

УДК 664.683:664.2.05 (045)  
DOI: 10.15587/2312-8372.2019.187281

## ДОСЛІДЖЕННЯ РУЙНУВАННЯ КРИСТАЛІЧНОЇ СТРУКТУРИ КРОХМАЛЮ У КЕКСАХ З ПОЛІПШЕНИМИ РЕЦЕПТУРАМИ

Ковальчук Х. І., Катрук М. І., Ткаченко А. С., Губа Л. М., Захарчин Р. М.

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРУШЕНИЯ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ КРАХМАЛА В КЕКСАХ С УЛУЧШЕННОЙ РЕЦЕПТУРОЙ

Ковальчук К. И., Катрук М. И., Ткаченко А. С., Губа Л. М., Захарчин Р.М.

## RESEARCH OF DESTRUCTION OF STARCH CRYSTAL STRUCTURE IN CUPCAKES WITH IMPROVED RECIPE

Kovalchuk K., Katruk M., Tkachenko A., Huba L., Zakharchyn R.

*Вивчаємою проблематикою дослідження є процес черствіння борошняних кондитерських виробів під час зберігання, що супроводжується комплексом складних фізико-хімічних, колоїдних та біохімічних процесів, пов'язаних з крохмалем та білками. Виявлено, що науковці використовують нетрадиційні добавки рослинного походження у кексах, зокрема, лікарські рослини, насіння, плоди і листя горіхів, овочі, фрукти, дикорослі ягоди. У роботі об'єктами дослідження були розроблені за авторськими рецептурами кекси «Кунжутний», «Морячок», «Міцний горішок», «Осінній аромат», «Чорничний», «Медок», «Елітний», базові зразки до порівняння – борошно вищого сорту і кекс «Столичний». У рецептурі цих кексів замінено частину пшеничного борошна на нетрадиційну сировину:*

– «Кунжутний» (житнє борошно, порошки листя ожини сизої, смородини чорної, квітів ромашки лікарської, молочна сироватка, кунжутна олія);

– «Морячок» (вівсяне борошно, порошки листя бадану товстолістого, малини, підбілу звичайного, слані ламінарії, олія гарбузового насіння);

– «Міцний горішок» (гречане борошно, порошки листя м'яти перцевої, волоського горіха, молочна сироватка, олія та ядра волоського горіха);

– «Осінній аромат» (кукурудзяне борошно, порошки трави звіробою звичайного, квітів липи серцелистої, ехінацеї пурпурової, сухе знежирене молоко, яблучно-вишневі цукати);

– «Чорничний» (гречане борошно, порошки коренів цикорію, квітів фіалки триколірної, сухе знежирене молоко, плоди чорниці сушені);

– «Медок» (кукурудзяне борошно, порошки квітів липи серцелистої, квітковий пилко, сухе знежирене молоко, олія гарбузового насіння, мед натуральний з пилком);

– «Елітний» (вівсяне борошно, листя м'яти перцевої, квасоля, прополіс, молочна сироватка, мед натуральний з прополісом).

У ході дослідження використано метод рентгенофазного аналізу на дифрактометрі ДРОН-УМ-1 (Росія), що виявляє ступінь та типи деформації кристалічної структури речовин. Діапазон значень визначено при значеннях кутів відбиття в межах  $10\text{--}30^\circ$  – дифракційних максимумів крохмалю. Проаналізовано процес ретроградації на основі отриманих дифрактограм та підтверджено здатність використаних натуральних добавок у кексах подовжувати їх термін зберігання. В результаті випікання руйнування кристалічної структури крохмалю в розроблених зразках кексів відбувалося набагато інтенсивніше у порівнянні з контрольним зразком кексу «Столичний».

**Ключові слова:** борошняні кондитерські вироби, нетрадиційна сировина, кут дифракції, інтенсивність дифракційного максимуму, рентгенофазний аналіз, рентгеноаморфна структура.

Изучаемой проблематикой исследования является процесс черствения мучных кондитерских изделий во время хранения, сопровождается комплексом сложных физико-химических, коллоидных и биохимических процессов, связанных с крахмалом и белками. Выявлено, что ученые используют нетрадиционные добавки растительного происхождения в кексах, в частности, лекарственные растения, семена, плоды и листья орехов, овощи, фрукты, дикорастущие ягоды. В работе объектами исследования были разработанные по авторским рецептурам кексы «Кунжутный», «Морячок», «Крепкий орешек», «Осенний аромат», «Черничный», «Медок», «Элитный», базовые образцы к сравнению – мука высшего сорта и кекс «Столичный». В рецептуре этих кексов заменена часть пшеничной муки на нетрадиционное сырье:

– «Кунжутный» (ржана мука, порошки листьев ежевики сизой, смородины черной, цветков ромашки лекарственной, молочная сыворотка, кунжутное масло);

– «Морячок» (овсяная мука, порошки листьев бадана толстолистного, малины, мать-и-мачехи, ламинарии, масло тыквенных семечек);

– «Крепкий орешек» (гречневая мука, порошок листьев мяты перечной, грецкий орех, молочная сыворотка, масло и ядра грецкого ореха);

– «Осенний аромат» (кукурузная мука, порошки травы зверобоя продырявленного, цветов липы сердцелистной, эхинацеи пурпурной, сухое обезжиренное молоко, яблочно-вишневые цукаты);

– «Черничный» (гречневая мука, порошки корней цикория, цветов фиалки трехцветной, сухое обезжиренное молоко, плоды черники сушеные);

– «Медок» (кукурузная мука, порошки цветов липы сердцелистной, цветочной пыльцы, сухое обезжиренное молоко, масло тыквенных семечек, мед натуральный с пыльцой);

– «Элитный» (овсяная мука, листья мяты перечной, фасоли, прополиса, молочная сыворотка, мед натуральный с прополисом).

В ходе исследования использован метод рентгенофазового анализа на дифрактометре ДРОН-УМ-1 (Россия), что выявляет степень и типы деформации кристаллической структуры веществ. Диапазон значений определен при значениях углов отражения в пределах  $10\text{--}30^\circ$  – дифракционных

максимумов крахмала. Проанализирован процесс ретроградации на основе полученных дифрактограмм и подтверждена способность использованных натуральных добавок в кексах продлевать их срок хранения. В результате выпекания, разрушение кристаллической структуры крахмала в разработанных образцах кексов происходило гораздо интенсивнее по сравнению с контрольным образцом кекса «Столичный».

**Ключевые слова:** мучные кондитерские изделия, нетрадиционное сырье, угол дифракции, интенсивность дифракционного максимума, рентгенофазовый анализ, рентгеноаморфная структура.

## 1. Вступ

Борошняні кондитерські вироби характеризуються практично повною відсутністю важливих біологічно активних речовин, таких як вітаміни, каротиноїди, харчові волокна, макро- і мікроелементи та ін. [1, 2], проте їх рецептурний склад піддається регулюванню [3]. Внесення до рецептур рослинної сировини, що багата на корисні есенціальні речовини дозволяє ефективно поліпшити хімічний склад борошняних виробів. Саме у зв'язку з цим об'єктом дослідження було обрано кекси, що дозволить збагатити раціон мікронутрієнтами [4, 5].

Огляд літературних джерел показав, що борошняні кондитерські вироби часто використовують як об'єкт дослідження з метою поліпшення їх споживних властивостей. Вчені практикують часткову заміну борошна пшениці на житнє, різні види безглютенового борошна – кукурудзяне, рисове різних видів та гречане [6]. Також поширені способи використання більш нетрадиційного борошна, наприклад, люпинового [7], із коріння кульбаби лікарської [8], із насіння льону [9]. Дуже ефективним є використання в рецептурі фруктових і овочевих порошків із вичавок, пюре яблучного, абрикосового і грушевого [10]. Запропоновано метод використання насіння дині [11], порошку із чорниці [12] та ін. Усі ці дослідження показали актуальність і перспективність використання нетрадиційної рослинної сировини з підвищеною біологічною цінністю у рецептурах кондитерських виробів.

Ще одним напрямком поліпшення споживних властивостей борошняних кондитерських виробів є використання сировини на основі молочної сироватки [13, 14] (сироватка із зниженим вмістом лактози, демінералізована, сироватковий пермеат, сироваткові білкові концентрати, сироваткові білкові ізоляти, лактоза, збагачені кальцієм сироваткові продукти).

Важливим етапом життєвого циклу будь-якого товару є його зберігання. Для борошняних кондитерських виробів характерним є процес черствіння, що відбувається за рахунок комплексу складних фізико-хімічних, колоїдних та біохімічних процесів, пов'язаних з крохмалем та білками [15]. Саме ці речовини забезпечують утворення мікропор з молекулами води в орієнтованому стані, розрив водневих зв'язків і виділення води змінюють структуру, якість і смак виробів. Органолептичні зміни (зменшення в об'ємі, крихкість виробу) в якості продукту відбуваються за рахунок старіння крохмалю, що супроводжується втратою вологи і переходом крохмалю у кристалічний стан [16]. Під час дослідження процесу черствіння дуже важливим є співвідношення кристалічного

і аморфного стану крохмалю (ретроградація). Відомо, що цукри добре зв'язують воду у борошняних кондитерських виробках, тому за відсутності цукрів вироби швидше черствітимуть [17].

Об'єктами дослідження були розроблені за авторськими рецептурами кекси «Кунжутний», «Морячок», «Міцний горішок», «Осінній аромат», «Чорничний», «Медок», «Елітний», базові зразки до порівняння – борошно вищого сорту і кекс «Столичний». До рецептури даних кексів вводили різні види борошна (гречане, вівсяне, кукурудзяне, житнє), продукти переробки молочної продукції (молочна сироватка, сухе знежирене молоко) та продукти бджільництва (квітковий пилок, прополіс, мед натуральний), рослинну сировину. Вміст окремих рецептурних компонентів представлено у табл. 1.

**Таблиця 1**

**Особливості рецептурного складу нових кексів**

Нетрадиційна сировина та натуральні добавки	Кількість сировини у рецептурі кексів, кг/т						
	«Кунжутний»	«Морячок»	«Міцний горішок»	«Осінній аромат»	«Чорничний»	«Медок»	«Елітний»
Борошно	житнє (57,2)	вівсяне (38,1)	гречане (19,06)	кукурудзяне (57,2)	гречане (15,25)	кукурудзяне (53,06)	вівсяне (35,52)
Порошки та їх суміші	листя ожини сизої (1,9), смородини чорної (3,8), квітів ромашки лікарської (1,9)	листя бадану товстолистого (0,95), малини (1,9), підбілу звичайного (19,1), слані ламінарії (0,95)	листя м'яти перцевої (1,91), волоського горіха (1,91)	трави звіробою звичайного (1,91), квітів липи серцелистої (1,91), ехінацеї пурпурової (0,95)	коренів цикорію (0,95), квітів фіалки триколірної (5,7)	квітів липи серцелистої (1,77), квіткового пилку (4,42)	листя м'яти перцевої (1,77), квасолі (13,69), прополісу (3,69)
Молочна сироватка	38,1	–	38,12	–	–	53,05	53,29
Сухе знежирене молоко	–	–	–	38,12	57,2	–	–
Рослинні олії	кунжутна (21,0)	гарбузового насіння (16,3)	волоського горіха (21,0)	–	–	гарбузового насіння (15,12)	–

У кексі «Осінній аромат» були повністю замінені родзинки на цукати (яблучно-вишневі) та частково замінені у кексі «Міцний горішок» на ядра

волоського горіха (22,9 кг/т). У кексі «Чорничний» використано плоди чорниці (22,9 кг/т). Кекси з начинками містять по 150,6 кг/т начинки меду натурального з пилком «Медок» та меду натурального з прополісом «Елітний» [18].

*Метою дослідження* було вивчення ступеня руйнування кристалічної решітки крохмалю в структурі м'якуша розроблених кексів, взаємодії з іншими вуглеводами та їх вплив на формування остаточної кристалічної структури готових виробів.

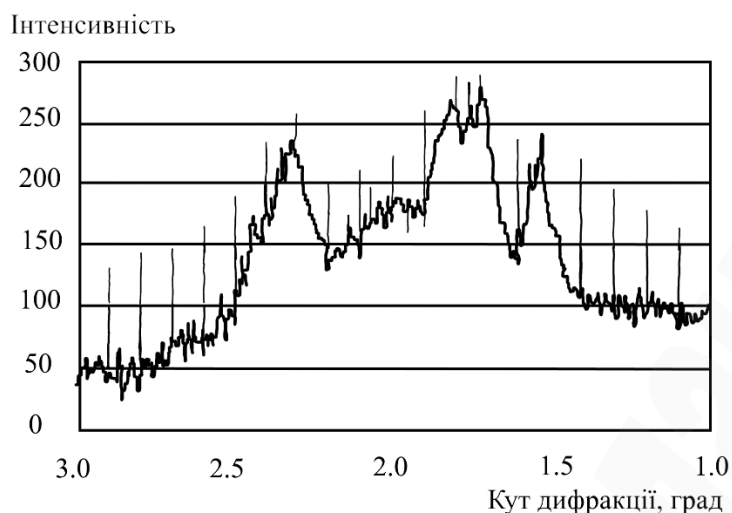
## **2. Методика проведення досліджень**

Для визначення фазового складу речовин використано рентгенофазний аналіз, що виявляє ступінь деформації кристалічної структури та типи її дефектів. Дослідження виробів проводили на рентгенівському дифрактометрі ДРОН-УМ-1 (Росія), тип трубки 1,5 БСВ23 Сu. Використовували зразки досліджуваних кексів товщиною 2 мм, дифрактограми знімали за умов однакової площі досліджуваного матеріалу та інтенсивності опромінення. Значення кутів відбиття коливалось в межах 10–30°, це пов'язано зі значеннями дифракційних максимумів крохмалю [19].

Рентгенівський метод фазового аналізу оснований на тому, що для рентгенівських променів кристалічна решітка є дифракційною. Якщо в якості об'єкта використовувати порошок або дрібнокристалічний матеріал з різним чином орієнтованими кристалами, то при взаємодії з ним монохроматичних рентгенівських променів завжди знайдеться для кожного сорту площин певне число кристаликів, які потрапили в положення відбиття. В цьому випадку під певним кутом буде спостерігатися дифракційний максимум для даного сорту площин. Якщо досліджуваний об'єкт складається з декількох фаз, то кожній фазі буде відповідати своя власна дифракційна картина. В цьому випадку дифрактограма представляє собою накладення дифрактограм всіх наявних в досліджуваному зразку фаз, інтенсивність рефлексів кожної фази буде залежати від її кількості в досліджуваній суміші [20].

## **3. Результати досліджень та обговорення**

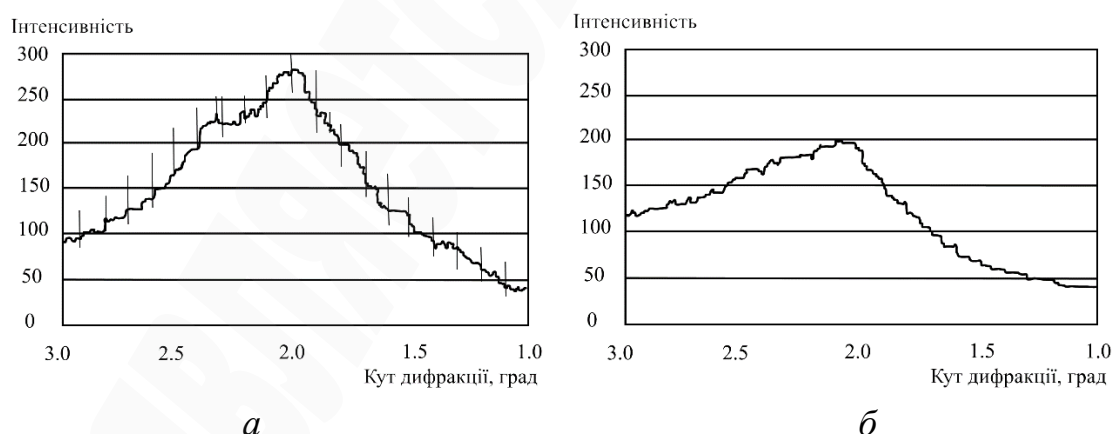
Основною складовою пшеничного борошна є крохмаль, під час нагрівання він адсорбує воду, через що руйнується його кристалічна структура. Визначено, що дифрактограма борошна (рис. 1) складається з п'яти широких максимумів високої інтенсивності, що відповідає структурі кристалічного крохмалю.



**Рис. 1.** Дифрактограма борошна пшеничного вищого сорту

Дифрактограма контрольного зразка кексу «Столичний» наведена на рис. 2, *а*, де помітні дуже схожі дифракційні максимуми до зразка борошна вищого сорту, проте значно меншої інтенсивності. Такі дані підтверджують часткове руйнування ґратки молекули крохмалю. Виявлено, що інтенсивність максимуму відбиття, який відповідає значенню кута дифракції  $20^\circ$  для кексу «Столичний» становить 295.

На рис. 2, *б* показано результати рентенофазного дослідження кексу «Кунжутний». Виявлено зниження дифракційних максимумів та їх інтенсивності порівняно з контрольним зразком. Зниження руйнування кристалічної структури крохмалю пояснюється частковою заміною пшеничного борошна на житнє та додаванням молочної сироватки, що збільшує вміст моноцукрів. Інтенсивність максимуму відбиття для кексу «Кунжутний» становив лише 200.



**Рис. 2.** Дифрактограма після випікання: *а* – контрольного зразка кексу; *б* – кексу «Кунжутний»

З дифрактограми кексу «Морячок» (рис. 3, *а*) можна зробити висновок, що в результаті випікання руйнування кристалічної структури крохмалю відбулося набагато інтенсивніше у порівнянні з контрольним зразком. Таку тенденцію

можна пояснити частковим внесенням в рецептуру вівсяного борошна. Інтенсивність дифракційних максимумів для кексу «Морячок» становила 255.

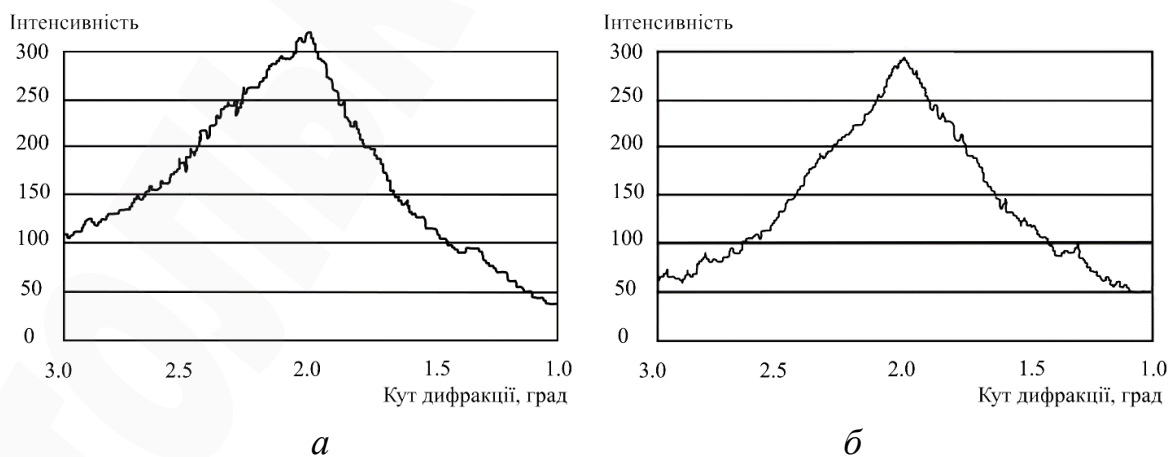
Для кексу «Міцний горішок» (рис. 3, б) характерна добре виражена рентгеноаморфна структура. Саме гречане борошно та молочна сироватка збільшують вміст простих вуглеводів, а отже прискорюють руйнування кристалічної структури крохмалю у цьому виробі.



**Рис. 3.** Дифрактограма після випікання: *a* – кексу «Морячок»;  
*б* – кексу «Міцний горішок»

Згідно дифрактограми кексу «Осінній аромат» (рис. 4, *a*) спостерігалось різке підвищення дифракційного максимуму після випікання, а отже руйнування кристалічної структури крохмалю відбувалось інтенсивніше порівняно з контрольним зразком.

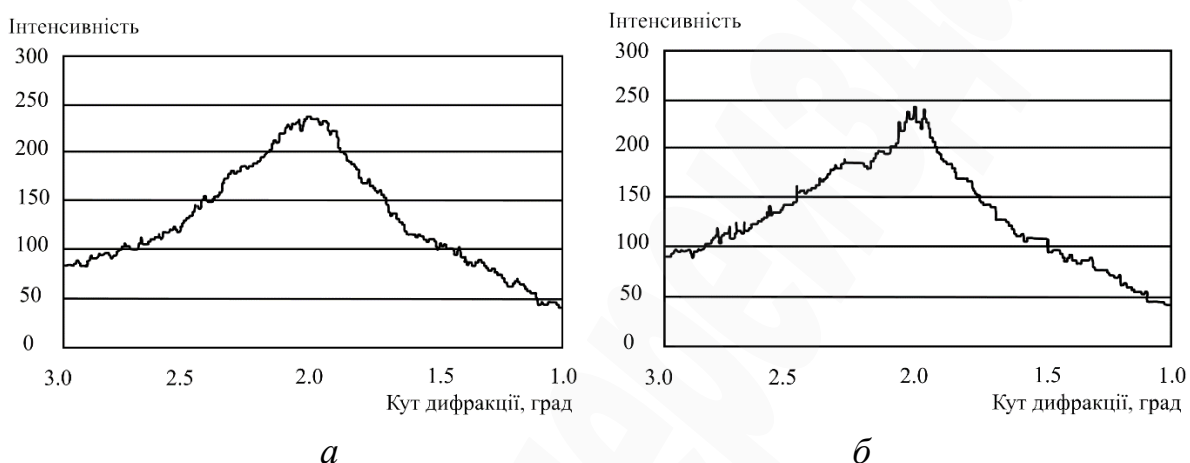
У склад кексу «Чорничний» (рис. 4, *б*) внесено гречане борошно, молоко сухе знежирене, порошок коренів цикорію, що підвищує вологоутримувальну здатність продукту завдяки гідратації молекул простих вуглеводів внесеної сировини, у результаті чого черствіння кексу сповільнюється. При значенні кута дифракції  $20^\circ$  інтенсивність дифракційного максимуму у кексі «Чорничний» становила 298.



**Рис. 4.** Дифрактограма після випікання: *a* – кексу «Осінній аромат»;  
*б* – кексу «Чорничний»

До кексів «Медок» (рис. 5, *а*) та «Елітний» (рис. 5, *б*) внесено продукти бджільництва. До складу кексу «Медок» додано молочну сироватку, кукурудзяне борошно, порошок квіткового пилку, а до начинки – мед натуральний та квітковий пилок. Кекс «Елітний» містить молочну сироватку, борошно вівсяне, порошок квасолі та прополіс. Начинку сформовано на основі меду натурального з прополісом.

Продукти бджільництва підвищують вміст моноцукрів, що сприяє вивільненню води, яка взаємодіє з білками борошна з утворенням клейковини, а також з крохмалем, внаслідок чого руйнується його кристалічна структура.



**Рис. 5.** Дифрактограма після випікання: *а* – кексу «Медок»;  
*б* – кексу «Елітний»

При порівнянні дифрактограм зразка кексу «Елітний» з дифрактограмами контрольного зразка чітко простежується руйнування кристалічних ділянок крохмалю борошна, інтенсивність максимуму відбиття. Це відповідає значенню кута дифракції  $20^\circ$  для зразка кексу «Елітний», який становив 225. В зразках «Медок» та «Елітний» чітко розмежовані максимумами, дифракції відсутні, що свідчить про сповільнення процесу ретроградації.

#### 4. Висновки

Проведене визначення фазового складу речовин у розроблених кексах «Кунжутний», «Морячок», «Міцний горішок», «Осінній аромат», «Чорничний», «Медок», «Елітний» з використанням рентенофазного аналізу дозволив виявити ступінь деформації кристалічної структури крохмалю, а отже проаналізувати процес ретроградації. Порівняння отриманих дифрактограм з контрольним зразком кексу «Столичний» підтвердив ефективність використання у кексах пропонованої рослинної сировини і натуральних добавок. Внесені добавки обумовлюють процес руйнування кристалічної структури крохмалю, а отже і сповільнення процесу ретроградації та подовження зберігання кексів.



## Література

1. Dubcov, G. G., Dzhaboeva, A. S., Shaova, L. G. (2010). Novye vidy muchnykh konditerskikh izdelii profilakticheskogo naznacheniiia. *Konditerskoe i khlebopekarnoe proizvodstvo*, 1-2, 50.
2. Ranadheera, R. D. C. S., Baines, S. K., Adams, M. C. (2010). Importance of food in probiotic efficacy. *Food Research International*, 43 (1), 1–7. doi: <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.009>
3. Kozlova, O. S., Filippov, S. V. (2010). Naturalnye ingredienty dlia proizvodstva funktsionalnykh produktov. *Konditerskoe i khlebopekarnoe proizvodstvo*, 10, 14–16.
4. Kuznecova, L. S., Sidanova, M. Iu. (2010). Novye netradicionnye vidy syria dlia konditerskoi promyshlennosti. *Konditerskoe i khlebopekarnoe proizvodstvo*, 9, 8–10.
5. Dorokhovych, A., Soloviova, O., Bondaruk, Yu. (2010). Zbahachennia kondyterskykh vyrobiv vitaminamy i mineralnymy rehovynamy. *Khlibopekarska i kondyterska promyslovist Ukrainy*, 7-8 (68-69), 57–60.
6. Vishniak, M. N. (2009). Muchnye konditerskie izdeliia dlia bezgliutenovogo pitaniia. *Polzunovskii almanakh*, 2, 95–96.
7. Paraskevopoulou, A., Provatidou, E., Tsotsiou, D., Kiosseoglou, V. (2010). Dough rheology and baking performance of wheat flour–lupin protein isolate blends. *Food Research International*, 43 (4), 1009–1016. doi: <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.01.010>
8. Strupan, E. A., Strupan, O. A., Korshunova, T. V. (2009). Pat. No. 2355171 RU. *Sposob polucheniia muki iz rastitel'nogo syria*. MPK: A 21 D 2/36. No. 2008106096/13; declared: 18.02.2008; published: 20.05.2009.
9. Suprunova, I. A., Chizhikova, O. G., Samchenko, O. N. (2010). Muka lnianaia – perspektivnii istochnik pischevykh volokon dlia razrabotki funktsionalnykh produktov. *Tekhnika i tekhnologiiia pischevykh proizvodstv*, 4, 50–54.
10. Perfilova, O. V., Baranov, B. A., Skripnikov, Iu. G. (2009). Frkuktovye i ovoschnye poroshki iz vyzhimok v konditerskom proizvodstve. *Khranenie i pererabotka selkhozsyria*, 9, 52–54.
11. Franko, E. P., Kasianov, G. I. (2010). Osobennosti pererabotki miakoti i semian dyni. *Izvestiia vuzov. Pischevaia tekhnologiiia*, 4, 26–28.
12. Tumanova, A. E., Tipsina, N. N., Korshunova, T. V., Strupan, E. A. (2010). Poroshok iz cherniki – cennaia pischevaia dobavka. *Konditerskoe i khlebopekarnoe proizvodstvo*, 7-8, 50–52.
13. Kaloshyna, A., Vaskyna, V. (2011). Perspektivyvi yspolzovaniia novoho molochnoho produkta v proyzvodstve kondyterskykh yzdelyi. *Khlibopekarska i kondyterska promyslovist Ukrainy*, 1 (74), 5.
14. Ramazanova, L. A., Daudova, T. N. (2009). Poluchenie i ispolzovanie kompleksnykh BAD na osnove molochnoi syvorotki. *Khranenie i pererabotka selkhozsyria*, 2, 63–65.
15. Lozova, T. M., Syrokhman, I. V. (2009). *Naukovi osnovy formuvannia spozhyvnykh vlastyvostei i zberihannia yakosti boroshnianykh kondyterskykh vyrobiv*. Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi komertsii noi akademii, 456.

16. Syrokhman, I. V., Dontsova, I. V. (2010). *Suchasni napriamy polipshennia spozhyvnykh vlastyvostei zhyrovnisnykh kondyterskykh vyrobiv*. Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi komertsiinoi akademii, 320.

17. Khasanova, S. D., Skobelskaia, Z. G. (2012). Izuchenie form sviazyvaniia vlagi v pomade so shrotom amaranta. *Khranenie i pererabotka selkhozsyria, 1*, 26–28.

18. Kovalchuk, K., Ozimok, H., Mariychuk, R., Gyrka, O., Bodak, M., Palko, N. et. al. (2019). Determination of safety indicators in the developed muffins with non-traditional raw materials. *EUREKA: Life Sciences, 4*, 28–35. doi: <http://doi.org/10.21303/2504-5695.2019.00972>

19. Shulha, O. S. (2019). *Naukove obgruntuvannia ta rozroblennia tekhnolohii biodehradabelnoho yistivnoho pokryttia dlia kondyterskykh i khlibobulochnykh vyrobiv*. Kyiv, 45.

20. Zubenko, V. V. (1992). *Eksperimentalnye metody rentgenostrukturnogo analiza*. Moscow: Izdatelstvo MGU, 150.

*The research topics are the hardening process of flour confectionery during storage, accompanied by a complex of complex physical, chemical, colloidal and biochemical processes associated with starch and proteins. It is revealed that scientists use non-traditional herbal supplements in cupcakes, in particular, medicinal plants, seeds, fruits and leaves of nuts, vegetables, fruits, wild berries. In the work, the objects of research were developed according to the author's recipes: «Sesame», «Moriachok», «Mitsnyi Gorishok», «Osinnii Aromat», «Chornychnyi», «Medok», «Elitnyi» cupcakes, base samples for comparison – premium flour and «Stoluchnyi» cupcake. In the recipe for these cupcakes, part of the wheat flour is replaced with non-traditional raw materials:*

– «Sesame» (rye flour, powders of blackberry leaves, blueberry, black currant, chamomile flowers, whey, sesame oil)

– «Moriachok» (oatmeal, powders of leaves of frangipani, raspberries, ordinary mother, thallus kelp, oil of pumpkin seeds)

– «Mitsnyi Gorishok» (buckwheat flour, peppermint, walnut leaf powder, whey, butter and walnut kernels)

– «Osinnii Aromat» (cornmeal, powders of St. John's wort, perforated, linden blossoms, Echinacea purpurea, skimmed milk powder, candied apple and cherry)

– «Osinnii Aromat» (buckwheat flour, chicory root powders, tricolor violet flowers, skimmed milk powder, dried blueberries)

– «Medok» (corn flour, powders of linden flowers, heart pollen, flower pollen, skimmed milk powder, pumpkin seed oil, natural honey with pollen)

– «Elitnyi» (oatmeal, peppermint leaves, beans, propolis, whey, natural honey with propolis).

*In the course of the study, the X-ray phase analysis method was used on a DRON-UM-1 diffractometer (Russia), and it revealed the degree and types of deformation of the crystal structure of substances. The range of values is determined at reflection angles in the range of 10-30° – diffraction maxima of starch. The retrograde process based on the obtained diffractograms is analyzed and the ability of the used natural additives in cupcakes to extend their shelf life is confirmed. As a*

*result of baking, the destruction of the crystalline structure of starch in the developed cupcake samples was much more intensive compared with the control sample of the «Stolychnyi» cupcake.*

**Keywords:** *flour confectionery, unconventional raw materials, diffraction angle, intensity of diffraction maximum, X-ray phase analysis, X-ray amorphous structure.*

ТОЛЬКО ДЛЯ ЧТЕНИЯ