

Дослідження структурно-механічних властивостей пісочного тіста із шротами олійних культур

М. Ф. Кравченко, В. С. Михайлик, Д. М. Якимчук, О. В. Дзюндзя,
В. Г. Бурак, О. В. Романенко, М. І. Валько, Є. О. Короленко,
І. І. Осипенкова, З. В. Бондарчук

Наводяться результати досліджень використання шротів олійних культур у технології борошняних кондитерських виробів, а саме пісочного тіста. Досліджено структурно-механічні характеристики пісочного тіста із додаванням шротів насіння кунжуту, горіху і льону. Виявлено, що показники еластичності, пластичності і розтяжності зменшуються у порівнянні із контрольним зразком від 4 % до 40 % при додаванні шротів кунжуту, горіху та льону з вмістом від 10 % до 30 %. Додавання шротів сприяє зменшенню кількості клейковини борошна, що є позитивним чинником для формування пісочного тіста. При додаванні композиції вказаних шротів у співвідношенні 1,5:2:1,5 у пісочне тісто збільшується вміст білка, клітковини, макро- та мікроелементів.

Проведено сенсорну оцінку якості пісочних тістових напівфабрикатів із шротами олійних культур. Розраховано розтяжність контрольного і дослідних зразків тістових пісочних напівфабрикатів із заміною 10 %, 20 % і 30 % композиції замість борошна. Розраховано структурно-механічні характеристики пісочного тіста – деформацію, відносну пластичність, еластичність, пружність. Побудовано графік динаміки деформації пісочного тіста з використанням модельних композицій шротів кунжуту, горіху та льону. У розроблених тістових напівфабрикатах зменшуються показники пластичності, еластичності, пружності і деформації. Визначено, що кількість клейковини у пісочному тісті зменшується і розроблені вироби мають більшу крихкість. Визначено, що найкращі сенсорні показники має зразок із 20 % вмістом шротів у борошні.

Експериментально підтверджено доцільність використання шротів олійних культур, а також розроблено технологію борошняних кондитерських виробів із пісочного тіста. В ньому збільшився вміст білка в 2,4 рази, Селену – в 41,2 рази, клітковини – в 4,7 рази, Кальцію – в 18,4 рази, Магнію – в 8,5 рази, вітаміну Е – в 9,1 рази. Встановлено, що розроблені функціональні вироби мають покращену харчову і біологічну цінність та крихкість

Ключові слова: пісочне тісто, шроти, олійні культури, структурно-механічні характеристики, деформація тіста

1. Вступ

Борошняні кондитерські вироби хоча і не відносяться до соціальних продуктів харчування, але належать до категорії продукції, яка регулярно споживається і користується попитом. З точки зору раціонального харчування характеризуються високим вмістом вуглеводів, жирів та незбалансованим хімічним

складом [1]. Така специфіка харчування населення є неефективною та спричиняє погіршення стану здоров'я. Неповноцінний раціон харчування є причиною багатьох фізичних розладів, погіршення загального самопочуття населення. Також, цьому сприяють багато факторів, серед яких: культура харчування, низька купівельна спроможність, необізнаність в питаннях здорового і повноцінного харчування [2].

Зважаючи на це, необхідні заходи, що спрямовані на захист людини від впливу харчового дефіциту, що направлені на збалансованість раціону за рахунок корегування хімічного складу. Тому особливе значення має розробка і впровадження у виробництво продуктів профілактичного і спеціального призначення, що містять життєво необхідні мікроелементи, які здатні компенсувати дію агресивних факторів навколишнього середовища.

Зважаючи на це актуальним завданням є оптимізація хімічного складу та біологічної цінності борошняних кондитерських виробів за рахунок використання натуральної сировини, яка має високу харчову та біологічну цінність, багата на вітаміни та мікро- і макроелементи – калій, кальцій, йод, селен [3].

Перспективним напрямком при розробці борошняних кондитерських виробів підвищеної харчової цінності є використання борошняних композитних сумішей шротів олійних культур. Суміші складаються з різних компонентів, кількість і співвідношення яких залежать від їх призначення, що дозволяє створити нові види продуктів на основі взаємного збагачення їх складових.

Зміна компонентів сумішей, їх різне співвідношення впливає на реологічні властивості тіста і дозволяє використовувати композитні суміші при виробництві пісочних кондитерських виробів. Використання шротів олійних культур підвищує у výroбах якість білка за амінокислотним складом, покращує жирнокислотний склад та збільшує вміст мікронутрієнтів. Шроти підвищують функціональні можливості організму та перешкоджають впливу шкідливих факторів, які чинять вплив на людину [4].

Покращення якості готової продукції із одночасним забезпеченням високих органолептичних показників є важливим завданням як для закладів готельно-ресторанного господарства, так і для харчової промисловості в цілому [5].

Сучасні тенденції розвитку харчових технологій характеризуються широким застосування природних добавок [6]. Це стосується як України, так і більшості країн світу. Така тенденція забезпечує розширенню асортименту виробів, які характеризуються покращеними характеристиками у порівнянні із класичними. Особливо інтенсивно розвивається напрямок застосування рослинних добавок в якості додаткових інгредієнтів харчових виробів, в тому числі і борошняних.

Тому, актуальним постає завдання дослідження структурно-механічних властивостей борошняних виробів із додаванням біологічно активних речовин на основі рослинних добавок.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Для покращення структури харчування населення необхідне запровадження сучасних технологій, рецептур, використання нових добавок із широким за-

стосуванням біологічно активних речовин, таких як вітаміни, білки, амінокислоти. Одним із джерел біологічно активних речовин є рослинні добавки. У них містяться природні комплекси макро- і мікроелементів в найбільш доступній і засвоюваній формі [4]. Однією із таких корисних добавок є шрот. Це побічний продукт переробки насіння льону, кунжуту, ядер волоського горіху після одержання з них олій. Характерною особливістю такої добавки є порошкоподібна структура та підвищений вміст клітковини, білка, вітамінів групи В, мінеральних речовин. Серед існуючих досліджень щодо застосування шроту в якості біологічної добавки варто відмітити ряд основних робіт, які мають найбільший вплив на результати подальших досліджень.

Відомо [7] застосування шроту з листя волоського горіха в якості біологічно активної добавки. Проведено дослідження із визначення хімічного і фракційного складу такого порошку. Встановлено підвищений вміст Селену в легкозасвоюваній формі, а також доведено прояв антиканцерогенної дії. Визначено, що шрот волоського горіха порівняно з борошном пшеничним містить значну кількість клітковини, білків з покращеним амінокислотним складом. Також містить мінеральні речовини (Залізо, Калій, Марганець, Мідь, Цинк) та деякі фенольні сполуки, дубильні речовини та флавоноїди [7]. Проте, не досліджено застосування ядра горіха.

У роботі [8] визначено раціональне дозування насіння льону у пісочному печиві. Встановлено, що шрот льону підвищує імунітет, володіє заспокійливою дією, сприяє покращенню процесів шлунково-кишкового тракту. Проведені дослідження [8] дозволили встановити, що за рахунок наявності у пісочному печиві мінеральних речовини (Магній, Калій, клітковина, вітаміни А, В, Е, амінокислоти, жирні кислоти ω^{-3} і ω^{-6}) забезпечується покращення органолептичних та функціональних характеристик. Додавання шроту насіння льону замість борошна у кількості від 2,5 % до 7,5 % збільшує вміст клітковини, кальцію, магнію, селену. Однак при цьому у борошняних виробих погіршуються структурно-механічні властивості тіста.

Досліджено, що шроти олійних культур володіють покращеними функціонально-технологічними властивостями, особливо вираженими сорбційними, антиоксидантними, детоксичними і комплексоутворюючими [9]. Це сприяє підвищенню якості готових виробів та ефективності застосування.

Відома технологія використання шроту в якості безглютенової добавки при виготовленні хліба [10]. Встановлено, що при додаванні такої добавки в розмірі 7–32 % до рецептурного складу борошняних виробів досягається збільшення концентрації макро- та мікронутрієнтів. Це позитивно впливає на харчові цінності продукції особливо для специфічних верств населення із наявністю обмежень щодо вживання борошняних виробів. Однак дослідження стосуються лише однієї продукції і не дають уявлення про застосування вказаних шротів при виготовленні інших виробів.

В роботі [11] досліджено вплив цукрозамінників на якість кондитерських виробів. Наведено та визначено комплексний індикатор якості цукру і цукрозамінників, а також встановлено їх вплив на виробництво борошняних виробів. Встановлено переваги цукрозамінників у порівнянні із звичайним цукром при

додаванні у вироби із тіста. Варто зауважити, що цукрозамінники складають малий відсоток від загальної кількості сировини при виготовленні кондитерських виробів, тому мало впливають на готову продукцію. Вказана робота використовується для аналізу впливу на борошняні вироби цукрозамінників, як елементів, що покращують властивості виробів із тіста. Так як окрім шротів використовуються й інші елементи про які варто говорити.

Існують дослідження вчених щодо підвищення біологічної цінності пряників за рахунок використання природніх добавок [12]. Теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено доцільність використання рослинних добавок при виготовленні таких виробів. Обґрунтовано вплив вмісту рослинних добавок на формостійкість пряників. Однак проведені дослідження носять теоретичний характер та не мають практичного застосування.

В роботі [13] описана технологія борошняних кондитерських виробів з використанням ядра соняшникового насіння. Визначено органолептичні характеристики та досліджено вплив на якість продукції. Встановлено позитивний ефект від застосування ядра соняшникового насіння при виготовленні борошняних кондитерських виробів. Проведені дослідження носять комплексний характер та обмежені в більшості теоретичним аспектом.

Існують дослідження із застосуванням шротів із виноградних кісточок при виготовленні борошна [14]. Описано переваги використання такої муки при виготовленні борошняних виробів. Проведені дослідження позиціонуються для дієтичних аспектів застосування та не можуть носити масовий характер.

В роботі [15] описано застосування порошку чорноплідної горобини в технології бісквітів функціонального призначення типу «Червоний оксамит». Досліджено переваги застосування такої добавки та основні функціональні можливості. Розроблено технологію та рецептуру виготовлення харчових виробів власної розробки. Варто зауважити, що розробка стосується лише для виготовлення бісквітів та не дає змогу зрозуміти як вплине вказаний порошок на інші борошняні вироби.

Таким чином, незважаючи на наявність наукових праць щодо застосування різних добавок та шротів при виготовленні борошняних виробів, використання композицій шротів олійних культур не вивчено в достатній мірі. Особливо це стосується шротів льону, кунжуту і ядер волоського горіху для застосування при виготовленні виробів з пісочного тіста.

3. Мета і завдання дослідження

Метою дослідження є наукове обґрунтування та експериментальне підтвердження доцільності використання шротів насіння кунжуту, горіху і льону у технології виготовлення виробів з пісочного тіста.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- дослідити структурно-механічні характеристики пісочного тіста з додаванням шротів насіння кунжуту, горіху і льону;
- виконати розрахунок хімічного складу пісочного печива та встановити доцільність застосування шротів насіння кунжуту, горіху і льону в якості добавки до нього;

– провести сенсорну оцінку органолептичних показників готових виробів з композицією шротів.

4. Матеріали та методи дослідження пісочного тіста зі шротами олійних культур

В експериментах використовувались існуючі тестові методи дослідження [16] та реологічні методи дослідження сировини [17]. Вся сировина та матеріали за показниками якості та безпечності відповідали вимогам чинної в Україні нормативної документації, а саме – ДСТУ 3781:2014 [18]. Також посвідченням якості фірм-виробників і дозволені до застосування Міністерством охорони здоров'я України. В роботі використано методи визначення масових часток вологи та сухих речовин згідно ДСТУ 4910:2008 [19].

Розтяжність визначалась на еластопластометрі Толстого (Україна) [17]. Еластопластометр складається із наступних елементів: стола, на якому розміщено підставку для встановлення пластини зі зразком тіста; мікроскоп для дослідження зміщення голки; блок, через який діє навантаження на верхню пластину за рахунок підвішеної гирі.

Метод вимірювання заснований на визначенні деформації зсуву, віднесеного до товщини зразка. Звичайною мірою процесу є не деформація, а піддатливість, тобто деформація, віднесена до постійно діючої напруги. Піддатливість в умовах лінійного поводження є константою і не залежить від напруги. Перше значення абсолютної деформації одержують за допомогою мікроскопа миттєво, як тільки навантаження починає діяти на верхню пластину. Після цього з періодичністю 1 хв. знімають значення абсолютної деформації протягом 10 хв. Подальші спостереження можна вести з періодичністю 5 хв. Після зняття навантаження фіксують миттєву деформацію, а потім знімають показники приладу з такою частотою, як і під час навантаження. Дослідження припиняють, якщо протягом 30 хвилин не вдалось зафіксувати зміну абсолютної деформації.

Органолептичні показники пісочного тіста визначено дегустацією за десятибальною шкалою згідно ДСТУ 5024:2008 [20]. Матеріалом для досліджень слугували шроти насіння кунжуту, волоського горіху та льону, які відповідають ТУ У 10.4-38667335-002:2014 [21].

Об'єктом дослідження була одна композиція шротів насіння кунжуту, горіху, льону. Оптимальне співвідношення трьох видів шротів у композиції визначено методом математичного моделювання. Визначено оптимальне співвідношення шротів кунжуту, волоського горіху, льону як 1.5:2:1.5. Отриману композицію шротів використано у подальших дослідженнях. Її вносили у пісочне тісто в кількості 10 %, 20 % і 30 % від маси борошна згідно з рецептурою (відповідно дослід 1, 2 і 3). Для цього використано 4 зразки пісочного тіста із використанням пшеничного борошна вищого гатунку та шротів насіння кунжуту, горіху, льону, які утворювали пісочні тістові напівфабрикати:

- 1 зразок – контроль (пісочне тісто);
- 2 зразок – пісочне тісто із заміною борошна на композицію шротів кунжуту, горіху, льону у кількості 10 % (дослід № 1);

– 3 зразок – пісочне тісто із заміною борошна на композицію шротів кунжуту, горіху, льону у кількості 20 % (дослід № 2);

– 4 зразок – пісочне тісто із заміною борошна на композицію шротів кунжуту, горіху, льону у кількості 30 % (дослід № 3).

Під час дослідження хімічного складу пісочного печива застосовано загальноприйняті, стандартні методи досліджень. Хімічний склад досліджено з використанням ДСТУ 4910:2008, ДСТУ 4230:2003, ДСТУ 4638:2006, ДСТУ ISO 771:2006, а саме:

– масової частки води – методом висушування при температурі 100–105 °С (вище написано, що за ДСТУ 4910:2008);

– жиру – екстракційно-ваговим методом в апараті Сокслета;

– білка – визначенням загального азоту за методом К'ельдаля;

– золи – ваговим методом після мінералізації наважки продукту в муфельній печі при температурі 500–600 °С.

Кількісні зміни макро- та мікроелементів визначено методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії на приладі С-115ПК («НПП Академприбор», Україна) із використанням ацетиленповітряної суміші. Вміст мінеральних елементів визначено методом рентгенофлуоресцентного аналізу на аналізаторі ElvaX-Med (Elvatech, Україна); вміст Кальцію і Фосфору – колориметричним методом; вміст Йоду – інверсійною вольтамперметрією на приладі АВА – (ООО «УкрАналітика», Україна).

5. Результати дослідження впливу шротів олійних культур на структурно-механічні властивості пісочного тіста

При вивченні впливу шротів олійних культур на якість пісочного тіста важливим є дослідження структурно-механічних властивостей напівфабрикату. При вивченні впливу шротів олійних культур на якість пісочного тіста важливим є дослідження структурно-механічних властивостей напівфабрикату. Згідно існуючих досліджень [22, 23] встановлено, що структурно-механічні або реологічні властивості харчових продуктів характеризують їх властивість чинити опір впливу зовнішньої енергії. Це обумовлено будовою і структурою продукту, а також якістю харчових продуктів, що обов'язково враховуються при виборі умов їх виробництва і зберігання.

До таких характеристик відносяться: розтяжність, пружність, еластичність, пластичність, а також в'язкість тіста. Вказані характеристики значною мірою залежать від кількісного співвідношення білків і крохмалю, виду жиру, стану та зв'язку. Пружність і еластичність обумовлені кількістю та властивостями клейковини, а пластичність і в'язкість – розміром, будовою та станом крохмальних зерен, наявністю слизеподібних і некрохмальних полісахаридів. Враховуючи дані структурно-механічних властивостей є можливість розробляти нові рецептури або удосконалювати класичні.

5. 1. Визначення структурно-механічних показників пісочного тістового напівфабриката

Одним із основних показників пісочного тістового напівфабрикату є розтяжність, на підставі яких в подальшому можна розрахувати пружність, еластичність, пластичність і в'язкість. Тому на першому етапі досліджено розтяжність контрольного і дослідних зразків. Результати досліджень представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Показники розтяжності пісочних тістових напівфабрикатів

№ з/п	Час, хв	Розтяжність пісочних тістових напівфабрикатів, мм			
		Контроль (пісочне тісто)	Тісто з композицією шротів насіння кунжуту, горіху, льону		
			Дослід № 1*	Дослід № 2**	Дослід № 3***
1	0	0,12	0,04	0,04	0,04
2	1	0,20	0,08	0,08	0,10
3	2	0,24	0,10	0,10	0,12
4	3	0,30	0,12	0,12	0,14
5	4	0,32	0,12	0,14	0,14
6	5	0,34	0,14	0,16	0,14
7	6	0,40	0,14	0,18	0,14
8	7	0,42	0,14	0,18	0,14
9	8	0,44	0,16	0,18	0,14
10	9	0,46	0,16	0,20	0,14
11	10	0,48	0,18	0,20	0,14
12	15	0,52	0,20	0,22	0,16
13	20	0,56	0,20	0,22	0,18
14	25	0,60	0,22	0,24	0,18
15	30	0,64	0,22	0,28	0,20
16	40	0,70	0,22	0,30	0,20
17	50	0,78	0,24	0,32	0,22
18	60	0,80	0,24	0,32	0,22
19	70	0,84	0,24	0,36	0,24
20	80	0,90	0,26	0,36	0,24
21	90	0,94	0,28	0,38	0,26

Примітка: Дослід № 1* – тісто із заміною борошна на композицію шротів кунжуту, горіху, льону у кількості 10 %; Дослід № 2** – тісто із заміною борошна на композицію шротів кунжуту, горіху, льону у кількості 20 %; Дослід № 3*** – тісто із заміною борошна на композицію шротів кунжуту, горіху, льону у кількості 30 %

Проведені дослідження дозволили встановити, що розтяжність пісочних тістових напівфабрикатів при розтягуванні протягом 90 хв в контрольному зразку збільшилася і становила від 0,12 мм до 0,94 мм. У дослідних зразках із додаванням шротів розтяжність при збільшенні часу склала: у першому досліді – від 0,04 мм до 0,28 мм; у другому досліді – від 0,04 мм до 0,38 мм; у третьому досліді – від 0,04 мм до 0,26 мм. Встановлено, що розтяжність дослідних пісоч-

них тістових напівфабрикатів при додаванні шротів у дослідах № 1–3 зменшується у порівнянні з контрольним зразком на 0,68 мм, 0,56 мм і 0,70 мм 0,66 мм, 0,56 мм і 0,68 мм відповідно. Розтяжність контрольного зразка збільшилась на наступні величини: для досліду № 1 – 70,21 %, для досліду № 2 – 59,57 %, для досліду № 3 – 72,34 %. Таким чином, додавання шротів насіння кунжуту, горіху, льону в тістові напівфабрикати покращує їх характеристики. Таким чином, додавання шротів насіння кунжуту, горіху, льону в тістові напівфабрикати покращує їх споживчі характеристики.

За даними розтяжності було визначено структурно-механічні властивості пісочного тіста. Результати розрахунків представлені в табл. 2.

Таблиця 2

Структурно-механічні показники пісочного тістового напівфабрикату контрольного та дослідних зразків з додаванням композиції шротів

Показник	Найменування показника	Контроль	Дослід № 1	Дослід № 2	Дослід № 3
$\gamma_{зв.}$	Зворотна деформація, 10^{-3} м	0,56	0,17	0,24	0,17
$\gamma_{нез.}$	Незворотна деформація, 10^{-3} м	0,38	0,08	0,14	0,09
$\gamma_{заг.}$	Загальна деформація, 10^{-3} м	0,94	0,25	0,38	0,26
τ	Напруження зсуву, Па	130,80	196,20	196,20	196,20
I	Податливість, Па^{-1}	0,0000072	0,0000013	0,0000019	0,0000013
$G_{пр.}$	Умовно миттєвий модуль пружності, $\times 10^3$ Па	0,93	3,924	4,08	3,270
$G_{ел.}$	Високоеластичний модуль, $\times 10^3$ Па	0,310	1,635	1,022	2,450
η	Пластична в'язкість, $\times 10^2$ Па \times с	75,52	113,28	113,28	113,28
K	Відношення зворотної до загальної деформації	0,60	0,67	0,62	0,65
P_p	Відносна пружність, %:	14,53	19,12	12,63	23,44
P_l	Відносна пластичність, %:	40,38	33,09	37,89	35,16
E_l	Відносна еластичність, %:	45,09	47,79	49,47	41,41

Встановлено, що додавання композиції шротів кунжуту, волоського горіху, льону у пісочний тістовий напівфабрикат змінює його характеристики. По більшості характеристик спостерігається позитивна динаміка, що свідчить про ефективність додавання шротів.

На рис. 1. представлена динаміка деформації тістових напівфабрикатів з композицією шротів кунжуту, горіху та льону.

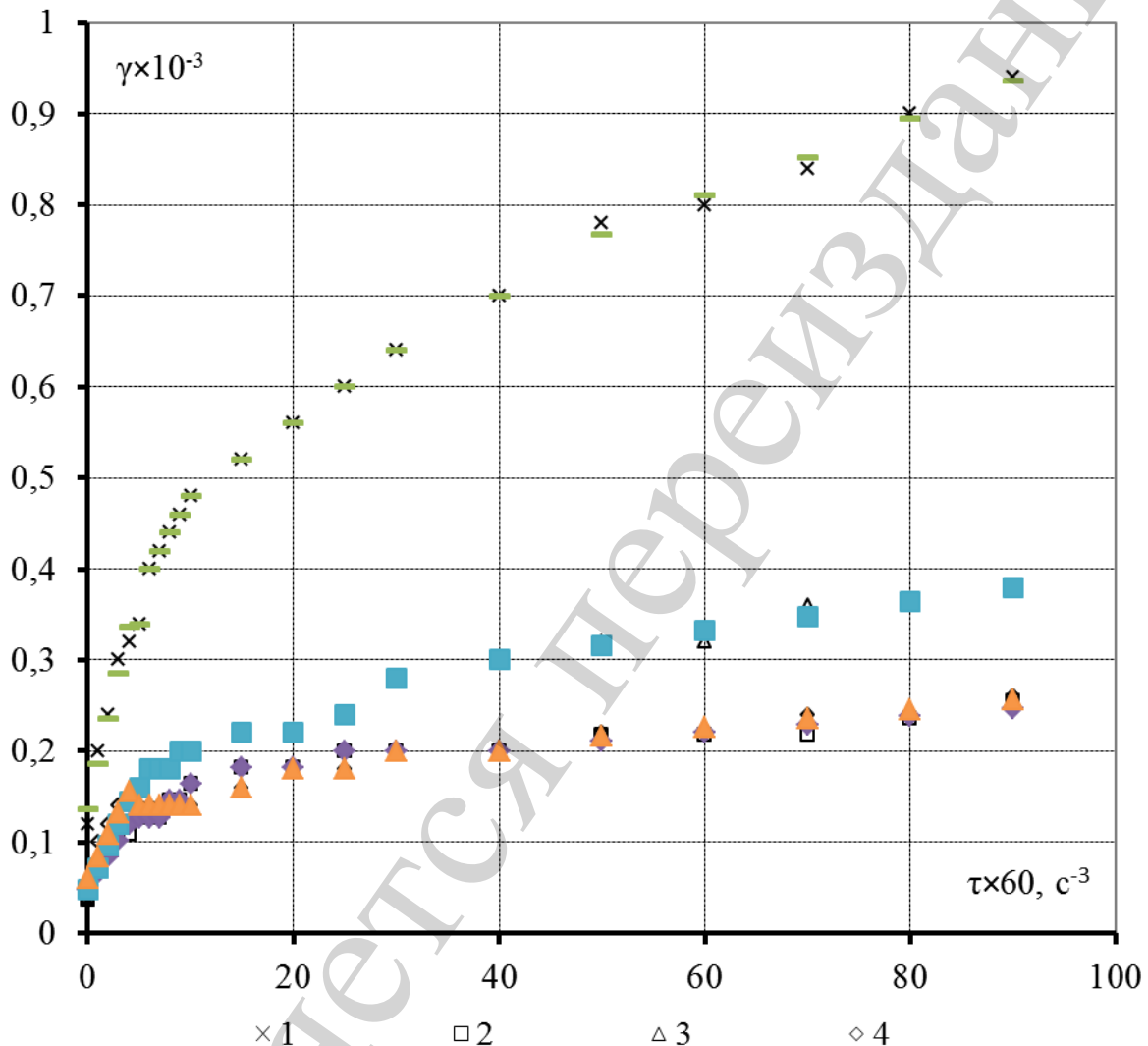


Рис. 1. Деформація зразків тістових напівфабрикатів: 1 – пісочний напівфабрикат без добавок; 2 – пісочний напівфабрикат із заміною пшеничного борошна на композицію шротів насіння кунжуту, волоського горіху, льону у кількості 10 %; 3 – пісочний напівфабрикат із заміною пшеничного борошна на композицію шротів насіння кунжуту, волоського горіху, льону у кількості 20 %; 4 – пісочний напівфабрикат із заміною пшеничного борошна на композицію шротів насіння кунжуту, волоського горіху, льону у кількості 30 %

Проведені дослідження показали, що загальна деформація тістового напівфабрикату знижується (рис. 1). При додаванні композиції запропонованих шротів у пісочний тістовий напівфабрикат змінюються його структурно-механічні

показники у порівнянні із контрольним зразком. Зміна пластичної в'язкості відбувається за рахунок зменшення клейковини.

З дослідів з'ясовано, що структурно-механічні характеристики змінюються нелінійно. В першу чергу, це пояснюється різним вмістом хімічних елементів тістового напівфабрикату, які і спричинюють різну поведінку. У композиціях із 10 % та 30 % спостерігається певна схожість показників, що досліджувались.

Розраховані показники пружності, пластичності та еластичності пісочного тістового напівфабрикату представлено на рис. 2.

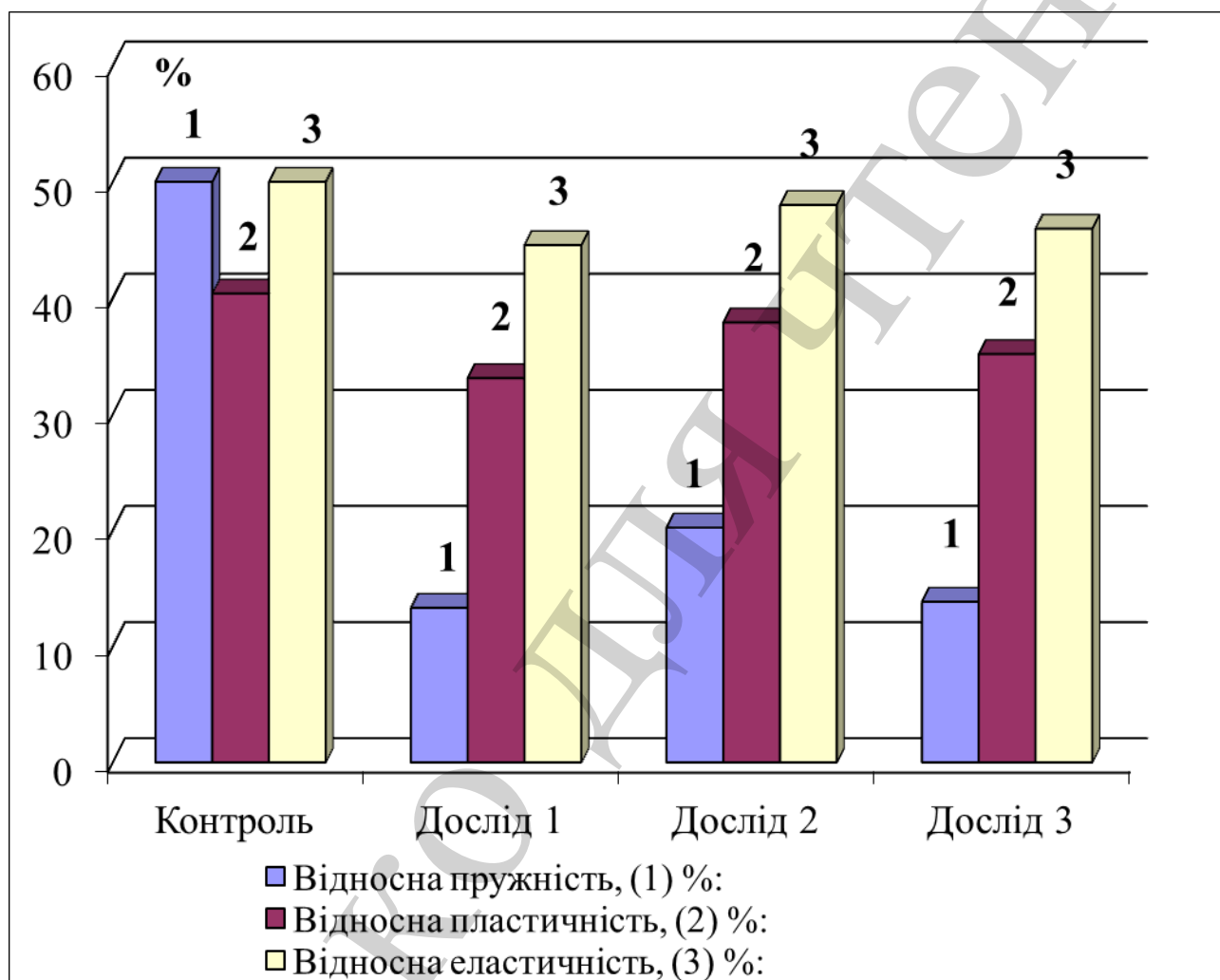


Рис. 2. Результати досліджень з визначення показників пружності, пластичності та еластичності пісочного тістового напівфабрикату

Встановлено, що при заміні борошна на композицію шротів у пісочному тістовому напівфабрикаті (рис. 2) змінюються пружні, пластичні і еластичні властивості. У контрольного зразка загальна деформація більша, тому величина пружності більша на 65,24 %, 64,69 % та 55,88 % для дослідів № 1–3 відповідно.

Встановлено, що найкращі характеристики тістового напівфабрикату спостерігаються в досліді № 2 при додаванні шротів в розмірі 20 %. У порівнянні із контрольним зразком покращуються характеристики пружності, пластичності та еластичності.

5. 2. Результати дослідження хімічного складу пісочного печива

Відомо, що поживна цінність пісочного печива залежить від вмісту в ньому білків, жирів, вуглеводів, вітамінів та мінеральних речовин. Вказані речовини та мікроелементи безпосередньо впливають на якість та корисність готової продукції. Тому, проведено дослідження із встановлення хімічного складу пісочного печива, результати яких наведено в табл. 3 та табл. 4.

Таблиця 3

Хімічний склад пісочного печива (контролю) на 100 г

Показник	Одиниця вимірювання	Шрот		
		насіння льону	Насіння кунжуту	ядер волоського горіху
Макронутрієнти				
Білок	г	28,00	37,82	44,83
Жир		10,00	4,00	4,40
Вуглеводи		37,00	23,78	20,31
в т.ч. Клітковина		35,00	2,00	7,60
Мінеральні речовини				
Калій	мг	790,00	968,81	1908,00
Кальцій		1140,00	2873,29	356,32
Магній		380,00	1052,63	568,97
Натрій		54,00	146,20	9,00
Фосфор		600,00	616,00	1620,00
Ферум		77,00	30,40	6,61
Йод	мкг	9,00	–	8,20
Кобальт		0,71	30,20	20,98
Манган		770,00	–	5719,00
Мідь		150,00	–	1514,00
Селен		171,00	–	–
Вітаміни				
А	мг	0,10	–	60,09
С		14,00	–	4,80
В ₁		1,07	1,53	1,09
В ₂		0,40	0,78	0,37
Е		0,55	2,00	50,00
РР		2,10	7,80	2,87
В ₉	мкг	4,20	4,00	221,26

Таким чином, виконано розрахунок хімічного складу пісочного тістового напівфабриката. Встановлено вміст макронутрієнтів, мінеральних речовин та вітамінів на 100 г маси. Встановлено, що у шроті насіння льону міститься найбільша кількість клітковини, Феруму, Йоду, Селену. У шроті насіння кунжуту –

Кальцію, Магнію, Натрію, Кобальту, вітамінів В₁ і В₂. У шроті ядер волоського горіху – білка, Фосфору, Мангану, вітаміну А.

Таблиця 4

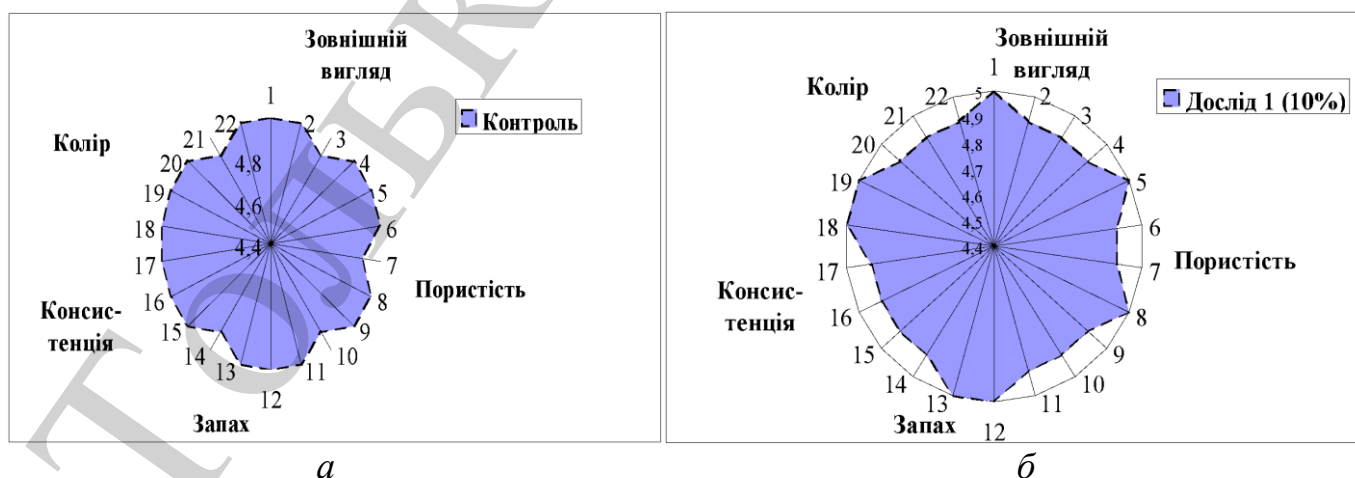
Хімічний склад пісочного печива з композицією шротів

Показник	Контроль (печиво пісочне)	Дослід 1 (печиво пісочне з 10 % шротів)	Дослід 2 (печиво пісочне з 20 % шротів)	Дослід 3 (печиво пісочне з 30 % шротів)
Білок, г	4,59	7,90	11,21	14,52
Клітковина, г	0,72	2,06	3,40	4,75
Кальцій, мг	15,3	148,42	281,54	414,66
Магній, мг	16,7	77,98	142,36	206,73
Йод, мкг	0,40	0,96	1,52	2,07
Вітамін Е, мг	0,50	2,53	4,55	6,58
Селен, мкг	0,25	5,17	10,29	15,42

Із підвищенням відсоткового вмісту шротів в тісті зростає загальний вміст білку, клітковини, Кальцію, Магнію, Йоду та інших поживних речовин (табл. 4). Так, збільшення клітковини для дослідів № 1, № 2 і № 3 у порівнянні з контролем становить: 1,7 рази, 2,4 рази та 3,2 рази відповідно. Суттєво зростає вміст й інших речовин. Найбільший вміст спостерігається для Кальцію (414,66 мг для дослідів 3 у порівнянні із 15,3 мг для контролю) та Селену (15,42 мкг для дослідів 3 у порівнянні із 0,25 мкг для контролю). Це позитивно впливає на загальний рівень користі від споживання пісочного печива.

5. 3. Результати дослідження сенсорної оцінки

Було виконано дослідження сенсорної оцінки тістових пісочних напівфабрикатів з композиціями шротів олійних культур. У розроблених виробках органолептичну оцінку проводила дегустаційна комісія. Результати сенсорної оцінки пісочних тістових напівфабрикатів представлено на рис. 3.



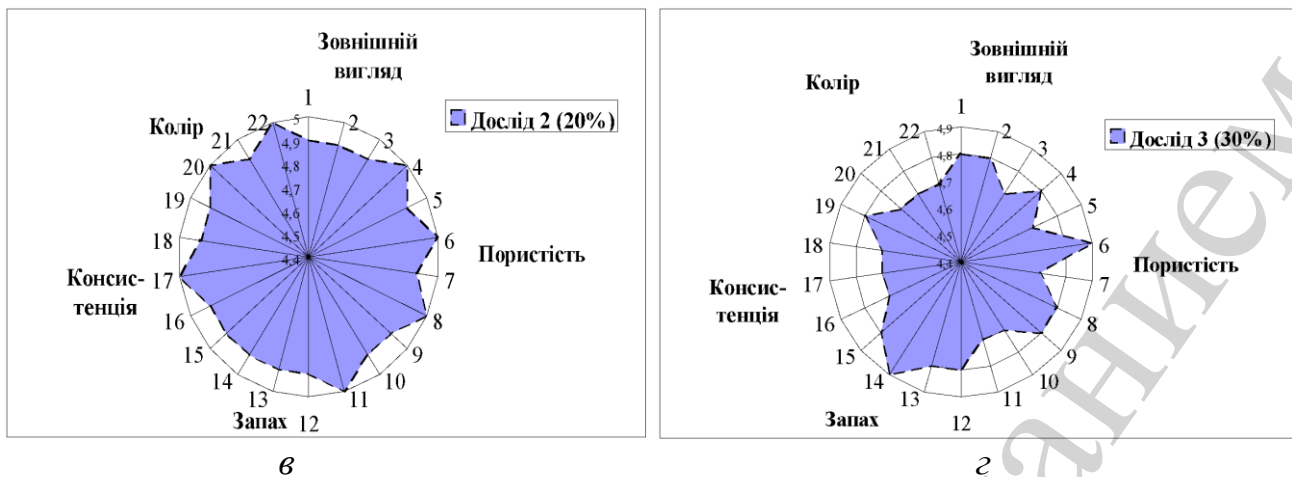


Рис. 3. Профіль сенсорної оцінки пісочного тістового напівфабрикату з композицією шротів насіння кунжуту, волоського горіху, льону:
a – контроль; *б* – дослід № 1 (90:10); *в* – дослід № 2 (80:20);
г – дослід № 3 (70:30)

На основі проведених досліджень визначено основні показники тістових пісочних напівфабрикатів з композиціями шротів олійних культур. Сенсорна оцінка тістового напівфабрикату підтвердила його високі органолептичні показники. Це свідчить про те, що додавання запропонованих шротів покращує характеристики готової продукції із дотриманням показників на високому рівні.

Проведені дослідження та розрахунки хімічного складу пісочного печива з внесенням замість борошна 10 %, 20 % і 30 % композиції шротів. Встановлено, що найкращі характеристики спостерігаються у досліді № 2 (вміст шротів 20 %). В ньому збільшився вміст білка в 2,4 рази, Селену – в 41,2 рази, клітковини – в 4,7 рази, Кальцію – в 18,4 рази, Магнію – в 8,5 рази, вітаміну Е – в 9,1 рази. Таким чином, за рахунок використання композиції шротів у технології пісочного печива значно підвищується його поживна цінність.

6. Обговорення результатів доцільності застосування шротів олійних культур в технології виготовлення виробів з пісочного тіста

На основі проведених досліджень встановлено, що при додаванні шротів у кількості 10 % замість борошна загальна деформація пісочного напівфабрикату знижується на 70,45 %. Це свідчить про те, що структура тіста змінюється. Тісто стає менш еластичним, а також слабо розтягується. Це відбувається за рахунок зменшення кількості білків, крохмалю і ліпідів борошна. Встановлено, що розтяжність тіста зі шротами менша за контроль. Це свідчить про те, що пісочне тісто при випіканні буде більш крихке, що є позитивним результатом. При додаванні шротів у кількості 20 % і 30 % загальна деформація зменшується на 57,86 % і 70,36 % відповідно, оскільки клейковини стає ще менше.

При цьому заміна пшеничного борошна в тістовому пісочному напівфабрикаті на композиційну суміш зі шротів сприяє зміні миттєвого модулю пружності. У контролі модуль пружності дорівнює $0,93 \cdot 10^3$ Па, у першому досліді становить $3,924 \cdot 10^3$ Па, у другому – $4,08 \cdot 10^3$ Па, у третьому – $3,270 \cdot 10^3$ Па. По-

казник еластичного модулю дослідів змінюється у порівнянні з контролем і дорівнює $0,310 \cdot 10^3$ Па, у першому досліді – $1,635 \cdot 10^3$ Па, у другому – $1,022 \cdot 10^3$ Па та у третьому – $2,450 \cdot 10^3$ Па. Оскільки розтяжність тіста у контролі більша ніж у дослідів, тоді значення пружності і еластичності будуть більші у контрольному зразка. Це пояснюється тим, що тісто з композицією шротів не розтягуються більше за контроль, оскільки в них менше клейковини.

За результатами досліджень встановлено, що у дослідних зразках пісочного тіста з композицією шротів зменшується кількість клейковини. Також, зменшуються пружні властивості клейковини і знижується її розтяжність. Поряд з цим, шроти не утворюють клейковину внаслідок їх взаємодії з білками борошна, і в першу чергу, з більш реакційно здатною фракцією – гліадином. Встановлено, що утворюються комплекси, які втрачаються під час відмивання клейковини, змінюється співвідношення в клейковині фракцій гліадин-глютенін на користь глютеніну і клейковина укріплюється. Зважаючи на зменшення в пісочному тісті вмісту клейковини, її розтяжності та пружності можна передбачити зміни структурно-механічних властивостей пісочного тіста. Знаючи структурно-механічні характеристики пісочного тіста з'являється можливість передбачати їх зміну в залежності від різного вмісту композиції шротів.

При сенсорній оцінці було визначено, що додавання 30 % композиції шротів змінює колір пісочного тіста, що є неприпустимим. Встановлено, що раціональною кількістю додавання композиції шротів є саме 20 %. Розроблені вироби з додаванням шротів мають покращену харчову та біологічну цінність, а також володіють підвищеною крихкістю.

Таким чином, досліджено структурно-механічні характеристики пісочного тіста з додаванням шротів насіння кунжуту, горіху і льону. Це дозволило встановити оптимальне співвідношення вказаних шротів для додавання в пісочний тістовий напівфабрикат. При цьому підвищується якість готової продукції без суттєвого погіршення сенсорних показників.

Проведений розрахунок хімічного складу пісочного печива підтвердив теоретичні припущення щодо доцільності застосування шротів насіння кунжуту, горіху і льону в якості добавки до пісочного тіста. Встановлено, що з додаванням вказаних шротів підвищується вміст макронутрієнтів, мінеральних речовин та вітамінів на 100 г маси. Це є позитивним фактором, що впливає на якість та користь готових виробів. Проведена сенсорна оцінка органолептичних показників готових виробів з композицією вказаних шротів підтвердила ефективність запропонованих рішень.

Варто вказати певні недоліки проведених досліджень. В теоретичному аспекті доцільно виконати більш точний хімічний аналіз пісочного печива з урахуванням всіх можливих компонентів. З практичної точки зору варто провести дослідження із внесенням замість борошна більшого відсоткового діапазону композиції шротів. Це дозволить збільшити вірогідність правильного вибору вмісту шротів у пісочному тістовому напівфабрикаті.

В подальших дослідженнях є перспективним розробка асортименту нових видів пісочного печива з додаванням добавок із шротами олійних культур та подальше їх впровадження у закладах ресторанного господарства.

7. Висновки

1. Досліджено структурно-механічні характеристики пісочного тіста з додаванням шротів насіння кунжуту, горіху і льону. Виявлено, що показники еластичності, пластичності і розтяжності зменшуються у порівнянні із контрольним зразком від 4 % до 40 %. Вказані показники спостерігаються при додаванні шротів кунжуту, горіху та льону з вмістом від 10 % до 30 %. Додавання шротів сприяє зменшенню кількості клейковини борошна, що є позитивним чинником для формування пісочного тіста. При додаванні композиції вказаних шротів у співвідношенні 1,5:2:1,5 у пісочне тісто збільшується вміст білка, клітковини, макро- та мікроелементів.

2. Виконано розрахунок хімічного складу пісочного тістового напівфабрикату і становлено вміст макронутрієнтів, мінеральних речовин та вітамінів на 100 г маси. Експериментально підтверджено доцільність використання і розроблено технологію борошняних кондитерських виробів із пісочного тіста із шротами олійних культур. В ньому збільшився вміст білка в 2,4 рази, Селену – в 41,2 рази, клітковини – в 4,7 рази, Кальцію – в 18,4 рази, Магнію – в 8,5 рази, вітаміну Е – в 9,1 рази. Встановлено, що розроблені функціональні вироби мають покращену харчову і біологічну цінність. Запропоновано подальші шляхи використання пісочного тіста із шротами.

3. Проведено сенсорну оцінку якості пісочних тістових напівфабрикатів зі шротами олійних культур. Доведено, що здатність клейковини до розтягування знижується і тісто стає менш пластичним і це не погіршує загальних показників. Встановлено, що крихкість готового пісочного печива збільшується. Визначено, що найкращі сенсорні показники має зразок із 20 % вмістом шротів у борошні.

Література

1. Технологія харчових продуктів функціонального призначення: монографія / Мазаракі А. А., Пересічний М. І., Кравченко М. Ф., Карпенко П. О., Пересічна С. М.; ред. М. І. Пересічний. 2-ге вид., перероб. та доп. Київ: Київ. нац. торг.-екон. ун-т., 2012. 1116 с.
2. Дубіна А. А., Летута Т. М., Янчева М. О. Товарознавство продуктів функціонального призначення. Харків: Видавництво Державного університету харчування і торгівлі, 2015. 189 с.
3. Повноцінне харчування: інноваційні аспекти технологій, енергоефективного виробництва, зберігання та маркетингу: кол. моногр. / ред. В. В. Євлаш, В. О. Потапова, Н. Л. Савицької. Х.: ХДУХТ, 2015. 580 с.
4. Weststrate J. A., van Poppel G., Verschuren P. M. Functional foods, trends and future // *British Journal of Nutrition*. 2002. Vol. 88, Issue S2. P. S233–S235. doi: <https://doi.org/10.1079/bjn2002688>
5. Кравченко М. Ф. Інноваційні технології харчових виробництв: монографія / ред. В. А. Піддубний. Київ: Кондор-Видавництво, 2017. 374 с.
6. Shimizu M. Functional Food in Japan: Current status and future of gut-modulating food // *Journal of Food and Drug Analysis*. 2012. Vol. 20. P. 213–216.

7. Кравченко М., Поп Т. Хімічний і фракційний склад порошку з листя волоського горіха // Товари і ринки. 2014. № 2. С. 124–131.
8. Шидакова-Каменюка О. Г., Лисюк Г. М. Визначення раціонального дозування насіння льону до пісочного печива // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. 2009. Вип. 1. С. 347–353.
9. Soto-Cerda B. J., Duguid S., Booker H. Association mapping of seed quality traits using the Canadian flax // Academic research paper on Biological sciences. 2014. P. 344–352.
10. Modelling the effects of psyllium and water in gluten-free bread: An approach to improve the bread quality and glycemic response / Fratelli C., Muniz D. G., Santos F. G., Capriles V. D. // Journal of Functional Foods. 2018. Vol. 42. P. 339–345. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.01.015>
11. Комплексний індикатор якості цукру і цукрозамінників та їх використання у виробництві кондитерських виробів / Дорохович А. М., Дорохович В. В., Мазур Л. С., Писарець О. П. // Продовольчі ресурси. 2018. № 10. С. 88–100.
12. Kravchenko M., Yaroshenko N. Study of food and energy values of new gingerbread types // EUREKA: Life Sciences. 2017. Issue 5. P. 53–60. doi: <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2017.00421>
13. Лисюк Г. М., Шидакова-Каменюка О. Г., Фоміна І. М. Технологія борошняних кондитерських виробів з використанням ядра соняшникового насіння: монографія. Х.: ХДУХТ, 2009. 145 с.
14. Study on the Efficiency of Grape Seed Meals Used as Antioxidants in Layer Diets Enriched with Polyunsaturated Fatty Acids Compared with Vitamin E / Olteanu M., Criste R., Panaite T., Bunduc V., Panaite C., Ropota M., Mitoi M. // Revista Brasileira de Ciência Avícola. 2016. Vol. 18, Issue 4. P. 655–662. doi: <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2016-0230>
15. Абрамова А. Г. Застосування порошку чорноплідної горобини в технології бісквітів функціонального призначення типу «Червоний оксамит» // Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі: Міжнародна науково-практична конференція. К.: НУХТ, 2017. С. 126–128.
16. Stickiness in foods: a review of mechanisms and test methods / Adhikari B., Howes T., Bhandari B. R., Truong V. // International Journal of Food Properties. 2001. Vol. 4, Issue 1. P. 1–33. doi: <https://doi.org/10.1081/jfp-100002186>
17. Горальчук А. Б., Пивоваров П. П., Гринченко О. О. Реологічні методи дослідження сировини і харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик: навч. пос. Харків: ХДУХТ, 2006. 242 с.
18. ДСТУ 3781:2014. Печиво. Загальні технічні умови. Київ: Держспоживстандарт України, 2015. 16 с.
19. ДСТУ 4910:2008. Вироби кондитерські. Методи визначення масових часток вологи та сухих речовин. К.: Держспоживстандарт, 2008. 16 с.
20. ДСТУ 5024:2008. Вироби кондитерські методи визначання кислотності та лужності. К.: Держспоживстандарт, 2008. 16 с.

21. ТУ У 10.4-38667335-002:2014. «Продукти переробки з насіння олійних культур. Технічні умови».

22. Павлов О. Збірник рецептур борошняних кондитерських і здобних булочних виробів: навч.-практ. пос. К.: Профкнига, 2018. 336 с.

23. Тютяк О. Структурно-механічні властивості харчових // Матеріали міжнар. студ. наук.-техн. конф. «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання». Тернопіль, 2018. С. 166–167.

Не являється переизданием