

РОЗРОБЛЕННЯ ЗДОБНОГО ПЕЧИВА НА ЛАКТИТОЛІ ТА ЗБАГАЧЕННЯ ЙОГО ФІЗІОЛОГІЧНО-ФУНКЦІОНАЛЬНИМИ ІНГРЕДІЄНТАМИ

Дорохович В. В.

ВСТУП

Здоров'я є однією з найголовніших цінностей людини. На теперішній час в Україні і усьому світі збільшується кількість хворих на цукровий діабет. Причин виникнення цукрового діабету багато, серед них: спадковість, стреси, різні захворювання, порушення структури харчування – постійне надходження до організму людини великої кількості цукрів. В Україні зареєстровано понад 1,4 млн. хворих на цукровий діабет¹. Однак фахівці-медики зазначають, що реальна кількість значно більша. Значна кількість людей знаходиться в преддіабетичному стані. Як далі буде змінюватись стан здоров'я в значному ступені залежить від харчування. Доцільно обмежити надходження до організму людини легкозасвоюємих високоглікемічних цукрів.

В кондитерських виробках, зокрема здобному печиві, знаходиться велика кількість цукру білого (сахароза) і споживати їх хворим на цукровий діабет та особам з преддеабетичним станом не рекомендовано. В наслідок цього виникає завдання розроблення кондитерських виробів з застосуванням низькоглікемічних цукрозамінників. До таких цукрозамінників належать лактитол та ізомальтитол.

В раціонах харчування хворих на цукровий діабет рекомендовано збільшення кількості білка. Тому під час розроблення печива на цукрозамінниках доцільно вводити до рецептурного складу сировину багату на збалансований білок. Важливе значення для організму людини є дотримання фізіологічних норм надходження мінеральних речовин, поліненасичених жирних кислот (ПНЖК) тощо. В наслідок цього доцільним є збагачення печива залізом (особливо в легкодоступній гемовій формі), кальцієм, введення до рецептурного складу рослинних олій багатих на ПНЖК.

Розроблення та впровадження у виробництво здобного печива виготовленого на низькоглікемічних цукрозамінниках, збагаченого

¹ 14 листопада Всесвітній день боротьби з цукровим діабетом. URL: <https://zoiacms.zp.ua/2021/11/12/14-lystopada-vsесvitniy-den-borotby-z-tsukrovym-diabetom/>

білками, ПНЖК, мінеральними речовинами дасть можливість розширити асортимент кондитерських виробів дієтичного та дієтично-функціонального призначення.

1. Передумови розроблення борошняних кондитерських виробів зниженої глікемічності та калорійності, покращеного нутрієнтного складу

На теперішній час в Україні як і в світі зменшується кількість практично здорових людей. Все більшого розповсюдження набувають неінфекційні хронічні захворювання серед яких вагоме місце займає цукровий діабет. В наш час цукровий діабет займає третє місце по розповсюдженості серед хронічних захворювань.

Цукровий діабет – це хронічне захворювання яке приводить до порушення вуглеводного, білкового та жирового обміну, що обумовлено нестачею в організмі гормону інсуліну. Існує інсулінозалежний цукровий діабет (ІЗЦД) та інсулінонезалежний цукровий діабет (ІНЦД). ІЗЦД (діабет I типу) може бути вродженим. Він може виявлятися навіть у немовлят, виникати у дітей та підлітків, молодих людей 20...30 років. Іноді цукровий діабет I типу називають ювенільним діабетом або діабетом молодих. Однак інсулінозалежним діабетом можна захворіти і в середньому, і навіть похилому віці. ІНЦД (діабет II типу) розвивається у людей у зрілому віці і зустрічається набагато частіше ніж діабет I типу приблизно у 5 – 6 разів. Якщо він виникає у людей від 30 до 40 років, то це дуже раннє виникнення захворювання. Але після 70 років коли інтенсивно відбувається старіння і ендокринна система вже не працює у колишньому ритмі, діабет може виникати як одне з захворювань пов'язаних із старінням організму².

Діабет I типу (ІЗЦД) виникає при інсуліновій недостатності в організмі. Можуть бути два випадки: β -клітини підшлункової залози не здатні продукувати необхідну кількість інсуліну та β -клітини підшлункової залози не можуть його виробляти. При діабеті II типу (ІНЦД) β -клітини виробляють інсулін, але він не має необхідних властивостей. Внаслідок цього молекули глюкози не можуть нормально проникати у клітини, це обумовлено тим, що інсулін погано з'єднується з так званим рецептором на клітині. Тут потрібно зазначити, що у людей з надлишковою вагою тіла збільшена потреба в інсуліні. Окремим пунктом класифікації є порушення толерантності до глюкози (ПТГ) або прихований діабет тобто преддіабетичний стан, коли концентрація глюкози в крові у межах норми, і людина ще не

² Германюк Я. Л., Карпенко П. О., Пересічний М. І. Дієтичне харчування при ожирінні та цукровому діабеті : монографія. Київ : КДТЕУ, 1997. С. 217.

хвора, але вже не зовсім і здорова. При цьому спостерігається підвищення кількості глюкози в крові, але це ще не цукровий діабет³. Цей стан нестійкої рівноваги може підтримуватись, зникнути або перейти у діабет II типу. Людей з таким станом здоров'я багато і для них особливого значення має споживання харчових продуктів, у т. ч. кондитерських виробів, які не провокуватимуть виникнення цукрового діабету.

Внаслідок низки факторів: спадкової схильності до діабету, нервових стресів, способу життя та раціонів харчування сучасної людини, кількість хворих на цукровий діабет з кожним десятиріччям збільшується. У всеукраїнській програмі «Цукровий діабет» зазначено, що спосіб життя, а саме дотримання дієтичного харчування та регулярна помірна фізична активність, є факторами істотного зменшення ризику виникнення захворювання на цукровий діабет.

В Україні кількість зареєстрованих хворих на цукровий діабет складає 1,4 млн. людей, але, за свідченнями медиків, це занижена цифра, реальна кількість хворих на цукровий діабет та осіб, які знаходяться у преддіабетичному стані значно більша. Кількість хворих на цукровий діабет в Україні, як і усіх країнах світу, збільшується. За прогнозами⁴ кількість хворих в Європі 61 млн до 2045 року кількість хворих може бути збільшитись до 69 мін. Така велика кількість хворих на цукровий діабет обумовлює необхідність розроблення державних програм по лікуванню та попередженню розвитку цукрового діабету. Одним з ключових мотивів (аспектів) державних програм є розроблення харчових продуктів, у т. ч. кондитерських виробів для хворих на цукровий діабет.

Дієтотерапія має важливе значення у комплексному лікуванні хворих на цукровий діабет. Вона повинна бути адекватною до фізіологічних потреб організму з урахуванням віку, статі, маси тіла, інсулінотерапії або цукрознижуючих препаратів, супутніх захворювань, енерговитрат тощо.

Рекомендації щодо дієтології для хворих на цукровий діабет, серед іншого мають такі положення⁵:

– покращення життя і здоров'я людини за рахунок здорового харчування;

³ Кисельов С. М., Каджарян В. Г., Солов'юк О. О., Гура Е. О., Капшитар Н. І. Основи діагностики, лікування та профілактики основних хвороб ендокринної системи : навч. посіб. Запоріжжя : ЗДМУ, 2021. С. 8–12.

⁴ Diabetes hits the poorest hardest. URL: <https://diabetesatlas.org/>

⁵ Цукровий діабет. URL: <https://empendium.com/ua/chapter/B27.II.13.1>.

- підтримання рівню глюкози в крові в межах норми (наскільки це можливо) і попередження руйнівної дії гіпо- та гіперглікемії;
- надання специфічних дієтичних рекомендацій людям, враховуючи їх харчові звички, спосіб життя, культурні особливості.

Отже виникає потреба у розробленні кондитерських виробів, зокрема печива, з зменшеною кількістю легкозасвоюваних вуглеводів, використання низькоглікемічних цукрозаміників, покращення нутрієнтного складу виробів. Споживання висококалорійних харчових продуктів може призводити до підвищення маси тіла та ожиріння. Ожиріння – це збільшення ваги тіла порівняно з нормальною вагою внаслідок надмірного відкладання жиру в підшкірній клітковині, сальнику та ін., якщо внаслідок цього виникають порушення функцій всього організму або окремих органів та систем.

Якщо фактична вага (маса) тіла перевищує розрахункову (нормальну) не більше, ніж на: 5 % – у межах норми; 6...14 % – надлишкова маса тіла; 15...29 % – ожиріння I ступеня; 30...49 % – ожиріння II ступеня; 50...99 % – ожиріння III ступеня; 100 % та більше – ожиріння IV ступеня.

Продовольча та сільськогосподарська організація ООН оприлюднила звіт з проблем ожиріння⁶. За наведеними даними, найбільше надлишкову масу тіла мають у Мексиці 32,8 % та США 31,8 %. У Німеччині – 21,3 %, Нідерландах – 16,2 %, Франції – 15,6 %. Найменше людей з надлишковою масою тіла у Японії – 4,5 %. В Україні, за цим звітом, 20,1 % населення має надлишкову масу тіла.

Проблема надлишкової маси тіла є хоча і не одним, але дуже вагомим фактором ризику виникнення таких захворювань як ішемічна хвороба серця, цукровий діабет, гіпертонія та ін. Проблема надлишкової маси тіла, у більшості випадків, пов'язана з нераціональним харчуванням та значним зменшення енергозатрат на життєдіяльність.

В усьому світі розробляють програми (заходи), що будуть сприяти зниженню маси тіла і, відповідно, зменшенню виникненню ризиків пов'язаних з нею захворювань. Відомо, що дотримання балансу надходження та витрати калорій є важливим фактором підтримання нормальної маси тіла. Борошняні кондитерські вироби не можуть бути дієто-профілактичним фактором у боротьбі з ожирінням та підвищеною масою тіла. Однак розроблення кондитерських виробів, зокрема печива, з зменшеною калорійністю є доцільним.

⁶ The state of food and agriculture. URL: <http://www.fao.org/docrep/018/i3300e/i3300e.pdf>

Під час розроблення борошняних кондитерських виробів (БКВ), зокрема здобного печива, для хворих на цукровий діабет, осіб з підвищеною масою тіла доцільно зменшувати кількість легкозасвоюваних вуглеводів (цукрів), підвищення вмісту білка у печиві, введення дієтичних харчових волокон, покращення складу жирової компоненти, вводити до рецептурного складу фізіологічно-функціональні інгредієнти (добавки) та/або сировину багату на фізіологічно-функціональні інгредієнти. При захворюванні на цукровий діабет синтез білка зменшується, що потребує його більшого надходження до організму людини⁷. Співвідношення між білками, жирами, вуглеводами в раціоні харчування осіб, хворих на цукровий діабет, становить 1:1:3, що відрізняється від рекомендованого співвідношення у раціонах харчування здорової людини – 1:1:4,5.

Під час розроблення печива для хворих на цукровий діабет, для осіб з підвищеною масою тіла доцільно застосовувати низькоглікемічні та низькокалорійні **цукрозамінники**. До таких речовин відносяться лактитол та ізомальтитол⁸.

Лактитол виробляється з лактози шляхом каталітичної гідрогенізації. Лактитол має чистий солодкий смак, подібний до цукрози, але солодкість його складає 0,3...0,4 SES. Він добре розчиняється у воді (при 20 °С – 57%), з підвищенням температури до 50°C його розчинність аналогічна цукру. Лактитол відносно термостабільний цукрозамінник – температура плавлення його дорівнює 122...123 °С. Калорійність лактитолу дорівнює 2...2,4 ккал/г, глікемічний індекс – 3 %. Лактитол має пребіотичні властивості, що робить його перспективною речовиною при розробленні борошняних кондитерських виробів. Лактитол безпечний цукрозамінник, однак внаслідок того, що лактитол може мати легкий послаблюючий ефект, Об'єднаним комітетом експертів ВООЗ рекомендовано споживати його до 50 г на добу.

До недоліків лактитолу можна віднести невисоку ступінь солодкості. Але цей недолік можна компенсувати сумісним використанням з фруктозою, яка має значно вищий ступінь солодкості.

Ізомальтитол виробляється шляхом ізомеризації сахарози. Солодкість ізомальтитолу дорівнює 0,5 SES. Ізомальтитол стабільний по відношенню до дії кислот, ферментів. Температура плавлення ізомальтитолу 145...150 °С, внаслідок чого, його можна

⁷ Германюк Я. Л., Карпенко П. О., Пересічний М. І. Дієтичне харчування при ожирінні та цукровому діабеті : монографія. Київ : КДТЕУ, 1997. С. 218.

⁸ Дорохович А. М., Дорохович В. В. Цукри, цукрозамінники, підсолоджувачі. *Хлебный и кондитерский бизнес*. 2017. № 6. С. 28–29.

рекомендувати використовувати у виробництві БКВ, які підлягають дії високих температур. Ізомальтитол має невисоку розчинність (при 20 °С – 27 %), при розчиненні ізомальтитол дає невеликий ендотермічний ефект. Калорійність ізомальтитолу дорівнює 2...2,4 ккал/г, глікемічний індекс – 9%. Ізомальтитол відноситься до речовин з пребіотичними властивостями.

Лактитол та ізомальтитол мають солодкість значно меншу за цукор білий і, відповідно виробі будуть мати меншу солодкість. Для компенсації нестачі солодкого смаку можна застосовувати інтенсивні підсолоджувачі, зокрема продукти переробки стевії. Солодкість листя стевії обумовлює присутність дитерпенових глікозидів, переважно стевіозид і ребаудиозид А.

Стевія має низку позитивних властивостей, зокрема: нормалізує рівень глюкози в крові у хворих на цукровий діабет; позитивно впливає на мікроциркуляцію судин; знижує вміст холестерину в крові і очищає судини від «холестеринових бляшок», повертаючи їм еластичність; позитивно впливає на органи травлення. Екстракт з листя стевії має солодкість в 200–300 разів більшу за цукор. Стевіозид – білий кристалічний порошок, він у 200–300 разів солодше цукрози, термічностійкий (температура плавлення 196–198 °С), стабільний при різних рН середовищах від 2,4–9,0, не має калорій, не кріогенний, для засвоювання не потребує інсуліну. Сахарол – порошок жовто-зеленого кольору з легким запахом сіна, солодкість його в 200–300 разів більше, ніж цукрози⁹.

Кількість **білків** у добовому раціоні хворих на цукровий діабет збільшується порівняно з нормами для здорової людини. Тому до рецептурного складу печива на цукрозамінниках доцільно вводити сировину, що має високий вміст білка. Це може бути борошно сої, борошно гороху, борошно солоду гороху та сої.

Важливою властивістю соєвого борошна є високий вміст білка (~ 35 %), відносно високий клітковини (~4,3 %), низький вміст крохмалю. Соєві білки сприяють зниженню загального та «шкідливого» холестерину. Соєві білки позиціонуються як засіб профілактики атеросклерозу, цукрового діабету, ожиріння, ішемічної хвороби серця¹⁰. Соєве борошно характеризується цінним мінеральним та вітамінним складом. Особливо слід відмітити значний вміст кальцію, фосфору, цинку, заліза, йоду, а серед вітамінів – вітаміну Е, фолацину.

⁹ Дорохович А. М., Дорохович В. В. Цукри, цукрозамінники, підсолоджувачі. *Хлібний і кондитерський бізнес*. 2017. № 7. С. 26.

¹⁰ Капрельянц Л. В., Торгачова К. Г. Функціональні продукти. Одеса : Друк. 2003. С. 116.

В борошні гороху вміст білка ~ 20 %, клітковини ~3,9 %. Одним з обмежень застосування гороху та продуктів його переробки є дискомфортний стан шлунку, що виникає в зв'язку з наявністю в ньому інгібіторів трипсину і хемотрипсину. В НУХТ Хіврич Б. І. у 90-х роках ХХ сторіччя розроблено технологію отримання борошна солоду гороху. В процесі голодування зменшується вміст інгібіторів трипсину (ІТ) та трипсинінгібуюча активність (ТІА). В солоді гороху ІТ дорівнює 40 %, ТІА – 58 % від початкового значення. Кількість стахіози при солодуванні зменшується в 6–7 разів, рафінози в 5 разів.

Виходячи з наведеної інформації доцільним є застосування борошна сої та борошна солоду гороху при розробленні печива зниженої глікемічності.

Для повноцінного харчування людина має споживати **харчові волокна**. Основними властивостями харчових волокон є: стимулювання моторики шлунково-кишкового тракту та нормалізація мікрофлори кишечника; позитивний вплив на обмін ліпідів – забезпечують профілактику серцево-судинних захворювань та ожиріння; уповільнюють гідроліз вуглеводів, нормалізують рівень глюкози в крові (знижується ризик захворювання на діабет). Добова потреба у харчових волокнах дорослої людини становить 25...30 г¹¹. Недостатність харчових волокон у раціонах призводить до ряду патологічних станів, так або інакше пов'язаних з порушенням мікрофлори кишечника. З дефіцитом харчових волокон у раціоні пов'язують розвиток таких хвороб, як рак товстої кишки, жовчно-кам'яна хвороба, цукровий діабет, ожиріння, ішемічна хвороба серця, тромбоз судин нижніх кінцівок та ін.

Одним з перспективних харчових волокон є інулін. Інулін – поширений в природі резервний полісахарид, поліцукридний ланцюжок якого складається переважно з залишків D-фруктози. Інулін має низку позитивних властивостей¹²:

- нормалізує рівень цукру в крові у хворих на цукровий діабет;
- позитивно діє на ліпідний обмін: підвищує зв'язування та виведення жовчних кислот та нейтральних стеролів, зменшує всмоктування холестерину та тригліцеридів;
- надає солодкого присмаку продуктам;

¹¹ Капрельянц Л. В., Йоргачова К. Г. Функціональні продукти. Одеса : Друк. 2003. С. 44.

¹² Грінєнко І. Г. Інулін – інгредієнт функціонального та лікувального харчування. Київ : Знання України. 2003. С. 36–37, 57.

– має пребіотичні властивості, які впливають на формування живильного середовища для розвитку нормальної кишкової мікрофлори.

Внаслідок солодкуватого присмаку інуліну його можна застосовувати для надання додаткової солодкості кондитерським виробам, зокрема здобному печиву, на цукрозамінниках.

Виходячи з вищенаведеного можна зробити висновок про доцільність застосування інуліну при розробленні печива з застосуванням цукрозмінників.

Особливе фізіологічне значення мають **поліненасичені жирні кислоти**. Вони необхідні для росту та обміну речовин, еластичності судин. ПНЖК відіграють важливу роль в синтезі простагладинів, беруть участь в регуляції ряду процесів в організмі, сприяють видаленню холестерину з організму. У разі повної відсутності ПНЖК в харчуванні змінюється жирнокислотний склад ліпідів мембран, спостерігаються зміни проникності капілярів. На теперішній час встановлено, що особливе фізіологічне значення мають ПНЖК родини ω_3 та ω_6 ¹³. При захворюванні на цукровий діабет може спостерігатись порушення ліпідного обміну. Внаслідок цього застосування в рецептурному складі печива жирової компоненти, що має високий вміст ПНЖК є доцільним. В цьому контексті доцільним є часткова заміна маргарину/вершкового масла в рецептурі печива на рослинні олії.

Виникнення **залізодефіцитних станів і анемії** головним чином пов'язано з недостатньою забезпеченістю організму залізом. Латентний дефіцит заліза зустрічається набагато частіше, ніж залізодефіцитна анемія. Залізодефіцитні стани можуть коригуватися раціонами харчування, залізодефіцитна анемія лікується медикаментозним шляхом. Під час розроблення кондитерських виробів, зокрема печива, доцільно вводити харчові добавки, які містять легкодоступне залізо. В Харківському університеті харчування та торгівлі (нині Державний біотехнологічний університет) розроблена дієтична противоанемічна добавка «Гемовітал» (Патент 7655, МПК 7 A23J 1/06). Ефективність «Гемовіталу» обумовлена тим, що він виготовлений на основі крові великої рогатої худоби. Стабілізація гемового заліза здійснюється без застосування цукрози. Вміст Fe^{2+} у «Гемовіталі» дорівнює 1,3 г/кг.

В останні роки дуже поширилась хвороба **остеопороз**, пов'язана з нестачею кальцію в організмі людини. На остеопороз страждає кожна

¹³ Капельянец Л. В., Петросьянц А. П. Лікувально-профілактичні властивості харчових продуктів та основи дієтології. Одеса : Друк. 2011. С. 78–79.

третя жінка у віці після менопаузи¹⁴. Важливим фактором, що дозволяє зменшити крихкість кісток у похилому віці, є накопичення кісткової маси у молодому віці, що можливо за рахунок збільшення засвоюваності кальцію організмом. Нестача кальцію призводить не тільки до захворювання на остеопороз, а й до розвитку рахіту у дітей, непрофільного росту зубів, викривлення хребта, недокрів'я, герпесу, алергії, схильності до простудних захворювань¹⁵. Перспективним для застосування у здобному печиві для хворих на цукровий діабет є лактат кальцію.

Перспективним до застосування у здобному печиві є *соняшниковий шрот*, який отримують в достатній кількості як вторинну сировину олійної промисловості¹⁶. Насіння соняшнику має досить високий вміст білка, харчових волокон, має в своєму складі вітаміни та мінеральні речовини, які при вилученні олії в значній кількості залишаються у шроті. В шроті насіння соняшника білка до 35 %, клітковини близько 16 %, жирів 3,2 %. В той же час є фактори, що обмежують застосування шроту насіння соняшника у кондитерських виробках. Основною причиною є наявність хлорогенової кислоти, яка окислюється, особливо у лужному середовищі, з утворенням темно-забарвлених продуктів, навіть зеленого кольору, що обмежують можливість його застосування у харчових продуктах. Однак в присутності значної кількості жирової компоненти така реакція фактично не відбувається. Отже застосування шроту насіння соняшника у борошняних кондитерських виробів, зокрема у здобному печиві, з високим вмістом жиру є можливим та доцільним. Під час розроблення печива з застосуванням шроту насіння соняшника потрібно брати до уваги, що він може спричиняти утворення специфічних органолептичних показників.

Зародки пшениці за рахунок цінного нутрієнтного складу можна віднести до поліфункціональних сировинних інгредієнтів. До складу зародків пшениці входить 28–30 % добре збалансованого білка, 10–14 % жиру. В пшеничному борошні лімітуючою амінокислотою є лізин (борошно 1 с. амінокислотний скор (АКС) лізину 45 %, борошно в.с. АКС лізину 44 %), в зародках пшениці АКС лізину

¹⁴ Остеопороз. URL: <https://suprun.doctor/zdorovya/chomu-vinikae-osteoporoz-ta-yak-czomu-zapobigti.html?page1531>

¹⁵ Дефіцит кальцію в організмі дитини зумовлює відставання у розвитку. URL: <https://uozter.gov.ua/ua/pages/346>

¹⁶ Дослідження хімічного складу шротів олійного виробництва як добавки у виробництві харчових продуктів. URL: http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/13389/1/oil_cakes.pdf

140 %. Жирова компонента представлена переважно есенціальними полі ненасиченими жирними кислотами – 80–82 %. Зародки пшениці багаті жиророзчинними вітамінами, особливо токоферолом та водорозчинними В₁, В₂, В₆, РР. Під керівництвом Дорохович А. М. ще у 80-х роках ХХ сторіччя розроблено раціональні режими обсмажування зародкових пластівців пшениці та низку кондитерських виробів з їх застосуванням: здобне печиво, вафлі, цукерки.

2. Визначення можливості застосування лактитолу та ізомальтитолу в технології здобного печива

Під час розроблення кондитерських виробів для хворих на цукровий діабет доцільно застосовувати низькоглікемічні цукрозамінники. В розділі 1 наведена інформація щодо низки показників лактитола та ізомальтитола. Однак для раціональної організації технологічного процесу виготовлення борошняних кондитерських виробів має значення вплив цукрозамінників на утворення клейковинного комплексу, температуру клейстеризації крохмалю пшеничного борошна, вміст вільної та зв'язаної вологи. Тому було проведено відповідні дослідження.

Результати досліджень впливу лактитолу та ізомальтитолу на утворення клейковини наведено в таблиці 2.1. Кількість цукру білого, лактитол, ізомальтитолу дорівнює 30 % до маси пшеничного борошна з урахуванням сухих речовин цукрозамінників.

Таблиця 2.1

Вплив цукру та цукрозамінників на формування клейковинного комплексу

Досліджувана модель	Масова частка клейковини, %	Показник приладу ІДК2, од. прил.	Гідратаційна здатність, %	Розтяжність, см
Борошно-вода	33,7	74	206	14,0
Борошно-цукор-вода	29,8	69	198	12,9
Борошно-лактитол-вода	29,5	67	196	12,0
Борошно-ізомальтитол-вода	30,1	67	198	11,9

Виходячи з отриманих даних можна зробити висновок, що цукрозамінники, як і цукор, зменшують масову частку сирової клейковини, її гідратаційну здатність та розтяжність.

Якщо досліджувані показники моделі борошно-вода прийняти за 100 %, то масова частка сирової клейковини в моделях з цукром буде 84 %, з лактитолом 87 %, ізомальтитолом 89 %. У разі застосування лактитолу та ізомальтитолу, як і цукру білого відмічається зниження значення показників ІДК, що свідчить про укріплення клейковини. Так, у зразках з цукром відбувається зниження показників ІДК на 7 %, з лактитолом та ізомальтитолом на 10 %. Гідратаційна здатність клейковини та її розтяжність у разі застосування цукрозамінників та цукру також знижується, що пов'язано з укріпленням структури клейковини і узгоджується з даними отриманими за допомогою ІДК.

Вплив цукру та цукрозамінників на формування клейковинного комплексу можна пояснити так¹⁷. Під час замішування тіста на пшеничному борошні гліадин та глютенін набухають та утворюють клейковинний каркас. Набухання відбувається ступінчасто і в результаті відбувається дифузія молекул водив середину міцел колоїдів. В воді в розчиненому стані знаходяться (відповідно до досліджуваних моделей) цукор білий, лактитол, ізомальтитол. Міцели колоїдів можна розглядати, як осмотичну комірку, всередині якої є низькомолекулярні розчинні фракції, завдяки чому виникає надлишковий осмотичний тиск і відбувається проникнення води в середину міцел. Осмотичний тиск залежить від концентрації низькомолекулярної фракції в середині міцел і від концентрації розчину, який знаходиться ззовні міцел. Кількість води, яку поглинають міцели колоїдів, буде залежати як від концентрації низькомолекулярної фракції в середині міцел, так і від концентрації розчинів зовні. Найбільшу набухаємість міцели колоїдів будуть мати тоді, коли для замішування тіста використовується чиста вода, а не розчин цукру або цукрозамінника (контрольний зразок – борошно вода).

Наведені дані показують, що на утворення клейковинного комплексу надходить менша кількість води і тому міцність клейковини при додаванні цукрозамінників та цукру буде більшою ніж у контрольній моделі. Це пояснює і те, чому гідратація клейковини та її розтяжність найбільша у контрольного зразку.

У процесі з'єднання борошна з водою та замішування тіста утворюється борошняна маса із специфічними властивостями. Знання

¹⁷ Дорохович В. В., Донець А. С., Сулима В. С., Дорошенко Т. В. Вплив мальтитулу, ізомальтитулу, еритритулу на формування клейковинного комплексу. *Наукові праці НУХТ*. Київ, 2019. 2 (25). С. 265.

водопоглинальних властивостей борошна та впливу на них інших рецептурних компонентів, зокрема цукру та цукрозамінників, дозволяє керувати технологічним процесом та прогнозувати властивості тістових мас. Внаслідок відмінностей фізико-хімічних характеристик цукрозамінників було висунуте припущення, що вони по-різному можуть впливати на величину водо поглинальної здатності (ВПЗ) пшеничного борошна. За результатами дослідження встановлено, що ВПЗ дорівнює (%):

- пшеничне борошно – $152 \pm 1,5$;
- пшеничне борошно+ цукор білий (30 %) – $133 \pm 1,5$;
- пшеничне борошно+лактитол (30 %) – $130 \pm 1,5$;
- пшеничне борошно+ізомальтитол (30 %) – $131 \pm 1,5$

Аналіз ВПЗ пшеничного борошна за наявності цукру та цукрозамінників показав, що вона в усіх досліджених системах нижча ВПЗ пшеничного борошна. Зменшення ВПЗ за наявності цукру та цукрозамінників можна пояснити тим, що вони збільшують осмотичний тиск і, тим самим, перешкоджають вільному проникненню води у білкову молекулу.

Для визначення вливу цукрозамінників на кількість **вільної та зв'язаної** вологи готували тістові моделі, які склались з пшеничного борошна вищого сорту, цукрозамінника, води. Такий елементарний склад тістових моделей дає можливість прогнозувати вплив цукрозамінників на тепломасообмінні процеси, які відбуваються під час термооброблення різних груп борошняних кондитерських виробів, зокрема здобному печиві.

Для визначення кількості загальної, вільної та зв'язаної вологи були зроблені такі припущення. Кількість загальної вологи визначали, як кількість вологи, що була відділена під час прогрівання всіх зразків до температури $175\text{ }^{\circ}\text{C}$. Вибір кінцевої температури прогріву обумовлено тим, що наприкінці випікання-сушіння температура поверхневих шарів печива досягає $165...170\text{ }^{\circ}\text{C}$ ¹⁸. Вологу, яка відділяється до температури прогрівання зразків до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ розглядали як вільну вологу, а після $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ – як зв'язану. Результати аналізу дериватограм щодо кількості вільної та зв'язаної вологи наведено у таблиці 2.2.

Аналізуючи отримані дані з кількості вільної та зв'язаної вологи в модельних тістових системах, можна зробити припущення про

¹⁸ Дорохович А. М., Дорохович В. В., Абрамова А. Г., Петренко М. М. Технологія печива звичайного і спеціального призначення. Київ: Фірма «ІНКОС». 2022. С. 674.

тривалість термооброблення виробів та структурних характеристик тістових мас.

Таблиця 2.2

Кількість вільної та зв'язаної вологи

Досліджувана система	Кількість вологи					
	Загальна		Вільна		Зв'язана	
	мг	%	мг	%	мг	%
Борошно-цукор білий-вода	65,71	100	16,88	25,7	48,83	74,3
Борошно-лактолитол-вода	63,40	100	14,97	23,6	48,43	76,4
Борошно-ізомальтитол - вода	65,44	100	13,42	20,5	52,02	79,5

Витрати тепла на видалення вільної вологи значно менші, ніж на видалення зв'язаної, отже можна прогнозувати, що тривалість термооброблення буде меншою у тих виробках, в яких знаходиться менше зв'язаної вологи і, відповідно, більше вільної. Якщо порівняти кількість вільної вологи у тістовій моделі на цукрі (прийняти її кількість за 100 %), то кількість вільної вологи у системі з лактитолом дорівнює 88,5 %, з ізомальтитолом – 79,5 %. Отже, за результатами досліджень можна прогнозувати уповільнення термооброблення виробів на ізомальтитолі та лактитолі.

З метою обґрунтування процесу термооброблення та прогнозування його тривалості були проведені дослідження з визначення впливу цукрозамінників на температуру клейстеризації пшеничного борошна (табл. 2.3).

Як відомо, цукор затримує набухання крохмальних зерен у воді за рахунок перешкоджання вільного контакту води з крохмальними зернами¹⁹.

Температура клейстеризації крохмалю за умов наявності цукру вища. Аналізуючи результати досліджень, можна зробити висновок, що цукрозамінники, як і цукор, підвищують температуру клейстеризації крохмалю, але різною мірою. Якщо температуру

¹⁹ Дорохович А. М., Дорохович В. В., Абрамова А. Г., Петренко М. М. Технологія печива звичайного і спеціального призначення. Київ: Фірма «ІНКОС». 2022. С. 232.

клейстеризації моделі борошно-вода прийняти за 100 %, то температура клейстеризації борошно-лактитол-вода буде більшою на 3,7 %, борошно-ізомальтитол-вода – на 3 %. Деяко різну температуру клейстеризації моделей з цукрозамінниками можна пояснити дією низки факторів: розчинністю, гідратаційною здатністю, молекулярною масою, специфічною природою речовини.

Таблиця 2.3

**Вплив цукру та цукрозамінників на температуру
клейстеризації пшеничного борошна**

Модель	Час повної клейстеризації, хв	Температура повної клейстеризації, °С
Борошно-вода	31,5±0,20	72,3±0,22
Борошно-цукор-вода	35±0,23	77,5±0,23
Борошно-лактитолитол-вода	34±0,20	76±0,21
Борошно-ізомальтитол-вода	33,5±0,20	75,3±0,20

Наведені дослідження проведено для модельних тістових мас (пшеничне борошно-цукор/цукрозамінник). До рецептурного складу тістових мас для здобного печива входять також жирова компонента, яйцепродукти та інша сировина, що також має вагомий вплив на утворення структури тіста, процес термооброблення, формування якісних показників готового печива та їх зміни під час зберігання.

Тісто для здобного пісочно-відсадного печива відноситься до пастоподібних кондитерських мас, які характеризуються в'язко-пластичними характеристиками; формування заготовок з такого тіста проводиться відсаджуванням. Вагому роль в утворенні структури тіста для традиційного здобного печива відіграє цукор, який входить до його складу у значній кількості. Цукор обмежує набухання білків борошна, він є пластифікатором структури тіста. Лактитол та ізомальтитол мають відмінні від цукру фізико-хімічні та технологічні показники. Внаслідок цього вони можуть мати інший вплив на формування структури тіста для здобного печива.

Досліджено структурно-механічні властивості тіста для здобного печива з застосуванням лактитол та ізомальтитолу. Базовою рецептурою була рецептура печива «Листики». Заміну цукрової пудри на лактитол, ізомальтиол проводили з урахуванням вмісту в них сухих речовин.

Найменше підлягають дії навантаження тістові маси на ізомальтитолі. Тістові маси, що виготовлені на лактитолі, мають характер

змін, аналогічний масам, виготовленим на цукровій пудрі. Відмінність спостерігається лише після зняття навантаження. Для тістових мас на лактитолі більшою мірою характерним є відновлення структури, ніж у тістових масах на цукровій пудрі. За характером кривих відносної деформації тістових мас визначено реологічні характеристики, які подано у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Реологічні характеристики тіста з використанням цукру та цукрозамінників

Тістові масина	Модуль миттєвої пружності, Па	Модуль еластичної деформації, Па	Максимальна деформація 10^{-3}, Па	Вискоеластична деформація, 10^{-3}, Па
Цукрі	36445	28108	95,2	41,6
Лактитолі	43648	27735	93,6	40,9
Ізомальтитолі	76346	37719	64,6	29,5

Рухливість, відновлюваність та порівняно низька міцність коагуляційних контактів частинок у структурі пов'язані зі збереженням між частинками у місцях зчеплення дуже тонких залишкових прошарків рідкого дисперсійного середовища. Чим тонший цей прошарок, тим менше ослаблення молекулярних сил взаємодії, тим міцніша структура, тим більше значення в'язкості. Відмінність у впливі цукрозамінників та цукру білого на реологічні показники тістових мас можна пояснити різною розчинністю та різною молекулярною масою цих речовин.

Реологічні характеристики тіста на лактитолі наближаються до відповідних характеристик тіста на цукрі, внаслідок чого виникає можливість його використання під час виробництва здобного печива без змін технологічних параметрів замісу тіста та істотного корегування рецептурних композицій. Враховуючи низьку солодкість лактитолу (0,3...0,45 SES) з метою збільшення солодкості печива можна застосовувати природні підсолоджувачі, зокрема продукти переробки стевії. Екстракти стевії, стевіозид мають велику інтенсивність солодкого смаку і застосовуються у невеликій кількості. В результаті цього вони не мають значного впливу на формування структури тіста та готових виробів. В здобному печиві екстракт стевії та стевіозид застосовували у кількості до 1 г на 1 кг виробів.

Використання ізомальтитолу потребує більш суттєвих змін у рецептурних композиціях. Тісто на ізомальтитолі значно міцніше, ніж

тісто на цукровій пудрі – за величиною максимальної деформації – на 32 %. Для послаблення структури тіста потрібно використовувати пластифікатори структури. Головним пластифікатором структури є жир, однак враховуючи те, що здобне печиво і так перевантажено жиром, збільшувати його кількість не доцільно. Для послаблення структури тіста доцільно використовувати лецитин, а також частково замінювати вершкове масло або маргарин на рослинні жири. Доцільно вибирати рослинні жири з більшим вмістом ПНЖК.

Всі БКВ підлягають високоінтенсивному термічному обробленню, внаслідок чого тістові заготовки набувають нових якостей, що формують органолептичні, структурно-механічні властивості готового продукту із відповідними характеристиками, які забезпечують стабільні показники якості протягом встановленого терміну зберігання. Такий процес потрібно розглядати, як комплекс гетерогенних реакцій, обумовлених змінами хімічних, фізико-хімічних, структурно-механічних процесів, кінетика яких разом з кінетикою переносу тепла і вологи визначає механізм і швидкість протікання процесу термооброблення. Всі БКВ за природою є колоїдними, а за структурою – капілярно-пористими тілами, що складаються з трьох фаз: твердої, рідкої та газоподібної. Співвідношення цих фаз у різних БКВ відрізняється, і в процесі термооброблення відбувається зміна цього співвідношення. Теплове оброблення БКВ є своєрідним процесом прогрівання вологого колоїдного капілярно-пористого тіла, яким є тістова заготовка, перенесення тепла в якому пов'язане з перенесенням вологи.

Результати досліджень показали, що тістові маси для здобного печива, які виготовлені на основі різних цукрозамінників відрізняються за структурно-механічними показниками. Це дало підставу прогнозувати, що кожна тістова маса може мати відмінності у раціональних параметрах термооброблення.

Досліди показали, що при використанні цукрозамінників потрібно провести коригування параметрів термооброблення здобного печива. За допомогою двофакторного планування експерименту були визначені оптимальні параметри термооброблення. За фактор оптимізації брався органолептичний показник, який визначається в балах. Оптимальні параметри процесу випікання-сушіння здобного печива на лактіолі: $t_{\text{ср.п.к}} = 260$ с, $\tau = 8,0 \cdot 60$ с.

Згідно оптимальних параметрів процесу термообробки було досліджено кінетику прогріву центральних (t_n), поверхневих (t_n) шарів. Початкова температура тістової заготовки дорівнювала 20 °С. Через 2 хв. термооброблення поверхневі шари мали температуру

80 °С, центральні шари – 38 °С, на 4 хв. температура поверхневих шарів 135 °С, центральних – 60 °С. По закінченні термооброблення температура поверхневих шарів досягла 168 °С, центральних – 104 °С.

Під час зберігання кондитерських виробів змінюються органолептичні, фізико-хімічні, структурно-механічні, мікробіологічні показники, які впливають на термін зберігання. Одним з важливих факторів, що впливають на зміну якісних показників печива під час зберігання є сорбційно-десорбційні процеси. Сорбційні і десорбційні процеси залежать від багатьох факторів і хімічного складу сировини, що входить у рецептуру тих або інших виробів, фізико-хімічних і структурно-механічних властивостей готової продукції; умов зберігання: відносної вологості повітря (ϕ) та температури складських приміщень.

Досліджено ізотерми сорбції та десорбції здобного печива, виготовленого на цукрі та лактитолі при значенні ϕ від 1 до 100 % ($a_w=0,1 \dots 1,0$). Характер гістерезисної петлі показує, що досліджувані зразки виробів можна віднести до капілярнопористих тіл.

Обробка результатів досліджень з визначення об'єму пор зразків печива показала, що сорбційний об'єм пор печива на цукрі білому та лактитолі майже однаковий. Якщо об'єм пор зразків печива на цукрі прийняти за 100 %, то об'єм пор зразків печива на лактитолі буде дорівнювати 102,4 %.

Порівняльний аналіз отриманих ізотерм показав, що ізотерми десорбції для усіх зразків при високих значеннях a_w розташовано вище ізотерм сорбції. Аналіз ізотерм сорбції дав можливість визначити сорбцію вологи залежно від значення a_w (табл. 2.5).

Таблиця 2.5

Вміст води за зонами ізотерм сорбції

Здобне печиво на основі	Вміст води за зонами ізотерм сорбції, ммоль/г		
	I ($a_w=0 \dots 0,25$)	II ($a_w=0,26 \dots 0,75$)	III ($a_w=0,76 \dots 1,00$)
цукру	0,17	9,00	70,00
лактитолу	0,16	8,85	71,00

Аналізуючи отримані дані можна зробити висновок, що сорбційні процеси у здобному печиві на лактитолі відбуваються фактично так само як на цукрі білому. Тобто печиво на лактитолі не потребує особливою упаковки та умов зберігання.

Лактитол має низький глікемічний індекс – 3 %. Внаслідок цього виробі з застосуванням лактитол теж будуть мати меншу глікемічність. Було розраховано показник глікемічності (ПГ) за методикою

(Патент 40623 Україна). ПГ здобного печива на лактитолі знижується на 32 %, калорійність на 9 %.

За результатами проведених досліджень можна зробити висновок щодо доцільності застосування лактитолу у технології здобного пісочно-відсадного печива. З метою підвищення рівня солодкості виробів можливим є використання продуктів переробки стевії. Високий рівень солодкості яких дозволить створювати різні за інтенсивністю солодкого смаку вироби. У разі розроблення виробів зі зниженою глікемічністю доцільним є покращення їх нутрієнтного складу.

3. Розроблення здобного печива на лактитолі із застосуванням фізіологічно-функціональних інгредієнтів

Враховуючи позитивні результати зі застосування лактитолу в технології здобного пісочно-відсадного печива дієтичного призначення пониженої глікемічності і калорійності доцільним є розроблення виробів дієтично-функціонального призначення зі застосування фізіологічно-функціональних інгредієнтів.

Одним з фізіологічно-функціональних інгредієнтів, який доцільно вводити до складу здобного печива, є харчові волокна. Особлива роль належить інуліну, як дієтичному харчовому волокну. Науковцями досліджено можливість часткової заміни цукру на інулін різного ступеня полімеризації. Встановлено, що у разі застосування інуліну з низьким ступенем полімеризації тісто та готові вироби мають показники наближені до традиційних виробів²⁰.

Для розроблення здобного печива дієтично-функціонального призначення було використано інулін (VeneoTMST). Харчові волокна до рецептурного складу доцільно було вводити з розрахунку не менше 30 % від добової потреби. Відповідно у 100 г печива повинно бути 7,5...9 г продукту VeneoTMST. Така велика кількість харчових волокон може мати вплив на структурно-механічні властивості тіста і показники якості готового виробу. Проводячи досліді, змінювали дозування VeneoTMST від 0 до 14 % до маси готового виробу. Аналіз отриманих даних показує, що використання VeneoTMST збільшує густину тіста. Так, густина тістової маси без додавання інуліну дорівнює 1,15 г/см³, з 5 % інуліну до маси готового виробу –1,17г/см³,

²⁰ Tsatsaragkou K., Methven L., Chatzifragkou A., Rodriguez-Garcia J. The Functionality of Inulin as a Sugar Replacer in Cakes and Biscuits; Highlighting the Influence of Differences in Degree of Polymerisation on the Properties of Cake Batter and Product. DOI: 10.3390/foods10050951. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8146277/>

з 6 % – 1,19 г/см³, з 10 % – 1,21 г/см³, з 12 % – 1,25г/см³, з 14 % – 1,3 г/см³. Найінтенсивніше збільшення густини тіста спостерігається при дозуванні BeneoTMST >10 %. Тому до складу рецептурних композицій харчову добавку BeneoTMST вводили у кількості 9,8 % до маси готового виробу. Використання продуктів BeneoTMST суттєво не впливає на процес термообробки здобного печива.

Встановлено, що, незважаючи на те, що використання продукту BeneoTMST сприяє збільшенню густини тіста, за органолептичними показниками печиво майже не відрізняється від контрольного зразка. Визначено деяку відмінність у фізико-хімічних та структурних показниках. Показник намоочуваності здобного печива з інуліном на 5...6 % менший за намоочуваність контрольного зразку. Міцність печива з інуліном на 7...8 % більша за міцність контрольного зразку печива. Ці показники пов'язані з пористістю печива. Виходячи з зменшення намоочуваності та збільшення міцності, пористість (розпушеність) печива з інуліном у кількості 9,8 % до маси готового виробу має бути меншою. В той же час візуально (органолептичний показник – вид в розломі) це не спостерігається.

Важливим фізіологічно-функціональним інгредієнтом є залізо. Традиційні види борошняних кондитерських виробів не містять гемового заліза, тому доцільно використовувати харчову добавку «Гемовітал»²¹. Для задоволення добової потреби у гемовому залізі потрібно спожити 3,1...3,5г харчової добавки «Гемовітал».

Під час розроблення печива «Гемовітал» вводили у кількості 1,2... 1,5 г на 100 г готового виробу. У зв'язку з тим, що «Гемовітал» забарвлює тісто і готове печиво у темно-коричневий колір, до рецептури вводили какао-порошок. Зазвичай до складу здобного печива какао-порошок входить у кількості 9 – 11 %. Як контроль, була взята рецептура здобного печива «Мозайка», до складу якої входить 10,5 % какао-порошку. Проведені дослідження показали, що при введенні 1,2г дістичної добавки «Гемовітал» на 100 г здобного печива кількість какао-порошка можна зменшити на 11 %, при введенні 1,5 г на 14 % від його загальної кількості.

Не менш важливим фізіологічно-функціональним інгредієнтом є кальцій. Дослідники визначали вплив різних концентрацій

²¹ Свлаш В. В., Віннікова В. О. Технологія харчових добавок з крові забійних тварин. *Харчові добавки. Харчування здорової та хворої людини*: зб. тез 1 міжгалуз. міжнар. наук.-практ. конф. Донецьк: ДонДУЕТ ім. М. Туган-Барановського. 2005. С. 86.

кунжутного, соєвого масла, сухого листя морінги та кокосового порошку на вміст кальцію та білка в солоному та солодкому печиві²².

Для надання здобному печиву статусу функціональних властивостей використовували добавку – PURACAL PP/FCC, що є носієм лактату кальцію. Розробляючи тістові маси, виходили з того, що 100 г печива повинно забезпечити 20 % добової потреби у кальції. Орієнтувалися при цьому на добову потребу у кальції чоловіків, оскільки вона в них є більшою, ніж у жінок. Враховуючи зазначене, потрібно було ввести 1,76..1,9 г PURACAL PP/FCC на 100 г готового виробу.

Встановлено, що використання цієї добавки призводить до деякого ущільнення структури тіста, проте це не впливає на якісні показники готового виробу та не потребує переоснащення формуючого обладнання, оскільки показники граничної напруги зсуву знаходяться у межах, притаманних для тіста здобного печива. Для покращення засвоюваності кальцію вважаємо за доцільне вводити до рецептурного складу продукт BENEО Synergy 1 – інулін, збагачений олігофруктозою, який сприяє покращенню засвоюваності кальцію більшою мірою, ніж інші види інуліну/олігофруктози.

Для нормального функціонування організму людини має велике значення адекватна забезпеченість мінеральними речовинами. Тому найменування здобного печива на лактитолі, що збагачені гемовим залізом та кальцієм доцільно впроваджувати у виробництво. Це буде сприяти розширенню асортименту виробів спеціального призначення збагачених мінеральними речовинами.

Жирова складова – один з основних сировинних інгредієнтів у виробництві здобного печива, яка значною мірою впливає на ограно-лептичні та структурні показники. Вершкове масла та маргарин, які використовуються при виробництві здобного печива мають не велику кількість ПНЖК і їх співвідношення не ідеальне. Тому науковцями проводиться робота з застосування рослинних олій. Розроблено печиво з використанням горіхових шротів та частковою заміною (32,2 % та 34,1 %) маргарину на соняшникову олію²³.

²² Murugkar D., Dwivedi S., Dixit-Bajpai P., Kumar M. Effect of natural fortification with calcium and protein rich ingredients on texture, nutritional quality and sensory acceptance of cookies. DOI:10.1108/NFS-02-2018-0041. URL: https://www.researchgate.net/publication/325792135_Effect_of_natural_fortification_with_calcium_and_protein_rich_ingredients_on_texture_nutritional_quality_and_sensory_acceptance_of_cookie

²³ Технологія здобного печива з використанням рідких олій та горіхових шротів : монографія / О. Г. Шидакова-Каменюка, Г. В. Новік, О. І. Болховітіна. Харків : ДБТУ, 2023. 193 с.

Вміст ПНЖК родин ω_3 та ω_6 добре збалансований у гірчиної олії²⁴. Тому під час розроблення здобного печива її доцільно використовувати шляхом часткової заміни маргарину або вершкового масла. Визнаючи яку кількість гірчиної олії використовувати при розробленні технологій здобного печива доцільно керуватися добовою потребою жирів, ПНЖК²⁵. Було поставлено завдання ввести з гірчиною олією у 100 г печива таку кількість ПНЖК що забезпечить 20 % добової потреби чоловіків 18...29 років та чоловіків похилого віку. Розраховано, що для чоловіків 18...29 років вміст ПНЖК у 100 г печива має бути 1,60 г, для чоловіків похилого віку – 1,42 г. Для забезпечення такої кількості ПНЖК потрібно замінити 19,6 г та 16,4 г вершкового масла на гірчичну олію.

Встановлено, що заміна вершкового масла на гірчичну олію спричиняє зменшення ГНЗ тіста. ГНЗ тіста контрольного зразку дорівнює 5,5 кПа, тістової маси з заміною 16, 4 г вершкового масла – 5,0 кПа, з заміною 19,6 г вершкового масла – 4,8 кПа. Печиво виготовлене з частковою заміною вершкового масла на рослинну олію має фізико-хімічні показники наближені до контрольного зразку. В той же час спостерігається певне збільшення крихкості та розсипчастості виробів. Провівши низку досліджень було встановлено, що для підвищення ГНЗ та зменшення крихкості та розсипчастості печива доцільно збільшили кількість пшеничного борошна на 5...7 %, а кількість вершкового масла зменшили на 2...3 %.

Часткова заміна вершкового масла на гірчичну олію спричиняє легкий прояв специфічного присмаку у печиві. Однак, як це було визначено дегустаторами, це не погіршує органолептичні показники і такі вироби можуть бути впроваджені у виробництво. Використання гірчиної олії під час розроблення здобного печива надає можливість створити функціональний харчовий продукт, фізіологічно функціональні властивості якого забезпечуються вмістом в ньому ПНЖК.

В рецептурному складі здобного пісочно-відсадного печива кількість пшеничного борошна складає 50...55 %. В пшеничному борошні недостатня збалансованість незамінних амінокислот. Амінокислотний скор лізину в пшеничному борошні в/с дорівнює 44 %, треоніну – 75 %, у першому сорті відповідно 45 %, та 75 %. Виходячи з цього можна зробити висновок щодо доцільності разом з

²⁴ Гірчичне масло: користь і шкода, як приймати, протипоказання і відгуки. URL: <https://ideas-center.com.ua/?p=7999>

²⁵ Капрельянц Л. В., Петросьянц А. П. Лікувально-профілактичні властивості харчових продуктів та основи дієтології. Одеса : Друк. 2011. С. 79–80.

пшеничним борошном використовувати борошно сої та борошна солоду гороху.

Проведені дослідження показали, що така сировина як борошно сої, борошно солоду гороху буде покращувати харчову та біологічну цінність і, водночас, погіршувати органолептичні показники готового продукту. Для визначення співвідношення пшеничного борошна та борошна солоду гороху/борошна сої було застосовано графоматематичний метод. Згідно цього методу потрібно визначити комплексні показники $K_{орг}$ та $K_{б}$.

$$K_{орг} = \sum_{i=1}^n M_i \frac{P_i}{P_i^{\delta}} \quad (1)$$

де P_i – оцінка органолептичних показників досліджуваного печива виготовленого на суміші пшеничне борошно-борошно солоду гороху за різного їх співвідношення

P_i^{δ} – оцінка органолептичних показників базового зразку печива (5 балів).

$$K_{б} = \sum_{j=1}^m M_j \frac{P_j}{P_j^{\delta}} \quad (2)$$

де P_j – вміст незамінних амінокислот у рецептурному складі досліджуваних зразків печива на суміші пшеничне борошно-борошно солоду гороху,

P_j^{δ} – вміст незамінних амінокислот у базовому зразку печива.

За отриманими даними побудовано графіки залежності комплексного показника біологічної цінності рецептурної борошняної суміші та комплексної органолептичної оцінки здобного печива, виготовленого на основі суміші пшеничне борошно-борошно солоду гороху (рис 3.1).

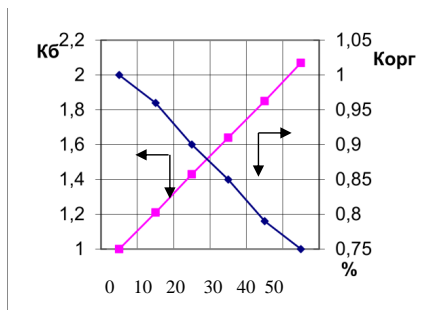


Рис. 3.1. Визначення оптимального співвідношення пшеничного борошна в/с та борошном солоду гороху

Встановлено оптимальне співвідношення пшеничного борошна в/с та борошна солоду гороху – 74 : 26. У цьому випадку комплексний показник біологічної цінності дорівнює 1,52, тобто біологічна цінність цієї борошняної суміші збільшується на 52 % порівняно з пшеничним борошном в/с. Комплексний показник органолептичної оцінки дорівнює 0,875, що відповідає оцінці «добре». Аналогічний розрахунок проведено для суміш пшеничне борошно в/с-борошно сої. Органолептичні показники печива з застосуванням борошна сої кращі за органолептичні показники печива з борошном солоду гороху. Встановлено, що оптимальне співвідношення становить – 65:35, комплексний показник біологічної цінності якої дорівнює 2,75. Комплексний показник органолептичної оцінки дорівнює 0,925, що відповідає оцінці «відмінно».

На основі отриманих даних здійснено розрахунок амінокислотного скору борошняної суміші за оптимального співвідношення пшеничне борошно – борошно солоду гороху та пшеничне борошно – борошно солоду сої (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

**Амінокислотний скор незамінних амінокислот
в сумішах оптимального складу**

Суміш	Амінокислотний скор, %							
	Лізин	Треонін	Валін	Метіонін +цистін	Лейцин	Ізолейцин	Триптофан	Фенілаланін + тірозін
Пшеничне борошно (74г) + борошно солоду гороху (26 г)	77	85	98	78	109	109	102	126
Пшеничне борошно (64г) + борошно солоду сої (36 г)	97	104	92	78	103	110	139	150

Вміст білка у суміші за оптимального співвідношення пшеничне борошно -борошно солоду гороху складає 13,86 %, в суміші пшеничне борошно – борошно солоду сої – 19,91 %. Відносно лізину амінокислотний скор суміші пшеничне борошно-борошно солоду гороху покращився у 1,74 рази, пшеничне борошно-борошно сої у 2.19 раз.

Виготовлення здобного печива на суміші пшеничного борошна та борошна сої, пшеничного борошна та борошна солоду гороху сприятиме збільшенню та покращенню білкової складової виробу.

Цікавим до застосування у борошняних кондитерських виробках є соняшниковий шрот. Шрот з насіння соняшника використовували в рецептурі маффінів в кількості 15 % та 30 % на заміну пшеничного борошна²⁶.

Для покращення нутрієнтного складу здобного печива, збагачення його білкової складової була здійснена часткова заміна (5 %, 10 %, 20 %) пшеничного борошна на борошно шроту насіння соняшника.

Консистенція тіста для здобного печива на лактитол з застосуванням шроту насіння соняшника відрізняється від контрольного зразку більшою щільністю та пластичністю. Така тенденція відмічена у нашій попередній роботі під час розроблення печива з шротом насіння соняшника на цукрі²⁷. Гранична напруга тіста з застосуванням шроту насіння соняшника у кількості 5 % та 10 % більше за граничну напругу зсуву тіста контрольного зразку на 12...19 %, а гранична напруга зсуву тіста з 20 % шроту насіння соняшника на 37 %. Тістові маси для здобного печива на лактитол мають більшу граничну напругу зсуву, ніж тістові маси на цукрі і велике її підвищення у тістових масах з 20 % шроту може спричинити ускладнення процесу формування. Ущільнення структури тіста може бути пов'язано з тим, що шрот насіння соняшника має більшу за пшеничне борошно кількість білків, харчових волокон. Кількість білка у 10 г пшеничного борошна в/с 10,6 г, у 100 г шроту насіння соняшника – 35 г. Виходячи з цього у суміші пшеничне борошно (90г)+шрот насіння соняшника (10г) кількість білка буде 13,04 г, що майже на 30 % більше за кількість білка у пшеничному борошні. Білки, як відомо, мають здатність поглинати та утримувати велику кількість вологи. В технології здобного пісочно-відсадного печива вода не застосовується при замішуванні тіста. Вологість тіста забезпечується вологою сировинних компонентів. В даній рецептурі кількість та співвідношення інших компонентів не змінювали. Відповідно волога, що знаходиться в тісті буде у більшому ступені поглинута сумішшю в якій більше

²⁶ Grasso, S., Liu S., Methven L. Quality of muffins enriched with upcycled defatted sunflower seed flour. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108893>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643819312356?via%3Dihub>

²⁷ Дорохович В. В., Гуленко А. М. Визначення впливу шроту насіння соняшника на структурні показники тіста та фізико-хімічні показники здобного печива. *Наукові праці НУХТ*. 2021. 27 (1). С. 165.

білка. Крім того, в шроті накісня соняшника більше харчових волокон, які мають здатність поглинати вологу, що також буде впливати на структурні властивості тіста. Для зменшення щільності тіста, його граничної напруги зсуву можна збільшити вологість тіста, зокрема за рахунок збільшення кількості меланжу. В такому випадку дозування шроту насіння соняшника може бути збільшено. В той же час при розробленні рецептур виробів потрібно брати до уваги їх органолептичні показники.

Застосування шроту насіння соняшника у кількості 20 % від маси борошна спричинило погіршення органолептичних показників: колір, зовнішній вигляд, вид в розломі. З урахуванням органолептичних показників печива та структурних показників тіста вважали доцільним до рецептурного складу печива на лактитол вводити борошно шроту насіння соняшника у кількості 10 % від маси борошна.

Важливим в організації процесу термооброблення борошняних кондитерських виробів, зокрема здобного печива, є визначення раціональних параметрів: температури та тривалості (часу випікання-сушіння). Для цього застосовували метод математичного планування багатофакторного експерименту (ПФЕ). За результатами досліджень встановлено, що оптимальним є $X_1 = 216^\circ\text{C}$, $X_2 = 7$ хв.

За встановлених раціональних параметрів термооброблення проведено досліді з визначення втрати маси виробів під час випікання-сушіння. Вологість тіста для печива 18 %. Встановлено, що втрати в контрольному зразку становлять 13,8 %, в зразку з 10 % шроту насіння соняшника 13,5 %.

За фізико-хімічними показниками досліджувані зразки відповідають вимогам нормативної документації. Масова частка води – 6,4 %, лужність – 0,7 град, намоочуваність – 150 %. Потрібно зазначити, що за намоочуваність печиво з 10 % шроту насіння соняшника поступається контрольному зразку – 160 %. Також відмічено збільшення міцності випеченого печива. Міцність контрольного зразку печива 8,9 Н, печива з шротом насіння соняшника – 9,3Н.

Розрахунок показав, що в 100 г здобного печива, виготовленого за запропонованою рецептурою з заміною 10 % пшеничного борошна на шрот насіння соняшника, вміст білка дорівнює 8,4 г, харчових волокон – 1,7 г.

Розроблене печиво має високу харчову цінність та може справляти певний функціональний вплив на організм людини.

Фізіологічно функціональний сировинний інгредієнт – обсмажені зародкові пластівці пшениці (ЗПП) не погіршують органолептичних властивостей здобного печива, а надають йому характерного смаку та

аромату, який нагадує мигдальне печиво. Тому обмеження його дозування обумовлюють структурно-механічні характеристики тістової маси та готового виробу.

Роботами проф Дорохович А. М. визначено, що в рецептурному складі здобного печива на цукрі можлива 50 % заміна пшеничного борошна на обсмажені зародкові пластівці пшениці Використовуючи результати досліджень щодо технології печива з обсмаженими зародковими пластівцями пшениці на цукрі, підготовку зародкових пластівців пшениці для застосування у печиві на лактитол проводили шляхом обсмаження за температури 130⁰С до вологості 2 %.

Визначення оптимального складу рецептури проводили шляхом математичного планування – методом трьохфакторного експерименту – методом «крутого сходження». Плануючи експеримент, як I-й фактор (X₁) використовували борошно пшениці в/с, II-й фактор (X₂) – обсмажені зародкові пластівці пшениці, III-й фактор (X₃) – цукрозамінник лактитол. Як критерій оптимізації було прийнято показник намочуваності печива. Встановлено оптимальне значення факторів експерименту: X₁=100, X₂=80, X₃=80.

Враховуючи хімічний склад та вологість обсмажених ЗПП (~2 %), можна було прогнозувати скорочення процесу термооброблення. Однак, проведені дослідження показали збільшення тривалості термооброблення на 5...7%. Ймовірно, обсмажені ЗПП екранують видалення вологи з тіста в процесі випікання-сушіння, що подовжує час термооброблення. Зародкові пластівці пшениці є фізіологічно поліфункціональним сировинним інгредієнтом, що містить в своєму складі значну кількість білка, ПНЖК, вітамінів, мінеральних речовин. Тому представляло інтерес розрахувати вміст різних нутрієнтів та їх інтегральний скор (табл. 3.2.).

Виходячи з наведених розрахунків здобне печиво на лактитол з обсмаженими зародковими пластівцями пшениці можна віднести до функціональних харчових продуктів за вмістом незамінних амінокислот, полі ненасичених жирних кислот, вітаміну Е.

Впровадження у виробництво розроблених найменувань печива з різними фізіологічно-функціональними інгредієнтами дозволить розширити асортимент борошняних кондитерських виробів спеціального призначення.

Нутрієнтний склад та інтегральний скор

Найменування нутрієнтів	Кількість		
	печиво на лактитолі з ЗПП	інтегральний скор для	
		чоловіків 18...29 років	чоловіків похилого віку
Білки, г у т. ч.	11,49	14,9	19,1
незамінні амінокислоти	4,75	17,1	22,0
замінні амінокислоти	6,21	12,6	16,6
Жири, г у т. ч.	30,45	39,0	45,5
НЖК	18,42	78,7	91,7
МНЖК	12,95	27,7	32,2
ПНЖК	1,37	17,5	20,4
Вуглеводи, г у т. ч.	51,38	11,5	17,7
моноцукриди	0,18	0,4	0,7
дицукриди	3,79	6,2	10,1
незасвоєні поліцукриди	0,92	3,7	3,1
Вітамін Е, мг	5,35	35,5	26,7
Мінеральні речовини, мг			
Калій	118,21	3,9	3,9
Кальцій	18,55	1,5	2,3
Залізо	0,92	6,2	6,2
Йод, мкг	9,07	6,0	6,0

ВИСНОВКИ

Проведено дослідження щодо розроблення здобного печива на лактитол і ізомальтитолі, збагачення виробів білком, ПНЖК, мінеральними речовинами, застосування сировини з поліфункціональними властивостями.

Встановлено, що лактитол та ізомальтитол, як і цукор, сприяють укріпленню клейковини, зменшенню її гідратаційної здатності та розтяжності. Визначено, що вони, як і цукор, знижують водопоглинальну здатність пшеничного борошна. Відмінність у величині впливу на якісні показники клейковини, водопоглинальну здатність пшеничного борошна не дуже істотними.

Визначення стану вологи в модельних тістових системах показало, щ тістових масах на лактитол і ізомальтитолі менша кількість вільної вологи, що маже бути пов'язано з їх розчинністю.

Дослідження реологічних характеристик тіста з використанням цукру та цукрозамінників показало, що тістові маси з лактитолом наближаються до відповідних характеристик тіста на цукрі. Тістові маси на ізомальтитолі мають значно відмінні показники і

характеризуються великою міцністю. Зокрема за величиною максимальної деформації – на 32 %. Застосування ізомальтитулу в технології печива потребує більшого коригування рецептурного складу та визначення технологічних параметрів.

З метою покращення нутрієнтного складу здобного печива на цукрі було застосовано низку фізіологічно-функціональних сировинних компонентів.

Встановлено, що використання інуліну збільшує густину тіста, особливо при його кількості більше 10 % до маси готового виробу. З урахуванням необхідної кількості харчових волокон для позиціонування виробу як «функціональний продукт», впливу на формування структури тіста та готових виробів встановлена раціональна кількість 9,8 % до маси готового виробу.

Традиційні види печива не містять гемового заліза, тому використовували харчову добавку «Гемовітал». «Гемовітал» вводили у кількості 1,2... 1,5 г на 100 г готового виробу, що забезпечує близько 30 % добової потреби в гемовому залізі. «Гемовітал» забарвлює тісто і готове печиво у темно-коричневий колір, тому до рецептури доцільно вводити какао-порошок.

Для надання здобному печиву статусу функціональних властивостей було застосовано лактат кальцію в кількості, що забезпечить 20 % добової потреби у чоловіків. Використання цієї добавки призводить до деякого ущільнення структури тіста, проте це не впливає на якісні показники готового виробу.

Для збагачення здобного печива ПНЖК здійснювали часткову заміну вершкового масла на гірчичну олію. При визначені кількості заміни вершкового масла на гірчичну олію виходили з того, що у печиві має бути 20 % добової потреби у ПНЖК для чоловіків 18..29 років та чоловіків похилого віку. В такому разі заміна вершкового масла на гірчичну олію має бути 16,4 % та 19,6 %. Таке печиво має дещо більшу крихкість, що може бути компенсовано збільшенням кількості пшеничного борошна на 5...7 % або вершкового масла на 2...3 %.

З метою збільшення кількості білка у здобному печиві на лактитолі та покращення його збалансованості було застосовано борошно сої та борошно солоду гороху. Зазначені види сировини дещо погіршують органолептичні показники печива. Для встановлення оптимального їх співвідношення було застосовано графо-математичний метод. Встановлено оптимальне співвідношення пшеничного борошна в/с та борошна солоду гороху – 74 : 26, пшеничне борошно в/с – борошно сої – 65 : 35.

Застосування шроту насіння соняшника дає можливість збагатити печиво білком. З урахуванням впливу шроту насіння соняшника на структурні властивості тіста, органолептичні, фізико-хімічні, структурні показники готового печива визначено раціональне його дозування – 10 % від маси борошна. Розрахунок показав, що в 100 г здобного печива вміст білка дорівнює 8,4г, харчових волокон – 1,7 г.

Зародкові пластівці пшениці є поліфункціональним сировинним компонентом. Обсмажені ЗПП не погіршують органолептичні показники печива та дозволяють збагатити його повноцінним білком, ПНЖК, вітамінами, мінеральними речовинами.

Впровадження у виробництво розробленого печива дозволить розширити асортимент борошняних кондитерських виробів спеціального призначення.

АНОТАЦІЯ

Обґрунтовано доцільність застосування низькоглікемічних цукрозамінників під час розроблення борошняних кондитерських виробів для хворих на цукровий діабет та збагачення їх фізіологічно-функціональними інгредієнтами.

Досліджено вплив лактитол та ізомальтиолу на утворення клейковинного комплексу, температуру клейстеризації крохмалю пшеничного борошна, вміст вільної та зв'язаної вологи в модельних тістових масах. Визначено вплив лактитол та ізомальтиолу на структурно-механічні властивості тіста для здобного печива. Виходячи з результатів досліджень для застосування у здобному печиві рекомендується лактитол. Ізомальтитол збільшує кількість зв'язаної вологи в модельних тістових масах та значно укріплює структуру тіста.

Для покращення нутрієнтного складу здобного печива на лактитол біло застосовано: інулін, добавку «Гемовітал», лактату кальцію, гірчичну олію. Проведено дослідження з визначення раціонального дозування цих компонентів з урахуванням того, що у 100 г печива має бути 20...30 % відповідного фізіологічно-функціонального інгредієнту. Для покращення білкової складової застосовано соєве борошно та борошно солоду гороху у кількості 26 % та 35 %, відповідно, від маси пшеничного борошна. Визначено, що у здобному печиві на лактитол доцільно застосовувати шрот насіння соняшника у кількості 10 % від маси пшеничного борошна. За такого дозування структурні показники тіста та органолептичні показники готових виробів не погіршуються і вироби збагачуються білком та харчовими волокнами. Обсмажені зародкові пластівці пшениці використовували

у кількості 80 % до маси пшеничного борошна. За такого дозування підвищується вміст білка у виробках, ПНЖК, вітаміну Е. Печиво має гарні органолептичні показники.

Література

1. Diabetes hits the poorest hardest. URL: <https://diabetesatlas.org/>
2. Grasso. S., Liu S., Methven L. Quality of muffins enriched with upcycled defatted sunflower seed flour. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108893>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643819312356?via%3Dihub>
3. Murugkar D., Dwivedi S., Dixit-Bajpai P., Kumar M. Effect of natural fortification with calcium and protein rich ingredients on texture, nutritional quality and sensory acceptance of cookies. DOI: 10.1108/NFS-02-2018-0041. URL: https://www.researchgate.net/publication/325792135_Effect_of_natural_fortification_with_calcium_and_protein_rich_ingredients_on_texture_nutritional_quality_and_sensory_acceptance_of_cookie
4. The state of food and agriculture. URL: <http://www.fao.org/docrep/018/i3300e/i3300e.pdf>
5. Tsatsaragkou K., Methven L., Chatzifragkou A., Rodriguez-Garcia J. The Functionality of Inulin as a Sugar Replacer in Cakes and Biscuits; Highlighting the Influence of Differences in Degree of Polymerisation on the Properties of Cake Batter and Product. DOI: 10.3390/foods10050951. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8146277/>
6. 14 листопада Всесвітній день боротьби з цукровим діабетом. URL: <https://zoiacms.zp.ua/2021/11/12/14-lystopada-vsесvitnii-den-borotby-z-tsukrovym-diabetom/>
7. Германюк Я. Л., Карпенко П. О., Пересічний М. І. Дієтичне харчування при ожирінні та цукровому діабеті : монографія. Київ : КДТЕУ, 1997. 352 с.
8. Гріненко І. Г. Інулін – інгредієнт функціонального та лікувального харчування. Київ: Знання України. 2003. 108 с.
9. Гірчичне масло: користь і шкода, як приймати, протипоказання і відгуки. URL: <https://ideas-center.com.ua/?p=7999>
10. Дефіцит кальцію в організмі дитини зумовлює відставання у розвитку. URL: <https://uofter.gov.ua/ua/pages/346>
11. Дорохович А. М., Дорохович В. В. Цукри, цукрозамінники, підсолоджувачі. *Хлебный и кондитерский бизнес*. 2017. № 6. С. 28–30.
12. Дорохович А. М., Дорохович В. В. Цукри, цукрозамінники, підсолоджувачі. *Хлебный и кондитерский бизнес*. 2017. № 7. С. 26–28.
13. Дорохович А. М., Дорохович В. В., Абрамова А. Г., Петренко М. М. Технологія печива звичайного і спеціального призначення. Київ : Фірма «ІНКОС». 2022. 826 с.

14. Дорохович В. В., Донець А. С., Сулима В. С., Дорошенко Т. В. Вплив мальтитолу, ізомальтитолу, еритритолу на формування клейковинного комплексу. *Наукові праці НУХТ*. Київ, 2019. № 2 (25). С. 261–266. DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-2-28
15. Дослідження хімічного складу шротів олійного виробництва як добавки у виробництві харчових продуктів. URL: http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/13389/1/oil_cakes.pdf
16. Дорохович В. В., Гуленко А. М. Визначення впливу шроту насіння соняшника на структурні показники тіста та фізико-хімічні показники здобного печива. *Наукові праці НУХТ*. 2021. № 27 (1). С. 160–167. DOI: 10.24263/2225-2924-2021-27-1-17
17. Євлаш В. В., Віннікова В. О. Технологія харчових добавок з крові забійних тварин. *Харчові добавки. Харчування здорової та хворої людини* : зб. тез І міжгалуз. міжнар. наук.-практ. конф. Донецьк : ДонДУЕТ ім. М. Туган-Барановського, 2005. С.86–87
18. Капрельянц Л. В., Петросьянц А. П. Лікувально-профілактичні властивості харчових продуктів та основи дієтології. Одеса : Друк, 2011. 269 с.
19. Капрельянц Л. В., Іоргачова К. Г. Функціональні продукти. Одеса : Друк, 2003. 312 с.
20. Кисельов С. М., Каджарян В. Г., Солов'юк О. О., Гура Е. О., Капшитар Н. І. Основи діагностики, лікування та профілактики основних хвороб ендокринної системи : навч. посіб. Запоріжжя : ЗДМУ, 2021. 137 с.
21. Остеопороз. URL: <https://suprun.doctor/zdorovya/chomu-vinikae-osteoporoz-ta-yak-czomu-zapobigti.html?=-page1531>
22. Технологія здобного печива з використанням рідких олій та горіхових шротів : монографія / О. Г. Шидакова-Каменюка, Г.В. Новік, О. І. Болховігіна. Харків : ДБТУ, 2023. 193 с.
23. Цукровий діабет. URL: <https://empendium.com/ua/chapter/B27>. П.13.1.

Information about the author:

Dorokhovych Viktoriia Vitaliivna,

Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor,

Professor at the Department

of Bakery and Confectionery Goods Technologies

National University of FoodTechnologies

68, Volodymyrska str., Kyiv, 01033, Ukraine