементів.

З наведеного можна зробити висновок – МБК сколотин є більш перспективною сировиною для використання у виробництві харчових продуктів, зокрема безглютенових кексів. Водночас виявлено, що системні дослідження, спрямовані на одержання безглютенових борошняних кондитерських виробів з використанням молочно-білкового концентрату (МБК) сколотин, що дозволить прогнозовано впливати на корегування харчової цінності та функціональних властивостей виробів, відсутні.

Саме тому метою роботи є обґрунтування та розроблення технології безглютенових кексів з молочно-білковим концентратом сколотин. Згідно з цією метою у процесі роботи необхідно вирішити наступні задачі:

- обґрунтувати вибір аглютенної борошняної сировини та спосіб підвищення її харчового потенціалу;
- визначити технологічну доцільність використання молочно-білкового концентрату сколотин у технології безглютенових кексів;
- встановити вплив окремих рецептурних компонентів на структурно-механічні характеристики та функціонально-технологічні властивості модельних систем безглютенових кексів;
- розробити технологічну схему виробництва безглютенових кексів з молочно-білковим концентратом сколотин.

3. Технологія безглютенових кексів з концентратом сколотин

На основі теоретичних та експериментальних досліджень сформульовано робочу гіпотезу наукової роботи – використання суміші аглютенового борошна круп'яних культур за певних способів оброблення, молочно-білкового концентрату сколотин у технологіях кексів забезпечує підвищення їх технологічної стабільності, харчової та біологічної цінності, дає змогу розширити асортимент борошняних кондитерських виробів з прогнозованими показниками якості для осіб із ферментопатіями, харчовими алергіями, хронічними захворюваннями, що пов'язані з «непереносимістю» глютену, більш повно використовувати харчовий потенціал вторинної молочної сировини.

Об'єктом дослідження є технологія безглютенових кексів з використанням молочно-білкового концентрату сколотин для спеціального харчування хворих на целиакію.

Предмет дослідження – борошно кукурудзяне обойне (ГОСТ 14176-69) і борошно рисове (ТУ 9190-402-23476484-01) виробника ТОВ «Добродія Фудз», молочно-білковий концентрат сколотин (ТУ У 10.5 – 01566057–024:2016), модельні харчові системи, що містять вказані види сировини; тісто та готові безглютенові кекси з молочно-білковим концентратом сколотин.

У роботі використані сучасні методи та стандартні методики, викладені у науковій та науково-технічній літературі, що дозволяють надати характеристику хімічного складу, фізико-хімічних та структурно-механічних властивостей, органолептичних показників сировини, напівфабрикатів та готової продукції.

Подрібнення кукурудзяного борошна проводили на млині Dezort НК-820. Мікрофотографії зроблені за допомогою цифрового мікроскопу *CL PC camera 4.5*. При визначення дисперсного складу борошна з різних частин спожиткової тари відібрано чотири точкові проби та з кожної точкової проби з відстані $0,5 \pm 0,2$ мм (за роздільної здатності камери 5 Мрх) зроблено по 5 фотографій мікроструктури зразка. Визначення гранулометричного складу борошна проводили методом середньомасового діаметра з використанням програмного забезпечення *Cooling Tech 4.5*. Розподіл фракцій здійснювали за допомогою набору борошняних лабораторних сит СЛ-120, з розмірами отворів 210, 32Н, 55Н, 76. Вологопоглинальну здатність (ВПЗ) борошна визначено фаринографом фірми «Brabender» (Німеччина).

Органолептичну оцінку проводили за методикою Д.Є.Тільгнера. Дослідження реологічних параметрів проводили на ротаційному віскозиметрі Rheotest-2.

Для харчової інженерії безглютенових борошняних кондитерських виробів характерне конструювання продукції на основі природної безглютенової сировини, перш за все рослинного походження, з метою моделювання хлібопекарських властивостей пшеничного борошна, імітації його структуроутворюючих властивостей.

Як правило, рецептури сумішей для безглютенових борошняних кондитерських виробів комбінують із чотирьох груп харчових компонентів:

- борошно з високим вмістом крохмальних і не крохмальних полісахаридів (рисове борошно, кукурудзяне борошно, вівсяне борошно, борошно з псевдозернових (амарант, гречка) і круп'яних культур (просо), та ін.);

- високобілкові інгредієнти (соеві ізоляти і концентрати, казеїнати,

- молочно-білкові концентрати, ізоляти білків люпину і ін.);

- гідроколоїди (ксантан, гуарова камедь, модифіковані крохмалі та ін.);

- емульгатори, розпушувачі, смакові інгредієнти (меланж, лецитин, сіль, цукор, харчова сода, ароматизатори, барвники та ін.)

Сировина зазначених груп та їх комбінації в конкретних рецептурах безглютенових борошняних кондитерських виробів надзвичайно різноманітна та визначається видом і заданою харчовою цінністю виробів, хімічним складом і технологічними властивостями сировини.

Попередніми дослідженнями встановлено, що структурно-механічні характеристики безглютенових борошняних і борошняних кондитерських виробів залежать від рецептурних компонентів та можуть виступати об'єктивними показниками для контролю за дотриманням рецептури при їх виробництві. Тому, особливу увагу, на наш погляд, необхідно приділити дослідженню впливу рецептурних компонентів, зокрема аглютенної борошняної сировини та молочно-білкового концентрату сколотин, на органолептичні та структурно-механічні властивості модельних харчових систем безглютенових кексів з МБК сколотин.

На першому етапі досліджено структурно-механічні та органолептичні показники модельних харчових композицій безглютенових кексів з МБК сколотин (табл. 3.1) для визначення

раціональної кількості аглютенowego борошна²⁰. Як контроль обрано кекс «Сирний» за традиційною технологією.

У дослідних зразках кількість кожного окремого виду аглютенowego борошна у складі суміші варіювали від 20 до 80%. За результатами лабораторних випікань визначено недоцільність використання у рецептурі безглютенових кексів будь-якого одного виду борошна через невисокі органолептичні показники.

Таблиця 3.1

**Модельні харчові композиції безглютенowego кексу
з МБК сколотин**

№ з/п	Сировина	Співвідношення сировини, мас. %					
		Контроль	Дослід 1	Дослід 2	Дослід 3	Дослід 4	Дослід 5
1	Борошно пшеничне	23,9	-	-	-	-	-
2	Борошно рисове	-	19,1	14,3	9,6	7,2	4,8
3	Борошно кукурудзяне	-	4,8	9,6	14,3	16,7	19,1
4	Цукор-пісок	27,3	27,3	27,3	27,3	27,3	27,3
5	Масло вершкове	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8
6	Сир кисломолочний 18% жирності	21,3	-	-	-	-	-
7	МБК сколотин	-	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3
8	Меланж	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6
9	Амоній двоуглекислий	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
10	Натрій двоуглекислий	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

Вимірювання в'язкості тіста для кексів проводили відразу після замісу при температурі $20 \pm 2^\circ\text{C}$ на ротаційному віскозиметрі Rheotest -2 при швидкості зсуву від 0,167 до $4,5 \text{ c}^{-1}$ (при більш високих швидкостях зсуву структура кексового тіста руйнується). Результати досліджень наведено в табл. 3.2.

²⁰ Yudina T.I. Gluten-free cakes with cereal flour / T.I. Yudina, O.M. Bezruchenko, O.V. Aharova // Обладнання та технології харчових виробництв [Текст]: темат. зб. наук. пр. Вип. 40(1) / Гол. ред. Чернега О. Б. – Кривий Ріг : ДонНУЕТ, 2020. – С. 19-25.

Таблиця 3.2

Показники якості тіста безглютенового кексу з МБК сколотин

Показники	Контроль	Дослід 1	Дослід 2	Дослід 3	Дослід 4	Дослід 5
Ефективна в'язкість, Па·с, за $\gamma=0,9 \text{ с}^{-1}$	168,78	198,60	187,20	175,4	168,9	135,7

Відповідно даних табл. 3.2 досліді № 3 та № 4 мають найбільш близькі до контрольного зразка значення ефективної в'язкості. Проведенні реологічні дослідження довели, що у порівнянні з контрольним зразком у досліді № 1 і № 2 збільшується в'язкість – 198,6 Па·с та 187,2 Па·с, відповідно. Це пояснюється високою вологозв'язуючою здатністю рисового борошна та МБК сколотин.

Як показали результати пробних лабораторних випікань, збільшення кількості рисового борошна у рецептурі суміші понад 40 % призводить до зниження питомого об'єму готових кексів на 23 %, утворення щільного м'якуша з низькою пористістю за рахунок високої вологоутримувальної здатності рисового борошна. А збільшення кількості кукурудзяного борошна у рецептурі суміші понад 70% призводить до одержання готових виробів з незадовільною крихтоподібною консистенцією.

Проведена органолептична оцінка готових кексів за п'ятибальною шкалою показала, що досліді № 3 і № 4 зі співвідношенням кукурудзяного та рисового борошна – 60...70% і 40...30% відповідно, мають найкращі органолептичні показники (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Органолептична оцінка якості безглютенового кексу з МБК сколотин

Показники	Коефіцієнт вагомості	Контроль	Дослід 1	Дослід 2	Дослід 3	Дослід 4	Дослід 5
Зовнішній вигляд	0,20	5,0	4,8	5,0	5,0	5,0	5,0
Колір	0,15	5,0	4,9	5,0	5,0	4,9	4,9
Смак	0,25	5,0	4,9	4,9	4,8	4,8	4,7
Запах	0,15	4,9	5,0	4,9	5,0	5,0	4,9
Консистенція	0,25	4,9	4,5	4,7	4,9	4,9	4,7
Загальна оцінка	1,0	24,8	24,1	24,5	24,7	24,6	24,2

Одержані вироби характеризуються гарним зовнішнім виглядом, випуклою без розривів поверхнею, щільним м'якушем жовтого кольору з текстурою, що адекватна традиційному кексу «Сирному».

Разом з тим, результати органолептичної оцінки виявили певні вади, що негативно впливають на споживні властивості готових кексів – дуже солодкий смак й наявність на поверхні та у м'якушу виробів сухих часток кукурудзяного борошна, які, ймовірно, за період короткотривалого замішування тіста для кексів – (3-5)·60 с не спроможні поглинути необхідну для набрякання кількість води.

Ось чому в наступній серії експериментів досліджували вплив гранулометричного складу аглютенного борошна, тобто розміру часток, які зв'язані між собою в агломерати, на його вологопоглинальну здатність²¹.

Визначено розмірність часток кукурудзяного борошна методом «світлого поля» та рисового борошна методом «темного поля». Результати дослідження представлено на рис. 3.1.

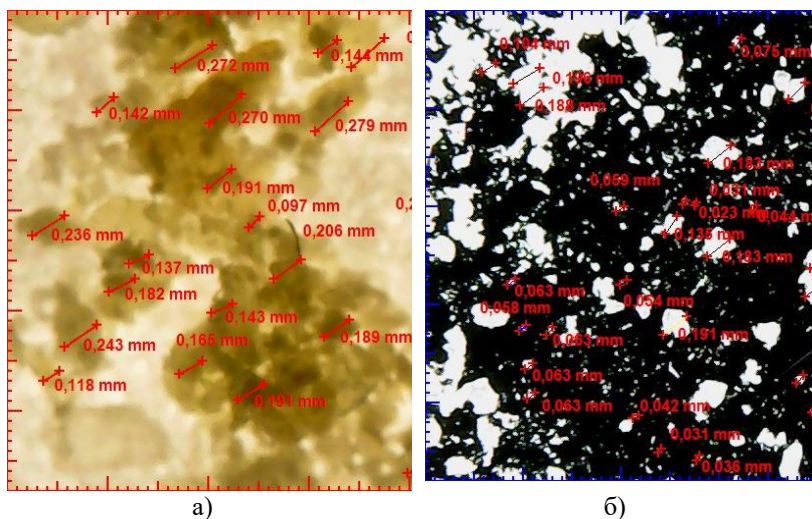


Рис. 3.1. Визначення розмірів часток борошна:
а) кукурудзяного; б) рисового

²¹ Юдіна Т., Безрученко О., Агапова О. Вологопоглинальна здатність аглютенної борошняної сировини // World science: problems, prospects and innovations. Abstracts of the 5th International scientific and practical conference. Perfect Publishing. Toronto, Canada. 2021. Pp. 21-27.

Дисперсний розподіл часток кукурудзяного та рисового борошна наведено на рис. 3.2.

Отримані результати свідчать, що найбільшу питому вагу в рисовому борошні складають частки з розміром 50-100 та 100-125 мкм, у значній кількості також присутні частки розміром 125-150 мкм і 150-200 мкм. Рисове борошно характеризується відносною однорідністю за розміром часток та високим ступенем дисперсності, і як наслідок, гарною вологопоглинальною здатністю – 78.4 %.

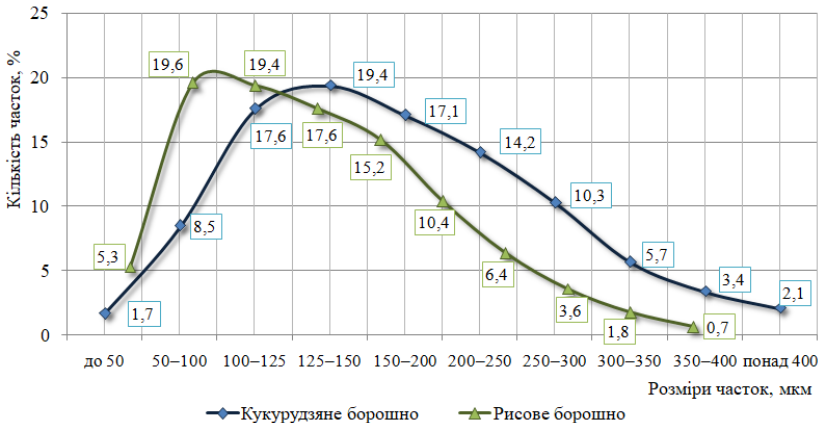


Рис. 3.2. Калібрувальний графік кількості часток різних розмірів аглютенового борошна

У кукурудзяному борошні, в цілому, найбільшу питому вагу мають частки з середніми діаметрами від 100 до 250 мкм (68.3 %). Разом з тим, в ньому присутні фракції часток відносно великих розмірів (понад 300 мкм), вміст яких складає 11.2 %, а у загальній площі часток 26.9 ± 4.2 %, і це, на наш погляд, негативно впливає на ВПЗ борошна та споживні властивості готових кексів.

Дослідження ВПЗ одержаних фракцій різних розмірних класів кукурудзяного борошна наведено на рис. 3.3.

З отриманих даних видно, що розмір фракцій часток кукурудзяного борошна істотно впливає на їх вологопоглинальну здатність. Так, найбільша ВПЗ 70.2 та 69.5 % відзначається для фракцій із розміром часток 100–125 та 125–150 мкм відповідно.

Встановлено, що частки розміром 50–100 та 300–350 мкм мають низький показник ВПЗ (62.5 та 56.1 % відповідно).

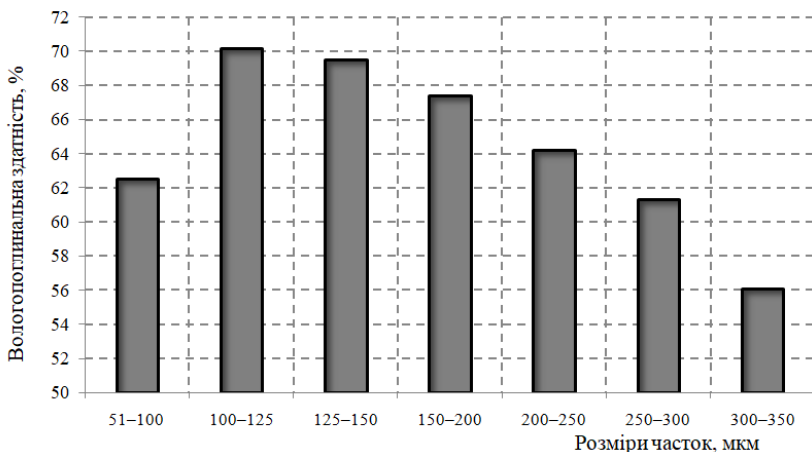


Рис. 3.3. Залежність ВПЗ кукурудзяного борошна від розміру фракцій часток

Це зумовлено тим, що при поглинанні води невеликими частками утворюється насичений в'язкий шар, який запобігає контакту інших часток з водою. Чим більше частки борошна, тим з меншою швидкістю відбувається процес утворення тіста, що пов'язано зі зниженням швидкості проникнення води всередину білка.

Кукурудзяне борошно, що відрізняється підвищеною крупністю, зазвичай піддається певній обробці для використання у виробництві хлібобулочних та борошняних кондитерських виробів. Його рекомендують замочувати у воді з 0.3 % сірчаного газу, смажити, заварювати²². Використовують обробку борошна газоподібним хлором, але в усьому світі використання хлорування все більше обмежується. У багатьох країнах хлорування замінюють на суху термообробку борошна. Ступінь хлорування і теплової обробки борошна, призначеного для виробництва кексів, відрізняються в залежності від можливого використання борошна. Ще одним способом зменшення розмірів часток борошна є повторний помел або поділ в потоці повітря, або поєднанням цих борошномельних технологій.

Особливість технологічного процесу виробництва безглютенових кексів з використанням МБК сколотин вплинула на вибір найбільш

²² Лобачова Н. Л. Удосконалення технології безглютенових хлібобулочних виробів: монографія. Суми: Сумський нац. аграрний ун-т, 2015. 214 с.

раціонального методу попередньої обробки кукурудзяного борошна – повторного помелу.

Для зменшення розмірів часток кукурудзяного борошна і забезпечення однорідності дисперсної фази (суміші кукурудзяного та рисового борошна) у розробленій технології безглютенових кексів, кукурудзяне борошно було подрібнене на млині *Dezopt HK-820*. Результати дослідження дисперсного розподілу часток кукурудзяного борошна після повторного помелу наведено на рис. 3.4.

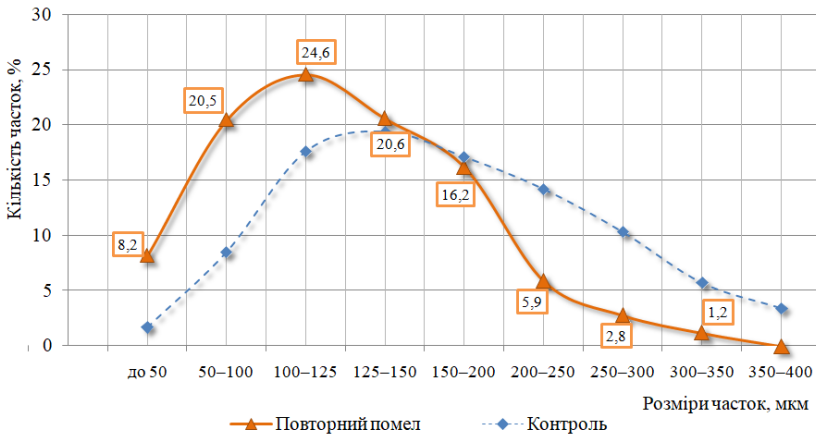


Рис. 3.4. Калібрувальний графік кількості часток різних розмірів кукурудзяного борошна

З отриманих даних видно, що після повторного помелу кукурудзяного борошна вміст фракцій часток розміром понад 300 мкм зменшився з 11,2 до 1,2 %, вміст часток з найбільшою вологопоглинальною здатністю (50–250 мкм) збільшився з 76,8 до 90,1 %, при відносно невеликому вмісті фракції до 50 мкм (8,2 %), яка має невисоку вологопоглинальну здатність через утворення насиченого в'язкого шару тіста.

Результати лабораторних випікань довели, що використання у технології безглютенових кексів кукурудзяного борошна повторного помелу позитивно впливає на органолептичні показники виробів, зокрема консистенцію (рис. 3.5).

Одержані вироби характеризуються гарним зовнішнім виглядом, випукою без тріщин не підгорілою поверхнею; відмінно пропеченим м'якушем жовтого кольору, з розвинутою тонкостінною

пористістю, без слідів непромісу і наявності сухих часток борошна. Смак і запах виражені, властиві кексам.

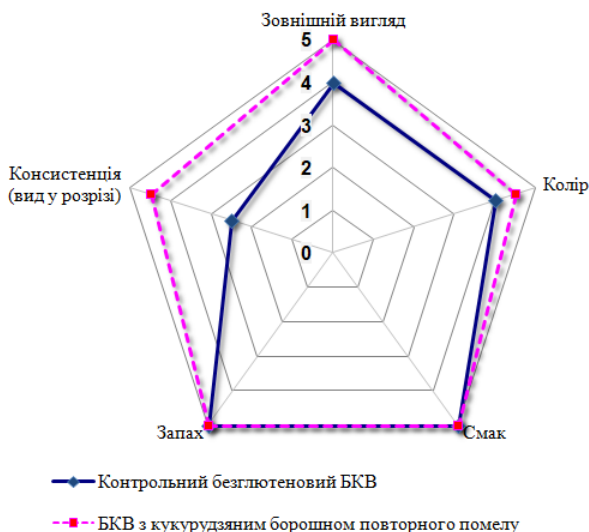


Рис. 3.5. Профілі органолептичної оцінки якості безглютенових кексів

Відомо, що тісто для кексів є структурованою дисперсною системою, яка складається з твердої, рідкої і газоподібної фаз. Вплив на формування його структурно-механічних властивостей здійснюють такі фактори як вологість, температура, рецептура, властивості борошна та ін.

Для означеної системи характерна залежність ефективної в'язкості від швидкості зсуву, а основний внесок в структурно-механічні характеристики вносять контактні взаємодії, критерієм яких є порівняння енергії контактних взаємодій та енергії, що підводиться до системи для досягнення стану гранично зруйнованої структури.

Тому, зважаючи на вище наведене, в наступній серії експериментів досліджували вплив МБК сколотин на зміну в'язкості і щільності тіста в залежності від змінного рецептурного компонента і його дозування (табл.3.4). В якості контролю використовували зразок тіста кексу «Сирний», що виготовлений за традиційною технологією.

Таблиця 3.4

**Модельні харчові композиції безглютенового кексу
з МБК сколотин**

Сировина	Співвідношення сировини, мас. %				
	Контроль	Дослід 1	Дослід 2	Дослід 3	Дослід 4
Борошно пшеничне	23,9	-	-	-	-
Борошно рисове	-	6,4	6,4	9,0	9,0
Борошно кукурудзяне	-	16,1	16,1	13,5	13,5
Цукор-пісок	27,3	20,9	20,9	20,9	20,9
Масло вершкове	13,8	18,2	18,2	18,2	18,2
Сир кисломолочний 18% жирності	21,3	-	-	-	-
МБК сколотин	-	22,3	25,2	28,1	31,0
Меланж	13,6	16,0	13,1	10,2	7,3
Амоній двовуглекислий	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Натрій двовуглекислий	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04

Доведено, що значення показника щільності тіста дозволяє оцінювати ступінь його насичення повітрям. Зі збільшенням частки повітряної фази щільність тіста знижується, що призводить до збільшення обсягу готових кексів.

Результати дослідження в'язкості тіста для кексів (табл. 3.5) показали, що зі збільшенням вмісту МБК сколотин відбувається поступове збільшення в'язкості і щільності тіста в порівнянні з контрольним зразком.

Таблиця 3.5

Показники якості тіста безглютенового кексу з МБК сколотин

Показники	Контроль	Дослід 1	Дослід 2	Дослід 3	Дослід 4
Ефективна в'язкість, Па·с, за $\gamma=0,9 \text{ c}^{-1}$	168,78	135,7	168,9	175,4	198,60
Щільність, г/см ³	1,68	1,54	1,67	1,70	1,84

Збільшення в'язкості обумовлено високою вологозв'язуючою здатністю рисового борошна та МБК сколотин. Збільшення

щільності тіста можна пояснити зменшенням кількості повітряної фази в тісті, внаслідок зниження кількості піноутворювача (меланжу), а також надлишку твердих частинок в системі, на поверхні яких може відбуватися адсорбція поверхнево-активних речовин, що додатково знижує їх концентрацію в розчині.

Таким чином, найбільш близькі значення в'язкості та щільності тіста по відношенню до контролю мають дослід № 2 і № 3 при вмісті МБК сколотин 25,2...28,1% при одночасному зменшенні кількості меланжу по сухій речовині, що, забезпечить отримання виробів з добре розпушеною структурою і поліпшеним хімічним складом.

На підставі серії попередніх експериментів розроблено технологію безглютенових кексів з використанням молочно-білкового концентрату сколотин.

На рис. 3.6, як приклад, наведено технологічну схему виробництва шоколадного безглютенового кексу.

У розробленій технології передбачено введення до складу тіста у певному співвідношенні кукурудзяного та рисового борошна, а також молочно-білкового концентрату сколотин.

Додавання до рецептури какао-порошку дозволяє збагатити продукт вітамінами (А, Е, РР, групи В), бета-каротином, мінеральними речовинами та покращити смакові властивості кексу.

Спосіб виробництва нового борошняного кондитерського виробу – шоколадного безглютенового кексу – здійснюється наступним чином: розм'якшене вершкове масло і цукор пісок збивають протягом (10...15) 60 с, з'єднують з попередньо протертим молочно-білковим концентратом сколотин і продовжують збивання до однорідної маси. Потім додають меланж, натрій двовуглекислий, амоній двовуглекислий, ретельно перемішують, всипають суміш кукурудзяного і рисового борошна, какао-порошок і замішують тісто протягом (3...5) 60 с. Тісто розкладають у підготовлені форми і випікають за температури 160...170°C протягом (25...30) 60 с. Готові кекси посипають рафінадною пудрою і реалізують.

Одержані вироби характеризуються гарним зовнішнім виглядом, випуклою без розривів поверхнею, щільним м'якушем темно-коричневого кольору з текстурою, що адекватна традиційному кексу «Сирному».

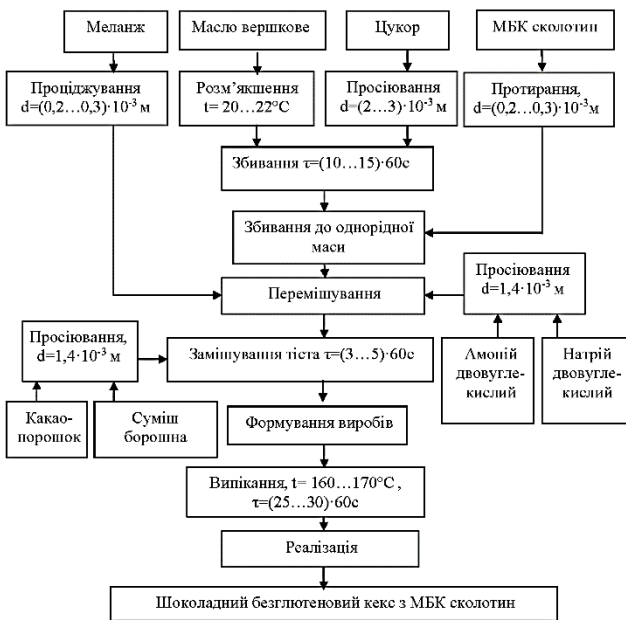


Рис. 3.6. Технологічна схема виробництва шоколадного безглютенового кексу з МБК сколотин

ВИСНОВКИ

1. Аналіз літературних джерел підтверджена актуальність проблеми розроблення технології і впровадження на вітчизняний ринок безглютенових борошняних кондитерських виробів для осіб із ферментопатіями, харчовими алергіями, хронічними захворюваннями, що пов'язані з «непереносимістю» глютену.

2. Обґрунтовано доцільність використання у технології безглютенових кексів кукурудзяного та рисового борошна у співвідношенні 60...70% і 40...30%, відповідно, від загальної кількості борошняної суміші за рецептурою, що дозволить не тільки усунути існуючі недоліки хімічного складу аглютененового борошна, а й корегувати реологічні властивості тіста та борошняних кондитерських виробів на його основі.

3. Доведено, що на вологопоглинальну здатність аглютененового борошна, його консистенцію та споживні властивості готових безглютенових кексів суттєво впливає гранулометричний склад

борошна. Запропоновано у розробленій технології безглютенових кексів для забезпечення однорідності розмірів часток суміші кукурудзяного та рисового борошна використати метод повторного помелу кукурудзяного борошна.

4. Визначено, що додавання до рецептури 25,2...28,1% молочно-білкового концентрату сколотин підвищує волого утримуючу здатність тіста, взаємно збагачує білки тваринного походження з рослинними білками борошна, створює передумови для розширення асортименту безглютенових кексів з підвищеною харчовою цінністю та заданими споживними властивостями.

5. Розроблено технологічну схему виробництва кексу шоколадного безглютенового.

АНОТАЦІЯ

Одними з найбільш поширених харчових продуктів категорії *freefrom* є безглютенові, які призначені для харчування хворих на целиакію – хронічне генетично детерміноване захворювання, що характеризується непереносимістю глютену (злаковий білок пшениці, жита, ячменю, вівса), і як наслідок, розвитком атрофії слизової оболонки тонкої кишки. За оцінками експертів ВООЗ, з 2005 року целиакія вважається найчастішим захворюванням тонкого кишечника і уражає більш 1% населення земної кулі. Щороку 450 тисяч українців страждають на целиакію, яка найбільш часто виявляється у дітей у віковій групі від півроку до 2-х; середній вік пацієнтів, у яких діагностується целиакія, становить 45 років, а у 25 % целиакія виявляється у віковій групі старше 60-ти років.

За даних умов розроблення технології і впровадження на вітчизняний ринок безглютенових харчових продуктів у контексті державної політики у сфері здорового харчування, ресурсозбереження, нарощування високоякісної продукції вітчизняного виробництва є актуальним і своєчасним завданням.

Особливу увагу, на наш погляд, слід приділити борошняним кондитерським виробам, які мають постійний попит у дитячого та дорослого населення, займають 47% у загальній структурі кондитерської продукції на ринку і виступають головним джерелом глютену, бо містять у рецептурі пшеничне борошно як основний сировинний ресурс.

На основі результатів проведених теоретичних та експериментальних досліджень у роботі наведено технологію безглютенових кексів з використанням молочно-білкового

концентрату сколотин. Обґрунтовано доцільність використання у розробленій технології безглютенових кексів кукурудзяного та рисового борошна певної обробки у співвідношенні 60...70% і 40...30%, відповідно, від загальної кількості борошняної суміші за рецептурою, що дозволить не тільки усунути існуючі недоліки хімічного складу аглютенного борошна, а й корегувати реологічні властивості тіста та борошняних кондитерських виробів на його основі. Визначено, що додавання до рецептури 25,2...28,1% молочно-білкового концентрату сколотин підвищує вологоутримуючу здатність тіста, взаємно збагачує білки тваринного походження з рослинними білками борошна, створює передумови для розширення асортименту безглютенових кексів з підвищеною харчовою цінністю та заданими споживними властивостями.

ЛІТЕРАТУРА

1. Наумова О. А. Особенности питания больных целиакией. Сучасні медичні технології. 2017. № 2.С. 124–127
2. Jeffrey L. Gluten-free baked products / L.C. Jeffrey, W.A. Atwell // AACC International, Inc., 2014. 88p.
3. Дробот В. І. Технологічні аспекти використання борошна круп'яних культур у технології безглютенового хліба / В. І. Дробот, А. М. Грищенко // Обладнання та технології харчових виробництв: темат. зб. наук. пр. / Донец. нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського, 2013. Вип. 30. С. 52 –58.
4. Лісовська Т. О., Чорна Н. В., Дьяков О. Г. Дослідження реологічних властивостей бісквітного тіста з використанням екструдованого кукурудзяного борошна // Східно-Європейський журнал передових технологій. 2016. № 2/11 (80). С. 19–23.
5. Цыганова Т. Формирование рецептур для производства безбелковых и безглютеновых продуктов / Т. Цыганова, Д. Шнейдер, Е. Костылева, А. Козлов // Хлебопродукты, 2011. № 12. С. 44–46.
6. Tetiana Lisovska, Olga Rybak, Mykola Kuhtyn, Nina Chorna. Investigation of water binding in spongecake with extruded corn meal // Ukrainian Food Journal, 2015. Vol. 4. Is.3. P. 413-422.
7. Інноваційні технології борошняних кондитерських виробів зі зниженою калорійністю / В. В. Дорохович // Наукові праці НУХТ. – 2017. № 4. – С. 199– 206
8. Борошняні кондитерські вироби для хворих на цукровий діабет із застосуванням продуктів переробки моркви / В.В. Дорохович // Наукові праці НУХТ. – 2020. – Т. 26, № 1. – С. 238-244.

9. Аналіз якості кондитерських напівфабрикатів з рослинними порошками впродовж зберігання / М.В. Янчик, О.В. Неміріч, А.В. Гавриш / Наукові праці НУХТ. – 2017. – Том 23, № 1. – С. 222-231.

10. Перспективні напрямки підвищення біологічної цінності борошняного кондитерського виробу «брауні» спеціального призначення / О. В. Неміріч, В. М. Михайленко, М. Й. Браташ // Актуальні проблеми сучасної науки, Астана – Київ – Відень, – 2018. – С. 61-65.

11. Наукове обґрунтування поліпшення споживних властивостей борошняних кондитерських виробів з використанням природної нетрадиційної сировини: монографія / Т.М. Лозова. І.В. Сирохман. – Львів : Видавництво Львівського торговельно-економічного університету, 2017. – 328 с.

12. Використання каротиновмісної сировини в технологіях борошняних кондитерських та макаронних та виробів: монографія / Н.В. Гревцева, О.Г. Шидакова-Каменюка, Д.О. Набоков. – Харків: ХДУХТ, 2018. – 122 с.

13. Camino M., Mancebo Patricia Rodriguez, Manuel Gomez Assessing rice flour-starch-protein mixtures to produce gluten free sugar-snap cookies. LWT-Food Scienc and Technology. 2016, Volume 67. P. 127-132.

14. The technology of making a pastry product from tender dough/ A.Trif, A Vârban, L. Pîrvulescu, D.N. Raba// LUCRĂRI ȘTIINȚIFICE, SERIA I, VOL.XX (3), Romania – 2018. – pp. 188-194.

15. Possible applications of brewer's spent grain in the production of bread and pastry/Šarić, G.// 12th Croatian Congress of Cereal Technologists «Brašno-Kruh '19», Osijek, Croatia – 2020.– pp.65-76.

16. Tetiana Yudina, Victoriia Gnitsevych, Iryna Nazarenko (2019) Substantiation of rational modes of semi-finished milk-plant stuffings freezing. Ukrainian Food Journal. № 29 (1). P. 89-98.

17. Збірник рецептур борошняних кондитерських і здобних булочних виробів: Навчально-практичний посібник / О.В. Павлов. – Видання перероблене і доповнене. Київ: ПрофКнига, 2018. – 336 с.

18. Гніцевич В.А. Технологія та біологічна цінність молочно-білкових копреципітатів / В.А. Гніцевич, Т.І. Юдіна, Л.Г. Дейниченко // Товари і ринки. Київ: КНТЕУ. – 2016. – № 2 (22). – С. 172-185.

19. Yudina T.I. Gluten-free cakes with cereal flour / T.I. Yudina, O.M. Bezruchenko, O.V. Aharova // Обладнання та технології харчових виробництв [Текст]: темат. зб. наук. пр. Вип. 40(1) / Гол. ред. Чернега О. Б. – Кривий Ріг : ДонНУЕТ, 2020. – С. 19-25.

20 Юдіна Т., Безрученко О., Агапова О. Вологопоглинальна здатність аглютенової борошняної сировини // World science: problems, prospects and innovations. Abstracts of the 5th International scientific and practical conference. Perfect Publishing. Toronto, Canada. 2021. Рр. 21-27.

21.Лобачова Н. Л. Удосконалення технології безглютенових хлібобулочних виробів: монографія. Суми: Сумський нац. аграрний ун-т, 2015. 214 с.

Information about the author:
Bezruchenko Olha Mykolaivna,
Postgraduate student at the Department of technology
and organization of restaurant business
State University of Trade and Economics,
19, Kyoto str., Kiev, 02156, Ukraine